

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN HUÁNUCO

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AGRONOMICA**



TESIS

**EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES EN
LA MICROCUENCA DE YARUMAYO – HUÁNUCO**

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO
AGRÓNÓMICO**

Fredy Víctor Esteban Mendoza

HUÁNUCO – PERÚ

2016

DEDICATORIA

Con infinito amor a mis Padres Teodoro y Ela. Por ser el lucero que guían mi camino, por su Amor incondicional, sus sabios consejos que me sirvieron y fortalecieron para seguir superándome como persona y como profesional.

A mis adorados hijos Kenhy, Henry, Angie, Angel. quienes son mi fortaleza y la razón de mí existir.

A mi amada y abnegada esposa Fidela, por su amor, dedicación a nuestro hogar, apoyo, paciencia y comprensión.

AGRADECIMIENTO

A DIOS. Dueño de nuestra vida; por su amor y misericordia inmerecida de permitirme día tras día, de seguir gozando su creación.

Al Ing. Juan Castañeda Alpas. Asesor del presente trabajo, por su apoyo desinteresado al guiarme en la investigación con disciplina y ejemplo para formar un profesional con ética.

A todos los amigos, compañeros que de una u otra forma contribuyeron a que este trabajo llegue a su término.

A la UNHEVAL por ser una casa de estudios generadora de profesionales de prestigio.

EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES EN LA MICROCUCENCA DE YARUMAYO – HUÁNUCO

RESUMEN

Los recursos hídricos disponibles está representada por el 0,01% del total de agua en el mundo, localizado en los ríos, lagos, lagunas, y depósitos subterráneos relativamente poco profundos. Por otro lado en la Región Huánuco, sólo el 14% (37 990.7 ha) de la superficie agrícola tiene agua de riego y el 70% del agua derivada por los canales de riego se pierden en el trayecto y nunca llegan a las parcelas de producción. Ante estas limitaciones se realizó el estudio con el objetivo de evaluar los recursos hídricos superficiales en la Microcuenca de Yarumayo, evaluándose las características morfométricas, meteorológicas, disponibilidad y uso potencial del agua y el balance hídrico. En la morfometría, calculada con el programa ArcGis 10.3, la Microcuenca tiene un área de 416.58 km², un perímetro de 104.20 km, el coeficiente compacidad de 1.43, una longitud axial de 23.78 km., un ancho promedio de 17.52 km., la altura media fue de 3731 msnm y la pendiente media de 22.29%, la red hídrica establece 5 ordenamientos en donde se identificaron 39 manantiales, 15 riachuelos, 5 ríos y 12 lagunas; la longitud de los cauces es de 505.73 km y la pendiente de 2.07%. Las características meteorológicas fueron generadas a partir de la Estación Jacas Chico, el patrón de comportamiento de la precipitación generada es más estable y con un equilibrio entre los periodos secos y lluviosos, La tendencia de la temperatura y de la humedad relativa en el periodo de estudio es ligeramente variable. El caudal promedio generado fue de 3135.78 L/seg (3.14 m³/seg) teniendo el mayor caudal en el mes de febrero con 5768.23 L/seg (5.77 m³/seg.), la mayor demanda de agua obtuvo el cultivo de maíz amiláceo con 22049 m³/seg/ha/campaña. El balance hídrico, demuestra que existe un déficit hídrico a excepción del mes de setiembre, por lo que se recomienda el almacenamiento en espejos de agua

INDICE

I.	INTRODUCCIÓN	
II.	MARCO TEÓRICO	
	2.1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	5
	2.1.1. Recursos hídricos superficiales.....	5
	2.1.2. Oferta hídrica.....	5
	2.1.2.1. Caracterización del recurso hídrico en el Perú.....	6
	2.1.2.2. Fuentes superficiales de agua.....	8
	2.1.2.3. Aguas residuales tratadas.....	13
	2.1.3. Demanda hídrica.....	14
	2.1.4. Balance hídrico.....	14
	2.1.5. La cuenca hidrográfica.....	15
	2.1.5.1. Enfoque sistémico de la cuenca hidrográfica.....	16
	2.1.5.2. Funciones de una cuenca hidrográfica.....	16
	2.1.5.3. Parámetros morfométricos y fisiográficos de una cuenca.....	17
	2.1.5.4. Parámetros de relieve.....	19
	2.1.5.5. Manejo de cuencas hidrográficas.....	21
	2.2. ANTECEDENTES.....	22
	2.3. VARIABLES.....	23
	2.3.1. Operacionalización de variables.....	23
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	
	3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN.....	24
	3.1.1. Condiciones agroecológicas del Distrito de Yarumayo.....	24
	3.2. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	25
	3.3. PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	25

3.3.1.	Diseño de la investigación.....	25
3.3.2.	Datos registrados.....	28
3.3.2.1.	Características morfométricas.....	28
3.3.2.2.	Características meteorológicas.....	28
3.3.2.3.	Disponibilidad y uso potencial de agua de la Microcuenca.....	28
3.3.2.4.	Determinación del balance hídrico.....	29
3.4.	MATERIALES Y EQUIPOS.....	29
3.4.1.	Materiales.....	29
3.4.2.	Equipos.....	29
3.5.	CONDUCCIÓN DEL TRABAJO.....	30
3.5.1.	Definición del área de estudio.....	30
3.5.2.	Inventario de los recursos hídricos.....	30
3.5.3.	Análisis morfométrico.....	30
3.5.3.1.	Área y perímetro de la Microcuenca.....	30
3.5.3.2.	Forma de la Microcuenca.....	31
3.5.3.3.	Altitud media (Curva hipsométrica).....	31
3.5.3.4.	Red hídrica de la Microcuenca.....	31
3.5.4.	Estudio de la oferta hídrica.....	32
3.5.5.	Estudio de la demanda de agua.....	34
3.5.6.	Balance hídrico.....	36

IV. RESULTADOS

4.1.	CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DE LA MICROCUEENCA.....	37
4.1.1.	Morfometría de la Microcuenca.....	37
4.1.2.	Fisiografía.....	38
4.1.2.1.	Altitud media.....	38
4.1.2.2.	Pendiente media.....	39
4.1.3.	Red hídrica de la Microcuenca de Yarumayo.....	40
4.1.3.1.	Inventario de fuentes de agua.....	40

4.1.3.2.	Ordenamiento, longitud, pendiente media y densidad de drenaje de los ríos de la Microcuenca.....	47
4.1.4.	Recurso suelos de la Microcuenca.....	48
4.1.5.	Características ecológicas de la Microcuenca.....	49
4.2.	CARACTERÍSTICAS METEOROLÓGICAS DE LA MICROCUENCA.....	53
4.2.1.	Precipitación pluvial de la Microcuenca de Yarumayo.....	53
4.2.2.	Temperatura de la Microcuenca de Yarumayo.....	56
4.2.3.	Humedad relativa de la Microcuenca de Yarumayo.....	57
4.3.	DISPONIBILIDAD Y USO POTENCIAL DE AGUA DE LA MICROCUENCA DE YARUMAYO.....	59
4.3.1.	Oferta de agua.....	59
4.3.1.1.	Precipitación máxima de 24 horas.....	59
4.3.1.2.	Intensidad máxima de lluvias.....	61
4.3.1.3.	Coeficiente de escorrentía.....	62
4.3.1.4.	Estimación de la descarga media (escurrimiento superficial).....	63
	Precipitación efectiva.....	63
	Retención de almacenes hídricos.....	64
	Coeficiente de agotamiento.....	64
	Coeficiente de Bi.....	65
	Aporte y abastecimiento de la retención.....	65
	Lamina escurrida mensualmente (Cmi).....	66
	Determinación de coeficientes B ₁ , B ₂ y B ₃	66
4.3.1.5.	Generación de caudales máximos.....	68
4.3.2.	Demanda de agua.....	69
4.3.2.1.	Evapotranspiración potencial (Eto).....	69
4.3.2.2.	Cédula de cultivo.....	70
4.3.2.3.	Coeficientes de cultivo (Kc).....	71
4.3.2.4.	Uso consuntivo.....	74
4.3.2.5.	Precipitación efectiva.....	74

4.3.2.6.	Requerimiento de agua.....	75
4.3.2.7.	Módulo de riego.....	77
4.3.2.8.	Demanda agrícola del agua.....	77
4.3.2.9.	Demanda de agua de riego por cultivo.....	78
4.3.3.	Balance oferta y demanda de los recursos hídricos.....	85
4.3.3.1.	Análisis de la demanda de agua de riego....	85
4.3.3.2.	Análisis de la demanda de agua poblacional	86
4.3.3.3.	Análisis de la demanda de agua pecuario...87	
4.3.3.4.	Análisis de la oferta de agua.....	87
4.4.	BALANCE HIDRICO ACTUAL PARA RIEGO.....	88
4.5.	BALANCE HÍDRICO TOTAL MICROCUENCA YARUMAYO.....	89
V.	DISCUSIÓN	
5.1.	CARACTERISTICAS MORFOMÉTRICAS.....	92
5.2.	CARACTERÍSTICAS METEOROLÓGICAS.....	93
5.3.	DISPONIBILIDAD Y USO POTENCIAL DEL AGUA.....	94
5.4.	BALANCE HÍDRICO ACTUAL PARA EL AGUA DE RIEGO.....	95
VI.	CONCLUSIONES	
VII.	RECOMENDACIONES	
VIII.	BIVLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

INDICE DE CUADROS

Cuadro 01. Variables y Operacionalización de variables.....	23
Cuadro 02. Parámetros morfométricos de la Microcuenca de Yarumayo....	38
Cuadro 03. Cálculos para la obtención de la curva hipsométrica.....	38
Cuadro 04. Calculo para la obtención de la pendiente media.....	40
Cuadro 05. Manantiales de la Microcuenca de Yarumayo.....	42
Cuadro 06. Riachuelos de la Microcuenca de Yarumayo.....	43
Cuadro 07. Ríos de la Microcuenca de Yarumayo.....	44
Cuadro 08. Lagos de la Microcuenca de Yarumayo.....	44
Cuadro 09. Ordenamiento, número, longitud y pendiente de los ríos.....	48
Cuadro 10. Clasificación de suelos.....	48
Cuadro 11. Clasificación de tierras de la Microcuenca de Yarumayo.....	49
Cuadro 12. Zonas de vida de la Microcuenca de Yarumayo.....	49
Cuadro 13. Estaciones meteorológicas cercanas a la zona de estudio.....	53
Cuadro 14. Relación Altitud – Precipitación.....	54
Cuadro 15. Precipitación media mensual de las Estaciones Jacas Chico, Yanahuanca y Canchán.....	55
Cuadro 16. Precipitación generada de la Microcuenca de Yarumayo.....	56
Cuadro 17. Temperatura media mensual de la estación Jacas Chico.....	57
Cuadro 18. Humedad relativa media mensual.....	58
Cuadro 19. Ajustes de las precipitaciones máximas en 24 horas Estación Jacas Chico.....	59
Cuadro 20. Ajuste de las precipitaciones totales mensuales Estación Jacas Chico.....	60
Cuadro 21. Precipitación máxima 24 horas método Log Pearson tipo III Estación Jacas Chico.....	61
Cuadro 22. Precipitación total mensual método Log Pearson tipo III Estación Jacas Chico	61
Cuadro 23. Intensidades máximas Microcuenca de estudio.....	62
Cuadro 24. Calculo del coeficiente de escorrentía Microcuenca de Yarumayo	62
Cuadro 25. Precipitación efectiva de la Microcuenca	63

Cuadro 26. Calculo de la retención de almacenos hídricos.....	64
Cuadro 27. Cálculo del coeficiente de agotamiento.....	65
Cuadro 28. Cálculo del coeficiente de agotamiento.....	65
Cuadro 29. Cálculo del Gasto (Gi).....	65
Cuadro 30. Porcentaje de la precipitación (%).....	66
Cuadro 31. Cálculo del Gasto (Gi).....	66
Cuadro 32. Análisis de Regresión Múltiple para determinación de Coeficientes	66
Cuadro 33. Escorrentía promedio mensual total Microcuencas de Yarumayo	67
Cuadro 34. Caudal mensual generado de la microcuenca de Yarumayo.....	68
Cuadro 35. Caudales máximos generados.....	69
Cuadro 36. Evapotranspiración potencial de la Microcuenca de Yarumayo.....	70
Cuadro 37. Cedula de los principales cultivos.....	71
Cuadro 38. Cédula y calendario de los principales cultivos de la Microcuenca de Yarumayo.....	72
Cuadro 39. Coeficiente de cultivo ponderado (kc) de la Microcuenca de Yarumayo.....	73
Cuadro 40. Uso consuntivo de la Microcuenca de Yarumayo.....	74
Cuadro 41. Precipitación efectiva de la Microcuenca de Yarumayo.....	75
Cuadro 42. Requerimiento de agua mensual en la Microcuenca de Yarumayo.....	76
Cuadro 43. Módulo de riego de la Microcuenca de Yarumayo	77
Cuadro 44. Caudal disponible a la demanda del área cultivable de la Microcuenca	78
Cuadro 45. Demanda de agua para el cultivo de alfalfa.....	79
Cuadro 46. Demanda de agua para el cultivo de arveja grano verde.....	79
Cuadro 47. Demanda de agua para el cultivo de cebada grano.....	80
Cuadro 48. Demanda de agua para el cultivo de frijol grano seco.....	81
Cuadro 49. Demanda de agua para el cultivo de maíz amiláceo.....	81

Cuadro 50. Demanda de agua para el cultivo de papa blanca.....	82
Cuadro 51. Demanda de agua para el cultivo de papa amarilla.....	83
Cuadro 52. Demanda de agua para el cultivo de trigo.....	84
Cuadro 53. Resumen de la demanda de agua de riego por cultivo.....	85
Cuadro 54. Resumen del volumen total mensual poblacional.....	86
Cuadro 55. Dotación de agua para consumo de animales.....	87
Cuadro 56. Disponibilidad del recurso hídrico.....	88
Cuadro 57. Demanda insatisfecha de la Microcuenca de Yarumayo.....	88
Cuadro 58. Demanda hídrica total mensual de la Microcuenca de.....	89
Cuadro 59. Balance hídrico total mensual de la microcuenca de Yarumayo, caudales.....	89
Cuadro 59-A. Balance hídrico total mensual de la microcuenca de Yarumayo, volumen.....	90

INDICE DE FIGURAS

Figura 01. Curva hipsométrica.....	21
Figura 02. Lugar de ejecución del estudio.....	27
Figura 03. Curva hipsométrica de la Microcuenca de Yarumayo.....	39
Figura 04. Pendiente de la Microcuenca de Yarumayo.....	41
Figura 05. Resumen de las fuentes de agua de la Microcuenca de Yarumayo.....	45
Figura 06. Red hídrica de la Microcuenca de Yarumayo.....	46
Figura 07. Clasificación ordinal de los Ríos de la Microcuenca de Yarumayo.....	50
Figura 08. Capacidad de uso mayor de los suelos de la microcuenca de Yarumayo.....	51
Figura 09. Zonas de vida de la Microcuenca de Yarumayo.....	52
Figura 10. Regresión lineal de la relación Altitud – Precipitación.....	54
Figura 11. Variación regional de la precipitación.....	55
Figura 12. Variación de la temperatura media mensual de la Microcuenca Yarumayo.....	57
Figura 13. Variación de Humedad relativa media mensual de la Microcuenca de Yarumayo.....	58
Figura 14. Demanda de agua mensual para riego en la Microcuenca Yarumayo.....	86
Figura 15. Balance hídrico agrícola mensual de la Microcuenca de Yarumayo.....	89

I. INTRODUCCIÓN

Los recursos hídricos en nuestro planeta se encuentra presente aproximadamente de 1 386 millones de km³, de los cuales el 97.5% es agua salada y sólo el 2.5% (35 millones de km³), es agua dulce, distribuidos en Sudamérica el 30%, Asia – Pacífico 17%, América del Norte 15%, Oriente Medio 11%, Este Asiático 7%, Europa Occidental, Sur de Asia y África Central 4%, Norte de África 3%, Europa del Este y Sudeste Africano 2% y en Japón 1%. De esta cantidad, el 70% no se encuentra disponible para el consumo humano debido a que se almacena en forma de glaciares, nieve o hielo. Técnicamente el recurso hídrico para satisfacer los requerimientos de los ecosistemas y los seres humanos, está representada por el 0.26% (0.01% del total de agua en el mundo), localizado en los ríos, lagos, lagunas, y depósitos subterráneos relativamente poco profundos. Mucha de esta agua utilizable se encuentra a distancias alejadas de la población, lo cual dificulta o encarece su utilización efectiva (Comisión Nacional del Agua, 2011, Shiklomanov y Rodda, 2003; Grupo Sheffield, 2006 y Díaz *et al*, 2005).

América Latina, representa una región que es muy rica en recursos hídricos, el 33% de los recursos hídricos renovables en el mundo, por su disponibilidad de 3 100 m³ de agua per cápita por año, esta cantidad duplica el promedio per cápita mundial, catalogada como la región de mayor índice de disponibilidad en la mayoría de los países que conforman. Además, es la segunda región con más cuencas transfronterizas del mundo: 69 de un total de 279 (25%). Sin embargo, la distribución espacial del recurso hídrico es muy heterogénea en el continente (Tribunal Latinoamericano del Agua, 2014 y Carmona, 2011).

El Perú cuenta con tres grandes vertientes o macrocuencas la cuenca del Pacífico, la cuenca del Atlántico (Amazonas) y la cuenca del lago Titicaca, estas vertientes albergan más de 12 200 lagos y lagunas en la sierra, más de

1 007 ríos, concentrados principalmente en la vertiente amazónica, distribuidas en 106 cuencas hidrográficas, constituyendo una fuente abundante de recursos hídricos convencionales. La disponibilidad total de agua es de 2 046 287 millones de m³ y la disponibilidad por habitante/año es de 77 534 m³. Toda esta vasta riqueza hídrica determina al Perú como un país importante en recursos hídricos (Laciette y Zúñiga, 2012; Rojas, 2010; Ministerio del Ambiente- MINAM, 2009; Instituto Nacional de Recursos Naturales – INRENA, 1996; Magallanes, 2013 y Comisión Técnica Multisectorial, 2009).

La Región Huánuco, hidrográficamente está dividido por tres cuencas: Alto Huallaga (37 ríos y 101 lagunas); Alto Marañón (27 ríos y 197 lagunas) y Pachitea (27 ríos). El mayor consumo de agua se hace en la Cuenca Alto Huallaga, con el 83.15% del consumo, seguido del Alto Marañón con el 15.03%; y, finalmente la cuenca del Pachitea en el que solo se usa el 1.82% de agua con respecto al total regional. La disponibilidad total de agua es más de 25 811 millones de m³ aproximadamente. Por tanto existe una gran disponibilidad de recurso hídrico que no es aprovechado de manera eficiente. (Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI, 2000 y Dirección Regional de Agricultura Huánuco – DRA Huánuco, 2008).

Uno de los mayores sectores en el consumo de agua en el mundo es el sector agrícola con el 72%, no solo porque la superficie irrigada ha tenido que quintuplicarse sino porque no se cuenta con un sistema de riego eficiente, razón principal que provoca que las pérdidas se tornen monumentales. En Latinoamérica y el Caribe, el 73%, cifra muy similar a la media mundial. En el Perú, el consumo agrícola del agua alcanza el 16 267 millones de m³/año y que se concentra mayormente en la vertiente del Pacífico (86.97%), y luego en la vertiente Atlántica (12.47%) y finalmente en la del Titicaca (0.5%). El desarrollo de la agricultura a nivel nacional tiene como una de sus limitantes la disponibilidad del recurso agua. En este sentido, la superficie agrícola asciende a 1 808 302 hectáreas y representa el 70.1% de la superficie agrícola de riego (2 579 900 Has); mientras que, el 29,9% de la superficie, es decir 771

598 hectáreas, se encuentran en barbecho y sin trabajar (CiedPerú, 2001; INRENA, 1996; Magallanes, 2013; INEI, 2012 y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación- FAO, 2000).

Los fines de uso de agua en la Región Huánuco son básicamente poblacionales, agrícolas, industriales y mineros. El uso, está constituido por el aprovechamiento que alcanza los 203,58 millones de m³/año. Los aprovechamientos más importantes corresponden al sector agrícola con el 82.22 % y poblacional con el 14.69% y los sectores industriales y minero con el 3.09 % restante. Por otro lado la disponibilidad de agua de riego, es otro de los obstáculos de la rentabilidad en la agricultura, puesto que sólo el 14% (37 990,7 ha) de la superficie agrícola tiene agua de riego, y los restantes 86% (498 507.1 ha) de tierras se cultivan en seco. La eficiencia global de riego en el Valle de Huánuco es de 30%, lo que implica que el 70% del agua derivada por los canales de riego se pierden en el trayecto y nunca llegan a las parcelas de producción, demostrando un evidente uso irracional del agua (DRA – Huánuco, 2008; INEI, 2012 y Rojas 1998).

Ante estas limitaciones existentes en el sector agrícola de la Microcuenca de Yarumayo, se ha determinado la realización del presente trabajo de investigación, el cual constituirá un aporte de vital importancia, para el estudio de futuros proyectos de irrigación, con la finalidad de efectuar un aprovechamiento sustentable del recurso hídrico, el cual logrará un mayor abastecimiento de agua de riego y la expansión de la frontera agrícola; de este modo se conseguirá la mejora de las condiciones sociales y económicas de los agricultores de la Microcuenca de Yarumayo dedicados a la agricultura y ganadería.

Por lo tanto el conocimiento de los recursos hídricos superficiales permitirá el aprovechamiento sustentable del recurso agua y ampliar la frontera agrícola de la Microcuenca de Yarumayo, ya que es la actividad predominante, que en la actualidad se encuentra en crisis, debido a la falta de asistencia técnica y al deficiente uso del agua.

El presente trabajo de investigación permitió alcanzar los siguientes objetivos específicos:

1. Determinar las características morfométricas de la Microcuenca de Yarumayo
2. Describir características meteorológicas de la Microcuenca de Yarumayo.
3. Determinar la disponibilidad y el uso potencial de agua de la Microcuenca de Yarumayo.
4. Establecer el balance hídrico actual para riego de la Microcuenca de Yarumayo

II. MARCO TEÓRICO

2.1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1.1. Recursos hídricos superficiales

Es el inventario y cuantificación de las fuentes de agua disponibles al nivel de las unidades de producción, para la determinación de la superficie regable o susceptible de regar (área bajo cota de agua), el cual nos sirve también en conocer la eficiencia con la que se está manejando este recurso vital y se mide en función de la calidad, oferta y demanda hídrica que tenemos hoy y el que tendremos al futuro (Abarca y Bernabé, 2010 y CARE Internacional-Avina, 2012).

Los hídricos de origen natural, es decir de la propia naturaleza nos brinda, normalmente provienen de aguas superficiales y subterráneas. Las aguas superficiales ofrecen cantidades mayores a corto o largo plazo, mientras que las subterráneas son un recurso más constante de mediano a corto plazo y a la vez las más importantes. (Díaz *et al.*, 2005).

Asimismo, se debe resaltar que el incremento de los recursos hídricos para los diversos usos en la agricultura, doméstico, minería e industrial y las deficientes medidas de prevención, han ocasionado que los cuerpos de agua natural (ríos, lagos, lagunas, mar) estén siendo afectados debido al vertimiento de efluentes sin tratamiento, por la mala disposición de residuos sólidos, el uso de agroquímicos por la actividad agrícola, entre otros (Laclette y Zúñiga, 2012).

2.1.2. Oferta hídrica

La oferta hídrica o capital hídrico está constituida por la cantidad de agua disponible para ser utilizada por los diferentes usuarios que tienen un país o región para ser utilizado en su proceso de desarrollo. La estimación de la oferta de agua debe tener en cuenta, tanto la cantidad disponible como su

calidad para su aprovechamiento por parte de la sociedad y los ecosistemas. La naturaleza nos ofrece el recurso agua en múltiples formas y en todos los lugares imaginables del planeta. Así, tenemos las aguas de precipitación pluvial, las aguas de precipitación nival, los glaciares, las lagunas, los ríos, los manantiales, inclusive las neblinas, y las aguas subterráneas. (Aparicio, 1993; Guhl, 2008 e Instituto Nacional de Desarrollo - INADE, 2002).

El Perú, país privilegiado por su oferta hídrica, dispone de un volumen anual promedio de 2 046 287 millones de metros cúbicos de agua, ubicándose entre los 20 países más ricos del mundo con 72,510 metros cúbicos/habitante/año; no obstante, su orografía define tres vertientes hidrográficas que desequilibran su distribución espacial, concentrando el 97,7% del volumen en la vertiente del Atlántico (Fernández, 2012 y Magallanes, 2013).

2.1.2.1. Caracterización del recurso hídrico en el Perú

El Perú se encuentra localizado en el Hemisferio Sur, en el sector centro occidental de América del sur con sus costas bañadas por las aguas del Océano Pacífico, extendiéndose al continente Antártico. El Perú es un país con una importante oferta hídrica. Dispone de un volumen anual promedio de 2'046,287 millones de metros cúbicos (MMC) de agua con 72,510 m³/habitante/año, ubicándose entre los 20 países más ricos del mundo en relación con la disponibilidad de este recurso (Torres – Muga, 2011; Ordoñez y Vera, 2010; Laclette y Zúñiga, 2012; Fernández, 2012 y Magallanes, 2013).

La presencia de la corriente peruana (localmente conocida como la Corriente de Humboldt), la cordillera de los Andes y la selva amazónica han creado una gran diversidad de climas dentro del país, originando tres grandes regiones naturales la costa, la sierra y la selva. La precipitación media anual en la costa es de aproximadamente 44 mm, en la sierra de 600 mm y en la selva de 3 000 a 4 000 mm (Ordoñez y Vera, 2010 y Laclette y Zúñiga, 2012).

Generalmente se observan dos estaciones, la lluviosa y la seca. La lluvia en la costa es escasa casi nunca llueve, la estación seca todo el año; en la sierra, entre los meses de diciembre y marzo suele ser lluvioso mientras que en los demás meses es seco. En la selva, la lluvia se concentra en los meses de noviembre y marzo (selva baja), mientras en la selva alta la lluvia es con frecuencia (Torres – Muga, 2011).

Por su orografía, el Perú se divide en tres grandes vertientes o macrocuencas la cuenca del Pacífico, la cuenca del Atlántico (Amazonas) y la cuenca del lago Titicaca (Laciette y Zúñiga, 2012; Rojas, 2010; MINAM, 2009; INRENA, 1996 y Magallanes, 2013).

La vertiente del Pacífico, tiene una extensión de 200 517 km² (15,60% del territorio), 62 cuencas localizados en la vertiente occidental de los Andes, con disponibilidad de agua 2,18% entre diciembre y marzo (periodo húmedo). La mayoría de son de corta longitud y de fuerte pendiente, que cruzan la Costa antes de llegar al mar, tales ríos bajan a la Costa de alturas entre 5 000 y 6 000 msnm, con un recorrido breve, en promedio de 180 km. Los ríos de mayor aporte al escurrimiento superficial con su caudal medio anual son: Santa (158.20 m³/s). Tumbes (196.10 m³/s) y Chira (117.20 m³/s) (Laciette y Zúñiga, 2012; INRENA, 1996; Torres – Muga, 2011; Ordoñez y Vera, 2010; Jorge, 2000; Magallanes, 2013 y Comisión Técnica Multisectorial, 2009) (Ver Cuadro 01).

La vertiente del Atlántico (Amazonas), tiene una extensión de 1`046 962 km² (81,46% del territorio). Esta cuenca se ha dividido en tres sub-cuencas: el del río Marañón conformado por 18 cuencas, el del río Ucayali conformado por 9 cuencas y el de otros ríos del oriente peruano que desembocan directamente en el río Amazonas (el río Yurua, Purus, y Madre de Dios), y aquellos que limitan con Colombia y Brasil, ellos son el río Putumayo y Yaraví respectivamente. En total componen 84 cuencas hidrográficas con un sistema de ríos que se encuentra en la vertiente oriental de los Andes y transporta agua al río Amazonas o a un tributario mayor de éste, con disponibilidad de agua del 97,26% entre noviembre y marzo, en la

selva baja, mientras que en la selva alta todo el año. En esta vertiente destacan los ríos Huallaga con 3 796,4 m³/s que tributa al río Marañón, Ucayali con 13,375.2 m³/s y Marañón con 15 436,2 m³/s que al unirse estos dos últimos cerca a Nauta forman el Amazonas que recorre unos 550 Km en el país; los ríos son caudalosos y de régimen permanente (Laciette y Zúñiga, 2012; INRENA, 1996; Torres – Muga, 2011; Ordoñez y Vera, 2010; Jorge, 2000; Magallanes, 2013 y Comisión Técnica Multisectorial, 2009) (Ver cuadro 01).

La vertiente del Lago Titicaca, tiene una extensión de 37 736 km² (3,60% del territorio), con 13 cuencas, dispuestos en forma radial y que confluyen en el Lago Titicaca, Es un sistema cerrado que incluye además otras dos subcuencas en Bolivia y termina en dos lagos: lago Poopó y el lago Salado de Coipasa, con una disponibilidad de agua del 0,56% entre diciembre y marzo. Los ríos que pertenecen a la Vertiente del Titicaca tienen un caudal equivalente a 221.9 m³/s entre los que destacan son: el Ramis (88,2 m³/s) e llave (40,1 m³/s); solo una parte de la cuenca y del lago (77%) pertenecen al Perú el resto a Bolivia (Laciette y Zúñiga, 2012; INRENA, 1996; Torres – Muga, 2011; Ordoñez y Vera, 2010; Jorge, 2000 Magallanes, 2013 y Comisión Técnica Multisectorial, 2009) (Ver Anexo 01).

En general el Perú cuenta con importantes recursos hídricos, provenientes de fuentes naturales como glaciares, lagos, lagunas, humedales, ríos, acuíferos y; de fuentes alternativas como aguas desalinizadas provenientes del mar y aguas residuales tratadas (Comisión Técnica Multisectorial, 2009).

2.1.2.2. Fuentes superficiales de agua

a) Lagos y lagunas

La Cordillera de los Andes aloja en sus zonas altas, un conjunto de depósitos naturales de agua, de régimen permanente o temporal y de distintas capacidades de almacenamiento, denominados lagos y lagunas (Comisión Técnica Multisectorial, 2009).

La vertiente del Pacífico tiene 3 896 lagunas; de las cuales 336 con superficies mayores a los 4 km²; las cuencas que presentan mayor número de lagunas son: Santa (630), Cañete (447), Camaná (364) y Ocoña (344). Además, la capacidad de regulación en explotación es de 1 875 Hm³ con proyección futura para alcanzar 17 200 Hm³ adicionales. (Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales – ONERN, 1980; Comisión Técnica Multisectorial, 2009; INRENA, 1996 y Autoridad Nacional del Agua – ANA, 2009) (Cuadro 02).

La vertiente del Atlántico tiene 7 441 lagunas; de las cuales 461 con superficies mayores a los 4 km²; las cuencas que presentan mayor número de lagunas son: Mantaro (2 332), Marañón (1 247), Pampas (924), Apurímac (747) y Perené (344). Además, la capacidad de regulación en explotación es de 1,604 Hm³ con proyección futura para alcanzar 3,006 Hm³ adicionales. (ONERN, 1980; Comisión Técnica Multisectorial, 2009; INRENA, 1996 y ANA, 2009) (Cuadro 02).

La vertiente del Titicaca tiene 841 lagunas, de las cuales 75 con superficies mayores a los 4 km²; las cuencas que presentan mayor número de lagunas son: Ramis (461), Coata (148) y Ilave (924). Además, dos lagunas se encontraban en explotación con una capacidad promedio de regulación 4MMC y 3 en las vertientes cerradas con 41MMC de capacidad de almacenamiento. La laguna Lagunillas es la principal fuente que sustenta las cuencas Coata e Illpa, incorporando 30 132 ha bajo riego de 07 módulos: Huataquita, Cabana, Vilque, Mañazo, Cabanillas; Yanarico y Cantería (ONERN, 1980; Comisión Técnica Multisectorial, 2009; INRENA, 1996 y ANA, 2009) (Ver Anexo 02).

b) Ríos

La variada orografía del territorio, definida por la presencia de la Cordillera de Los Andes, extendida longitudinalmente de Sur a Norte; configura un conjunto de unidades hidrográficas (159) que contienen a la red

de drenaje conformada por 1007 ríos que conducen un volumen promedio anual de 2 046 km³ de escurrimiento superficial (Comisión Técnica Multisectorial, 2009 y Ordoñez y Vera, 2010).

La vertiente del Pacífico, se distinguen 62 ríos que atraviesan la región costera para desembocar en el Océano Pacífico, estos descargan 2,8% de las disponibilidades hídricas anuales que dispone el Perú. Los ríos son de corto curso, caudal variable, carácter torrentoso y máximas avenidas en el verano (60-70% de la masa anual) siendo la mayoría de régimen irregular. Los principales ríos que desembocan en el océano Pacífico, son el Chira, La Leche, Jequetepeque, Santa, Pativilca, Chancay, Rímac, Cañete, Pisco, Ica, Ocoña, Tambo y Sama (ONERN, 1980; Comisión Técnica Multisectorial, 2009; INRENA, 1996 y ANA, 2009).

La vertiente del Atlántico, presenta un sistema de drenaje que nace en las cumbres de la Cordillera de los Andes, en el cual discurren 84 ríos por el llano amazónico desembocando en el Océano Atlántico. El sistema de drenaje se subdivide en tres (03) subsistemas: río Marañón, río Ucayali, y los ríos Yurúa, Purús y Madre de Dios los cuales desembocan al Amazonas en territorio brasileños. En esta vertiente destacan los ríos Huallaga con 3,796.4 m³/s que tributa al río Marañón, Ucayali con 13,375.2 m³/s y Marañón con 15,436.2 m³/s (ONERN, 1980; Comisión Técnica Multisectorial, 2009; INRENA, 1996; ANA, 2009 y Magallanes). En el Anexo 03 se muestra la relación de sus principales afluentes.

La red hidrográfica la Vertiente del Titicaca es densa y presenta un caudal equivalente a 221,9 m³/s, del mismo modo presenta procesos erosivos importantes, cuyos productos son transportados por los ríos entre los que destacan son: el Ramis (88,2 m³/s) e llave (40,1 m³/s); solo una parte de la cuenca y del lago (77%) pertenecen al Perú. El discurrir de la mayoría de estos ríos principales es muy sinuoso en su parte alta y radial en la parte baja, drenando éstos en diversas direcciones, pero confluyendo hacia el gran colector constituido por el lago Titicaca. La disponibilidad hídrica por habitante

año en la vertiente del Titicaca es de 10,174 m³/hab/año (ONERN, 1980; Comisión Técnica Multisectorial, 2009; INRENA, 1996 y ANA, 2009). En el Anexo 04 se muestra la disponibilidad de agua de esta vertiente.

c) Humedales

Son ecosistemas permanentes o temporales imprescindibles en el planeta en los que se desarrollan y sustentan especies acuáticas y terrestres únicas o endémicas de plantas, estas áreas poseen un alto grado de saturación del suelo por agua (Gil, 2005 y Morey 2010).

Son humedales las riberas fluviales, estuarios, zonas intermareales, lagunas, pantanos, charcos, ámbitos inundables, pasturas con alto grado de humedad o totalmente saturados, los bofedales conocidas localmente como “oqhonales” (zona altoandina), donde la convergencia de agua y suelo es propicia para el desarrollo de formaciones vegetales heterogéneas, actúan como filtradores naturales de agua, gracias a sus tejidos que almacenan y liberan agua (Gil, 2005 y Morey 2010).

Los humedales, en el Perú, cuenta con 11 reconocidas como Sitios Ramsar a nivel mundial: Lago Titicaca (Puno), Pantanos de Villa (Chorrillos, Lima), Reserva Nacional (Junín), Lagunas de Mejía, Laguna del Indio-Dique Los españoles, Bofedales y Laguna de Salinas (Arequipa), Reserva Nacional de Paracas (Ica), Reserva Nacional Pacaya Samiria (Nauta, Loreto), Humedal Lucre-Huacarpay (Cusco), Complejo del Abanico del río Pastaza (Loreto), Manglares (Tumbes) (Morey 2010).

d) Glaciares

El Perú tiene un total de 18 cordilleras, el cual concentra el 71% de los glaciares tropicales de Los Andes Centrales, con 3 044 glaciares, cubriendo un área de 2 041 Km², siendo la Cordillera Blanca la que posee mayor número de glaciares (722) y cubre una superficie de 527,62 Km² (Comisión Técnica Multisectorial, 2009; ANA, 2010 y Unidad Glaciológica de Recursos Hídricos - UGRH, 2009).

En los últimos cuarenta años, se ha venido observándose un sostenido retroceso atribuible al calentamiento global, que repercute en la provisión de recursos hídricos para el consumo humano, la agricultura, la industria y la generación de energía. En 1970, los glaciares cubrían una extensión de 2 041 km²; en 1997 se tienen 1 595 km², es decir en el transcurso de 27 años la reducción es del orden del 21,8%. En la Cordillera Blanca, en 1970 se tenía un área glaciaria de 723,37 Km²; y en 1997 se determinaron 611,48 Km², teniéndose una pérdida de área glaciaria de 111,89 Km² que representa el 15,46% (Comisión Técnica Multisectorial, 2009; UGRH, 2009 y Zapata, 2010).

La vertiente del Pacífico, en la cuenca del río Santa se concentra el 68% de la superficie glaciaria y el 73% del número total de glaciares. En la vertiente del Atlántico, en la cuenca del río Ñambari se reúnen 517 glaciares (16,9%). (Ver Anexos 5 y 6). Mientras que en la vertiente del Titicaca se agrupan 91 glaciares en un área de 50,43% es representa el 2,5 de la superficie glaciaria (ANA, 2009; ANA, 2010).

e) Acuíferos

Es un cuerpo de agua subterránea producto de la filtración de ésta a través de las distintas capas del suelo, que constituyen una fuente suficiente para pozos y manantiales. El agua subterránea son un recurso más constante, al menos a corto plazo; en el Perú existen alrededor de 46 acuíferos es una fuente de suministro para uso agrícola, doméstico, industrial y pecuario; existiendo el peligro de sobreexplotación en los valles de Ica, Pisco, Chincha, La Yarada en Tacna y La Leche en Lambayeque (González, 1997; ANA, 2010 y Rojas, 2010).

En la vertiente del Pacífico se estima una reserva explotable anual de están entre 35 000 y 40 000 MMC. En la vertiente del Atlántico y la hoya del lago Titicaca se presume un gran potencial de reservas explotables de agua subterránea; sin embargo, la insuficiencia de estudios hidrogeológicos dificulta

la identificación de las nuevas áreas favorables para la explotación (Mendoza, *et al.*, 2010 y ANA, 2009).

2.1.2.3. Aguas residuales tratadas

Las aguas residuales son materiales derivados de residuos domésticos o de procesos industriales, los cuales por razones de salud pública y por consideraciones de recreación económica y estética, no pueden desecharse vertiéndolas sin tratamiento en lagos o corrientes convencionales. Los materiales inorgánicos como la arcilla, sedimentos y otros residuos se pueden eliminar por métodos mecánicos y químicos necesarios para su purificación, por lo tanto esta agua es apta para uso humano pero no para su consumo (Milena, 2014; Salud capital, 2014).

Es común clasificar a las aguas residuales en dos tipos: industriales y municipales. En muchos casos las aguas residuales industriales requieren tratamiento antes de ser descargadas en el sistema de alcantarillado municipal; como las características de estas aguas residuales cambian de una a otra industria, los procesos de tratamiento son también muy variables. No obstante, muchos de los procesos empleados para tratar aguas residuales municipales se emplean también con las industriales (Valdez y Vásquez, 2003).

Culqui (2014), indica que el uso de aguas residuales en el Perú, se encuentra normado en el Reglamento de Ley de los Recursos Hídricos con Decreto Supremo N° 001 – 2010 – AG, el cual establece que el titular de un derecho de uso de agua está facultado para reutilizar el agua residual que genere siempre que se trate de los mismos fines para los cuales fue otorgado su derecho. Además menciona que el reuso de estas aguas para la agricultura se encuentra en la categoría C, para cultivos de riego localizado.

La Municipalidad Metropolitana de Lima (2011), reporta que en la actualidad estas aguas en el Perú están siendo reutilizadas para 982 ha, de

los cuales en la agricultura para alrededor de 753,5 ha (45%) y en las áreas verdes 228,5 ha (55%) de la ciudad de Lima.

2.1.3. Demanda hídrica

Es la cantidad o volúmenes de agua que requiere una sociedad para satisfacer sus necesidades o actividades básicas y llevar a cabo sus actividades socioeconómicas con una determinada calidad del recurso. Constituye un aspecto importante para la planificación hidrológica (Balairon citado por Instituto de Manejo de Agua y Medioambiente – IMA, 2010 y Guhl, 2008).

Hay que distinguir entre la demanda neta (D_n) y la demanda bruta (D_b), el primero, corresponde a la necesidad de agua estricta para atender un uso determinado; el segundo se refiere a la cantidad de agua realmente necesaria para atender el uso, teniendo en cuenta unas dotaciones razonables y ajustadas a la realidad, incluyendo los excesos de agua necesarios en concepto de pérdidas en la explotación del sistema (Balairon citado por IMA, 2010).

En el Perú, en lo que respecta a la distribución total de la demanda del recurso hídrico, se registra lo siguiente: el 80% del agua superficial lo usa el sector agrícola, el 12% del agua tiene un uso poblacional, en tanto que el sector industrial usa el 6% y el sector minero el 2% (Centro de Estudios Estratégicos – CEE, 2009).

2.1.4. Balance hídrico

Es la diferencia entre la oferta y la demanda de agua durante el mismo período de tiempo. En el caso del presente estudio, el período de tiempo es el mes. La unidad de medida de la oferta y la demanda de agua es el volumen medio mensual en millones de metros cúbicos (MMC). La determinación del balance hídrico exige un estudio previo de algunas variables hidrometeorológicas, como la precipitación, temperatura y la evapotranspiración. (INADE, 2002 y Molina, 2009).

2.1.5. La cuenca hidrográfica

Es el sistema, área o ámbito geográfico, delimitado por el divortium aquarum, donde ocurre el ciclo hidrológico e interactúan los factores naturales, sociales, económicos, políticos e institucionales y que son variables en el tiempo (Vásquez, 2000).

El divortium aquarum, teóricamente, es una línea imaginaria que une los puntos de máximo valor de altura relativa entre dos laderas adyacentes pero de exposición opuesta; desde la parte más alta de la cuenca hasta su punto de emisión, en la zona hipsométricamente más baja. Al interior de las cuencas se pueden delimitar subcuencas o cuencas de orden inferior (Juela, 2011).

La cuenca de drenaje de una corriente, es el 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 recorrido (Villón, 2002).

En relación a la clasificación de las cuencas hidrográficas, Villón (2002) indica que es bastante subjetiva, pero en general se las puede clasificar atendiendo a su tamaño de la siguiente manera:

- ❖ **Cuenca grande:** Es aquella en la que predominan las características fisiográficas de la misma (pendiente, elevación, área, cauce). Una cuenca, para fines prácticos, se considera grande, cuando el área es mayor a 250 km².
- ❖ **Cuencas pequeñas:** Es aquella que por su área responde muy rápido a las lluvias de fuerte intensidad y pequeña duración, y en la cual las características físicas (tipo de suelo, vegetación) son más importantes que las del cauce. Se considera cuenca pequeña aquella cuya área varía desde unas pocas hectáreas

hasta un límite, que para propósitos prácticos, se considera 250 km².

El mismo autor señala que no necesariamente se analiza con el mismo criterio una cuenca pequeña que una grande. Para una cuenca pequeña, la forma y cantidad de escurrimiento están influenciadas principalmente por las condiciones físicas del suelo; por lo tanto, el estudio hidrológico debe enfocarse con más atención a la cuenca misma, mientras que para una cuenca muy grande, el efecto de almacenaje del cauce es muy importante, por lo cual deberá darse también atención a las características de éste último.

2.1.5.1. Enfoque sistémico de la cuenca hidrográfica

El enfoque sistémico considera que, en el análisis de una cuenca lo más importante no consiste en considerar la actuación o papel particular de cada uno de los elementos constitutivos: agua, suelo, clima, vegetación, fauna hombre, etc., sino la interacción entre éstos, para conocer a cabalidad la dinámica real de la cuenca (Juera, 2011).

Vásquez (2000), señala que la suerte de cada uno de los elementos de la cuenca depende de lo que ocurra con los otros, por lo tanto, los trabajos que se ejecuten en ella deben considerar las interacciones y flujos de energía que se den entre sus partes y componentes.

2.1.5.2. Funciones de una cuenca hidrográfica

Las cuencas hidrográficas cumplen muchas funciones, entre las principales Juera (2011) menciona lo siguiente:

Función hidrológica: Las cuencas hidrográficas cumplen esta función, cuando reciben el agua de las diferentes fuentes de precipitación, la almacenan y posteriormente la distribuyen a través de, los manantiales y ríos durante distintos momentos a lo largo del tiempo.

Función ecológica: Provee diversidad de espacios a través de los cuales se completa el ciclo hidrológico, en donde a su vez, se llevan a cabo interacciones entre las características de la calidad física y química del agua. Además provee de hábitat para la flora y fauna que constituyen los elementos biológicos del ecosistema y que se encuentran en interacción directa con el agua.

Función ambiental: Las cuencas hidrográficas, constituyen verdaderos sumideros de Dióxido de Carbono (CO₂), regulan la recarga hídrica y los ciclos bio-geoquímicos, albergan bancos de germoplasma y contribuyen a conservar la biodiversidad 34.

Función socioeconómica: Suministra recursos para el desarrollo de actividades productivas que dan sustento a la población, provee de un espacio para el desarrollo social y cultural de la sociedad. La cuenca constituye una unidad espacial eco-geográfica relevante para analizar los procesos ambientales generados como consecuencia.

2.1.5.3. Parámetros morfométricos y fisiográficos de una cuenca

Las características morfométricas y fisiográficas de una cuenca, son elementos que tienen gran importancia en el comportamiento hidrológico de esta unidad de territorio, pues éstas características tienen un impacto directo en el drenaje, ya que condicionan tanto el volumen de escurrimiento como la velocidad de repuesta (Juela, 2011).

Los parámetros más importantes y de mayor influencia sobre una cuenca son:

2.1.5.3.1. Parámetros de forma

Dada la importancia de la configuración de las cuencas, se trata de cuantificar estas características por medio de índices o coeficientes, los cuales

relacionan el movimiento del agua y las respuestas de la cuenca a tal movimiento (Universidad de Los Andes Venezuela- ULA, 2013).

a) Superficie

Se refiere al área proyectada en un plano horizontal, es de forma irregular y se obtiene después de delimitar la cuenca (Villón, 2002). Su cálculo es importante porque sirve de base para la determinación de otros elementos (parámetros, coeficientes, relaciones, etc.); además por lo general los caudales de escurrimiento crecen a medida que aumenta la superficie de la cuenca (Martínez, *et al.* 2001).

b) Perímetro

Se refiere al borde de la forma de la cuenca proyectada en un plano horizontal, es de forma irregular y se obtiene una vez delimitada la cuenca (Villón, 2002).

c) Longitud axial

Esta medida se considera como la longitud en línea recta, desde el punto de nacimiento de la corriente hasta el punto de desembocadura a un caudal mayor, o punto más bajo de la cuenca. A ésta línea recta se le considera como el eje principal de la cuenca (ULA, 2013).

d) Longitud del cauce

La longitud de un río es la distancia entre la desembocadura y el nacimiento (ULA, 2013).

e) Ancho promedio

ULA (2013) reporta que corresponde al área de la cuenca, relacionada con su longitud axial, y se expresa como:

$$Ap = \frac{A}{La}$$

Donde:

A_p = ancho promedio (km)

A = área de la cuenca (km^2)

L_a = Longitud axial (km)

f) Factor de forma

Este factor interviene principalmente en la manera como se presenta el volumen de agua escurrido a la salida de la cuenca (ULA, 2013). Existen varios índices que expresan la forma de las cuencas hidrográficas, y se obtienen a partir de la superficie y medidas lineales de la cuenca, como por ejemplo: el índice de compacidad de Gravelius, que relaciona el perímetro de la cuenca con el de la circunferencia de un círculo de igual área a la de la cuenca

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

Donde:

K = índice de compacidad

0.28 = valor constante

P = perímetro de la cuenca (km)

A = área de la cuenca (km^2)

El índice de compacidad, trata de expresar la influencia del perímetro y el área de una cuenca en la escorrentía, particularmente en las características del hidrograma. Si $K = 1$, la cuenca será de forma circular, por lo general, para cuencas alargadas se espera que $K > 1$. Las cuencas de forma alargada que sean cubiertas en su totalidad por una tormenta, lo que afecta el tipo de respuesta que se presenta en el río (Villón, 2002).

2.1.5.4. Parámetros de relieve

Son muy importantes ya que el relieve de una cuenca puede tener más influencia sobre la respuesta hidrológica que la forma misma de la cuenca (Juella, 2011). Los parámetros relativos de relieve son:

a) Pendiente media del cauce

Es un parámetro muy importante, en el estudio del recurso hídrico, ya que se relaciona con las características hidráulicas del escurrimiento, en particular con la velocidad de propagación de las ondas de avenida y con la capacidad para el transporte de sedimentos (ULA, 2013).

b) Pendiente media de la cuenca

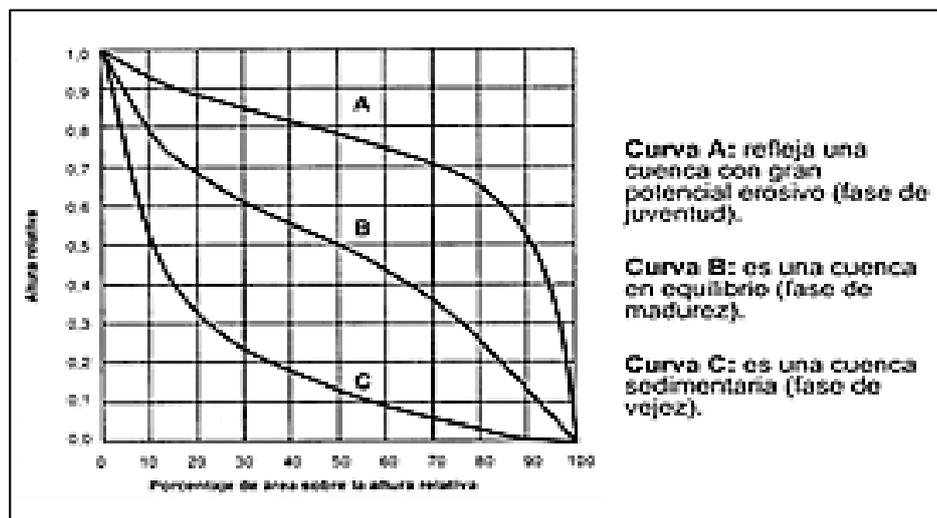
Es un parámetro esencial, pues da un índice de la velocidad media de la esorrentía y su poder de arrastre y de la erosión sobre la cuenca, está relacionada con la infiltración, con el escurrimiento superficial, con la contribución de agua subterránea a la corriente y con la duración del escurrimiento (Juera, 2011).

c) Altitud media de la cuenca

La importancia de conocer la altitud media de una cuenca, se debe a la influencia que ésta tiene en la temperatura como en la forma de precipitación (ULA, 2013).

La curva hipsométrica es la representación gráfica de la variación altitudinal de una cuenca y se obtiene a partir de un plano topográfico tomándose los valores en porcentajes del área que están por debajo de una determinada altura, que inicialmente serán la del punto más bajo de la cuenca e irá aumentando de acuerdo a los valores de las cotas de la curva de nivel que encierra las franjas de terreno por ellas definidas y el punto de salida que es generalmente el sitio más bajo de la cuenca (Villón, 2002).

Se divide en tres zonas (Figura 01): 1.-Zona donde predomina la producción de sedimentos y aguas (Ríos jóvenes). 2.- Zona donde predomina el transporte de ambos (Ríos maduros) 3.- Zona caracterizada por la deposición de sedimentos (Ríos en etapa de vejez) (Llamas, 1993).



Fuente. Villón

Figura 01. Curva hipsométrica

2.1.5.5. Manejo de cuencas hidrográficas

Para el ordenamiento y manejo de una cuenca hidrográfica, ésta se analiza como una unidad conformada por sub cuencas y éstas, a su vez, por microcuencas. Por lo tanto, una sub cuenca, es toda área que desarrolla su drenaje directamente al curso principal de la cuenca hidrográfica; varias sub cuencas pueden conformar una cuenca; en cambio una microcuenca, es toda área que desarrolla su drenaje directamente al curso principal de una sub cuenca, varias microcuencas pueden conformar una sub cuenca (CIAT, 1997).

Debido a que la gestión de cuencas es un proceso con objetivos a corto, mediano y largo plazo en términos de la rehabilitación (5, 10, 20 años), y permanente en términos del manejo sostenible, la planificación debe sustentarse en información completa e integral de la cuenca, para evitar errores en la priorización e intervención, que podrían llevar no solamente a un uso ineficiente de los recursos humanos y económicos, sino a la falta de resultados e impactos favorables concretos que justifiquen y motiven a todos los actores locales a internalizar y empoderarse del proceso y a las instituciones, decisores, donantes y organismos de cooperación internacional a seguir apoyando esta forma plenamente justificada natural, biofísica y socioeconómicamente de gestión del territorio (Jiménez, 2010)

2.2. ANTECEDENTES

Salazar (1981), determinó la demanda de agua de riego en los cultivos de caña de azúcar, maíz, frijol poroto, alfalfa, papa, hortalizas, tomate, frutales, cereales, camote y forestales para la Irrigación “Zevallos – San Roque”. Los requerimientos anuales calculados, expresados en milímetros (mm) de lámina, fueron: 1 334,09 (caña de azúcar); 478,94 (maíz); 416,5 (frijol poroto) 1 372,96 (alfalfa); 331,57 (papa); 642,39 (hortalizas); 304,33 (tomate); 1 656,55 (frutales); 424,63 (cereales); 899,88 (camote) y 645,09 (forestales). Los módulos de riego anuales, expresados en litros / segundo / hectárea fueron: 0,42 (caña de azúcar); 0,30 (maíz); 0,26 (frijol poroto); 0,44 (alfalfa); 0,21 (papa); 0,35 (hortalizas); 0,18 (tomate); 0,52 (frutales); 0,23 (cereales); 0,34 (camote) y 0,22 (forestales). El caudal continuo, expresado en litros / segundo que debe circular por el canal iniciando por el mes de julio, fueron: 590 ,4; 610,3; 617,0; 631,8; 638,4; 599,2; 586,4; 560,4; 528,2; 570,2; 581,4 y 590,1.

Rojas (1994), realizó un estudio de la demanda unitaria neta de agua para los cultivos asociación de maíz – frijol, maíz, frijol, frutales, camote, alfalfa, hortalizas, papa, caña de azúcar, tomate, arveja, trigo, cucurbitáceas, café, yuca y choclo a largo de su periodo vegetativo, del Valle de Huánuco, abarca entre Ambo y Taruca. Las demandas unitarias netas totales, expresados en m³ / ha / campaña, fueron: 7 018; 4 508; 4 965; 8 245; 2 428; 13 387; 7819; 4310; 11 638; 2 256; 2 964; 2 138; 2 766; 11 301 y 4 766 respectivamente para los cultivos mencionados.

Salazar (2006), determinó la oferta ambiental del recurso hídrico en la Cuenca Alta del río Huallaga, en lámina escurrida en 457,92 mm/año y un promedio mensual de 26,94 mm/mes. En flujo de caudales generados obtuvo un valor promedio de 67,88 m³ / seg, con un caudal mínimo de 22,27 m³ / seg para el mes de julio y un máximo de 121,75 m³ / seg para el mes de marzo.

2.3. VARIABLES

2.3.1. Operacionalización de variables

Cuadro 01. Variables y operacionalización de variables

V A R I A B L E	Recursos hídricos superficiales	INDICADORES	ÍNDICES	ITEMS
		Características Morfométricas	Morfometria Fisiografía Red hídrica	Mediante coordenadas geográficas y el sistema informático de ArcGis 10.3
		Características meteorológicas	Precipitación Temperatura Humedad relativa	Con el uso de datos meteorológicos del SENAMHI
		Uso potencial de agua	Oferta y demanda de agua	Con el uso de fórmulas matemáticas de Hargreaves Turc, y Manning
		Balance hídrico de agua para riego	Demanda insatisfecha	Mediante el análisis de la oferta y demanda de agua de la Microcuenca

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

El presente trabajo de investigación fue realizado en Microcuenca de Yarumayo, situado al Oeste de la provincia de Huánuco, en la zona alto andina de la Región Central del Perú, en la cabecera de una quebrada que desagua en el río Higuera y que afluye en el río Huallaga integrante de la Cuenca Hidrográfica del Marañón, el cual se puede apreciar en la Figura 01.

Ubicación política

Región : Huánuco
Provincia : Huánuco
Distrito : Yarumayo

Posición geográfica

Latitud Sur : 09° 55' 45"
Longitud Oeste : 76° 28' 10"
Altitud : 3 020 msnm.

3.1.1. Condiciones agroecológicas del Distrito de Yarumayo

La Microcuenca de Yarumayo presenta un clima Templado Cálido, Templado Frío y Frío con una temperatura promedio de 14°C y precipitaciones moderadas de carácter estacional (de noviembre a marzo); tiene un relieve accidentado con profusión de quebradas, estrechos valles, escarpadas y empinadas laderas; y abarca las siguientes zonas de vida: bosque pluvial Pre Montano Tropical (bp-PMT); bosque muy húmedo-Montano Tropical (bmh-MT); y páramo pluvial-Subalpino Tropical (pp-SaT). Con respecto a su hidrografía predominan los ríos Yarumayo, Cozo y Cachuna.

3.2. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

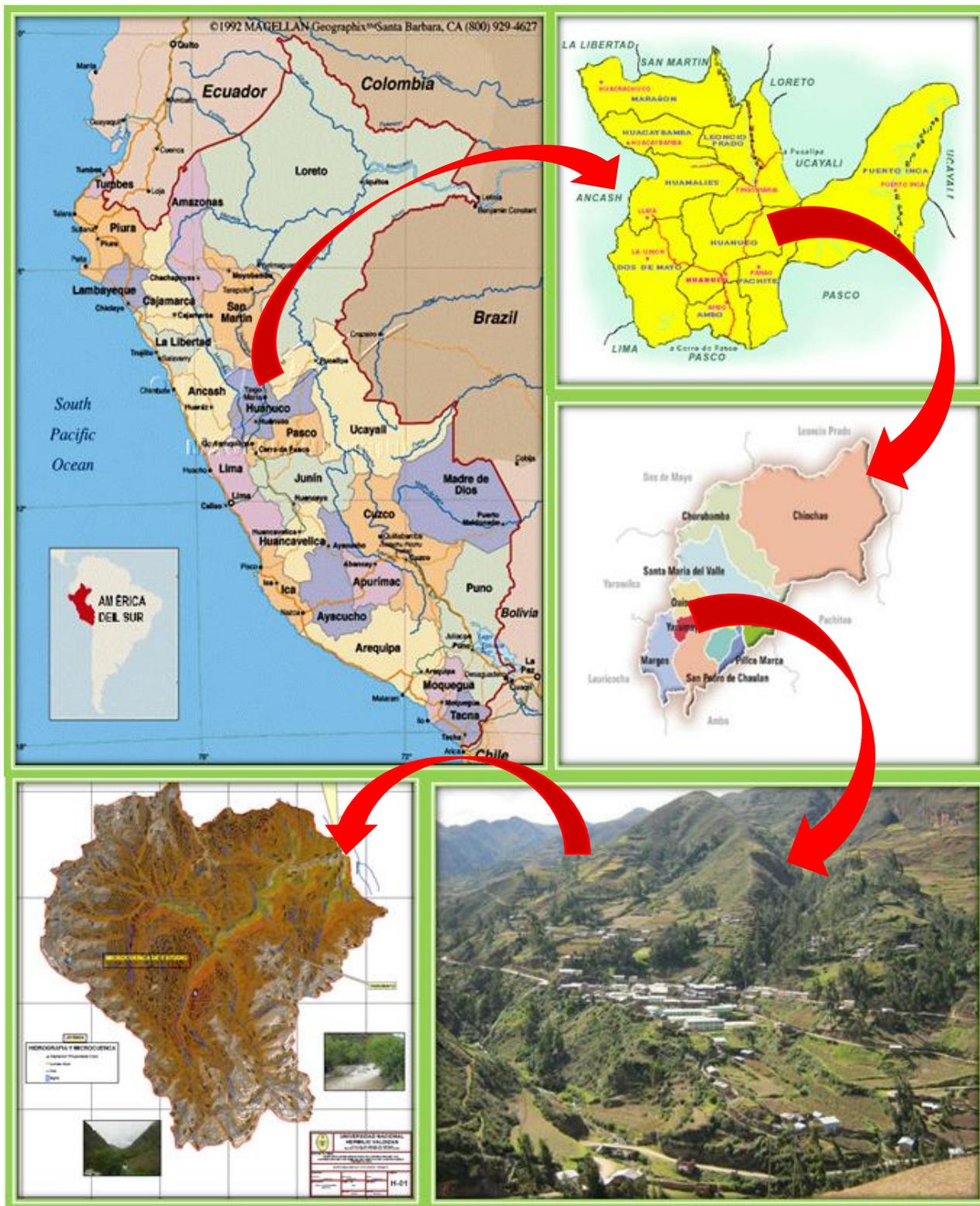
El tipo de investigación es aplicada, porque se basa en los principios, técnicas y métodos de la ciencia para conocer el los recursos hídricos superficiales de la Microcuenca de Yarumayo, de este modo para contribuir en la solución de los problemas de riego a beneficio de los agricultores del Distrito de Yarumayo.

El nivel de investigación es descriptivo, porque se realizará la identificación del de los recursos hídricos superficiales, describiendo y registrando las fuentes de agua de los recursos hídricos con fines agrícolas de la Microcuenca de Yarumayo.

3.3. PRUEBA DE HIPÓTESIS

3.3.1. Diseño de la investigación

El diseño es No Experimental en su forma Transeccional – Descriptivo, porque las variables se estudiaron simultáneamente en determinado momento en las localidades de la Microcuenca de Yarumayo, haciendo un corte en el tiempo, empleando la estadística descriptiva a través de métodos gráficos, tabulaciones o numéricos.



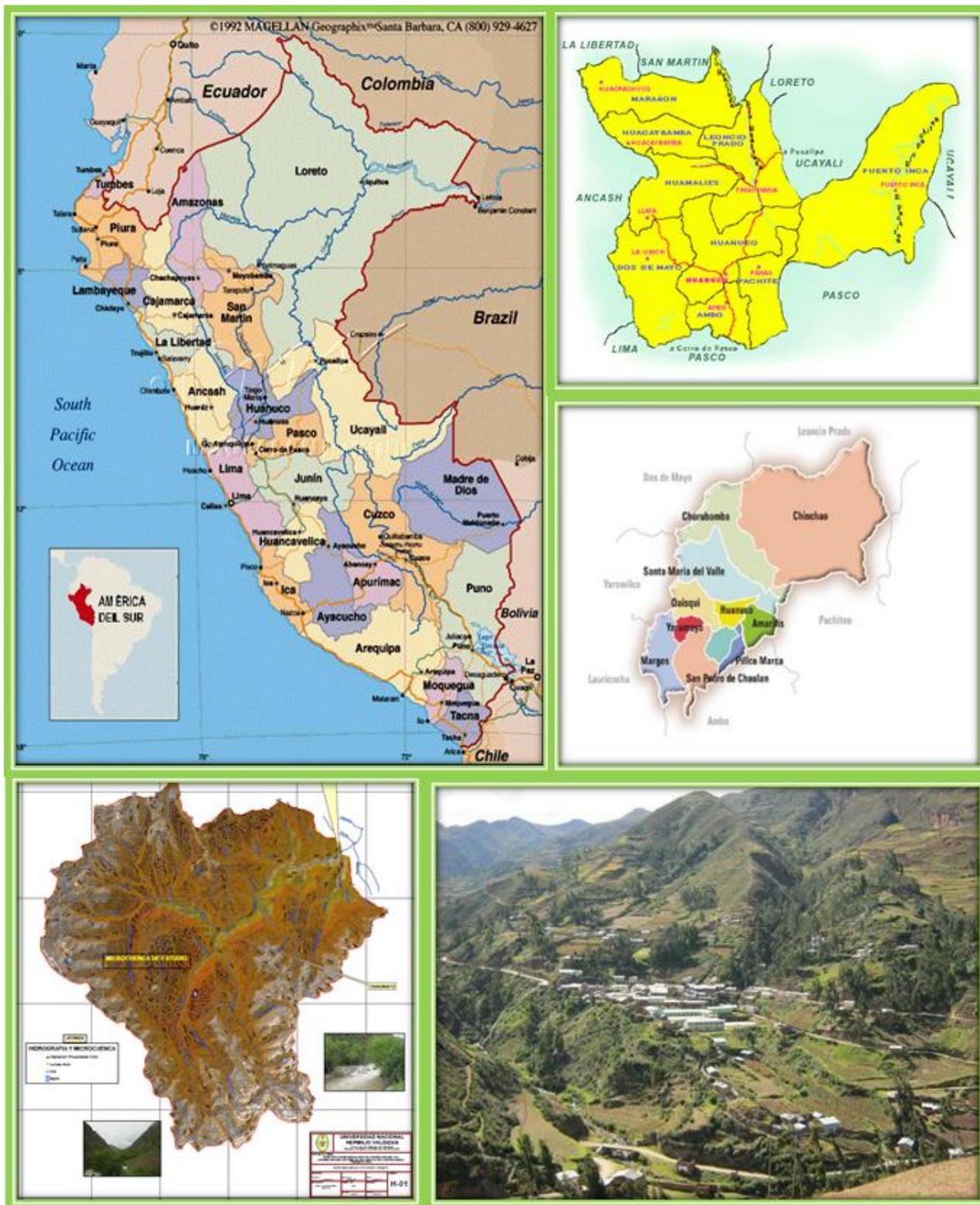


Figura 02. Lugar de ejecución del estudio

3.3.2. Datos registrados

3.3.2.1. Características morfométricas

La metodología consistió en la generación de información primaria en base al análisis de la información cartográfica publicada por el MINAM (Ministerio del Ambiente). Para el cálculo de las variables necesarias requeridas para el análisis morfológico, todos los datos fueron manejados y procesados en el programa computacional ArcGis 10.3 y las herramientas del SIG (sistemas de información geográfica), con la debida aplicación de las fórmulas de la morfometría. Las características calculadas fueron: área y perímetro, forma, altitud media y la red hídrica.

3.3.2.2. Características meteorológicas

Los datos meteorológicos considerados fueron la precipitación (mensual y de 24 horas), temperatura y humedad relativa, los cuales fueron obtenidos de las estaciones más cercanas a la Microcuenca de Yarumayo, como Jacas Chico, Huánuco, Canchan y San Rafael. Estos datos fueron analizados para obtener la información meteorológica generada para la zona de estudio a través del Factor de altitud (FA) expresada mediante la siguiente fórmula:

$$FA = \frac{\textit{Altitud media de la Microcuenca}}{\textit{Altitud de la estación meteorológica}}$$

La altitud de la estación elegida fue la de Jacas Chico, debido a que presenta características climáticas más semejantes en comparación con la Microcuenca de Yarumayo.

3.3.2.3. Disponibilidad y uso potencial de agua de la Microcuenca

Comprende la obtención de la oferta y demanda de agua de la Microcuenca de Yarumayo. El cálculo de la oferta de agua, comprende el

ajuste de precipitación máxima de 24 horas, cálculo de la precipitación máxima mediante el tiempo de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años, cálculo de la intensidad máxima de lluvias estimado mediante el método de Kirpich, Cálculo del coeficiente de escorrentía, se halló la estimación de la descarga media, para ello se tuvo que calcular otras variables como: retención de almacenes hídricos, coeficiente de agotamiento,, cálculo de B_i , cálculo del gasto y alimentación, la lámina escurrida mensualmente y la distribución porcentual de la lluvia. Asimismo la determinación de coeficientes B_1 , B_2 y B_3 : y la generación de caudales.

El cálculo de la demanda de agua se realizó mediante el cálculo de la evapotranspiración potencial, la determinación de la cédula de cultivo, el cálculo de los coeficientes de cultivo (K_c), el uso consuntivo (UC), la precipitación efectiva, del requerimiento de agua: el requerimiento volumétrico, el requerimiento volumétrico neto y la eficiencia de riego. Igualmente la obtención de los valores del módulo de riego (MR) y de la demanda de agua agrícola.

3.3.2.4. Determinación del balance hídrico

Calculado a través a demanda insatisfecha actual de agua para riego con la finalidad de visualizar con mayor claridad, los meses críticos y/o satisfactorios en forma mensual. Esta demanda insatisfecha se halla por la diferencia de la demanda de agua agrícola y la oferta de agua del estudio.

3.4. MATERIALES Y EQUIPOS

3.4.1. Materiales

- Libreta de campo
- Materiales de escritorio
- Mapa del Distrito

3.4.2. Equipos

- GPS

- Cámara fotográfica
- Laptop

3.5. CONDUCCIÓN DEL TRABAJO

3.5.1. Definición del área de estudio

Con la ayuda del programa ArcGis se determinó el área de estudio, teniendo como punto de control la desembocadura del río Cozo, de esto se delimitó la Microcuenca, el cual se obtuvo mediante las curvas de nivel elaboradas por el Ministerio de Educación (Scale), a escala 1 / 100 000, luego se calculó los flujos de dirección que sirve para determinar la dirección en la que el agua fluye fuera de cada pixel o celda del (MDE), luego el flujo de acumulación, de este modo es posible saber cuánta agua puede recibir una celda determinada, las líneas de drenaje que es un sistema jeraquerizado de cauces desde pequeñas quebradas hasta los grandes ríos. Para realizar el cálculo se utilizó las herramientas: software ArcGis 10.3 y finalmente se obtuvo la cuenca delimitada.

3.5.2. Inventario de los recursos hídricos

Delimitada la Microcuenca, se procedió a realizar al registro de todas las fuentes de agua superficiales existentes en la Microcuenca, con la finalidad de conocer el número de fuentes de agua disponibles para el servicio de la población de Yarumayo.

3.5.3. Análisis morfométrico

3.5.3.1. Área y perímetro de la microcuenca

Luego de haber realizado la delimitación de Microcuenca, se determinó la superficie de la cuenca mediante el programa computacional ArcGis 10.3 y la herramienta ArcMap.

3.5.3.2. Forma de la Microcuenca

Para determinar la forma de la cuenca, se utilizó el índice de compacidad o índice de Gravelius. (Villón, 2002).

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

Donde:

K = índice de compacidad

0.28 = valor constante

P = perímetro de la cuenca (km)

A = área de la cuenca (km²)

3.5.3.3. Altitud media (Curva hipsométrica)

Para elaborar la curva hipsométrica se utilizó las curvas de nivel, las mismas que encuentran disponibles en la página web del Ministerio de Educación (Scale), luego fueron determinados las áreas entre cada curva de nivel mediante el programa ArcGis 10.3. Finalmente con los datos de porcentaje de área acumulada en el eje de las X y con las alturas medias en el eje de las Y, se procede a graficar la tendencia de la curva hipsométrica con el programa Microsoft Excell 2013.

3.5.3.4. Red hídrica de la Microcuenca

Con respecto a esta variable se realizó el inventario de las fuentes de agua superficial, como ríos, lagos, manantiales y riachuelos; con que cuenta la Microcuenca de Yarumayo, para ello se realizan visitas a varias instituciones para conocer la información sobre el tema en estudio. Luego se procedió al cálculo del ordenamiento, longitud, pendiente media y densidad de drenaje de los ríos de la Microcuenca para ello se empleó el programa ArcGis 10.3. con la herramienta Spatial Analyst Tools y las siguientes fórmulas:

Densidad de drenaje

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

Donde:

L = longitud de toda la red de drenaje (km)

A = área de la microcuenca

3.5.4. Estudio de la oferta hídrica

El cálculo de la oferta de agua se realizó mediante la precipitación pluvial mediante los siguientes pasos:

- Ajuste las Precipitación total mensual.
- Ajuste de la precipitación máxima de 24 horas mediante la distribución teórica Log Pearson Tipo III.
- Cálculo de la precipitación máxima mediante el tiempo de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años.
- Cálculo de la intensidad máxima de lluvias, estimado mediante el método de Kirpich, el tiempo de concentración de la precipitación máxima de 24 horas, de la siguiente manera:

$$i = \frac{k}{d}$$

Donde:

i - intensidad en mm/hora

d - duración de la lluvia

k y n - parámetros que dependen de la zona.

- Cálculo del coeficiente de escorrentía, hallado el mediante método de zonas de vida de Holdridge, publicado por la ex ONERN, en el Inventario y Evaluación Nacional de Aguas Superficiales y un factor de corrección regional que fue de 0.52.
- Estimación de la descarga media, para ello se tuvo que calcular otras variables como: almacenes hídricos (fórmula 1), coeficiente de agotamiento (fórmula 2), cálculo de Bi (fórmula 3), cálculo del gasto (fórmula 4), alimentación (fórmula 5) y de la lámina escurrida mensualmente (fórmula 6). La distribución porcentual de la lluvia se halló con la precipitación efectiva

generada mensual al multiplicar con el coeficiente de escorrentía.

Fórmula 1: Retención de almacenes hídricos (RET)

$$RET = \frac{Acuif * (-7.5 * I + 315) + 5 * (Lag + Nev)}{A}$$

Donde:

Acuif = área de acuíferos (km²)

I = Pendiente media de acuíferos (%)

Lag = área de lagunas (km²)

Nev = área de nevados (km²)

A = área de la Microcuenca (km²)

Fórmula 2: coeficiente de agotamiento (Cag)

$$Cag = -0.00252 \times \ln(A) + 0.034$$

Fórmula 3: coeficientes Bi

$$B_i = e^{(-Cag \times 30)}$$

Fórmula 4: Gasto (Gi)

$$G_i = \frac{RET \times B_i^n}{\sum B_i}$$

Donde:

n = 1, 2, 3, 4, 5,6 (meses de mayor precipitación)

Fórmula 5: Alimentación (Ai)

$$A_i = \frac{a_i \times RET}{100}$$

Donde:

a_i = valor porcentual de la precipitación

Fórmula 5: Lámina escurrida mensual (Cmi)

$$C_{mi} = P_{ei} + G_i - A_i$$

Donde:

P_{ei} = precipitación efectiva

- Determinación de coeficientes B₁, B₂ y B₃: se obtuvo mediante la regresión lineal múltiple de la lámina escurrida mensual y la precipitación efectiva
- Generación de caudales: se calculó con la aplicación de la fórmula de Mac Math el cual se expresa de la siguiente manera

$$Q_{max} = \frac{C \times P \times A^{0.58} \times I^{0.42}}{1000}$$

Donde:

Q_{max} = Descarga máxima para un tiempo de retorno T (m³/seg)

P = Precipitación máxima para un tiempo de retorno T (mm)

C = Coeficiente de escorrentía que depende del tipo de suelo

A = Área de la microcuenca (ha)

I = Pendiente media del cauce (m/km)

3.5.5. Estudio de la demanda de agua

El cálculo de la demanda de agua se realizó mediante la precipitación pluvial mediante los siguientes pasos:

- Cálculo de la evapotranspiración potencial mediante la fórmula de Hargreaves, el cual se expresa de la siguiente manera:

$$E_{to} = T^{\circ} F \times MF \times CE \times CH$$

Donde:

T[°] F = temperatura promedio en °F

MF = coeficiente latitud (Anexo 01)

CE = coeficiente de altitud

$$CE = 1 + \frac{E}{0.04 \times 2000}$$

E = altitud media de la Microcuenca

CH = coeficiente de humedad

$CH = 0,166 (100 - \text{humedad relativa})^{1/2}$, Si la HR es > 64%

Si la Humedad relativa es < 64% el CH es igual a 1

- Determinación de la cédula de cultivo mediante la información proporcionada por la Agencia Agraria de Huánuco.
- Cálculo de los coeficientes de cultivo (K_c) mediante los valores de inicio, desarrollo, madurez y cosecha proporcionado por el Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA.
- Cálculo del uso consuntivo (UC) a través del producto del K_c ponderado y la evapotranspiración potencial.
- La precipitación efectiva, obtenida mediante la precipitación promedio generada de la microcuencia, su desviación estándar y una constante, el cual se expresa en la siguiente fórmula:

$$Pe (75\%) = Pe(prom) - 0.6745 X Sx$$

Donde:

$Pe (prom)$ = precipitación promedio de la Microcuencia

0.6754 = valor de la Normal para el nivel de persistencia 75%

Sx = desviación estándar.

- Determinación del requerimiento de agua: consiste en la obtención del agua requerida (Fórmula 1), el requerimiento volumétrico (Fórmula 2) y el requerimiento volumétrico neto (Fórmula 3) y la eficiencia de riego.

Fórmula 1 $Req = UC - Pe$

Fórmula 2 $RVT = Req (mm) x 10$

Fórmula 3 $RVN = RVT (mm)/EF$

EF = Eficiencia de riego Por gravedad 0.40

- Cálculo del módulo de riego (MR) a través del requerimiento volumétrico neto, las número de horas de riego, eficiencia de riego, el cual se expresa en la fórmula siguiente:

$$MR = RVT x \left[\frac{1000}{3600 x N^{\circ} \text{ días del mes } x N^{\circ} \text{ horas de riego}} \right]$$

- Demanda de agua agrícola (Q dem): resultado del producto de las áreas cultivables de cada cultivo y el módulo de riego.

$$Q_{dem} = \text{Área total por mes} \times MR$$

3.5.6. Balance hídrico

Se obtuvo mediante el análisis de la oferta y demanda de agua, ambos valores mensuales se comparó los volúmenes disponibles de agua a un 75% de probabilidad de que sean alcanzados o superados, mes por mes, con los volúmenes de demanda de agua de riego, también mes por mes; calculándose de esta manera los déficits y superávits del recurso hídrico superficial expresada en la demanda insatisfecha (DI).

$$DI = \text{Demanda de agua} - \text{Oferta de agua}$$

IV. RESULTADOS

El análisis de los datos fue recopilado del trabajo de campo, del programa ArcGis 10.3 para el cálculo de las características morfométricas y del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología SENAMHI datos de precipitación pluvial, temperatura media y humedad relativa media de las estaciones Jacas Chico, Canchan y Llata. La información climática se analizó mediante regresión lineal, medidas de dispersión central (promedio, desviación estándar, coeficiente de variabilidad, máximo y mínimo). Asimismo se registra el área y perímetro de la Microcuenca, así como las fuentes de agua existentes en la zona de estudio.

Con los datos recopilados anteriormente se determinó disponibilidad u oferta de agua de la Microcuenca de Yarumayo, mediante el cálculo del caudal máximo, y para hallar la necesidad de agua de los cultivos se halla la demanda o requerimiento de agua, con la estimación de la evapotranspiración potencial y el uso consuntivo. Con la oferta y demanda de agua se determinó el balance hídrico para conocer la falta del recurso hídrico en la Microcuenca de Yarumayo.

4.1. CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DE LA MICROCUENCA

4.1.1. Morfometría de la Microcuenca

El área de estudio posee una superficie de 416.58 km², se la clasificó según el criterio de Villón (2002), como una cuenca grande, debido a la superficie que abarca, tiene un perímetro de 104.20 km., una longitud axial de 23.78 km., y un ancho promedio de 17.52 km.

Según el índice de compacidad (K) de Gravelius (1.43), se la clasificó como una cuenca con tendencia a ser alargada debido a que su coeficiente es mayor a la unidad y por ende de forma semicircular, es propensa a crecidas

violentas o rápidas y de gran magnitud, este fenómeno sucede en cuencas pequeñas, en este caso como se la clasificó como una cuenca grande los caudales violentos o de gran magnitud no sucederán, en caso de que la precipitación como la intensidad sean de larga duración puede existir la posibilidad de que ocurra un evento extraordinario.

Cuadro 02. Parámetros morfométricos de la Microcuenca de Yarumayo

Factor	Unidad	Valor	Interpretación
Área	km ²	416.58	Cuenca grande
Perímetro	km	104.20	
Longitud axial	km	23.78	
Ancho promedio	km	17.52	
Coeficiente de compacidad de Gravelius		1.43	Cuenca alargada

Fuente: elaboración propia

4.1.2. Fisiografía

4.1.2.1. Altitud media

Para determinar las altitud media se realizó mediante la obtención de la curva hipsométrica, mediante las cotas y las áreas entre cada curva de nivel de la Microcuenca de Yarumayo, donde el número de intervalos de curvas es de 10, la cota máxima es de 4450 msnm y la mínima es de 2300 msnm. El área máxima se encuentra en el intervalo 9 con 108.52 km².

Cuadro 03. Cálculos para la obtención de la curva hipsométrica.

N°	Intervalo de curvas de nivel (msnm)	COTAS			ÁREA (km ²)		
		Máxima	Mínima	Media	Intervalo	Área /Área total (%)	% Área acumulado
1	2300 - 2515	2514.64	2300.00	2438.49	1.57	0.38	100.00
2	2515 - 2730	2729.96	2515.17	2637.83	4.75	1.14	99.62
3	2730 - 2945	2944.95	2730.02	2845.66	9.23	2.22	98.48
4	2945 - 3160	3159.98	2945.09	3065.47	18.22	4.37	96.27

5	3160 - 3375	3375.00	3160.06	3272.56	28.69	6.89	91.89
6	3375 - 3590	3589.97	3375.00	3492.45	48.50	11.64	85.01
7	3590 - 3805	3804.98	3590.02	3704.69	73.15	17.56	73.36
8	3805 - 4020	4019.99	3805.01	3918.16	102.71	24.65	68.85
9	4020 - 4235	4235.00	4020.01	4119.13	108.52	26.05	31.15
10	4235 - 4450	4450.00	4235.00	4296.09	21.25	5.10	5.10

Fuente: elaboración propia

De los cálculos obtenidos se graficó la curva hipsométrica en la Figura 02, del que se deduce, por su forma, que es una curva Tipo A, lo que refleja una cuenca con gran potencial de erosión (fase de juventud), el cual representa una actividad erosiva alta.

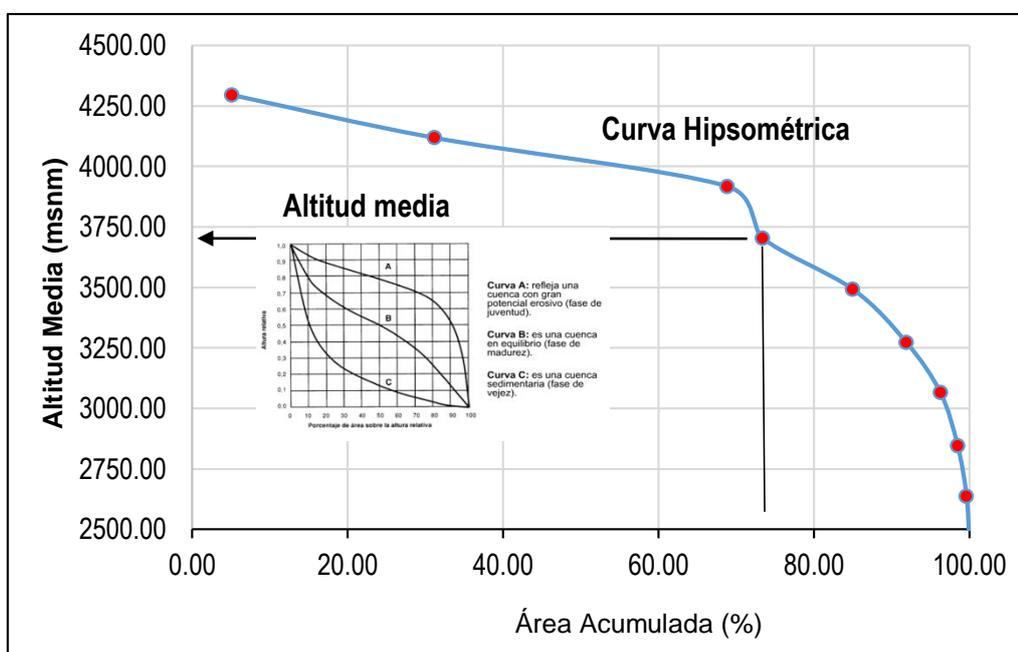


Figura 03. Curva hipsométrica de la Microcuenca de Yarumayo

4.1.2.2. Pendiente media

La pendiente media de la cuenca por su valor de 22.29%, indica que es una microcuenca con baja pendiente, al mismo tiempo que su velocidad de escurrimiento es menor y por ende la capacidad de infiltración es mayor.

Cuadro 04. Calculo para la obtención de la pendiente media

N°	RANGO PENDIENTE (%)			Número de ocurrencias (2)	(1) * (2)
	Inferior	Superior	Promedio (1)		
1	0	10	5	28166	140830
2	10	20	15	50226	753390
3	20	30	25	46381	1159525
4	30	40	35	27593	965755
5	40	50	45	10276	462420
6	50	60	55	2982	164010
7	60	70	65	812	52780
8	70	80	75	156	11700
9	80	90	85	36	3060
10	90	100	95	6	570
Total				166634	3714040
Pendiente media de la Microcuenca					22.29%

Fuente: elaboración propia

4.1.3. Red hídrica de la Microcuenca de Yarumayo

4.1.3.1. Inventario de fuentes de agua

La Microcuenca de Yarumayo presenta 39 manantiales localizados en cuatro Distritos de la provincia de Huánuco, como: San Pedro Chaulán, Yarumayo, Yacus y Margos. En el distrito de San Pedro Chaulán se sitúan 12 manantiales, en Yarumayo 11 manantiales, en Yacus 9 manantiales y en Margos 7 manantiales. El manantial que se ubica en la zona baja (2408 msnm) de la Microcuenca es Osgoro y en la zona más alta de la Microcuenca (4092 msnm) es el manantial Cuncuna. (Ver Cuadro 05).

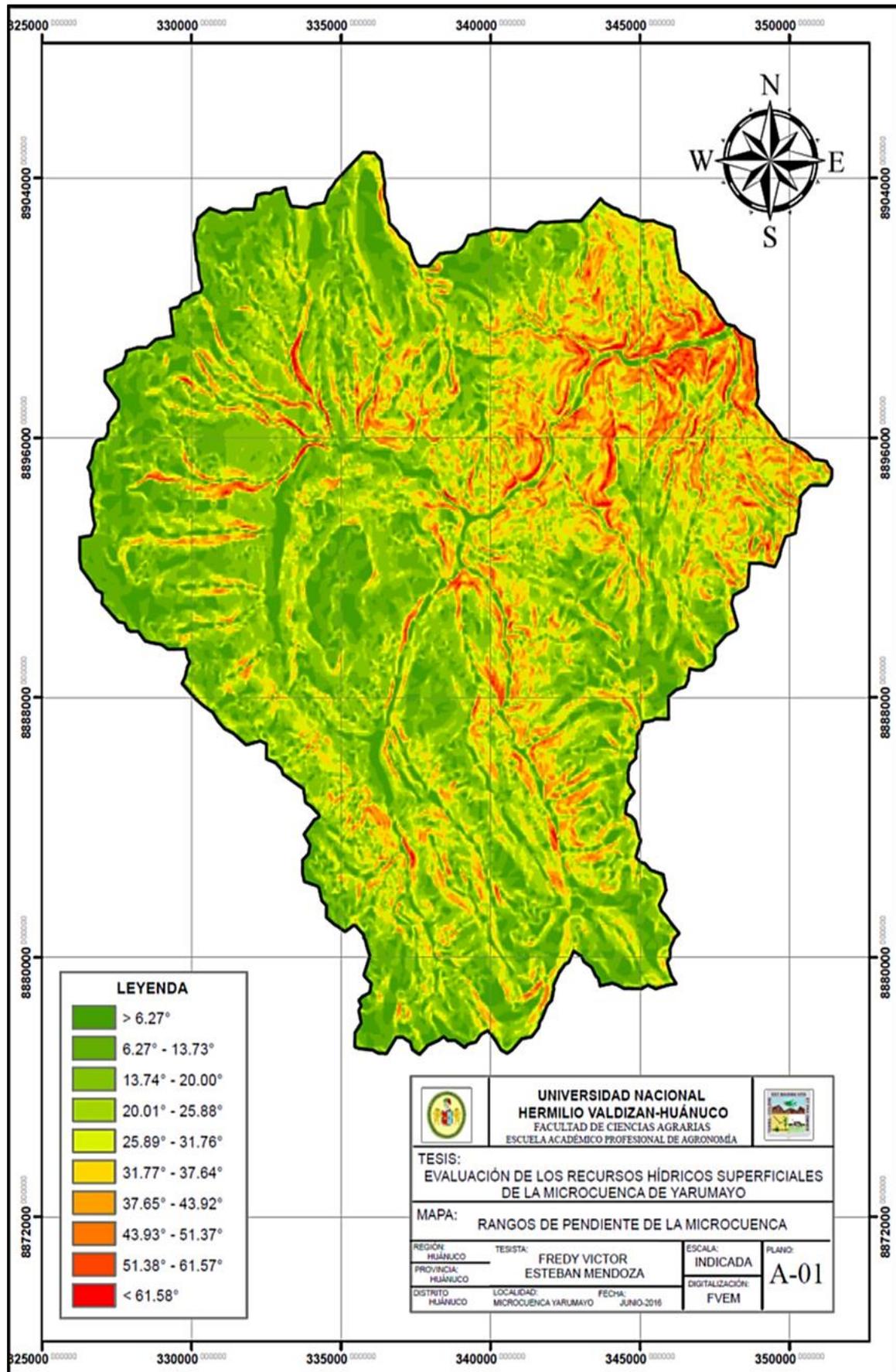


Figura 04. Pendiente de la Microcuenca de Yarumayo

Cuadro 05. Manantiales de la Microcuenca de Yarumayo

DISTRITO	NOMBRE	COORDENADAS UTM		ALTITUD (msnm)
		E (m.)	S (m.)	
San Pedro Chaulán	Potagaga	344303.87	8892721.78	3623
	Carhuayacu	345204.06	8898320.80	2522
	Asiac	347153.43	8896065.55	2824
	Pucllatingo	348441.42	8896453.61	2870
	Chacya	348458.04	8896473.05	2864
	Chacras	338247.31	8884081.13	3678
	Atunhuiras	340909.06	8886293.94	3587
	Ichichiuras	341761.23	8884752.68	3734
	Piruro	342242.16	8883308.94	3877
	Pampahuasi	342609.92	8882304.75	3986
	Cruzjirca	338756.16	8884081.13	3678
	Cuncuna	342710.13	8881669.09	4092
Yarumayo	Quecraragra	341988.07	8896360.23	2769
	Mash Huaragra	342021.95	8899315.61	3117
	Osgoro	346970.14	8898931.25	2408
	Tomaragra	342092.16	8899192.85	3106
	Lucmapata	341643.06	8895992.76	2933
	Mata	340917.96	8894622.10	3042
	Chuchupuqju	340271.21	8894086.68	3054
	Alpahuanca	340020.66	8893673.97	2976
	Quishuarhuacha	339129.5	8893808.56	3065
	Chaulagra	337651.08	8894929.40	3082
	Huegya	337695.89	8896538.01	3455
Yacus	Tecllosh	333705.74	8900536.07	3842
	Shegllin	336378.03	8898427.90	3550
	Rayan Cancha	336234.86	8898078.31	3513
	Acshacoto	333300.41	8898028.35	3547
	Condorpite	331412.00	8900792.39	4007
	Huanchan	336364.27	8898421.21	3548
	Llaglla	333232.75	8898768.98	3663
	Chichimachay	333910,38	8897144.97	3366
	Colesragra	337623.24	8896548.87	3441
Margos	Huilly	336051.54	8895463.79	3144
	Marcasha	332706.31	8892511.46	3545
	Huilcahuari	332207.12	88913012.78	3648

	Puncumayo	332649,25	8891000.91	3569
	Collac	332701.14	8889765.34	3609
	Racllapampa	332973.10	8889576.72	3631
	Julcan	332999.69	8889618.83	3619
TOTAL DE MANANTIALES				39

Fuente: elaboración propia

Otra fuente de agua que conforma la red hidrográfica de la Microcuenca de Yarumayo son los riachuelos y ríos. En el Cuadro 06, en la Microcuenca se distinguen 15 riachuelos, destacando en el Distrito de San Pedro de Chaulán con la mayor cantidad de riachuelos. En cuanto a los ríos, el Cuadro 07, indica que en la Microcuenca de Yarumayo solo tiene cuatro: Chillán (Yarumayo), Niño (Margos y Yarumayo), Chaulán y Milpo (San Pedro de Chaulán).

Cuadro 06. Riachuelos de la Microcuenca de Yarumayo.

DISTRITO	NOMBRE	COORDENADAS UTM		ALTITUD (msnm)
		E (m)	S (m.)	
San Pedro de Chaulán	Tambillo	347174.87	8896055.93	2887
	Chacgaragra	342029.13	8895529.60	2809
	Cozotingo	347985.81	8899353.04	2325
	Chaglaragra	336446.56	8887171.34	3412
	Cancaña	336434.57	8887163.85	3413
	Yanayacu	338947.90	8892041.30	3054
Yarumayo	Tingo o Tulca	343445.48	8898567.96	2672
	Andas	344265.25	8898554.57	2565
Yacus	Pacshacco	333200.67	8898770.74	3648
	Paura	334167.00	8896958.88	3358
	Gasgo	334717.77	8895976.47	3230
	Chaquiyacu	333768.91	8895822.48	3290
	Huanchan	335634.41	8895857.46	3211
Margos	Ulcubamba	332791.09	8894711.11	3417
	Huancacancha	332835.32	8893150.44	3538
TOTAL DE RIACHUELOS				15

Fuente: elaboración propia

Cuadro 07. Ríos de la Microcuenca de Yarumayo.

DISTRITO	NOMBRE	COORDENADAS UTM		ALTITUD (msnm)
		E (m)	S (m.)	
Yarumayo	Chillán	336978.55	8895208.20	3109
Margos / Yarumayo	Niño	339044.34	8893534.22	3010
San Pedro de Chaulán	Chaulán	339060.07	8893307.61	2997
	Milpo	338909.24	8892040.31	3049
TOTAL DE RÍOS				4

Fuente: elaboración propia

En el Cuadro 08, denota una de las fuentes de agua que cuenta la Microcuenca de Yarumayo son los lagos. En el Distrito de Margos se ubica el lago Acococha, y los 10 lagos restantes en el Distrito de San Pedro de Chaulán, que en total la Microcuenca presenta 11 lagos.

Cuadro 08. Lagos de la Microcuenca de Yarumayo.

DISTRITO	NOMBRE	COORDENADAS UTM		ALTITUD (msnm)
		E (m)	S (m.)	
Margos	Huacococha	328294.46	8891456.94	4170
San Pedro de Chaulán	Cochapampa	337523.67	8888747.90	3525
	Patahuasi	337117.57	8877824.32	4187
	Pilpil	344001.42	8883668.00	4156
	Quinacocha	345155.18	8880891.08	4183
	Estanco	345818.44	8880492.90	4262
	Huancacocha	345766.43	8888530.37	4066
	Chinacocha	345831.89	8889209.65	4011
	Verdecocha	348534.67	8890515.85	4043
	1	327995.94	8896935.36	4178
	2	326502.43	8895633.78	4226
TOTAL DE LAGOS				11

Fuente: elaboración propia

En el Gráfico 04, se observa el resumen de número de fuentes de agua existentes en la Microcuenca de Yarumayo, denotando el potencial hídrico de dicha Microcuenca. En el Gráfico 05 y 06, se observa la red hidrográfica de

la Microcuenca de Yarumayo, donde denota el potencial hídrico de dicha Microcuenca.

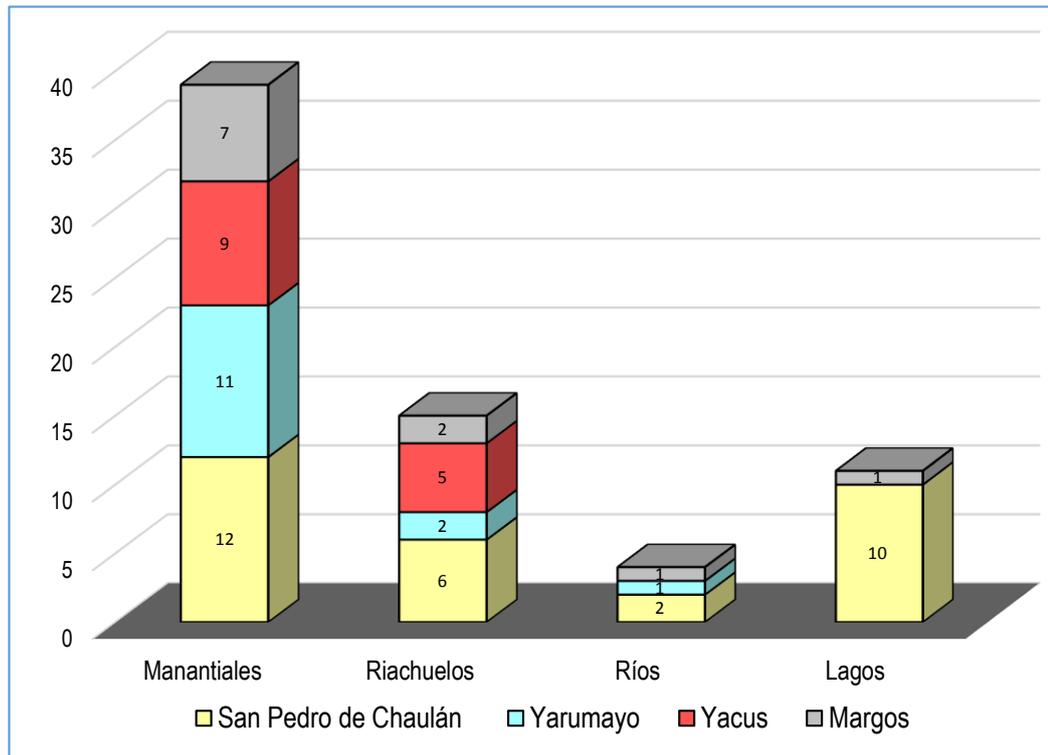
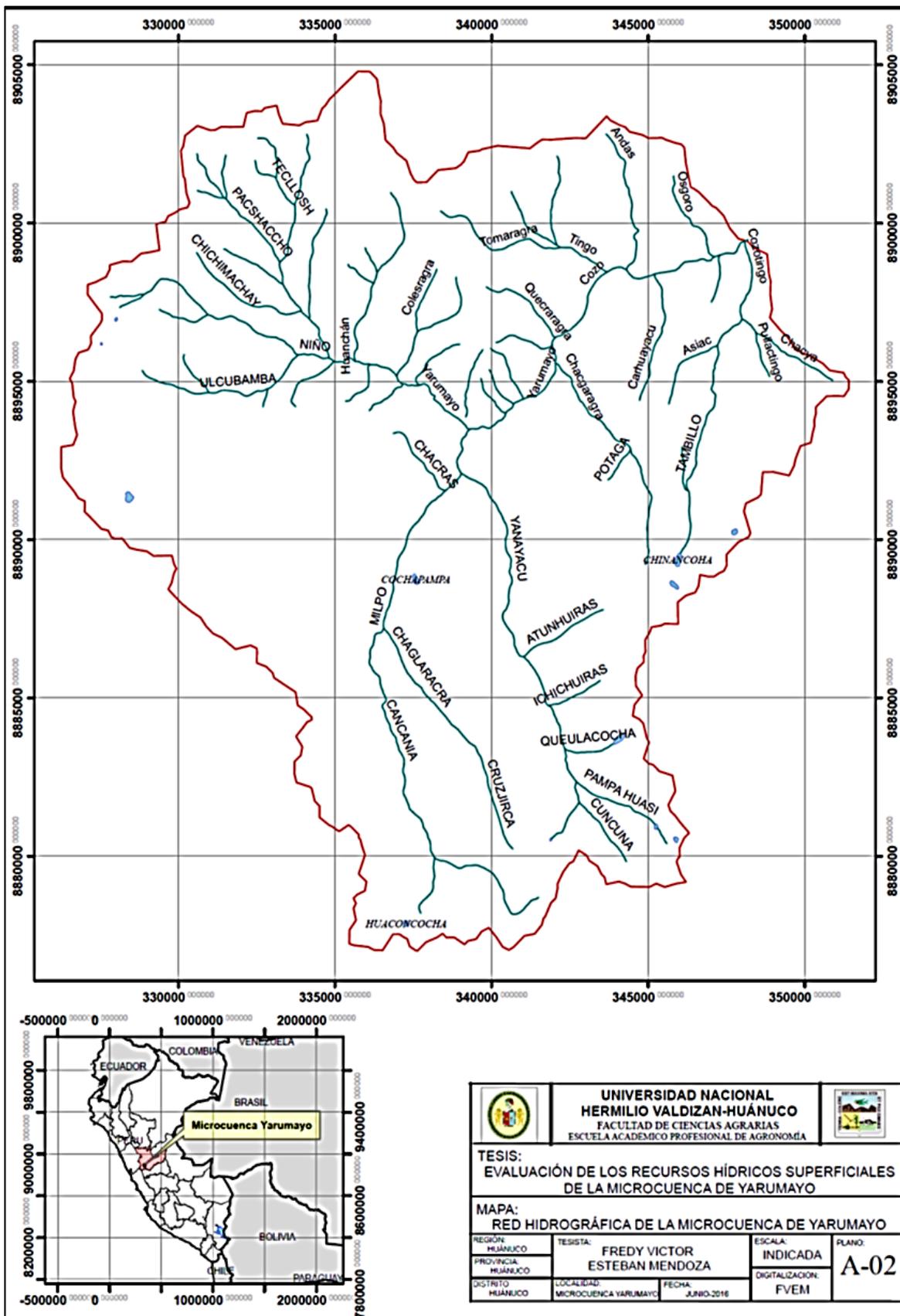


Figura 05. Resumen de las fuentes de agua de la Microcuenca de Yarumayo



 UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN-HUÁNUCO FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE AGRONOMÍA			
TESIS: EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES DE LA MICROCUENCA DE YARUMAYO			
MAPA: RED HIDROGRÁFICA DE LA MICROCUENCA DE YARUMAYO			
REGIÓN: HUÁNUCO	TESISTA: FREDY VICTOR ESTEBAN MENDOZA	ESCALA: INDICADA	PLANO: A-02
PROVINCIA: HUÁNUCO	LOCALIDAD: MICROCUENCA YARUMAYO	FECHA: JUNIO 2016	DIGITALIZACIÓN: FVEM

Figura 06. Red hídrica de la Microcuenca de Yarumayo

4.1.3.2. Ordenamiento, longitud, pendiente media y densidad drenaje de los ríos de la Microcuenca

El orden de las corrientes de la Microcuenca se calculó con el apoyo del SIG, quien efectuó el acondicionamiento de la información digital (planos digitales) y la base de datos con el soporte de un software de aplicaciones cartográficas (Arcmap).

Para la clasificación de los cauces de la cuenca se ha hallado un total 810 ríos y según el grado de bifurcación, se ha encontrado que la cuenca tiene 411 ríos de primer (1º) orden, 192 ríos de segundo (2º) orden, 95 ríos de tercer (3º) orden, 84 ríos de cuarto (4º) orden y 28 ríos de quinto (5º) orden. En la Microcuenca predominan los cauces de (1º) orden que representan el 50.74% del total, los cauces de (2º) orden representan el 23.70%, los cauces de (3º) orden representan el 11.73% del total, los cauces de (4º) orden representan el 10.37% y los cauces de (5º) orden que representan el 3.46% del total del total.

En la Figura 10 se muestra la clasificación ordinal de los ríos de la Microcuenca de Yarumayo, donde indica que el Rio Cozo y Yarumayo son los que tiene mayor aportantes de agua, considerándose un río de 5º orden, por lo que son los principales fuentes de agua de la Microcuenca.

En cuanto a la longitud total de los cauces, la Microcuenca tiene 505.73 km de longitud, los cauces de 1º orden tiene una longitud de 253.88 km., que representan el 50.20% del total, los cauces de 2º orden tienen 140.44 km., y representan el 27.77%, los cauces de 3º orden tiene 57.05 km y representan el 11.28% del total, los cauces de 4º orden tienen 40.46 km y representan el 8.00% y los cauces de 5º orden tienen 13.90 km y representan el 2.75% del total del total.

Con respecto a la pendiente media de los ríos de la Microcuenca es de 2.74% que equivale a 0.0274 m/km, y la densidad de drenaje es de 1.21

km/km² el cual se considera a la Microcuenca como una cuenca con cobertura vegetal media, suelos poco erosionables y mediamente permeables.

Cuadro 09. Ordenamiento, número, longitud y pendiente de los ríos

Orden	Número de ríos		Dimensión (km)		Pendiente media (%)	Densidad de drenaje (km/km ²)
	Cantidad	%	Longitud (km)	%		
1	411	50.74%	253.88	50.20%	2.74	1.21
2	192	23.70%	140.44	27.77%		
3	95	11.73%	57.05	11.28%		
4	84	10.37%	40.46	8.00%		
5	28	3.46%	13.90	2.75%		
TOTAL	810	100%	505.73	100%		

Fuente: elaboración propia

4.1.4. Recurso suelos de la Microcuenca

La capacidad de uso mayor de las tierras, se basa en las limitaciones permanentes de los suelos para poder mantener actividades agrícolas, pecuarias o forestales dentro de márgenes económicos. La Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONREN), clasifica los tipos de suelos de la siguiente manera (Ver Figura 03 de Capacidad de Uso Mayor de Suelos):

Cuadro 10. Clasificación de suelos

Tipo de suelo	Descripción
P2sc - Xse	Suelos para el pastoreo de paramo con calidad agrologica media. Protección. Limitación por suelo, erosión y clima.
P3sec - Xse	Suelos para el pastoreo de paramo, con calidad agrologica baja - Protección. Limitación por suelo y erosión
Xse – P3se – A3se	Suelos de protección - pastoreo, con calidad agrologica baja. Para cultivos en limpio con calidad agrologica baja por limitación del suelo y erosión.
Xse – P3sec – A3sec	Suelos de protección, pastoreo y cultivos en limpio con calidad agrologica baja, debido a la limitación por suelo, erosión y clima.

Fuente: elaboración propia

En la Microcuenca de Yarumayo, las tierras para cultivo en limpio son escasas (9.06%), estas tierras resumen condiciones ecológicas que permiten la renovación periódica y continuada del suelo para el sombrero de cultivos de corto periodo vegetativo. Por otra parte, cuenta con tierras aptas para pastos (35.20%); y un gran porcentaje (55.75%) son tierras de protección ósea aquellos que no reúnen las condiciones ecológicas mínimas requeridas para cultivos intensivos permanentes de pastos y protección forestal, vienen hacer tierras que pueden presentar vegetación diversa, herbácea, arbustiva, pero cuyo uso no es económico ni ecológicamente recomendable (Cuadro 11).

Cuadro 11. Clasificación de tierras de la Microcuenca de Yarumayo.

Tipo de suelo	Tierras	Área (ha)	%
A3se - A3sec	Tierras para Cultivo en Limpio	3767.91	9.06
P2sc - P3sec	Tierras para pastos	14642.92	35.20
Xse	Tierras para protección	23190.99	55.75

Fuente: elaboración propia

4.1.5. Características ecológicas de la Microcuenca

Con respecto a las zonas de vida de la Microcuenca de Yarumayo, en el Cuadro 12, se distingue cinco zonas de vida, del que destaca la zona de vida bh – MT y bmh – MBT ya que estas zonas presentan condiciones adecuadas para la agricultura y por contar con la mayor extensión.

Cuadro 12. Zonas de vida de la Microcuenca de Yarumayo

Símbolo	Descripción	Área (km ²)	%
bh - MT	bosque húmedo Montano Tropical	128.86	30.95
bmh - MT	bosque muy húmedo Montano Tropical	125.75	30.21
bs - MBT	bosque seco Montano Bajo Tropical	8.14	1.96
pmh - SaT	paramo muy húmedo Subalpino Tropical	83.68	20.10
pp - SaT	paramo pluvial Subalpino Tropical	69.89	16.79

Fuente: elaboración propia

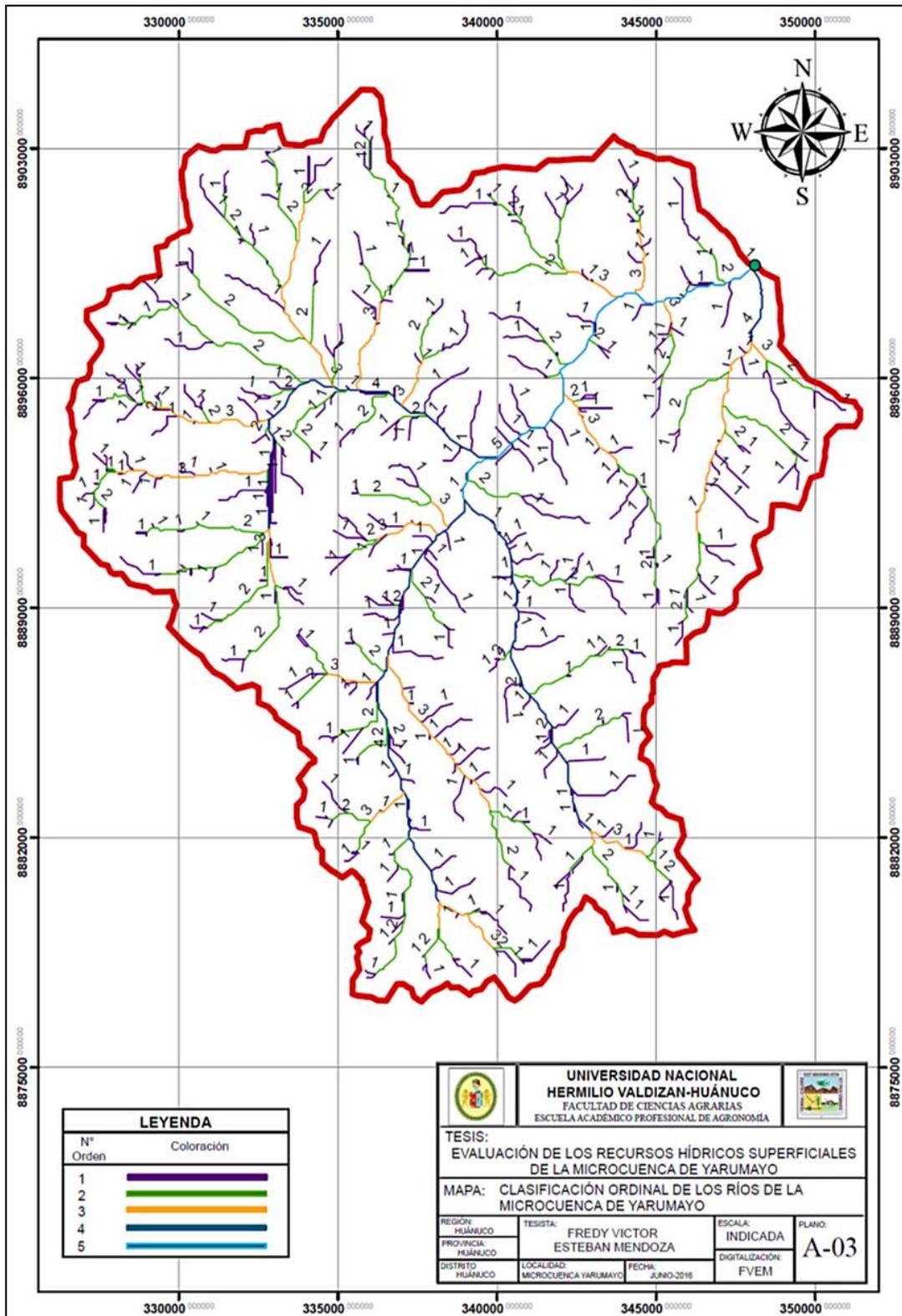


Figura 07. Clasificación ordinal de los Ríos de la Microcuenca de Yarumayo

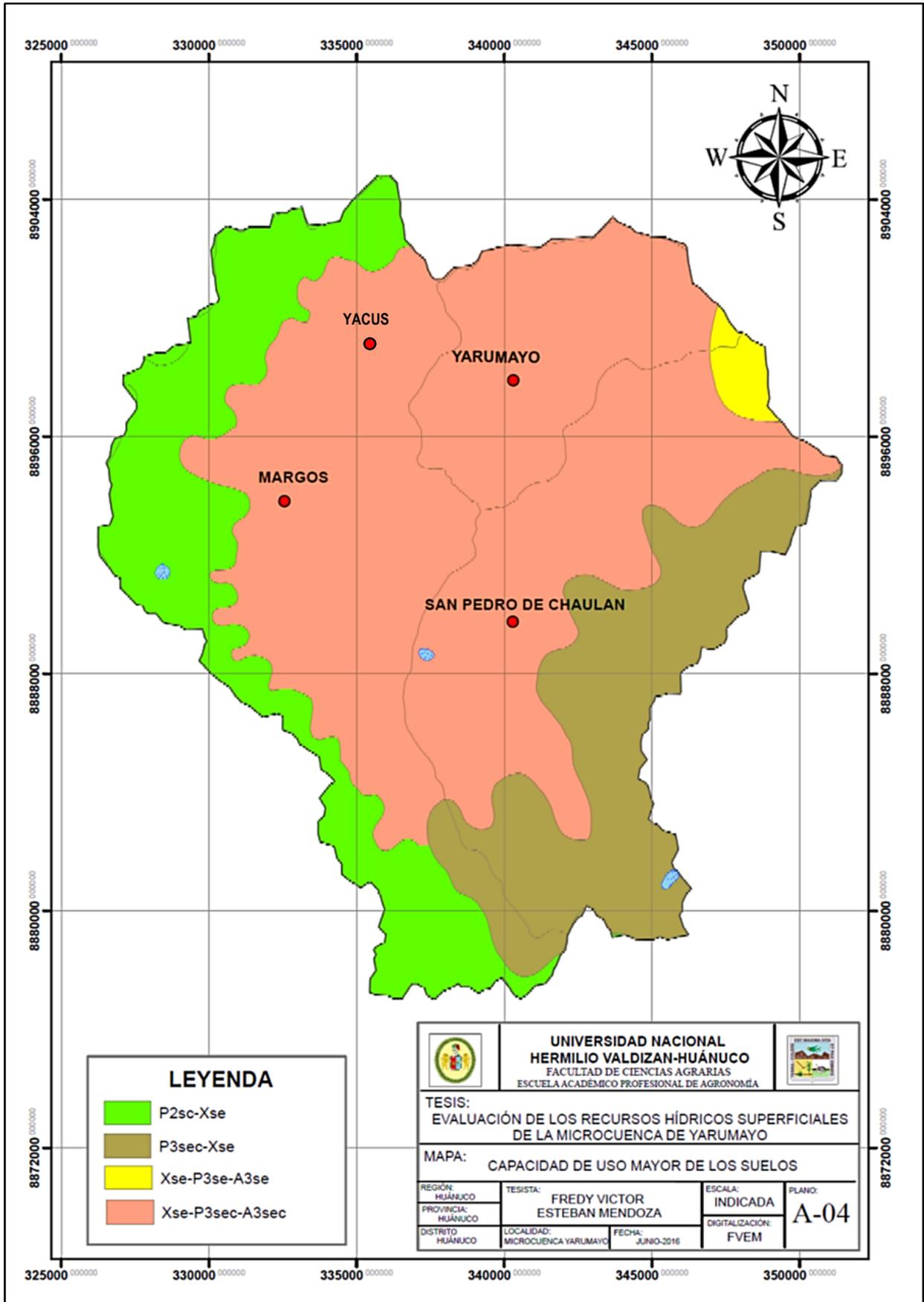


Figura 08. Capacidad de uso mayor de los suelos de la Microcuenca de Yarumayo

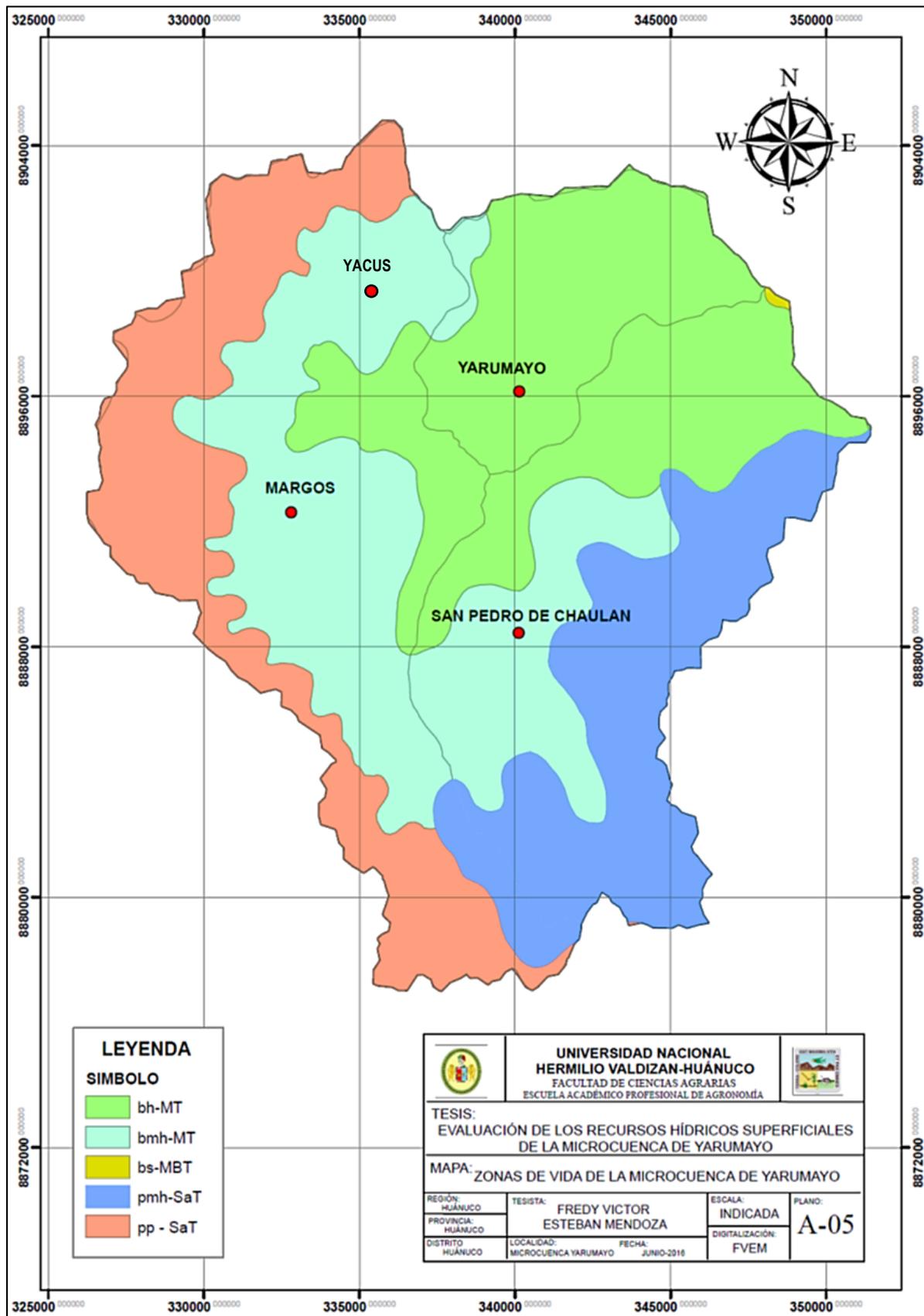


Figura 09. Zonas de vida de la Microcuenca de Yarumayo

4.2. CARACTERÍSTICAS METEOROLÓGICAS DE LA MICROCUENCA

Los fenómenos climáticos existentes producidos en el área de estudio fueron tomados de estaciones meteorológicas cercanas, en relación a su similitud de las características fisiográficas, datos climatológicos y otras variables influyentes dentro de la similitud de precipitación, temperatura media y humedad relativa, para poder tener una mayor consistencia en los datos tomados, estas estaciones meteorológicas se anotan en el Cuadro 13.

Cuadro 13. Estaciones meteorológicas cercanas a la zona de estudio

Estación meteorológica	Ubicación		Altitud	
	Latitud Sur	Longitud Oeste	Provincia	m.s.n.m.
Canchan	09° 56' 00"	76° 17' 00"	Huánuco	2550
Jacas Chico	09° 33' 00"	76° 00' 54"	Yarowilca	3538

Fuente: elaboración propia

4.2.1. Precipitación pluvial de la Microcuenca de Yarumayo

El área de las Microcuenca de Yarumayo, abarca zonas desde el nacimiento de los cerros de cotas de 2300 a 4296 msnm. Específicamente de donde escurre sus aguas, que no cuentan con registros de caudales, ni registros de precipitación, esto permite determinar directamente la esorrentía de la Microcuenca de drenaje y la generación de precipitaciones. Esta situación conduce a estimar parámetros en base a las precipitaciones que caen en cuencas vecinas, más cercanas o similares. Por este motivo los registros de precipitación son analizados para probar su bondad y consistencia.

El análisis de este parámetro climático, se hizo mediante la deducción de cuatro estaciones meteorológicas de Canchán, Jacas Chico, Yanahuanca y Baños, la precipitación se observa en los Anexos del 1 al 4. Donde en las estaciones de Canchán y Jacas Chico, la precipitación media mensual varía desde el mes de setiembre hasta abril, a partir de este último (en Jacas Chico a 47.50 mm y en Canchán a 11.10 mm) hasta agosto (en Jacas Chico a 18.60

mm y en Canchán a 7.60 mm) la precipitación desciende, a la que denominamos época de estiaje.

Tomando como base a la relación existente entre la altitud y la precipitación media anual (Cuadro 14), se determinaron los valores de precipitación anual que permitieron estimar la precipitación media en la microcuencas, de acuerdo a la altitud media calculada para la Microcuenca en estudio.

Cuadro 14. Relación Altitud – Precipitación

ESTACION	ALTITUD (mnsn)	PRECIPITACION (mm)
Jacas Chico	3538	1510.8
Llata	3429	1042.8
Yanahuanca	3215	742.2

Fuente: elaboración propia

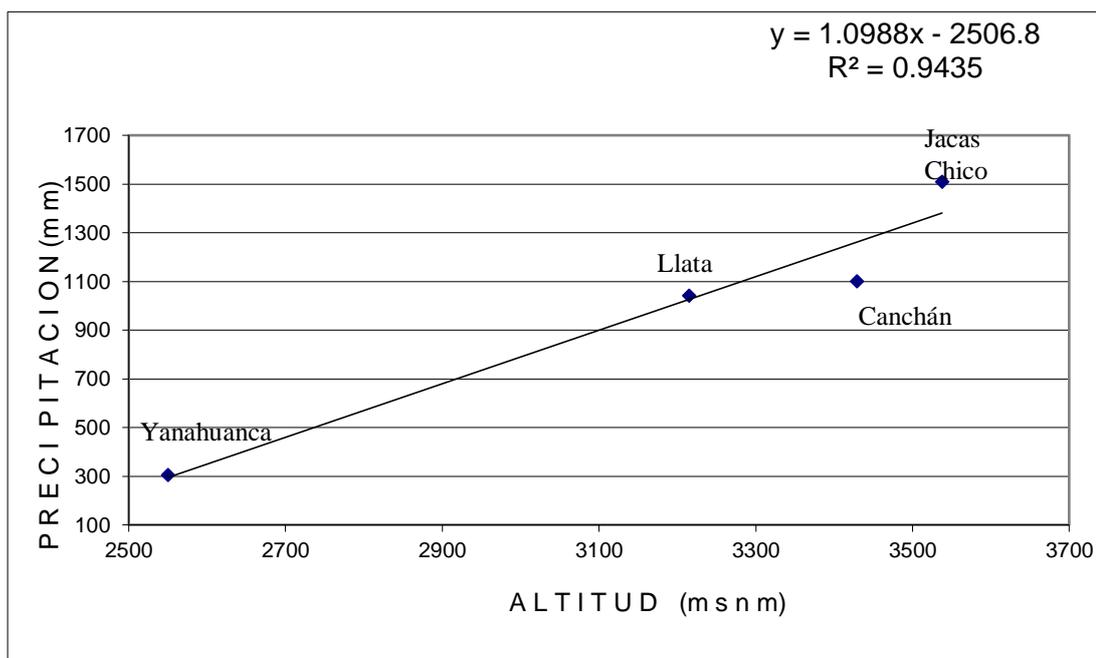


Figura 10. Regresión lineal de la relación Altitud - Precipitación

Cuadro 15. Precipitación media mensual de las Estaciones Jacas Chico, Yanahuanca y Canchán

MESES \ ESTACIÓN	Jacas Chico	Yanahuanca	Canchán
Enero	149.7	23.1	64.2
Febrero	199.3	24.9	98.8
Marzo	198.5	29.7	127.7
Abril	92.9	19.6	49.6
Mayo	47.5	10.7	5.7
Junio	23.8	7.0	27.1
Julio	20.4	5.5	13.4
Agosto	18.6	7.2	27.6
Setiembre	42.5	12.4	4.6
Octubre	69.9	18.7	41.7
Noviembre	86.8	20.6	57.0
Diciembre	115.4	20.7	76.7
Promedio	88.8	16.7	49.5
Desviación estándar	65.2	7.9	37.9
Coefficiente de Variación	73.4	47.3	76.6
Máximo	199.3	29.7	127.7
Mínimo	18.6	5.5	4.6

Fuente: elaboración propia

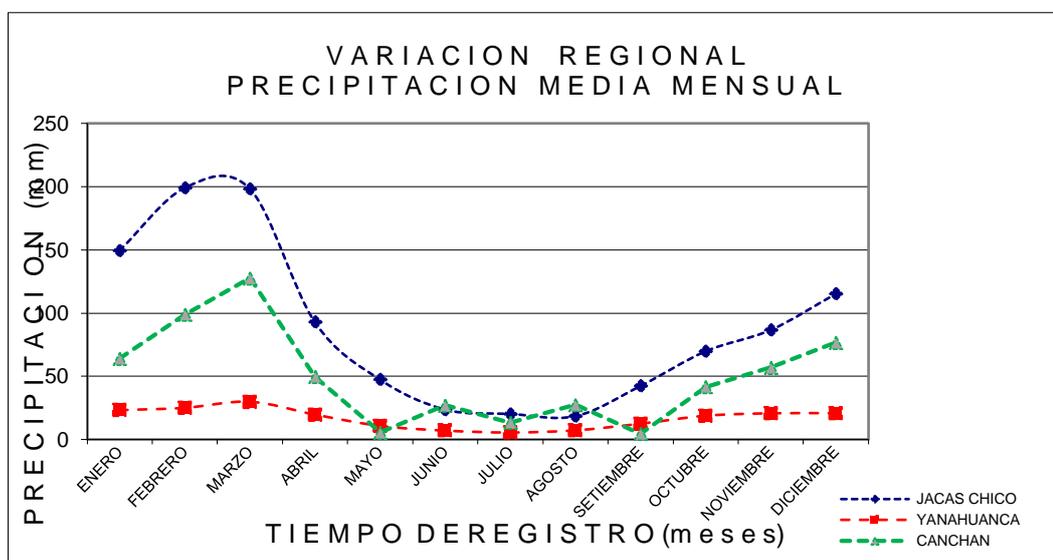


Figura 11. Variación regional de la precipitación

Para el cálculo de la precipitación generada en la Microcuenca se requiere del Factor de Altitud (FA), el cual obtiene un valor de 1.02 valor con que se multiplica a los datos de precipitación total mensual de la Estación Jacas Chico, como se aprecia en el Cuadro 16.

Cuadro 16. Precipitación generada de la Microcuenca de Yarumayo

Meses	Factor de Altitud (FA)			Precipitación Mensual Jacas Chico (mm)	Precipitación generada (mm)
	Altitud media de la Microcuenca	Altitud de la Estación Jacas Chico	FA		
Enero	3731	3538	1.02	149.7	152.07
Febrero	3731	3538	1.02	199.3	202.42
Marzo	3731	3538	1.02	198.5	201.68
Abril	3731	3538	1.02	92.9	94.39
Mayo	3731	3538	1.02	47.5	48.30
Junio	3731	3538	1.02	23.8	24.20
Julio	3731	3538	1.02	20.4	20.72
Agosto	3731	3538	1.02	18.6	18.90
Setiembre	3731	3538	1.02	42.5	43.17
Octubre	3731	3538	1.02	69.9	71.03
Noviembre	3731	3538	1.02	86.8	88.22
Diciembre	3731	3538	1.02	115.4	117.27

Fuente: elaboración propia

4.2.2. Temperatura de la Microcuenca de Yarumayo

Con respecto a esta variable, se calculó multiplicando los datos de temperatura media mensual de la estación de Jacas Chico por el factor de altitud (1.03). En el cuadro 04 se observa los datos de temperatura media mensual, el promedio, la desviación estándar, el coeficiente de variabilidad, el valor máximo y mínimo por cada mes de la Microcuenca en estudio.

En la Figura 11, se muestra la variación de la Temperatura media mensual de la estación de Jacas Chico, donde entre la época de invierno (enero a abril) la temperatura se mantuvo en 8.2 °C, a partir del mes de mayo

hasta julio la temperatura descendió hasta los 6.7 °C. En el mes de agosto hasta el mes de noviembre la temperatura se incrementó a 8.8 °C, teniendo un ligero descenso de 0.4 °C en el mes de diciembre.

Cuadro 17. Temperatura media mensual de la estación Jacas Chico

ESTACION JACAS CHICO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Promedio	8.8	8.6	8.6	8.8	8.4	7.7	7.0	7.5	8.1	8.8	9.3	8.9
Desviación estándar	0.6	0.6	0.7	0.8	0.6	0.7	1.0	0.9	0.8	0.6	0.5	0.6
Coeficiente de Variación	7.4	6.5	7.6	8.6	7.2	9.3	14.3	12.0	9.4	7.3	5.2	6.7
Máximo	7.6	8.0	8.0	7.8	7.6	6.8	5.6	6.3	7.1	8.1	8.4	8.1
Mínimo	10.7	10.3	10.3	10.5	9.8	9.7	9.7	9.3	9.6	10.7	10.7	10.7

Fuente: elaboración propia

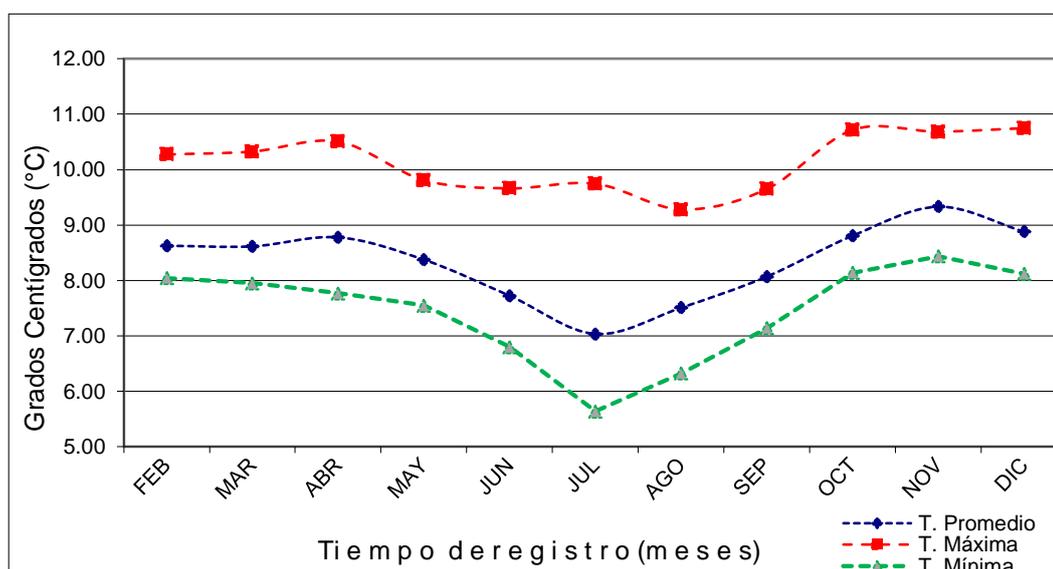


Figura 12. Variación de la temperatura media mensual de la Microcuenca Yarumayo.

4.2.3. Humedad relativa de la Microcuenca de Yarumayo

En el caso de este factor, se consideraron la información brindada por el SENAMHI de la estación de Jacas Chico, por la cercanía de la Microcuenca

de Yarumayo, el cual fue multiplicado por el Factor de Altitud (1.03). En el Cuadro 18 se observa los datos de la humedad relativa media mensual, el promedio, la desviación estándar, el coeficiente de variabilidad, el valor máximo y mínimo por cada mes de la Microcuenca en estudio.

Cuadro 18. Humedad relativa media mensual

ESTACION JACAS CHICO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Promedio	90.0	91.6	91.4	89.1	87.3	85.4	87.0	84.7	84.6	86.4	87.0	89.5
Desviación estándar	1.7	2.0	1.3	2.4	2.5	3.7	4.5	3.6	2.7	2.7	3.6	2.8
Coeficiente de Variación	1.9	2.2	1.4	2.7	2.9	4.3	5.1	4.3	3.2	3.1	4.1	3.1
Máximo	93.0	94.5	93.5	94.2	95.8	95.0	92.4	90.4	91.4	92.1	91.5	93.0
Mínimo	85.3	87.7	88.5	84.3	83.2	78.8	74.2	76.8	78.5	80.7	77.3	83.3

Fuente: elaboración propia

En el Figura 12, se observa la variación de la humedad relativa media mensual de la estación de Jacas Chico, el cual indica que en los meses de febrero y marzo se obtuvo un promedio de 91.5%, desde el mes de mayo hasta diciembre la humedad relativa no superó el 90.0%.

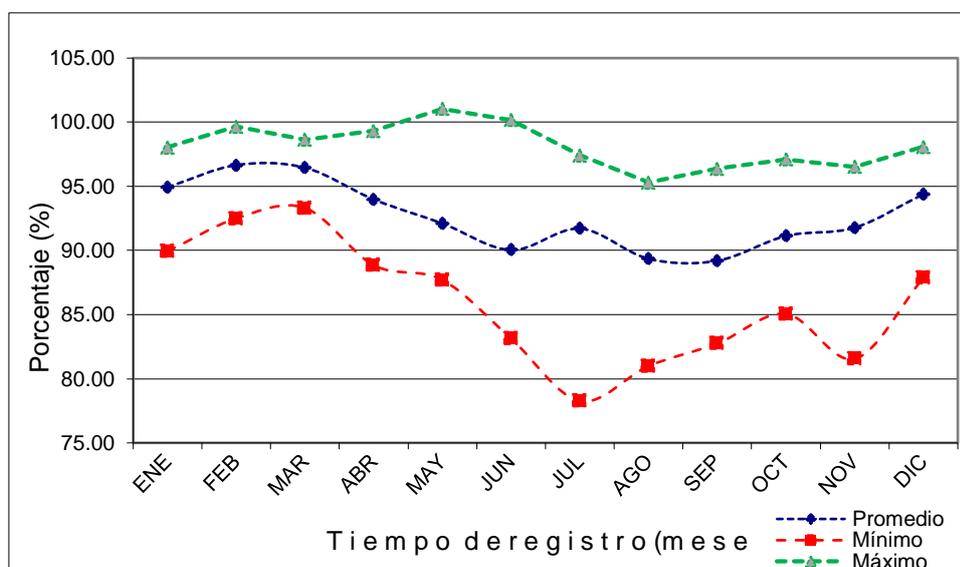


Figura 13. Variación de Humedad relativa media mensual de la Microcuenca de Yarumayo.

4.3. DISPONIBILIDAD Y USO POTENCIAL DE AGUA DE LA MICROCUENCA DE YARUMAYO

4.3.1. Oferta de agua

4.3.1.1. Precipitación máxima de 24 horas

Los datos de Precipitaciones Máximas de 24 horas de la estación Jacas Chico (Cuadro N°03 del anexo); fueron ajustados a la distribución Normal Smirnov-Kolmogorov, el cual presentó mejor ajuste a los datos históricos, por presentar menor error (Cuadro 19).

Cuadro 19. Ajuste de las precipitaciones máximas en 24 horas Estación Jacas Chico

N° DE ORDEN	P _{máx} 24 hr (mm)		P(x)	Z	F(Z)	|F(Z)-P(x)|
1	21.3	1	0.0476	-1.40	0.0809	0.0333
2	22.5	4	0.1905	-1.24	0.1073	0.0832
3	30.1	10	0.4762	-0.24	0.4048	0.0714
4	26.0	6	0.2857	-0.78	0.2175	0.0682
5	28.8	9	0.4286	-0.41	0.3401	0.0884
6	28.0	8	0.3810	-0.52	0.3025	0.0785
7	35.5	15	0.7143	0.47	0.6806	0.0336
8	26.1	7	0.3333	-0.77	0.2214	0.1119
9	25.1	5	0.2381	-0.90	0.1843	0.0538
10	22.4	2	0.0952	-1.25	0.1049	0.0096
11	22.4	2	0.0952	-1.25	0.1049	0.0096
12	33.0	14	0.6667	0.14	0.5559	0.1108
13	30.7	12	0.5714	-0.16	0.4356	0.1358
14	40.0	18	0.8571	1.06	0.8558	0.0013
15	42.7	21	1.0000	1.42	0.9217	0.0783
16	32.1	13	0.6190	0.02	0.5088	0.1102
17	39.0	17	0.8095	0.93	0.8238	0.0143
18	47.3	22	1.0476	2.02	0.9784	0.0692
19	36.9	16	0.7619	0.65	0.7434	0.0186
20	30.1	10	0.4762	-0.24	0.4048	0.0714
21	40.8	19	0.9048	1.17	0.8784	0.0264
22	41.7	20	0.9524	1.29	0.9007	0.0517

Sumatoria		11.9524	0.0000	10.7566	1.3296
-----------	--	---------	--------	---------	--------

Número de datos =	22	Desviación Estandar =	7.60
Media =	31.932	Sesgo =	0.35

Fuente: elaboración propia

Cuadro 20. Ajuste de las precipitaciones totales mensuales Estación Jacas Chico

N° DE ORDEN	Pp Total mensual (mm)		P(x)	Z	F(Z)	|F(Z)-P(x)|
1	1233.0	16	0.7619	0.59	0.7216	0.0403
2	1133.0	13	0.6190	-0.16	0.4356	0.1834
3	1354.0	21	1.0000	1.49	0.9325	0.0675
4	1225.6	15	0.7143	0.53	0.7027	0.0116
5	1058.0	5	0.2381	-0.72	0.2344	0.0037
6	1246.0	17	0.8095	0.69	0.7534	0.0561
7	1064.6	8	0.3810	-0.67	0.2498	0.1311
8	1129.3	12	0.5714	-0.19	0.4248	0.1467
9	1052.9	4	0.1905	-0.76	0.2228	0.0323
10	1172.8	14	0.6667	0.14	0.5541	0.1126
11	1127.2	11	0.5238	-0.21	0.4185	0.1053
12	1117.3	10	0.4762	-0.28	0.3898	0.0864
13	1060.7	6	0.2857	-0.70	0.2406	0.0451
14	905.0	1	0.0476	-1.87	0.0306	0.0170
15	1064.5	7	0.3333	-0.68	0.2496	0.0837
16	1013.6	3	0.1429	-1.06	0.1452	0.0023
17	1108.0	9	0.4286	-0.35	0.3633	0.0652
18	1323.4	19	0.9048	1.27	0.8972	0.0076
19	987.0	2	0.0952	-1.26	0.1044	0.0092
20	1250.0	18	0.8571	0.72	0.7627	0.0944
21	1328.7	20	0.9524	1.31	0.9041	0.0483
22	1447.2	22	1.0476	2.19	0.9859	0.0618
Sumatoria	12.0476		0.0000	10.7236	1.4115	

Número de datos =	22	Desviación Estandar =	133.37
Media =	1154.621	Sesgo =	0.39

Fuente: elaboración propia

Las precipitaciones máximas para diferentes períodos de retorno tabuladas se encuentra en los Cuadros 21 y 22, en los cuales tenemos los parámetros calculados del periodo de retorno y la precipitación máxima en 24 horas mediante el método de Log Pearson Tipo III, método más apropiado por tener mejor ajuste para la región donde se realizó el estudio.

Cuadro 21. Precipitación máx. 24 horas método Log Pearson tipo III Estación Jacas Chico

PERIODO DE RETORNO T_r	PROBABILIDAD	FACTOR DE FRECUENCIA K	Log P	Pmáx (mm)
2	0.5	0.0992	0.5743	3.8
5	0.8	0.8579	0.8115	6.5
10	0.9	1.2100	0.9216	8.3
25	0.96	1.5318	1.0222	10.5
50	0.98	1.7260	1.0829	12.1
100	0.99	1.8876	1.1335	13.6

Fuente: elaboración propia

Cuadro 22. Precipitación total mensual método Log Pearson tipo III Estación Jacas Chico

PERIODO DE RETORNO T_r	PROBABILIDAD	FACTOR DE FRECUENCIA K	Log P	Pmáx (mm)
2	0.5	0.0440	0.5612	3.6
5	0.8	0.8511	0.8108	6.5
10	0.9	1.2409	0.9313	8.5
25	0.96	1.6454	1.0564	11.4
50	0.98	1.9161	1.1401	13.8
100	0.99	2.0456	1.1802	15.1

Fuente: elaboración propia

4.3.1.2. Intensidad máxima de lluvias

Las intensidades máximas caídas en una hora para diferentes periodos de retorno y un tiempo de concentración son de 3.215 minutos, y un

k de 757.8 para la Microcuenca de estudio estimado por el método de Kirpich. A continuación se presenta los parámetros de tiempo de concentración.

Cuadro 23. Intensidades máximas Microcuenca de estudio

Tiempo de retorno (Tr)	Pmáx. 24 hr (mm) - JACAS CHICO	Pp Total Mensual (mm)	n	k	i (mm/hora)
2	3.8	3.6	1.009	3.859	0.04
5	6.5	6.5	1.000	6.489	0.08
10	8.3	8.5	0.993	8.176	0.10
25	10.5	11.4	0.977	9.779	0.13
50	12.1	13.8	0.961	9.779	0.14
100	13.6	15.1	0.968	12.298	0.17

Fuente: elaboración propia

4.3.1.3. Coeficiente de escorrentía

De acuerdo al método de zonas de vida de Holdridge, publicado por la ex ONERN, en el Inventario y Evaluación Nacional de Aguas Superficiales, les corresponde a estas provincias de humedad tiene un valor de promedio ponderado de 0.66 y luego con un coeficiente de corrección tenemos 0.49 para el Coeficiente de escorrentía.

Cuadro 24. Calculo del coeficiente de escorrentía Microcuenca de Yarumayo

Descripción	Zona de Vida	Peso	Coeficiente Promedio	Coeficiente Ponderado
Húmedo perhumedo	pmh-SAT	0.17	0.78	0.13
Humedad superhúmedo	pp-SAT	0.20	0.71	0.14
	Bs-MBT	0.02	0.65	0.01
	Bmh-MT	0.30	0.63	0.19
	Bh-MT	0.31	0.59	0.18
		1.00	0.67	0.66
Factor de corrección regional				0.75

Coefficiente de escorrentía corregido			0.49
--	--	--	-------------

Fuente: elaboración propia

4.3.1.4. Estimación de la descarga media (escurrimiento superficial)

Para determinar las descargas disponibles en el punto de interés o puntos de control, se ha empleado el modelo matemático de transformación de lluvias en escorrentía sustentado en el balance hídrico y en un proceso markoviano. El cual consiste en la obtención de la precipitación efectiva, la retención de los almacenes hídricos, el coeficiente de agotamiento, aporte y abastecimiento, el aporte de precipitación en porcentaje, la lámina escurrida, y la determinación de los coeficientes B1, B2 y B3, mediante una regresión lineal.

a) Precipitación efectiva

Desde el punto de vista hidrológico, la precipitación efectiva se calcula mediante la precipitación generada multiplicado por el coeficiente de escurrimiento, dicho cálculo se visualiza en el Cuadro 25. Los valores de precipitación efectiva de cada año y mes se muestran en el Anexo 05.

Cuadro 25. Precipitación efectiva de la Microcuenca

MES	Precipitación generada (mm)	Coefficiente de escurrimiento	Precipitación efectiva (Pei) (mm)
ENERO	163.27	0.49	80.7
FEBRERO	171.68	0.49	84.8
MARZO	202.47	0.49	100.0
ABRIL	115.28	0.49	56.9
MAYO	52.93	0.49	26.1
JUNIO	25.88	0.49	12.8
JULIO	18.05	0.49	8.9
AGOSTO	16.70	0.49	8.3
SETIEMBRE	40.67	0.49	20.1
OCTUBRE	79.60	0.49	39.3
NOVIEMBRE	92.87	0.49	45.9

DICIEMBRE	131.81	0.49	65.1
TOTAL	1111.2		548.9

Fuente: elaboración propia

b) Retención de almacenes hídricos

Para efectos de calcular la retención de la Microcuenca que es justamente la que abastece en el periodo de estiaje, se ha utilizado el área de los acuíferos, lagunas, nevados y el de la microcuenca, así como de su pendiente, los cuales arroja un resultado de 179.46 mm/año.

Cuadro 26. Calculo de la retención de almacenes hídricos

Área (km ²)				Pendiente de la Microcuenca (%)	Retención (mm/año)
Acuíferos	Lagunas	Nevados	Microcuenca		
145.40	0.37	0.00	416.58	22.29	51.74

Fuente: elaboración propia

c) Coeficiente de agotamiento

La retención de la Microcuenca es almacenada en los depósitos hídricos en el periodo de lluvia según la distribución mensual adoptada anteriormente. Para que pueda existir el balance hídrico al fin del año hidrológico, ésta retención debe abastecer de agua a la población en la época de estiaje; donde su distribución estacional se realiza siguiendo la curva exponencial que es representada por el coeficiente de agotamiento. El modelo utilizado plantea cuatro formulas empíricas para estimar este coeficiente, para una temperatura mayor a 10° C le corresponde un agotamiento muy rápido, y fue de:

Cuadro 27. Cálculo del coeficiente de agotamiento

Constante 1	Ln(área de la Microcuencia)	Constante 2	Coeficiente de agotamiento (Cag)
-0.00252	6.03	0.034	0.02

Fuente: elaboración propia

d) Coeficiente de Bi

Este parámetro está vinculado con el coeficiente de agotamiento, el cual se observa en el Cuadro 28, donde el coeficiente de Bi fueron: 0.569; 0.324; 0.184; 0.105; 0.060; 0.034 y 0.019

Cuadro 28. Cálculo del coeficiente de agotamiento

Coeficientes Bi						
0.569	0.324	0.184	0.105	0.060	0.034	0.019

Fuente: elaboración propia

e) Aporte y abastecimiento de la retención

Una vez establecidos estos parámetros y calculados sus valores, se procede a calcular la lámina escurrida para cada mes. En el periodo de estiaje existirá aporte de la retención, este se calcula para cada mes. Este Gasto (Gi) obtuvo los siguientes resultados en el Cuadro 29.

Cuadro 29. Cálculo del Gasto (Gi)

Gasto (Gi)						
0.6207	0.3532	0.2009	0.1143	0.650	0.0370	0.0211

Fuente: elaboración propia

En la época de lluvias (octubre a abril) se presenta el abastecimiento de los almacenes que se calcula multiplicando el porcentaje de precipitación ($a_i\%$) por la retención de recursos hídricos dividido entre 100. Los valores de la alimentación se observa en el Cuadro 30.

Cuadro 30. Porcentaje de la precipitación (%)

ai%	Octubre	Noviembr	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
	10	10	15	15	15	20	15

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 31. Cálculo del Gasto (Gi)

Alimentación (Gi)				
Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
17.95	26.92	34.10	35.89	17.95

Fuente: elaboración propia.

f) Lamina escurrida mensualmente (Cmi)

Este parámetro fue hallado mediante la suma de Precipitación efectiva y el gasto (Gi) menos la alimentación (Ai). Los valores obtenidos de la lámina escurrida corresponden a la época de estiaje, los que se visualizan en el Cuadro 33.

g) Determinación de coeficientes B_1 , B_2 y B_3

Una vez calculadas las láminas escurridas mes a mes y contando con las precipitaciones efectivas, se realiza el análisis de regresión tomando como variable dependiente la lámina escurrida en el mes presente y como variables independientes la lámina escurrida en el mes anterior y la precipitación efectiva del mes presente; esta regresión múltiple da como resultado en el Cuadro 32.

Cuadro 32. Análisis de Regresión Múltiple para determinación de Coeficientes

Fuentes de Variación	GL	SC	CM	F	Valor crítico de F
Regresión	2	8537.05	4268.52	1944.02	1.36704E-12
Residuos	9	19.7614	2.1957		
Total	11	8556.82			

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0.9988
Coefficiente de determinación R^2	0.9976
R^2 ajustado	0.9971
Error típico	1.4817
Observaciones	12

	Coefficientes	Error típico
Intercepción (B_1)	1.4622	0.812
Variable X 1 (B_2)	0.8753	0.20
Variable X 2 (B_3)	0.011	0.08

Fuente: elaboración propia.

En el Cuadro 33, se muestra el cálculo final de la descarga mensual generada de la Microcuenca, donde se distingue la época de estiaje (mayo a noviembre) y la de lluvias (diciembre a abril).

En el cálculo de la escorrentía superficial se tienen las precipitaciones pluviales y la escorrentía subterránea mediante el método markoviano.

Cuadro 33. Escorrentia promedio mensual total Microcuencas de Yarumayo

MES	PRECIPITACION (mm)		Contribución a la retención				Descargas	
	Total	Efectiva	b_0	G_i	a_i (%)	A_i	Lámina Escurrida (Cmi)	Q (m3/s)
ENERO	163.3	80.7	6.97	0	15	7.76	72.891	11.337
FEBRERO	171.7	84.8	7.33	0	15	7.76	77.046	13.267
MARZO	202.5	100.0	8.64	0	20	10.35	89.666	13.946
ABRIL	115.3	56.9	4.92	0	15	7.76	49.182	7.905
MAYO	52.9	26.1	2.26	0.6207	0	0.00	26.765	4.163
JUNIO	25.9	12.8	1.10	0.3532	0	0.00	13.139	2.112
JULIO	18.0	8.9	0.77	0.2009	0	0.00	9.116	1.418
AGOSTO	16.7	8.3	0.71	0.1143	0	0.00	8.366	1.301
SETIEMBRE	40.7	20.1	1.74	0.0650	0	0.00	20.155	3.239
OCTUBRE	79.6	39.3	3.40	0.0370	10	5.17	34.186	5.317

NOVIEMBRE	92.9	45.9	3.96	0.0211	10	5.17	40.724	6.545
DICIEMBRE	131.8	65.1	5.63	0	15	7.76	57.348	8.920
TOTAL	1111.2	548.9	47.43	1.41	100	51.74	498.58	79.47

Fuente: elaboración propia.

4.3.1.5. Generación de caudales máximos

Utilizando las precipitaciones generadas en la Microcuenca de se ha procedido a la generación de caudales para el periodo de registros con que contaban cada uno de las estaciones ya asumido como valor inicial para comenzar la generación, el caudal correspondiente a los meses del año. En el Anexo 05 se muestran los valores de precipitación efectiva, en el Anexo 06 los números aleatorios empleados en la generación, en el Anexo 07 la lámina de agua mensual y los caudales generados respectivamente en el Anexo 08.

En el Cuadro 34 se observa el promedio, el máximo y mínimo valor, la desviación estándar del caudal mensual generado, asimismo, el caudal al 75%. Donde denota que en el mes de febrero hay una mayor ocurrencia del caudal y la menor en el mes de julio con 21.71 y 1.36 m³/seg respectivamente.

Cuadro 34. Caudal mensual generado de la Microcuenca de Yarumayo

MES	CAUDAL m ³ /seg				Caudal (Q) al 75% (m ³ /seg)
	Mínimo	Máximo	Promedio	S \bar{x}	
ENERO	2.86	7.31	4.67	± 0.87	4.08
FEBRERO	2.94	21.71	6.29	± 3.09	4.20
MARZO	2.82	8.34	5.14	± 1.22	4.32
ABRIL	1.93	5.17	3.34	± 0.89	2.74
MAYO	1.45	3.70	2.27	± 0.50	1.93
JUNIO	1.43	3.15	1.88	± 0.37	1.63
JULIO	1.36	2.71	1.75	± 0.27	1.57
AGOSTO	1.43	2.47	1.75	± 0.23	1.59
SETIEMBRE	1.54	3.30	2.24	± 0.43	1.95
OCTUBRE	1.45	4.57	2.73	± 0.75	2.23
NOVIEMBRE	1.78	5.12	3.13	± 0.60	2.75

DICIEMBRE	1.88	6.53	3.63	± 1.88	2.94
TOTAL	22.89	74.09	38.82	± 10.25	31.91

Fuente: elaboración propia.

Los caudales máximos del Cuadro 35 fueron hallados mediante la fórmula de Mac Math descrito en la metodología del estudio. Esta fórmula considera la precipitación como la causa directa de la máxima avenida y toma en cuenta las características físicas de la Microcuenca que tienen decisiva influencia en la magnitud de las descargas como el área y al pendiente media del cauce principal. Asimismo involucra un coeficiente de escorrentía máximo que para el presente caso se obtuvo en función de las características ecológicas.

Cuadro 35. Caudales máximos generados

PERIODO DE RETORNO	COEFICIENTE DE ESCORRENTIA	P _{max} 24 hr (mm)	AREA (ha)	PENDIENTE (m/km)	CAUDAL MAXIMA (m ³ /seg)
2	0.49	3.8	41658.42	0.0274	0.20
5	0.49	6.5	41658.42	0.0274	0.34
10	0.49	8.3	41658.42	0.0274	0.44
25	0.49	10.5	41658.42	0.0274	0.55
50	0.49	12.1	41658.42	0.0274	0.63
100	0.49	13.6	41658.42	0.0274	0.71

Fuente: elaboración propia.

4.3.2. Demanda de agua

4.3.2.1. Evapotranspiración potencial (Eto)

Para la obtención de esta variable ello se tabuló mediante el método de Hargreaves, donde incorpora variables de temperatura, humedad relativa y otras variables necesarias para su cálculo respectivo en el presente proyecto, para el análisis de la demanda del recurso hídrico.

Dichas variables Temperatura - Humedad relativa fueron recabadas de la estación de Jacas Chico. Los datos obtenidos se muestran en el Cuadro 36, donde la evapotranspiración fluctúa entre 2.77 a 4.32 mm/día y entre 97.96 a 132.88 mm/mes.

Cuadro 36. Evapotranspiración potencial de la Microcuenca de Yarumayo

MESES	FACTORES								
	T° media (°C)	T° media (°F)	Factor latitud (MF)	Altitud Media (E)	H° Relativa (%)	CE	CH	ETP (mm/mes)	ETP (mm/día)
ENE	8.12	46.62	2.56	3731	89.97	1.07	0.53	67.52	2.18
FEB	8.14	46.65	2.26	3731	82.35	1.07	0.70	79.16	2.83
MAR	8.14	46.65	2.36	3731	90.53	1.07	0.51	60.37	1.95
ABR	8.19	46.74	2.05	3731	88.26	1.07	0.57	58.43	1.95
MAY	7.91	46.24	1.87	3731	86.14	1.07	0.62	57.35	1.85
JUN	7.24	45.03	1.68	3731	82.86	1.07	0.69	55.98	1.87
JUL	6.69	44.04	1.79	3731	81.62	1.07	0.71	60.40	1.95
AGO	7.18	44.92	2.01	3731	80.00	1.07	0.74	71.89	2.32
SET	7.78	46.00	2.19	3731	81.69	1.07	0.71	76.98	2.57
OCT	8.34	47.01	2.46	3731	84.40	1.07	0.66	81.51	2.63
NOV	8.92	48.06	2.47	3731	84.43	1.07	0.66	83.55	2.79
DIC	8.42	47.16	2.57	3731	88.28	1.07	0.57	74.10	2.39

Fuente: elaboración propia.

4.3.2.2. Cédula de cultivo

En la Zona de intervención del proyecto existe área aptas para la agricultura, las tierras cultivadas mínimas, pues el suelo es erosionable, lo que es determinante para limitar el desarrollo agrícola tradicional, considerándose 4084 hectareas cultivadas en campaña grande y 14582 hectareas en campaña chica el cual hace un total de 5542 hectareas. En el Cuadro 38 se muestra la cédula y calendarización de los principales cultivos de la Microcuenca en estudio.

Cuadro 37. Cédula de los principales cultivos

CAMPAÑA GRANDE	HAS.	HAS
I. TUBERCULOS	<u>1721</u>	
Papa blanca		950
Papa amarilla		771
II. CEREALES	<u>1071</u>	
Maíz		547
Trigo		182
Cebada		342
III. LEGUMINOSAS	<u>278</u>	
Frijol		63
Arvejas		215
IV. OTROS	<u>64</u>	
Alfalfa		64
TOTAL CAMPAÑA GRANDE	3134	3134
CAMPAÑA CHICA		
Papa blanca		300
Papa amarilla		163
Arvejas		161
Maíz		168
Cebada		166
TOTAL DE CAMPAÑA CHICA		958
TOTAL (Has)		4092

Fuente: elaboración propia.

4.3.2.3. Coeficientes de cultivo (Kc)

Esta variable adimensional muy importante depende especialmente de las características fisiológicas, anatómicas y morfológicas de cada uno de las especies que se encuentran como cultivo, por lo que fueron calculados con el promedio de inicio, desarrollo, madurez y cosecha de la INIA (Anexo 11). En el Cuadro 39, se observa los coeficientes de cultivo para cada mes y el coeficiente ponderado que en el mes de marzo obtuvo un valor de 1.18

Cuadro 38. Cédula y calendario de los principales cultivos de la Microcuenca de Yarumayo

CULTIVO	MES	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO
	AREA (ha)												
	950			950	950	950	950	950	950	950			
	186	186	186	186	186	186	186	186					
	114	114	114							114	114	114	114
	771			771	771	771	771	771	771	771			
	163	163	163	163	163	163	163	163					
	168				168	168	168	168	168	168	168	168	168
	547			547	547	547	547	547	547	547	547	547	
	182	182					182	182	182	182	182	182	182
	342						342	342	342	342	342	342	342
	166					166	166	166	166	166	166	166	
	63				63	63	63	63	63	63	63	63	
	161				161	161	161	161	161	161	161		
	100	100	100	100	100	100	100						
	115	115	115	115						115	115	115	115
	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64
Area Fisica	4092												
Area total cultivada	4092	924	742	2896	3173	3339	3863	3863	3414	3643	1922	1761	985
Indice Uso Tierra	1.00												

Fuente: Agencia Agraria Huánuco 2015

Cuadro 39. Coeficiente de cultivo ponderado (kc) de la Microcuenca de Yarumayo

COEFICIENTE DE CULTIVO (Kc) CON PROYECTO															
CULTIVOS PRINCIPALES Tipo	AREAS PARCIALES HAS	MESES												AREA ROTACION HAS	CULTIVOS ROTACION HAS
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC		
Papa Blanca	950	0.94	1.05	0.95	0.5						0.23	0.4	0.7		
		0.95	0.5						0.23	0.4	0.7	0.94	1.05	186.00	Papa Blanca
					0.45	0.82	1.16	1.35	1.3	1.2				114.00	
Papa Amarilla	771.00	1.30	1.43	1.38	1.25						0.50	0.75	1.10		
		1.38	1.25						0.50	0.75	1.10	1.30	1.43	163.00	Papa Amarilla
Maiz	547.00	1	1.07	1.07	1	0.95	0.85				0.51	0.6	0.8		
		0.80	1.00	1.07	1.07	1.00	0.95	0.85				0.51	0.60	168.00	Maiz
Trigo	182.00	0.40	0.70	1.25	1.50	1.62	1.45	0.95	0.62						
Cebada		0.40	0.90	1.40	1.57	1.55	1.10	0.62						342.00	Cebada
	166.00	0.90	1.40	1.57	1.55	1.10	0.62						0.40		
Frijol	63.00	1.05	1.12	1.1	0.95	0.8	0.62					0.6	0.8		
Arverjas	115.00	1.1	1.12	1.02	0.8	0.62						0.65	0.90		
		0.8	0.62						0.65	0.9	1.1	1.12	1.02	100.00	Arverjas
					0.65	0.9	1.1	1.12	1.02	0.8	0.62			161.00	
Alfalfa	64	0.70	0.85	0.65	0.35	0.65	0.75	0.80	0.65	0.60	0.35	0.50	0.60		
TOTAL (Has)	2858	3863	3863	3414	3643	1922	1761	985	924	742	2896	3173	3339	1234	
Kc (Ponderado)		0.95	1.07	1.15	0.98	1.09	1.00	0.93	0.71	0.80	0.49	0.64	0.85		

Fuente: elaboración propia.

4.3.2.4. Uso consuntivo

Este parámetro fue obtenido mediante el producto del Kc ponderado y la evapotranspiración potencial mensual, cuyos valores se observan en el Cuadro 40. El cual indica que en el mes de setiembre uso consuntivo por las plantas es mayor con 87.83 mm y el menor consumo de agua se da en el mes de octubre con 46.05 mm.

Cuadro 40. Uso consuntivo de la Microcuenca de Yarumayo

MESES	PARÀMETROS		
	Kc (pond.)	Eto (mm/mes)	UC (mm/mes)
ENERO	0.95	67.52	63.88
FEBRERO	1.07	79.16	84.71
MARZO	1.15	60.37	69.44
ABRIL	0.98	58.43	57.15
MAYO	1.09	57.35	62.57
JUNIO	1.00	55.98	56.07
JULIO	0.93	60.40	55.99
AGOSTO	0.71	71.89	51.05
SETIEMBRE	0.80	76.98	61.28
OCTUBRE	0.49	81.51	40.10
NOVIEMBRE	0.64	83.55	53.07
DICIEMBRE	0.85	74.10	63.04

Fuente: elaboración propia.

4.3.2.5. Precipitación efectiva

El cálculo de esta variable se ha obtenido a partir de la precipitación generada promedio y su desviación estándar ($S\bar{X}$) de la Microcuenca de Yarumayo con una ocurrencia del 75% de probabilidades con la finalidad de tener mayor confiabilidad en los datos obtenidos, cuyos resultados se aprecian en el Cuadro 41, donde se obtiene los mayores valores en los tres primeros meses del año, y los menores entre junio y agosto.

Cuadro 41. Precipitación efectiva de la Microcuenca de Yarumayo

MESES	PRECIPITACIÓN		
	Promedio	S _□	Persistencia Efectiva 75%
ENERO	80.65	25.01	63.78
FEBRERO	84.81	26.59	66.87
MARZO	100.02	32.45	78.13
ABRIL	56.94	20.52	43.10
MAYO	26.14	12.89	17.45
JUNIO	12.79	10.00	6.04
JULIO	8.91	6.67	4.42
AGOSTO	8.25	5.56	4.50
SETIEMBRE	20.09	9.60	13.62
OCTUBRE	39.32	16.32	28.32
NOVIEMBRE	45.88	15.99	35.09
DICIEMBRE	65.11	27.91	46.28
TOTAL	548.914	209.51	488.00

Fuente: elaboración propia.

4.3.2.6. Requerimiento de agua

Con respecto al requerimiento de agua que los cultivos necesitan para su crecimiento y desarrollo, en el Cuadro 42 se muestra los respectivos valores. Donde se distingue que en los meses de mayo, junio, julio, agosto y setiembre la necesidad de agua es menor, mientras que en los meses de diciembre, enero, febrero, marzo y abril la necesidad es mayor.

Por otro lado también se muestra el requerimiento volumétrico de agua que es mayor entre los meses de octubre y diciembre. Asimismo se muestra la eficiencia de riego el cual se consideró un 0.40 debido a que el riego es realizado por gravedad. Finalmente fue calculado el requerimiento volumétrico neto que fue mayor en el mes de agosto con 1069.95 m³/ha

Cuadro 42. Requerimiento de agua mensual en la Microcuenca de Yarumayo

MESES	Requerimiento de agua			Requerimiento Volumétrico de agua (m ³ /ha)	Eficiencia de Riego (Por gravedad)	Requerimiento Volumétrico Neto (m ³ /ha)
	UC	P. efect	Agua Requerida			
ENERO	63.88	80.65	-16.78**	0.00	0.40	0.00
FEBRERO	84.71	84.81	-0.10	0.00	0.40	0.00
MARZO	69.44	100.02	-30.58	0.00	0.40	0.00
ABRIL	57.15	56.94	0.20	2.04	0.40	5.09
MAYO	62.57	26.14	36.43	364.27	0.40	910.68
JUNIO	56.07	12.79	43.29	432.88	0.40	1082.19
JULIO	55.99	8.91	47.08	470.76	0.40	1176.89
AGOSTO	51.05	8.25	42.80	427.98	0.40	1069.95
SETIEMBRE	61.28	20.09	41.19	411.88	0.40	1029.70
OCTUBRE	40.10	39.32	0.78	7.78	0.40	19.46
NOVIEMBRE	53.07	45.88	7.19	71.95	0.40	179.86
DICIEMBRE	63.04	65.11	-2.07	0.00	0.40	0.00

Fuente: elaboración propia.

** Valores negativos equivalen a no requerir agua. Consideramos 0, para continuar los cálculos.

4.3.2.7. Módulo de riego

Para determinar esta variable, se utilizó los valores de Requerimiento volumétrico neto, la programación de riego el cual fue de 12 horas y la eficiencia de riego. Con estos datos se procedió al cálculo del módulo de riego los cuales se observan en el Cuadro 43, donde en el mes de junio se registra el caudal más alto (0.83 L/seg/ha).

Cuadro 43. Módulo de riego de la Microcuenca de Yarumayo

MESES	PARAMETROS				
	Req. Vol. Neto (m ³ /ha)	N° de Horas de Riego	3600 x N° días mes x N° horas Riego	1000 / 3600 x N° días x N° horas/ Eficiencia de Riego	Módulo de Riego (L / seg / ha)
ENERO	0.00	12.00	1339200.0	0.0007	0.00
FEBRERO	0.00	12.00	1252800.0	0.0008	0.00
MARZO	0.00	12.00	1339200.0	0.0007	0.00
ABRIL	5.09	12.00	1296000.0	0.0008	0.00
MAYO	910.68	12.00	1339200.0	0.0007	0.68
JUNIO	1082.19	12.00	1296000.0	0.0008	0.84
JULIO	1176.89	12.00	1339200.0	0.0007	0.88
AGOSTO	1069.95	12.00	1339200.0	0.0007	0.80
SETIEMBRE	1029.70	12	1296000.0	0.0008	0.79
OCTUBRE	19.46	12	1339200.0	0.0007	0.01
NOVIEMBRE	179.86	12	1296000.0	0.0008	0.14
DICIEMBRE	0.00	12	1339200.0	0.0007	0.00

Fuente: elaboración propia.

4.3.2.8. Demanda agrícola del agua

La demanda de agua de la Microcuenca está en función al área cultivable y al módulo de riego el cual se visualiza en el Cuadro 44, donde indica que la mayor demanda se registra en los meses de mayo (1307.00

L/seg), junio (1470.48 L/seg), y en los meses de diciembre a marzo existe un superávit excesivo de agua (0.00 L/seg).

Cuadro 44. Caudal disponible a la demanda del área cultivable de la Microcuenca

MESES	Área cultivable (ha)	Módulo de riego (L / seg / ha)	Demanda (L/seg)
ENERO	3863.00	0.00	0.00
FEBRERO	3863.00	0.00	0.00
MARZO	3414.00	0.00	0.00
ABRIL	3643.00	0.00	14.31
MAYO	1922.00	0.68	1307.00
JUNIO	1761.00	0.84	1470.48
JULIO	985.00	0.88	865.62
AGOSTO	924.00	0.80	738.23
SETIEMBRE	742.00	0.79	589.53
OCTUBRE	2896.00	0.01	42.07
NOVIEMBRE	3173.00	0.14	440.36
DICIEMBRE	3339.00	0.00	0.00

Fuente:elaboración propia.

4.3.2.9. Demanda de agua de riego por cultivo

En los Cuadros del 45 al 52 se observa la demanda de agua de cada cultivo de la Microcuenca de Yarumayo en los cuales el cultivo de papa blanca, papa amarilla y maíz amiláceo obtienen un mayor requerimiento de agua, mientras que el cultivo de alfalfa y frijol reportan una menor demanda de agua.

Cuadro 45. Demanda de agua para el cultivo de alfalfa

VARIABLES	UNID	MESES											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Eto	mm	67.52	79.16	60.37	58.43	57.35	55.98	60.40	71.89	76.98	81.51	83.55	74.10
Kc pond		0.95	1.07	1.15	0.98	1.09	1.00	0.93	0.71	0.80	0.49	0.64	0.85
UC	mm	63.88	84.71	69.44	57.15	62.57	56.07	55.99	51.05	61.28	40.10	53.07	63.04
P. Efect	mm	80.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Req	mm	-16.78	84.71	69.44	57.15	62.57	56.07	55.99	51.05	61.28	40.10	53.07	63.04
Req. Vol	m3/ha	-167.76	847.06	694.37	571.47	625.72	560.73	559.90	510.50	612.78	401.01	530.72	630.41
Ef. Riego	....	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Nº horas	horas	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
MR	L/seg/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.84	0.88	0.80	0.79	0.01	0.14	0.00
Area total	ha	64.0	64.0	64.0	64.0	64.0	64.0	64.0	64.0	64.0	64.0	64.0	64.0
Q. dem	L/seg	0.00	0.00	0.00	0.25	43.52	53.44	56.24	51.13	50.85	0.93	8.88	0.00

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 46. Demanda de agua para el cultivo de arveja grano verde

VARIABLES	UNID	MESES											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Eto	mm	67.52	79.16	60.37	58.43	57.35	55.98	60.40	71.89	76.98	81.51	83.55	74.10
Kc pond		0.95	1.07	1.15	0.98	1.09	1.00	0.93	0.71	0.80	0.49	0.64	0.85
UC	mm	63.88	84.71	69.44	57.15	62.57	56.07	55.99	51.05	61.28	40.10	53.07	63.04
P. Efect	mm	80.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Req	mm	-16.78	84.71	69.44	57.15	62.57	56.07	55.99	51.05	61.28	40.10	53.07	63.04

Req. Vol	m3/ha	-167.76	847.06	694.37	571.47	625.72	560.73	559.90	510.50	612.78	401.01	530.72	630.41
Ef. Riego	....	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Nº horas	horas	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
MR	L/seg/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.84	0.88	0.80	0.79	0.01	0.14	0.00
Area total	ha	261.0	261.0	161.0	276.0	276.0	115.0	115.0	215.0	215.0	215.0	261.0	261.0
Q. dem	L/seg	0.00	0.00	0.00	1.08	187.69	96.03	101.06	171.77	170.82	3.12	36.22	0.00

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 47. Demanda de agua para el cultivo de cebada grano

VARIABLES	UNID	MESES											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Eto	mm	67.52	79.16	60.37	58.43	57.35	55.98	60.40	71.89	76.98	81.51	83.55	74.10
Kc pond		0.95	1.07	1.15	0.98	1.09	1.00	0.93	0.71	0.80	0.49	0.64	0.85
UC	mm	63.88	84.71	69.44	57.15	62.57	56.07	55.99	51.05	61.28	40.10	53.07	63.04
P. Efect	mm	80.65	84.81	100.02	56.94	26.14	12.79	8.91	8.25	20.09	39.32	45.88	65.11
Req	mm	-16.78	-0.10	-30.58	0.20	36.43	43.29	47.08	42.80	41.19	0.78	7.19	-2.07
Req. Vol	m3/ha	-167.76	-1.01	-305.78	2.04	364.27	432.88	470.76	427.98	411.88	7.78	71.95	-20.68
Ef. Riego	....	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Nº horas	horas	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
MR	L/seg/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.84	0.88	0.80	0.79	0.01	0.14	0.00
Area total	ha	508.0	508.0	508.0	508.0	508.0	508.0	342.0	0.0	0.0	0.0	0.0	166.0
Q. dem	L/seg	0.00	0.00	0.00	2.00	345.45	424.19	300.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 48. Demanda de agua para el cultivo de frijol grano seco

VARIABLES	UNID	MESES											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Eto	mm	67.52	79.16	60.37	58.43	57.35	55.98	60.40	71.89	76.98	81.51	83.55	74.10
Kc pond		0.95	1.07	1.15	0.98	1.09	1.00	0.93	0.71	0.80	0.49	0.64	0.85
UC	mm	63.88	84.71	69.44	57.15	62.57	56.07	55.99	51.05	61.28	40.10	53.07	63.04
P. Efect	mm	80.65	84.81	100.02	56.94	26.14	12.79	8.91	8.25	20.09	39.32	45.88	65.11
Req	mm	-16.78	-0.10	-30.58	0.20	36.43	43.29	47.08	42.80	41.19	0.78	7.19	-2.07
Req. Vol	m3/ha	-167.76	-1.01	-305.78	2.04	364.27	432.88	470.76	427.98	411.88	7.78	71.95	-20.68
Ef. Riego	....	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Nº horas	horas	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
MR	L/seg/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.84	0.88	0.80	0.79	0.01	0.14	0.00
Area total	ha	63.0	63.0	63.0	63.0	63.0	63.0	0.0	0.0	0.0	0.0	63.0	63.0
Q. dem	L/seg	0.00	0.00	0.00	0.25	42.84	52.61	0.00	0.00	0.00	0.00	8.74	0.00

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 49. Demanda de agua para el cultivo de maíz amiláceo

VARIABLES	UNID	MESES											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Eto	mm	67.52	79.16	60.37	58.43	57.35	55.98	60.40	71.89	76.98	81.51	83.55	74.10
Kc pond		0.95	1.07	1.15	0.98	1.09	1.00	0.93	0.71	0.80	0.49	0.64	0.85
UC	mm	63.88	84.71	69.44	57.15	62.57	56.07	55.99	51.05	61.28	40.10	53.07	63.04
P. Efect	mm	80.65	84.81	100.02	56.94	26.14	12.79	8.91	8.25	20.09	39.32	45.88	65.11
Req	mm	-16.78	-0.10	-30.58	0.20	36.43	43.29	47.08	42.80	41.19	0.78	7.19	-2.07

Req. Vol	m3/ha	-167.76	-1.01	-305.78	2.04	364.27	432.88	470.76	427.98	411.88	7.78	71.95	-20.68
Ef. Riego	....	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Nº horas	horas	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
MR	L/seg/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.84	0.88	0.80	0.79	0.01	0.14	0.00
Area total	ha	715.0	715.0	715.0	715.0	715.0	715.0	168.0	0.0	0.0	547.0	715.0	715.0
Q. dem	L/seg	0.00	0.00	0.00	2.81	486.21	597.04	147.64	0.00	0.00	7.95	99.23	0.00

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 50. Demanda de agua para el cultivo de papa blanca

VARIABLES	UNID	MESES											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Eto	mm	67.52	79.16	60.37	58.43	57.35	55.98	60.40	71.89	76.98	81.51	83.55	74.10
Kc pond		0.95	1.07	1.15	0.98	1.09	1.00	0.93	0.71	0.80	0.49	0.64	0.85
UC	mm	63.88	84.71	69.44	57.15	62.57	56.07	55.99	51.05	61.28	40.10	53.07	63.04
P. Efect	mm	80.65	84.81	100.02	56.94	26.14	12.79	8.91	8.25	20.09	39.32	45.88	65.11
Req	mm	-16.78	-0.10	-30.58	0.20	36.43	43.29	47.08	42.80	41.19	0.78	7.19	-2.07
Req. Vol	m3/ha	-167.76	-1.01	-305.78	2.04	364.27	432.88	470.76	427.98	411.88	7.78	71.95	-20.68
Ef. Riego	....	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Nº horas	horas	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
MR	L/seg/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.84	0.88	0.80	0.79	0.01	0.14	0.00
Area total	ha	1136.0	1136.0	950.0	1064.0	114.0	114.0	114.0	300.0	300.0	1136.0	1136.0	1136.0
Q. dem	L/seg	0.00	0.00	0.00	40.15	80.64	94.34	91.32	217.27	222.69	77.48	165.20	2.51

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 51. Demanda de agua para el cultivo de papa amarilla

VARIABLES	UNID	MESES											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Eto	mm	67.52	79.16	60.37	58.43	57.35	55.98	60.40	71.89	76.98	81.51	83.55	74.10
Kc pond		0.95	1.07	1.15	0.98	1.09	1.00	0.93	0.71	0.80	0.49	0.64	0.85
UC	mm	63.88	84.71	69.44	57.15	62.57	56.07	55.99	51.05	61.28	40.10	53.07	63.04
P. Efect	mm	80.65	84.81	100.02	56.94	26.14	12.79	8.91	8.25	20.09	39.32	45.88	65.11
Req	mm	-16.78	-0.10	-30.58	0.20	36.43	43.29	47.08	42.80	41.19	0.78	7.19	-2.07
Req. Vol	m3/ha	-167.76	-1.01	-305.78	2.04	364.27	432.88	470.76	427.98	411.88	7.78	71.95	-20.68
Ef. Riego	....	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Nº horas	horas	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
MR	L/seg/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.84	0.88	0.80	0.79	0.01	0.14	0.00
Area total	ha	934.0	934.0	771.0	771.0	0.0	0.0	0.0	163.0	163.0	934.0	934.0	934.0
Q. dem	L/seg	0.00	0.00	0.00	3.03	0.00	0.00	0.00	130.23	129.51	13.57	129.62	0.00

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 52. Demanda de agua para el cultivo de trigo

VARIABLES	UNID	MESES											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Eto	mm	67.52	79.16	60.37	58.43	57.35	55.98	60.40	71.89	76.98	81.51	83.55	74.10
Kc pond		0.95	1.07	1.15	0.98	1.09	1.00	0.93	0.71	0.80	0.49	0.64	0.85
UC	mm	63.88	84.71	69.44	57.15	62.57	56.07	55.99	51.05	61.28	40.10	53.07	63.04
P. Efect	mm	80.65	84.81	100.02	56.94	26.14	12.79	8.91	8.25	20.09	39.32	45.88	65.11
Req	mm	-16.78	-0.10	-30.58	0.20	36.43	43.29	47.08	42.80	41.19	0.78	7.19	-2.07
Req. Vol	m3/ha	-167.76	-1.01	-305.78	2.04	364.27	432.88	470.76	427.98	411.88	7.78	71.95	-20.68
Ef. Riego	....	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Nº horas	horas	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
MR	L/seg/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.84	0.88	0.80	0.79	0.01	0.14	0.00
Area total	ha	182.0	182.0	182.0	182.0	182.0	182.0	182.0	182.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Q. dem	L/seg	0.00	0.00	0.00	0.71	123.76	151.97	159.94	145.41	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: elaboración propia.

4.3.3. Balance oferta y demanda de los recursos hídricos

4.3.3.1. Análisis de la demanda de agua de riego

Obtenida toda la información de los cultivos de la Microcuenca es necesario resumir y agregar información con la finalidad de obtener la demanda de agua para riego del estudio en el Cuadro 53. En él se registra que en el mes de junio se requiere de 1470.48 L/seg/Ha mes, debido al ciclo de la planta y al requerimiento de agua.

Cuadro 53. Resumen de la demanda de agua de riego por cultivo

MESES	CULTIVOS (L/seg)								Demanda Total (L/seg)
	Alfalfa	Arveja grano verde	Cebada grano	Frijol grano seco	Maíz amiláceo	Papa blanca	Papa amarilla	Trigo	
ENERO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FEBRERO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MARZO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ABRIL	0.25	1.08	2.00	0.25	2.81	4.18	3.03	0.71	14.31
MAYO	43.52	187.69	345.45	42.84	486.21	77.52	0.00	123.76	1307.00
JUNIO	53.44	96.03	424.19	52.61	597.04	95.19	0.00	151.97	1470.48
JULIO	56.24	101.06	300.55	0.00	147.64	100.18	0.00	159.94	865.62
AGOSTO	51.13	171.77	0.00	0.00	0.00	239.68	130.23	145.41	738.23
SETIEMBRE	50.85	170.82	0.00	0.00	0.00	238.36	129.51	0.00	589.53
OCTUBRE	0.93	3.12	0.00	0.00	7.95	16.50	13.57	0.00	42.07
NOVIEMBRE	8.88	36.22	0.00	8.74	99.23	157.66	129.62	0.00	440.36
DICIEMBRE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: elaboración propia.

En la Figura 13, se expresa la demanda mensual de agua de la Microcuenca de Yarumayo, el cual reporta una mayor demanda en el mes de febrero, y la menor demanda de agua se da en el mes de setiembre, incrementándose 10 veces esta necesidad en el mes de octubre.



Figura 14. Demanda de agua mensual para riego en la Microcuenca Yarumayo

4.3.3.2. Análisis de la demanda de agua poblacional

Obtenida la población total de los distritos de Yacus, Yarumayo, Margos y San Pedro de Chaulan de 23401 habitantes y considerando una dotación media de 60lt/día/persona se demuestra el volumen total mensual para uso poblacional.

Cuadro N° 54. Resumen del volumen total mensual poblacional

MES	DEMANDA			total mensual	
	días	POBLACIONAL hab	dotacion 60 l/hab/dia	lt	m3
ENERO	31	23401	60.00	43,525,860.00	43,525.86
FEBRERO	29	23401	60.00	40,717,740.00	40,717.74
MARZO	31	23401	60.00	43,525,860.00	43,525.86
ABRIL	30	23401	60.00	42,121,800.00	42,121.80
MAYO	31	23401	60.00	43,525,860.00	43,525.86
JUNIO	30	23401	60.00	42,121,800.00	42,121.80
JULIO	31	23401	60.00	43,525,860.00	43,525.86
AGOSTO	31	23401	60.00	43,525,860.00	43,525.86
SETIEMBRE	30	23401	60.00	42,121,800.00	42,121.80

OCTUBRE	31	23401	60.00	43,525,860.00	43,525.86
NOVIEMBRE	30	23401	60.00	42,121,800.00	42,121.80
DICIEMBRE	31	23401	60.00	43,525,860.00	43,525.86

4.3.3.3. Análisis de la demanda de agua pecuario

En el caso de consumo de agua de los animales se tiene la cantidad estimada de cada tipo de ganado con su dotación diaria de consumo de agua, presentándose un resumen en el cuadro siguiente:

Cuadro N° 55. Dotación de agua para consumo de animales

Tipo Ganado	Cantidad	dotacion	Total dia
	Cabezas	l/dia	l
VACUNO	2716	60	162960
PORCINO	8744	5	43720
OVINO	53297	4	213188
CAPRINO	1397	6	8382
ALPACAS	25	35	875
LLAMAS	5	35	175
aves	8028	0.25	2007
conejos	635	0.5	317.5
cuyes	23383	0.4	9353.2
		total	440977.7

4.3.3.4. Análisis de la oferta de agua

La disponibilidad del recurso hídrico existente es suficiente para la zona del estudio, esta situación nos permite recomendar si deseamos ampliar la frontera agrícola se debe trabajar en varias líneas como: capacitación para optimizar la utilización, construcción de infraestructura civil para almacenar agua y canales, sistemas de riego, mantenimiento, etc. que permitan regular de forma eficiente el riego de las tierras cultivadas en época de estiaje (Cuadro 56).

Cuadro 56. Disponibilidad del recurso hídrico

MESES	Oferta de agua por análisis hidrológico (L/seg)	Demanda de agua Agrícola (L/seg)	TOTAL (L/seg)
ENERO	11337.12	0.00	11337.12
FEBRERO	13267.20	0.00	13267.20
MARZO	13946.24	0.00	13946.24
ABRIL	7904.50	14.31	7890.19
MAYO	4162.89	1307.00	2855.89
JUNIO	2111.68	1470.48	641.20
JULIO	1417.82	865.62	552.20
AGOSTO	1301.21	738.23	562.98
SETIEMBRE	3239.28	589.53	2649.74
OCTUBRE	5317.08	42.07	5275.00
NOVIEMBRE	6545.09	440.36	6104.73
DICIEMBRE	8919.53	0.00	8919.53

Fuente: elaboración propia.

4.4. BALANCE HÍDRICO ACTUAL PARA RIEGO

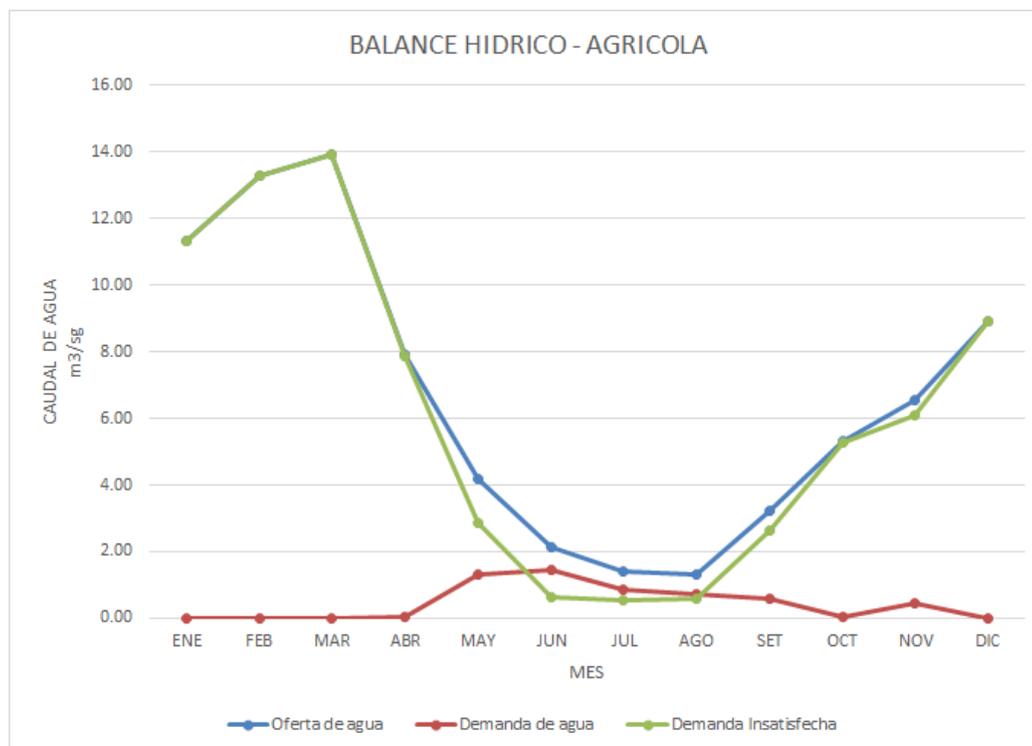
La demanda insatisfecha actual de agua para riego se detectó en todos los meses considerándose como meses críticos, a excepción del mes de setiembre, mes donde existe un exceso del recurso hídrico que garantiza la conservación del entorno de las fuentes de agua. La demanda insatisfecha se visualiza en el Cuadro 57.

Cuadro 57. Demanda insatisfecha de la Microcuenca de Yarumayo

MESES	Demanda de agua (m ³ /seg)	Oferta de agua (m ³ /seg)	Demanda insatisfecha (m ³ /seg)
ENERO	11.34	0.00	11.34
FEBRERO	13.27	0.00	13.27
MARZO	13.95	0.00	13.95
ABRIL	7.90	0.01	7.89
MAYO	4.16	1.31	2.86
JUNIO	2.11	1.47	0.64
JULIO	1.42	0.87	0.55

AGOSTO	1.30	0.74	0.56
SETIEMBRE	3.24	0.59	2.65
OCTUBRE	5.32	0.04	5.28
NOVIEMBRE	6.55	0.44	6.10
DICIEMBRE	8.92	0.00	8.92

Figura 15. Balance hídrico agrícola mensual de la Microcuenca de Yarumayo



4.5. BALANCE HÍDRICO TOTAL MICROCUENCA YARUMAYO

El cuadro siguiente Cuadro 58, describe el comportamiento mensual de los diferentes usos del recurso hídrico

Cuadro N° 58. Demanda hídrica total mensual de la Microcuenca de Yarumayo

RIEGO m ³	DEMANDA		TOTAL	
	POBLACIONAL m ³	PECUARIO m ³	m ³	m ³ /seg
0.0	43,525.86	13,670.31	57,196.17	0.0214
0.0	39,313.68	12,788.35	52,102.03	0.0215
0.0	43,525.86	13,670.31	57,196.17	0.0214
18541.6	42,121.80	13,229.33	73,892.68	0.0285

1693866.2	43,525.86	13,670.31	1,751,062.36	0.6538
1905739.5	42,121.80	13,229.33	1,961,090.61	1.51319
1159236.4	43,525.86	13,670.31	1,216,432.58	0.90833
988635.3	43,525.86	13,670.31	1,045,831.49	0.78094
764035.4	42,121.80	13,229.33	819,386.52	0.63224
56343.6	43,525.86	13,670.31	113,539.72	0.08478
570708.6	42,121.80	13,229.33	626,059.71	0.48307
0.0	43,525.86	13,670.31	57,196.17	0.0214

Cuadro N° 59. Balance hídrico total mensual de la Microcuenca de Yarumayo
Caudales

MES	DISPONIBILIDAD 75%	DEMANDA DE AGUA	BALANC E
	Q(m ³ /seg)	m ³ /seg	Q(m ³ /seg)
ENERO	11.3371	0.0214	11.3158
FEBRERO	13.2672	0.0215	13.2457
MARZO	13.9462	0.0214	13.9249
ABRIL	7.9045	0.0285	7.8760
MAYO	4.1629	0.6538	3.5091
JUNIO	2.1117	1.5132	0.5985
JULIO	1.4178	0.9083	0.5095
AGOSTO	1.3012	0.7809	0.5203
SETIEMBRE	3.2393	0.6322	2.6070
OCTUBRE	5.3171	0.0848	5.2323
NOVIEMBRE	6.5451	0.4831	6.0620
DICIEMBRE	8.9195	0.0214	8.8982

Cuadro N° 59-A. Balance hídrico total mensual de la Microcuenca de Yarumayo
Volumen

MES	DISPONIBILIDAD 75%	DEMANDA DE AGUA	BALANCE
	volumen(m ³)	m ³	volúmen(m ³)
ENERO	30,365,348.0	57,196.17	30,308,151.84
FEBRERO	33,242,295.1	52,102.03	33,190,193.09
MARZO	37,353,617.2	57,196.17	37,296,421.05
ABRIL	20,488,465.3	73,892.68	20,414,572.61
MAYO	11,149,883.6	1,751,062.36	9,398,821.21
JUNIO	5,473,474.3	1,961,090.61	3,512,383.71
JULIO	3,797,491.7	1,216,432.58	2,581,059.11
AGOSTO	3,485,155.8	1,045,831.49	2,439,324.32
SETIEMBRE	8,396,203.5	819,386.52	7,576,816.95
OCTUBRE	14,241,257.6	113,539.72	14,127,717.86
NOVIEMBRE	16,964,876.1	626,059.71	16,338,816.35
DICIEMBRE	23,890,075.9	57,196.17	23,832,879.74

V. DISCUSIÓN

5.1. CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS

El estudio tuvo como objetivos la determinación de las características morfométricas de la Microcuenca de Yarumayo el cual según Jiménez (2010) la caracterización es el tercer elemento del proceso de manejo de cuencas hidrográficas, comprende el componente base para la planificación e implementación de este proceso.

El área de la Microcuenca de Yarumayo es de 416.58 km² y el perímetro es de 104.20 km, tal como señala Villón (2002), una cuenca grande es aquella que cuenta con una superficie mayor a los 250 km² y tal como se puede contrastar se trata de una cuenca grande. La Microcuenca de Yarumayo tiene un factor de compacidad $k_c = 1.43 > 1$, donde se puede constatar que se trata de una cuenca alargada (Villón, 2002).

El comportamiento de la curva hipsométrica tiene una tendencia a un río en etapa de madurez con transporte de sedimentos y agua como se puede observar en la Figura 8, con una altitud promedio de 2412 msnm en el 50 % de su área acumulada, según Llamas (1993) la curva hipsométrica muestra el comportamiento de un río: en su etapa de juventud donde predominan la producción de sedimentos y agua, La pendiente media de la cuenca hidrográfica tiene un valor de 22.29 % (fuertemente inclinada).

En cuanto a la red hídrica se identificaron 39 manantiales, 15 riachuelos, 5 ríos y 12 lagunas cuya área, posición en coordenadas UTM y su ubicación por distrito se muestran en el Figura 04. Esta base de datos generada, además de llenar los vacíos de información que proporciona la carta nacional nos hace saber que no existe un inventario completo sobre la red hídrica de la Microcuenca de Yarumayo.

Esta red hídrica establece 5 ordenamientos, donde la longitud de los cauces de 1º orden es de 253.88 km., que representan el 50.20% del total, los cauces de 2º orden tienen 140.44 km., y representan el 27.77%, los cauces de 3º orden tiene 57.05 km y representan el 11.28% del total, los cauces de 4º orden tienen 40.46 km y constituyen el 8.00% y los cauces de 5º orden tienen 13.90 km y hacen el 2.75% del total del total. Todos estas órdenes suman un total de 505.73 km de longitud. Por otro lado según Villón (2002) el número de ordenamiento de los cauces denota una Microcuenca con escaso relieve.

Esta longitud y el área de la Microcuenca de Yarumayo se relacionan para hallar la densidad de drenaje en toda la cuenca, el valor de Densidad de drenaje Microcuenca de Yarumayo es de 1.21 km/km² el cual se considera a la Microcuenca como una cuenca con cobertura vegetal media, suelos poco erosionables y mediamente permeables. Según Villón (2002) es un parámetro que indica la naturaleza de los suelos y también da una idea sobre la cobertura que existe en la Microcuenca.

5.2. CARACTERÍSTICAS METEOROLÓGICAS

La Microcuenca de Yarumayo no cuenta con una red de estaciones meteorológicas territorialmente bien distribuida, así como tampoco se cuenta con datos de una serie suficientemente confiables que permitan realizar análisis predictivos del comportamiento del clima, considerando las particularidades de la Microcuenca de Yarumayo.

El patrón de comportamiento de la precipitación generada en Microcuenca de Yarumayo es más estable y parece haber un marcado equilibrio entre los periodos secos y lluviosos. Esta estacionalidad se puede ver claramente por la presencia de tres picos que indican tres periodos de lluvias uno de octubre - noviembre con mayor intensidad en el mes de noviembre; el segundo en entre diciembre – enero, con mayor en el mes de diciembre, y el último en entre el mes de febrero – marzo, con el mayor

en el mes de marzo. En lo concerniente al periodo seco es sobre los meses de mayo - setiembre, registrándose caídas de lluvia de hasta 18.90 mm en el mes de agosto.

La tendencia de la temperatura y de la humedad relativa de la Microcuenca de Yarumayo en el periodo de estudio es invariable. Para el caso de temperatura oscila entre los meses de enero a diciembre es de 7.5 – 8.9 °C; y para el caso de la humedad relativa fluctúa entre 89.2 – 96.6%.

5.3. DISPONIBILIDAD Y USO POTENCIAL DEL AGUA

La oferta de agua, en tanto, se basó en el cálculo de caudales totales disponibles derivada del cálculo de la esorrentía de la época estival (junio, julio y agosto) para la Microcuenca, como un valor promedio ponderado sin importar el uso del suelo.

El caudal promedio generado de la Microcuenca fue de 7281.58 L/seg (7.28 m³/seg) teniendo el mayor caudal en el mes de marzo con 13946 L/seg (13.94 m³/seg.) y el menor el mes de agosto de 1935 L/seg (1.93m³/seg) para el cálculo de estos valores se tuvo en cuenta las múltiples formas del recurso agua como: las lagunas, los ríos, los manantiales y riachuelos de la Microcuenca (INADE, 2002). Estos caudales hallados son menores a lo obtenido por Salazar (2006) quien determinó un caudal promedio de 67.88 m³/seg en la Cuenca Alta del río Huallaga, el caudal fue mayor debido a las diferencias en las características ambientales de la zona, ya que en la Microcuenca de Yarumayo la cobertura vegetal no es muy densa.

La demanda o uso potencial de agua por los cultivos en la Microcuenca de Yarumayo, el cultivo que mayor agua requiere fue el maíz amiláceo con 591.67 m³/seg en el mes de agosto el cual fue menor según lo reportado por Rojas (1994) quien obtuvo de 4508.00 m³/seg/ha/campaña, no obstante el cultivo que menor consumo de agua

necesita fue el frijol grano seco, debido a que solo tiene un área de 13 ha el cual representa el 0.39%.

5.4. BALANCE HÍDRICO ACTUAL PARA EL AGUA DE RIEGO

El balance de Microcuenca de Yarumayo, tiene un régimen Precipitaciones insuficientes en los ocho primeros meses del año, las mismas que son superadas por la evapotranspiración, razón por el cual se produce la falta de agua, después de este periodo las lluvias se incrementan en el mes de setiembre, por lo que la demanda es en parte satisfecha por estas pequeñas lluvias, hasta llegar al mes de octubre donde se produce un secamiento total del suelo, y la deficiencia de agua se hace más notoria y severa.

La parte baja de la Microcuenca, son áridas y de escasa precipitación la mayor parte del año; debido a las altas temperaturas, la evapotranspiración es mayor que la precipitación, con excepción de los primeros meses del año, por tal razón se puede afirmar que en este sector existe deficiencia total de agua durante todo año, a excepción de los meses de invierno.

Del balance de la oferta y demanda de agua de la zona de estudio se deduce que los volúmenes de agua requeridos por los cultivo es mayor con respecto a la oferta de agua que se genera en la Microcuenca de Yarumayo, por el cual existe un déficit de recurso hídrico en todos los meses del año, a excepción del mes de setiembre donde la demanda de agua es menor que la oferta por lo que no se tendrá problemas de este recurso.

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en la Microcuenca de Yarumayo permite mencionar las siguientes conclusiones:

1. En la características morfométricas, la Microcuenca tiene un área de 416.58 km², un perímetro de 104.20 km, el coeficiente compacidad de 1.43, una longitud axial de 23.78 km., un ancho promedio de 17.52 km., la altura media fue de 3731 msnm y la pendiente media de 22.29%, la red hídrica establece 5 ordenamientos en donde se identificaron 39 manantiales, 15 riachuelos, 5 ríos y 12 lagunas; la longitud de los cauces es de 505.73 km y la pendiente de 2.07%.
2. Las características meteorológicas fueron generadas a partir de la Estación Jacas Chico, el patrón de comportamiento de la precipitación generada es más estable y con un equilibrio entre los periodos secos y lluviosos con un promedio total de 1111.21 mm. La tendencia de la temperatura y de la humedad relativa en el periodo de estudio es ligeramente variable.
3. El caudal promedio generado fue de 7281.50 L/seg (7.28 m³/seg) teniendo el mayor caudal en el mes de marzo con 13946 L/seg (11.946 m³/seg.), la mayor demanda de agua obtuvo el cultivo de maíz amiláceo con 591.67 m³/seg/ha/campaña.
4. El volumen de agua con que se cuenta en la Microcuenca de Yarumayo en época de sequía es de 1.417 m³ del mes de julio, cuyo balance hídrico se tiene en exceso de 0.5095 m³ que sería utilizado como caudal ecológico.
5. El balance hídrico, demuestra que existe superavit de recurso hídrico en todos los meses del año, a excepción del mes de setiembre donde la demanda de agua es menor que la oferta por lo que no se tendrá problemas de este recurso.

RECOMENDACIONES

Del trabajo realizado en la evaluación de los recursos hídricos superficiales de la Microcuenca de Yarumayo, permite recomendar lo siguiente:

1. La construcción de reservorios para el almacenamiento del agua de escorrentía superficial en la época de lluvia en los meses de, octubre a marzo meses donde hay el mayor exceso de agua.
2. Implementar el sistema de riego por aspersión en la Microcuenca de Yarumayo para optimizar el uso potencial del agua.
3. Establecer políticas de gestión de manejo recursos hídricos en la Microcuenca de Yarumayo para un mejor aprovechamiento de este recurso tanto para el sector agrícola y pecuario como para consumo humano.
4. Realizar el estudio en otras cuencas o microcuencas de la Región Huánuco con el uso de los programas SIG como el ArcGis u otros, ya que facilita el trabajo del investigador.
5. Es necesario mantener el cauce del río completamente, limpio de rocas y árboles para evitar socavamiento en épocas de avenida.

LITERATURA CITADA

- Abarca, O. y Bernabé, M. 2010. Desarrollo de un indicador para valorar la disponibilidad potencial distribuida de recursos hídricos a partir de variables geomorfométricas. (En línea) (Consultado el 03 de enero 2014). Disponible en: <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/33944/1/articulo1.pdf>
- Almorox, J. 2003 Métodos de estimación de las evapotranspiraciones ETp y ETr (En línea) (Consultado el 15 de marzo 2014). Disponible en: <http://ocw.upm.es/ingenieria-agroforestal/climatologia-aplicada-a-la-ingenieria-y-medioambiente/contenidos/evapotranspiracion/metodos-evapotranspiracion-es.pdf>
- ANA - Autoridad Nacional del Agua. 2009. Demarcación y delimitación de las autoridades administrativas del agua. (En línea) (Consultado el 03 de enero 2014). Disponible en: <http://sinia.minam.gob.pe/admDocumento.php?accion=bajar&docadjunto=2826.pdf>
- ANA. 2010. Recursos hídricos del Perú en cifras: Boletín técnico. (En línea) (Consultado el 05 de enero 2014). Disponible en: http://www.ana.gob.pe/media/421484/final_boletin_opt.pdf
- Aparicio, F. 1993. Fundamentos de hidrología. (En línea) (Consultado el 17 de enero 2014). Disponible en: http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/ada-moreno/HIDRO/Fundamentos_de_hidrologia_de_superficie_-_Aparicio.pdf
- CARE Internacional-Avina. 2012. Gestión Integrada del Recurso Hídrico – GIRH. (En línea) (Consultado el 05 de enero 2014). Disponible en: <http://www.avina.net/esp/wp-content/uploads/2013/03/MODULO-8-OK.pdf>
- Carmona, C. 2011. Agua y cambio climático en América Latina. (En línea) (Consultado el 05 de enero 2014). Disponible en: http://www.cepal.org/ccas/noticias/paginas/3/45743/eBoletinEUROCLIMA-Ed2_es.pdf

- CiedPerú. 2001. La problemática de los recursos hídricos. (En línea) (Consultado el 05 de enero 2014). Disponible en: <http://www.ibcperu.org/doc/isis/7522.pdf>
- Comisión Nacional del Agua. 2011. Estadísticas del agua en México. (En línea) (Consultado el 07 de enero 2014). Disponible en: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/EAM2011.pdf>
- Comisión Técnica Multisectorial. 2009. Política y estrategia Nacional de recursos hídricos del Perú. (En línea) (Consultado el 08 de enero 2014). Disponible en: http://www.ana.gob.pe/media/532987/politicas_estrategias_rh.pdf
- Culqui, M. 2014. Uso de aguas residuales en el Perú. (En línea) (Consultado el 08 de enero 2014). Disponible en: <https://www.ana.gob.pe/media/496425/uso%20de%20aguas%20residuales%20%20en%20el%20per%C3%BA.pdf>
- Chereque, W. 1989. Hidrología para estudiantes de ingeniería civil. (En línea) (Consultado el 08 de abril 2014). Disponible en: http://biblioteca.pucp.edu.pe/docs/elibros_pucp/chereque_wendor/hidrologia_estudiantes_ing_civil.pdf
- Centro de Estudios Estratégicos – CEE. 2009. Aprovechando mejor el agua en la agricultura: el caso de los cultivos de agroexportación. (En línea) (Consultado el 08 de enero 2014). Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/190179262/Aprovechando-Mejor-El-Agua-en-La-Agricultura#download>
- Díaz, C., Esteller, M., López – Vera, F. (Compiladores). 2005. Recursos hídricos: conceptos básicos y estudios de caso en Iberoamérica. (En línea) (Consultado el 02 de enero 2014). Disponible en: <http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/rh01/rh01.pdf>
- Dirección de Estudios de Proyectos Hidráulicos Multisectoriales. 2010. Proyecto de irrigación Liscay San Juan de Yanac. (En línea) (Consultado el 08 de enero 2014). Disponible en:

[http://www.ana.gob.pe/media/325077/3-%20factibilidad%20irrigacion %20liscay.pdf](http://www.ana.gob.pe/media/325077/3-%20factibilidad%20irrigacion%20liscay.pdf)

Dirección Regional de Agricultura Huánuco – DRA Huánuco. 2008. Plan estratégico regional agrario 2008 – 2021. (En línea) (Consultado el 08 de enero 2014). Disponible en: http://www.huanucoagrario.gob.pe/sites/default/files/archivos_adjuntos/PERA%202008-2021.pdf

FAO - Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2000. El riego en América Latina y el Caribe en cifras. (En línea) (Consultado el 03 de abril 2014). Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/agl/aglw/docs/wr20.pdf>

Fernández, A. 2012. Aguas residuales en el Perú, problemática y uso en la agricultura. (En línea) (Consultado el 03 de abril 2014). Disponible en: http://www.ais.unwater.org/ais/pluginfile.php/356/mod_page/content/119/Peru%20INFORME%20DE%20PAIS.pdf

Garay, O. 2009. Manual de uso consuntivo del agua para los principales cultivos de los Andes Centrales peruanos. (En línea) (Consultado el 03 de abril 2014). Disponible en: <http://www.met.igp.gob.pe/proyectos/incagro/datos/ManualConsuntivo.pdf>

Gil, J. 2005. Bofedal: humedal altoandino de importancia para el desarrollo de la Región Cusco. (En línea) (Consultado el 19 de febrero 2014). Disponible en: [http://www.portalcuenas.net/mensajes_semanales/archivos/humeda les_conservacion.pdf](http://www.portalcuenas.net/mensajes_semanales/archivos/humeda%20les%20conservacion.pdf)

González, C. 1997. Acuíferos: fuentes de agua para todos. (En línea) (Consultado el 19 de febrero 2014). Disponible en: <http://academic.uprm.edu/gonzalezc/HTMLobj-391/acuiferos.pdf>

Guhl, E. 2008. Hacia una gestión Integrada del agua en la Región Andina. (En línea) (Consultado el 19 de febrero 2014). Disponible en:

http://www.comunidadandina.org/desarrollo/documento_ernesto_Gu hl.pdf

Grupo Sheffield. 2006. Recursos hídricos. (En línea) (Consultado el 10 de enero 2014). Disponible en: http://www.worldmapper.org/spanish/102_water_resources_es.pdf

IMA - Instituto de Manejo de Agua y Medioambiente. 2010. Informe final de demanda hídrica actual y futura en la Región Cusco en el marco del programa de adaptación al cambio climático fase II y III -nivel Regional. (En línea) (Consultado el 25 de enero 2014). Disponible en: <http://paccperu.org.pe/estudiospacc/ER-003.pdf>

INADE - Instituto Nacional de Desarrollo. 2002. Plan de gestión de la oferta de agua en las cuencas del ámbito del proyecto Chira-Piura. (En línea) (Consultado el 20 de enero 2014). Disponible en: <http://www.ana.gob.pe:8088/media/11117/volumen%20ii%20tomo%2022%20balance%20hidrico%20chira-piura.pdf>.

INEI - Instituto Nacional de Estadística e Informática. 2000. Conociendo Huánuco. (En línea) (Consultado el 20 de enero 2014). Disponible en: http://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digita les/Lib0381/Libro.pdf

INEI. 2012. Resultados definitivos del IV Censo Nacional Agropecuario 2012. (En línea) (Consultado el 12 de enero 2014). Disponible en: <http://proyectos.inei.gob.pe/web/DocumentosPublicos/ResultadosFinalesIVCENAGRO.pdf>

INRENA - Instituto Nacional de Recursos Naturales. 1996. Estudio de reconocimiento del recurso hídrico por los diferentes sectores productivos en el Perú. (En línea) (Consultado el 07 de febrero 2014). Disponible en: <http://cid.ana.gob.pe/ana/sites/default/files/SECTORES%20PRODUCTIVOS.pdf>

- Jorge, C. 2000. Informe nacional sobre la gestión del agua en el Perú. (En línea) (Consultado el 08 de enero 2014). Disponible en: http://www.cap-net-esp.org/water_management_tool/document/40/Peru.pdf
- Laciette, J. y Zúñiga, P. 2012. Diagnóstico del agua en las Américas. (En línea) (Consultado el 08 de enero 2014). Disponible en: http://www.foroconsultivo.org.mx/libros_editados/agua_2012/peru.pdf
- Magallanes, C. 2013. Sector agrario: el recurso hídrico y su aprovechamiento eficiente. (En línea) (Consultado el 06 de enero 2014). Disponible en: [http://www2.congreso.gob.pe/Sicr/dgp/ciae.nsf/vf07web/38356311F83874AF05257C210051B18D/\\$FILE/INFINVES21.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/Sicr/dgp/ciae.nsf/vf07web/38356311F83874AF05257C210051B18D/$FILE/INFINVES21.pdf)
- Mendoza, Z.; Santayana, T.; Urrego, G. 2010. Recursos hídricos subterráneos en Perú. (En línea) (Consultado el 06 de enero 2014). Disponible en: <http://www.pnuma.org/agua-miaac/CODIA%20HIDROGEOLOGIA/MATERIAL%20ADICIONAL/PONENCIAS%20HIDROGEOLOGIA/PARTICIPANTES/Peru/Hidrogeologia%20en%20Peru.pdf>
- Milena, L. 2014. Aguas residuales. (En línea) (Consultado el 06 de enero 2014). Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos11/agres/agres.shtml>
- MINAM - Ministerio del Ambiente. 2009. Iniciativa Latinoamericana y Caribeña para el Desarrollo Sostenible: Indicadores de Seguimiento. (En línea) (Consultado el 06 de enero 2014). Disponible en: <http://cgsolution.com/grower/pdf/completo.pdf>
- Molina, J. 2009. Análisis integrado y estrategias de gestión de acuíferos en zonas semiáridas. (En línea) (Consultado el 06 de enero 2014). Disponible en: <http://0-hera.ugr.es.adrastea.ugr.es/tesisugr/18072306.pdf>
- Morey, S. 2010. Los humedales. (En línea) (Consultado el 06 de enero 2014). Disponible en: <http://www.unapiquitos.edu.pe/menus//ima/mariovargasllosa/Humedales2012a.pdf>

- Municipalidad Metropolitana de Lima. 2011. Reuso de aguas residuales tratadas para el riego de Áreas Verdes en Lima Metropolitana. (En línea) (Consultado el 25 de febrero 2014). Disponible en: <http://www.ciudad.org.pe/downloads/2/taller.elaboracion.estrategia18nov2011/ppts/riego.sostenible.pdf>
- ONERN - Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales. 1980. Inventario nacional de lagunas y represamientos. (En línea) (Consultado el 20 de marzo 2014). Disponible en: <http://cid.ana.gob.pe/ana/sites/default/files/inve6.pdf>
- Ordoñez, J. y Vera, H. 2010. Balance hídrico superficial del Perú a nivel multianual. (En línea) (Consultado el 15 de marzo 2014). Disponible en: http://www.senamhi.gob.pe/pdf/estudios/hidro_ArtiBHSMultianual.pdf
- Papadakis, J. 1980. El clima. Con especial referencia a los climas de América Latina, Península Ibérica, ex Colonias Ibéricas y sus potencialidades agropecuarias. Editorial Albatros, Buenos Aires, Argentina. 377 p.
- Rojas, F. 1998. Determinación de los requerimientos de riego de los cultivos del valle de Huánuco. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Hermilio Valdizán de Huánuco. Facultad de Agronomía. Huánuco. 164p.
- Rojas, F. 2010. Recursos hídricos – Perú 2010. (En línea) (Consultado el 15 de marzo 2014). Disponible en: <http://blogcdam.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2012/03/Recursos-Hidricos-Peru-2010.pdf>
- Salazar, J. 1981. Determinación de los requerimientos de agua para la irrigación “Zevallos - San Roque”. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Hermilio Valdizán de Huánuco. Facultad de Agronomía. Huánuco. 156 p
- Salazar, J. 2006. Oferta ambiental del recurso hídrico a través de la relación precipitación – escorrentía en la Cuenca Alta del Río Huallaga. Tesis para optar el Grado de Magister en Agroecología y Desarrollo Sostenible. Universidad Nacional Hermilio Valdizán de Huánuco. Escuela de Post Grado. 109 p.

- Salud capital. 2014. Agua envasada. (En línea) (Consultado el 15 de marzo 2014). Disponible en: <http://www.saludcapital.gov.co/sitios/VigilanciaSaludPublica/Protocolos%20de%20Vigilancia%20en%20Salud%20Publica/Agua%20Envasada.pdf>
- Shiklomanov, I. y Rodda, J. 2003. World water resources at the beginning of the Twenty First – Century. (En línea) (Consultado el 10 de marzo 2014). Disponible en: <http://catdir.loc.gov/catdir/samples/cam034/2002031201.pdf>
- Tribunal Latinoamericano del Agua. 2014. Situación Hídrica en América Latina. (En línea) (Consultado el 10 de marzo 2014). Disponible en: <http://tragua.com/situacion-hidrica-en-america-latina/>
- Torres – Muga, L. 2011. Geografía del Perú: aspectos físicos, humanos y económicos. (En línea) (Consultado el 10 de marzo 2014). Disponible en: <http://www.lilianatorresmuga.net/wp-content/uploads/geo1.pdf>
- UGRH - Unidad Glaciológica de Recursos Hídricos. 2009. Inventario de glaciares Cordillera Blanca. (En línea) (Consultado el 23 de marzo 2014). Disponible en: <http://onggem.files.wordpress.com/2012/02/ugrh-2010-inventario-de-glaciares-de-la-cordillera-blanca-br2.pdf>
- Valdez, C. y Vásquez, A. 2003. Ingeniería de los sistemas de tratamiento y disposición de aguas residuales. (En línea) (Consultado el 23 de marzo 2014). Disponible en: http://www.capac.org/web/Portals/0/biblioteca_virtual/doc_003/TEXTO%20COMPLETO.pdf
- Zapata, M. 2010. Cambio climático y retroceso de los glaciares en la zona andina. (En línea) (Consultado el 16 de marzo 2014). Disponible en: <http://ibcperu.org/doc/isis/9556.pdf>

Anexos

Anexo 01. Características de las Vertientes Hidrográficas.

Vertiente	Cuencas	Superficie		Población		Agua	
		km ²	%	millas	%	Hm ³	%
Pacífico	62	278 482, 4	21,7	18 400	70	37 363	1,8
Atlántico	84	959 822,5	74,5	6 852	26	1 998 752	97,7
Titicaca	13	48 910,6	3,8	1 047	4	10 172	0,5
TOTAL	159	1 285 215,6	100	26 329	100	2 046 287	100

Anexo 02. Lagunas de las vertientes hidrográficas y su capacidad en millones de metros cúbicos (MMC)

1. Subsistema Maraón				2. Subsistema Ucayali	
Origen: Cordillera de Raura en el Nevado Yerupajá (Ancash y Huánuco) Longitud: 1 414 km		Subsistema Huallaga Origen laguna Glaciar de Huasca - coccha (Pasco) Longitud: 1 138 km		Origen: Cordillera Chila en el Nevado Mismi (Arequipa) Longitud: 1 771 km	
Marg. Izquierda	Marg. Derecha	Marg. Izquierda	Marg. Derecha	Marg. Izquierda	Marg. Derecha
Tigre	Samiria	Pena	Chipurana	Pacaya	Tamshiacu
Pucacuro	Huallaga	Huaranapura	Biabo	Cushabatay	Tapiche
Corrientes	Cahuapanas	Mayo	Uchiza	Pisqui	Punga y Blanco
Untuyacu	Potro	Sisa		Aguaytia	Guamache
Pavayacu	Nieva	Saposoa		Pachitea	Maquía
Nucuray	Chirico	Huallabamba		Pozuzo - Palcazu	Abujao
Pastaza	Utcubamba	Abiseo		Perené	Tamaya
Morona		Tocache		Satipo	Shepahua
Santiago		Chontayacu		Mantaro	Ynuya
Cenepa		Huánuco		Apurimac	Parcautambo
Chinchipe		Magdalena		Pampas	Camisea
Chamaya		Monzón		Pachachaca	Mishahua
Llaucano		Yanahuanca		Vilcabamba	
Crinejas				Santo Tomás	
Pomabamba					
Paccha					
3. Subsistemas		Yurúa	Desemboca al río Amazonas en término brasileño		
		Purús	Desemboca al río Amazonas en término brasileño		
		Madre de Dios	Desemboca al río Amazonas en término brasileño		

Anexo 03. Disponibilidad hídrica de la vertiente del Titicaca

Vertiente	Cuencas	Disponibilidad Hídrica m³/ha
Titicaca	Suches	8,4
	Huancané	23,7
	Ramis	88,2
	Coata	39,3
	Illpa	7,5
	Ilave	40,1
	Maure	3,7
	Zapatilla	3,2
	Ccallaccame	7,8
TOTAL		221,8

Anexo 04. Glaciares por Cuenca hidrográfica del Amazonas

Región	Cuenca hidrográfica	Número de glaciares	Área (km²)	Espesor promedio	Volumen (Hm³)
Amazonía	Marañón	278	272,27	31,30	8 525,07
	Huallaga	29	12,49	21,90	273,34
	Mantaro	291	109,53	20,25	2 217,76
	Perené	119	36,48	17,16	626,20
	Pachitea	22	4,78	14,30	68,35
	Pampas	16	2,98	13,40	39,93
	Urubamba	443	338,41	28,00	9 491,80
	Apurímac	109	35,26	16,80	591,30
	Inambari	517	300,81	23,20	6 972,70
TOTAL		1824	1 113,01	20,70	28 806,45

Anexo 05. Sistemas montañosos con Altitudes superiores a 6000msnm en la
región Hidrográfica Amazonas

Región política	Coordillera o Nevado	Longitud (km)	Nombre del Nevado	Altitud (msnm)
EN UNA SOLA REGIÓN POLÍTICA				
Cusco	Vilcanota	80	Ausangate	6384
			Yanaloma	6111
			Colquecruz	6111
			Collpa Amanta	6110
			Chumpe	6106
			Alcamarinayoc	6102
			Jatunhuma	6094
			Jatunjampa	6093
			Huitayoc	6007
			Cayamgate	6001
	Yayamari	6000		
	Vilcabamba	100	Sarkantay	6271
			Pumasilo	6070
Lusunayoc			6000	
EN DOS REGIONES POLÍTICAS				
Ancash - Huánuco	Huayhuash	40	Yerupajá	6632
			Sula	6356
			Harapo	6143
			Jirishanca	6126
			Rasac	6040
Arequipa - Ayacucho	Ampato	150	Coropuna	6425
			Ampato	6310
			Solimana	6117
			Hualcahualca	6050
			Sabancaya	6040
			Sara Sara	6000

Anexo 06. Factor de corrección de ET_P

LATITUD SUR	MESES DEL AÑO											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
5	1,04	0,95	1,04	1,00	1,02	0,99	1,02	1,03	1,00	1,05	1,03	1,06
10	1,08	0,97	1,05	0,99	1,01	0,96	1,00	1,01	1,00	1,06	1,05	1,10
15	1,12	0,98	1,05	0,98	0,98	0,94	0,97	1,00	1,00	1,07	1,07	1,12
20	1,14	1,00	1,05	0,97	0,96	0,91	0,95	0,99	1,00	1,08	1,09	1,15
25	1,17	1,01	1,05	0,96	0,94	0,88	0,93	0,98	1,00	1,10	1,11	1,18
30	1,20	1,03	1,06	0,95	0,92	0,85	0,90	0,96	1,00	1,12	1,14	1,21
35	1,23	1,04	1,06	0,94	0,89	0,82	0,87	0,94	1,00	1,13	1,17	1,25
40	1,27	1,06	1,07	0,93	0,86	0,78	0,84	0,92	1,00	1,15	1,20	1,29
45	1,31	1,10	1,07	0,91	0,81	0,71	0,78	0,90	0,99	1,17	1,26	1,36
50	1,37	1,12	1,08	0,89	0,77	0,67	0,74	0,88	0,99	1,19	1,29	1,41

Anexo 07. Coeficientes de cultivo

CULTIVO	PORCENTAJE DE LA ESTACION DE CRECIMIENTO				
	Establecimiento Inicio	Desarrollo del Cultivo	Media Estación	Inicio Madurez	Madurez Fisiológica
Alfalfa	0,30-0,40	-	-	-	-
Avena - Trigo Primavera	0,30-0,40	0,70-0,80	1,00-1,15	0,60-0,70	0,20-0,25
Papa	0,40-0,50	0,70-0,10	1,00-1,20	0,95-1,00	0,65-0,75
Tabaco	0,30-0,40	0,70-0,90	1,00-1,20	0,90-1,00	0,75-0,85
Maíz	0,30-0,50	0,70-0,85	1,00-1,20	0,80-0,95	0,50-0,60
Fríjol Verde	0,30-0,40	0,65-0,75	0,95-1,05	0,90-0,95	0,85-0,95
Fríjol Grano, Numia	0,30-0,40	0,70-0,80	1,05-1,20	0,65-0,75	0,25-0,30
Vid	0,30-0,50	0,60-0,80	0,80-0,90	0,60-0,80	0,50-0,70
Frutales de hoja caduca	0,40-0,50	0,75-0,85	1,10-1,20	1,10-1,20	0,70-0,90
Cítricos y Paltos	0,60-0,70	0,60-0,70	0,80-0,90	0,80-0,90	0,60-0,70
Frutales con cubierta verde	-	-	-	-	-
Arveja Verde	0,40-0,50	0,70-0,85	1,05-1,20	1,00-1,15	0,95-1,05
Pimentón	0,30-0,40	0,60-0,75	0,95-1,10	0,95-1,10	0,80-0,90
Cebolla Guarda	0,40-0,50	0,60-0,80	0,95-1,15	0,80-1,00	0,70-0,80
Cebolla Verde	0,40-0,50	0,60-0,75	0,95-1,10	0,95-1,10	0,95-1,10
Tomate	0,30-0,40	0,60-0,80	1,10-1,25	0,80-1,00	0,60-0,80

Sandía	0,40-0,50	0,70-0,80	0,95-1,05	0,80-0,95	0,65-0,75
Melón y Zapallo	0,40-0,50	0,60-0,75	0,95-1,05	0,70-0,80	0,60-0,70
Hortalizas arraigamiento Superficial	0,30-0,40	0,60-0,75	0,90-1,10	0,90-1,10	0,80-0,90

FUENTE: INIA-LIMA

Anexo 08. Precipitación generada de la Microcuenca de Yarumayo

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL
1986	156.29	168.21	137.26	110.76	73.14	88.63	22.04	16.03	44.08	46.09	99.19	123.23	1,084.94
1987	154.29	97.18	132.25	153.09	99.43	23.47	17.88	17.92	32.06	67.13	71.13	23.04	888.88
1988	198.79	108.20	269.33	69.13	56.11	22.04	48.91	15.03	22.04	96.18	67.13	112.21	1,085.10
1989	98.18	166.31	143.27	185.12	56.11	12.02	13.02	12.02	45.08	87.16	85.16	109.80	1,013.26
1990	166.75	218.90	368.02	121.23	89.62	63.59	8.02	16.03	33.06	72.14	93.17	121.23	1,371.75
1991	133.25	108.20	221.41	159.26	56.11	22.04	28.95	15.03	66.12	94.18	67.13	112.21	1,083.88
1992	289.98	156.51	267.83	121.23	43.08	13.02	8.02	16.03	33.06	72.14	93.17	121.23	1,235.31
1993	189.80	204.38	208.39	145.27	40.08	14.03	34.62	12.02	62.12	66.12	33.06	125.23	1,135.13
1994	165.31	234.44	255.48	187.08	99.97	68.60	10.02	16.03	56.11	51.10	90.17	122.23	1,356.53
1995	180.34	220.41	316.36	81.15	88.59	15.03	8.02	15.03	23.44	61.11	89.17	129.24	1,227.89
1996	164.31	216.41	208.39	103.19	56.11	23.04	16.03	13.02	15.03	50.09	77.14	117.22	1,059.99
1997	199.96	188.35	290.12	157.30	37.07	29.90	19.04	23.04	22.04	62.12	94.18	125.23	1,248.34
1998	169.32	215.40	203.38	121.23	41.08	16.03	9.02	33.66	56.11	69.13	87.16	45.08	1,066.60
1999	170.32	211.40	207.39	151.28	79.56	53.31	9.02	14.03	26.75	53.10	97.18	58.11	1,131.44
2000	175.33	214.40	210.39	148.28	39.07	46.97	13.02	14.03	60.11	37.07	41.08	55.10	1,054.86
2001	165.31	234.44	255.48	120.23	45.08	32.81	10.02	16.03	56.11	51.10	90.17	98.18	1,174.95
2002	84.76	163.81	165.21	88.47	37.17	2.00	51.80	13.43	56.51	126.34	189.15	150.68	1,129.32
2003	140.56	120.83	221.11	90.77	43.58	18.03	3.31	43.68	43.08	36.57	113.51	244.36	1,119.40
2004	115.82	134.35	120.03	28.25	79.35	36.37	22.24	57.01	62.32	134.55	87.97	184.45	1,062.69
2005	101.59	165.11	161.20	53.10	5.21	3.51	10.82	10.42	16.33	132.75	91.27	155.39	906.70

Anexo 09. Precipitación efectiva de la Microcuenca de Yarumayo

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL
1986	77.21	83.09	67.80	54.71	36.13	43.78	10.89	7.92	21.78	22.77	49.00	60.87	535.93
1987	76.22	48.01	65.33	75.62	49.11	11.60	8.83	8.85	15.84	33.16	35.14	11.38	439.09
1988	98.20	53.45	133.04	34.15	27.71	10.89	24.16	7.42	10.89	47.51	33.16	55.43	536.01
1989	48.50	82.15	70.77	91.44	27.71	5.94	6.43	5.94	22.27	43.06	42.07	54.24	500.53
1990	82.37	108.13	181.79	59.88	44.27	31.41	3.96	7.92	16.33	35.63	46.03	59.88	677.62
1991	65.82	53.45	109.37	78.67	27.71	10.89	14.30	7.42	32.66	46.52	33.16	55.43	535.42
1992	143.25	77.31	132.30	59.88	21.28	6.43	3.96	7.92	16.33	35.63	46.03	59.88	610.22
1993	93.76	100.96	102.94	71.76	19.80	6.93	17.10	5.94	30.68	32.66	16.33	61.86	560.73
1994	81.66	115.81	126.20	92.41	49.38	33.89	4.95	7.92	27.71	25.24	44.54	60.38	670.09
1995	89.08	108.88	156.28	40.09	43.76	7.42	3.96	7.42	11.58	30.19	44.05	63.84	606.55
1996	81.16	106.90	102.94	50.98	27.71	11.38	7.92	6.43	7.42	24.75	38.11	57.90	523.61
1997	98.77	93.04	143.32	77.70	18.31	14.77	9.40	11.38	10.89	30.68	46.52	61.86	616.65
1998	83.64	106.41	100.47	59.88	20.29	7.92	4.45	16.63	27.71	34.15	43.06	22.27	526.88
1999	84.13	104.43	102.45	74.73	39.30	26.33	4.45	6.93	13.21	26.23	48.01	28.70	558.91
2000	86.61	105.91	103.93	73.25	19.30	23.20	6.43	6.93	29.69	18.31	20.29	27.22	521.08
2001	81.66	115.81	126.20	59.39	22.27	16.21	4.95	7.92	27.71	25.24	44.54	48.50	580.40
2002	41.87	80.92	81.61	43.70	18.36	0.99	25.59	6.63	27.91	62.41	93.44	74.43	557.86
2003	69.44	59.69	109.23	44.84	21.53	8.91	1.63	21.58	21.28	18.06	56.07	120.71	552.96
2004	57.21	66.37	59.29	13.96	39.20	17.97	10.99	28.16	30.78	66.47	43.45	91.11	524.95
2005	50.18	81.56	79.63	26.23	2.57	1.73	5.34	5.15	8.07	65.58	45.09	76.76	447.89

2006	96.06	55.73	88.49	41.72	7.42	13.02	0.00	2.33	21.68	63.10	54.93	82.35	526.83
2007	86.96	20.49	126.50	48.65	26.58	1.48	10.20	3.12	13.31	72.95	43.70	47.71	501.64
2008	79.98	92.70	56.32	73.79	12.17	7.62	2.47	5.94	47.26	40.43	34.89	85.27	538.85
2009	101.36	102.74	79.93	61.52	20.44	7.87	23.36	14.01	20.59	39.20	75.03	107.99	654.02
2010	37.51	98.14	100.52	32.47	9.90	1.39	6.78	0.89	23.76	53.00	53.20	61.81	479.37
2011	86.11	93.14	103.29	59.29	23.31	6.68	17.47	2.43	22.12	55.88	52.26	96.66	618.63
2012	108.63	125.36	61.32	86.91	16.48	12.47	3.32	7.08	7.47	55.08	70.33	132.83	687.28
2013	126.75	91.26	96.16	43.11	52.36	11.53	6.04	4.11	4.21	17.62	61.91	89.18	604.23
2014	82.95	87.96	103.10	58.31	26.87	12.72	9.88	8.98	20.97	41.35	47.10	68.29	568.48
2015	22.54	24.43	29.95	19.27	13.07	10.21	8.22	6.27	10.55	16.84	14.89	28.49	204.71
Promedio	80.65	84.81	100.02	56.94	26.14	12.79	8.91	8.25	20.09	39.32	45.88	65.11	548.91

Anexo 10. Lamina escurrida generada para la Microcuenca de Yarumayo

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL
1986	39.91	44.21	33.96	29.21	22.01	24.63	12.74	11.86	16.60	17.19	26.43	31.27	310.03
1987	39.03	30.58	32.99	36.72	26.68	13.08	12.01	12.19	14.47	20.92	21.46	13.50	273.62
1988	47.39	33.57	57.38	21.83	18.99	12.83	17.51	11.68	12.69	26.07	20.75	29.31	310.01
1989	29.54	43.50	35.00	42.40	18.99	11.05	11.15	11.14	16.78	24.47	23.95	28.89	296.85
1990	41.76	54.71	75.01	31.07	24.94	20.19	10.26	11.86	14.65	21.81	25.37	30.91	362.52
1991	35.77	33.57	48.88	37.81	18.99	12.83	13.97	11.68	20.51	25.72	20.75	29.31	309.78
1992	63.61	42.93	57.18	31.07	16.68	11.23	10.26	11.86	14.65	21.81	25.37	30.91	337.55
1993	45.87	50.89	46.60	35.33	16.15	11.40	14.98	11.14	19.80	20.74	14.71	31.62	319.23

1994	41.51	57.39	55.05	42.74	26.77	21.08	10.61	11.86	18.73	18.08	24.83	31.09	359.74
1995	44.21	54.22	65.79	23.96	24.75	11.58	10.26	11.68	12.94	19.85	24.66	32.33	336.23
1996	41.30	52.63	46.57	27.87	18.99	13.00	11.68	11.32	11.45	17.90	22.52	30.20	305.44
1997	47.67	48.64	61.14	37.46	15.62	14.22	12.21	13.10	12.69	20.03	25.54	31.62	339.95
1998	41.81	52.49	45.68	31.07	16.33	11.76	10.44	14.98	18.73	21.27	24.30	17.41	306.27
1999	42.06	52.12	46.42	36.40	23.15	18.37	10.44	11.50	13.53	18.43	26.08	19.72	318.20
2000	42.93	52.25	46.92	35.86	15.97	17.25	11.15	11.50	19.44	15.59	16.13	19.19	304.17
2001	41.38	56.43	54.97	30.89	17.04	14.74	10.61	11.86	18.73	18.08	24.83	26.83	326.38
2002	27.37	43.67	38.94	25.26	15.64	9.27	18.02	11.39	18.80	31.42	42.39	36.14	318.30
2003	37.76	35.99	48.85	25.66	16.77	12.11	9.42	16.76	16.42	15.50	28.97	52.75	316.98
2004	33.06	38.09	30.90	14.58	23.12	15.37	12.78	19.12	19.83	32.88	24.44	42.12	306.29
2005	30.38	42.72	38.13	18.98	9.97	9.54	10.76	10.86	11.68	32.56	25.03	36.97	277.58
2006	46.91	34.29	41.38	24.54	11.71	13.59	8.84	9.85	16.56	31.67	28.57	38.98	306.89
2007	43.27	21.37	55.00	27.03	18.58	9.45	12.50	10.13	13.56	35.20	24.53	26.54	297.19
2008	41.17	47.69	29.84	36.06	13.41	11.65	9.72	11.14	25.75	23.53	21.37	40.03	311.38
2009	49.09	52.53	38.42	31.65	16.38	11.74	17.22	14.04	16.17	23.09	35.78	48.18	354.29
2010	25.68	49.01	45.66	21.22	12.60	9.41	11.27	9.33	17.31	28.04	27.94	31.61	289.08
2011	43.49	48.70	46.77	30.85	17.41	11.32	15.11	9.88	16.72	29.07	27.61	44.11	341.06
2012	51.96	61.00	31.77	40.77	14.96	13.39	10.03	11.55	11.46	28.79	34.09	57.10	366.88
2013	58.00	47.87	44.20	25.04	27.84	13.06	11.00	10.49	10.29	15.34	31.07	41.43	335.64
Promedio	41.45	44.85	47.12	30.64	18.65	13.83	12.06	12.27	16.46	23.07	24.95	31.49	316.87

Anexo 11. Caudales generados para la Microcuenca de Yarumayo

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL
1986	6.21	7.61	5.28	4.69	3.42	3.96	1.98	1.84	2.67	2.67	4.25	4.86	49.46
1987	6.07	5.27	5.13	5.90	4.15	2.10	1.87	1.90	2.33	3.25	3.45	2.10	43.51
1988	7.37	5.78	8.93	3.51	2.95	2.06	2.72	1.82	2.04	4.06	3.33	4.56	49.13
1989	4.59	7.49	5.44	6.81	2.95	1.78	1.73	1.73	2.70	3.81	3.85	4.49	47.38
1990	6.50	9.42	11.67	4.99	3.88	3.25	1.60	1.84	2.35	3.39	4.08	4.81	57.77
1991	5.56	5.78	7.60	6.08	2.95	2.06	2.17	1.82	3.30	4.00	3.33	4.56	49.22
1992	9.89	7.39	8.89	4.99	2.59	1.80	1.60	1.84	2.35	3.39	4.08	4.81	53.64
1993	7.13	8.76	7.25	5.68	2.51	1.83	2.33	1.73	3.18	3.23	2.36	4.92	50.92
1994	6.46	9.88	8.56	6.87	4.16	3.39	1.65	1.84	3.01	2.81	3.99	4.84	57.47
1995	6.88	9.34	10.23	3.85	3.85	1.86	1.60	1.82	2.08	3.09	3.96	5.03	53.58
1996	6.42	9.06	7.24	4.48	2.95	2.09	1.82	1.76	1.84	2.78	3.62	4.70	48.77
1997	7.41	8.38	9.51	6.02	2.43	2.29	1.90	2.04	2.04	3.12	4.11	4.92	54.15
1998	6.50	9.04	7.10	4.99	2.54	1.89	1.62	2.33	3.01	3.31	3.91	2.71	48.96
1999	6.54	8.97	7.22	5.85	3.60	2.95	1.62	1.79	2.17	2.87	4.19	3.07	50.85
2000	6.68	9.00	7.30	5.76	2.48	2.77	1.73	1.79	3.12	2.42	2.59	2.98	48.64

2001	6.44	9.72	8.55	4.96	2.65	2.37	1.65	1.84	3.01	2.81	3.99	4.17	52.17
2002	4.26	7.52	6.06	4.06	2.43	1.49	2.80	1.77	3.02	4.89	6.81	5.62	50.73
2003	5.87	6.20	7.60	4.12	2.61	1.95	1.47	2.61	2.64	2.41	4.66	8.20	50.33
2004	5.14	6.56	4.81	2.34	3.60	2.47	1.99	2.97	3.19	5.11	3.93	6.55	48.66
2005	4.73	7.36	5.93	3.05	1.55	1.53	1.67	1.69	1.88	5.06	4.02	5.75	44.22
2006	7.30	5.90	6.44	3.94	1.82	2.18	1.37	1.53	2.66	4.93	4.59	6.06	48.74
2007	6.73	3.68	8.55	4.34	2.89	1.52	1.94	1.58	2.18	5.48	3.94	4.13	46.97
2008	6.40	8.21	4.64	5.80	2.09	1.87	1.51	1.73	4.14	3.66	3.43	6.23	49.72
2009	7.63	9.04	5.98	5.09	2.55	1.89	2.68	2.18	2.60	3.59	5.75	7.49	56.47
2010	3.99	8.44	7.10	3.41	1.96	1.51	1.75	1.45	2.78	4.36	4.49	4.92	46.17
2011	6.76	8.39	7.28	4.96	2.71	1.82	2.35	1.54	2.69	4.52	4.44	6.86	54.31
2012	8.08	10.50	4.94	6.55	2.33	2.15	1.56	1.80	1.84	4.48	5.48	8.88	58.60
2013	9.02	8.24	6.88	4.02	4.33	2.10	1.71	1.63	1.65	2.39	4.99	6.44	53.41
Promedio	6.521	7.891	7.218	4.898	2.891	2.176	1.872	1.865	2.588	3.639	4.130	5.167	50.855