

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

“DISPONIBILIDAD HÍDRICA POR INTERCONECTIVIDAD DE LAS LAGUNAS.
CASO: ALTO PERÚ-TUMBADEN-SAN PABLO-CAJAMARCA”

Línea de investigación: Condiciones oceanográficas y su impacto en los recursos hídricos

Tesis para para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental

AUTOR

Guevara Ventura Wilter

ASESOR

Arguedas Madrid Cesar Jorge

JURADO

Lescano Sandoval Jorge

Mendoza Garcia Jose Tomas

Fernando Antonio Sernaque Auccahuasi

LIMA - PERÚ

2020

Dedicatoria

A la Madre Tierra por la vida, alimento y salud.

Asimismo, a mis padres y hermanos quienes me apoyaron todo el tiempo, por transmitirme su alegría, amor, tranquilidad para seguir adelante; por sus palabras de aliento, confianza y tolerancia.

Agradecimiento

A mi Familia, Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo, en especial de la Escuela de Ingeniería Ambiental, de mis maestros y amigos.

A mi asesor Dr. ARGUEDAS MADRID CESAR JORGE por apoyarme y haber sido guía en esta investigación asimismo al Doctor Jorge Lezcano Sandoval, por haber sido el causante de apasionarme en la ciencia.

A mi amigo Segundo Wilfredo, Puelles Ramírez, por su apoyo desinteresado en las labores de campo y asesoramiento en la elaboración de los mapas las cuales han servido para el desarrollo de esta investigación.

Índice

Índice.....	4
Índice de tablas	7
Índice de figuras.....	10
Resumen.....	13
Abstract.....	14
I. Introducción.....	15
1.1 Descripción y formulación del problema.....	16
1.1.1 Área Problemática.....	16
1.1.2 Planteamiento Del Problema.....	16
1.1.3 Formulación del problema	16
1.2 Antecedentes	17
1.2.1 Antecedentes internacionales.....	17
1.2.2 Antecedentes nacionales	18
1.3 Objetivos	20
1.3.1 Objetivo general.....	20
1.3.2 Objetivos específicos	20
1.4 Justificación.....	20
1.4.1 Importancia	20
1.5 Hipótesis.....	21
1.5.1 Hipótesis general.....	21
1.5.2 Hipótesis específicas	21
II. Marco teórico.....	22
2.1 Bases teóricas sobre el tema de investigación.....	22

2.1.1	Balance hídrico superficial	22
2.1.2	Componentes del balance hídrico	22
2.1.3	Escorrentía	25
2.1.4	Interconectividad superficial de Lagunas	25
III.	Método	26
3.1	Tipo de investigación	26
3.1.1	Método inductivo	26
3.1.2	Método Estadístico.....	26
3.1.3	Método cartográfico.....	26
3.1.4	Método hidrológico.....	27
3.2	Ámbito temporal y espacial.....	27
3.2.1	Ámbito temporal	27
3.2.2	Ámbito espacial	27
3.3	Variables.....	61
3.4	Población y muestra	62
3.4.1	Población	62
3.4.2	Muestra	63
3.5	Instrumentos	63
3.5.1	Información básica.....	63
3.5.2	Información hidrometeorológica	64
3.6	Procedimiento.....	66
3.6.1	Cálculo de aforos	66
3.6.2	Interconectividad superficial.....	67
3.6.3	Interconectividad sub superficial	67
3.6.4	Interconectividad subterránea	67

3.7	Análisis de datos.....	67
3.7.1	Revisión bibliográfica.....	67
3.7.2	Recolección de datos.....	67
IV.	Resultados.....	69
4.1	Hidrografía.....	69
4.1.1	Análisis pluviométrico.....	69
4.1.2	Análisis hidrométrico.....	92
V.	Discusión de resultados.....	102
5.1	Evaporación de la microcuenca Quebrada Honda.....	102
5.1.1	Evapotranspiración en la microcuenca Quebrada Honda.....	102
5.2	Interconectividad de lagunas.....	112
5.2.1	Interconectividad superficial.....	112
5.3	Interconectividad subterránea.....	112
5.3.1	Análisis fisicoquímico del agua de las lagunas.....	112
VI.	Conclusiones.....	119
VII.	Recomendaciones.....	121
VIII.	Referencias.....	122
IX.	Anexos.....	126

Índice de tablas

Tabla 1 Longitud y Latitud	28
Tabla 2 Límites	29
Tabla 3 Resumen de geología, áreas y espesor	33
Tabla 4 Temperatura generada.....	43
Tabla 5 Cálculo de las temperaturas medias, microcuenca Quebrada Honda	44
Tabla 6 Resumen de la temperatura (°C)	45
Tabla 7 Temperatura media registrada en campo, microcuenca Quebrada Honda	45
Tabla 8 Temperatura medias generadas en la microcuenca Quebrada Honda	45
Tabla 9 Precipitaciones promedio.....	46
Tabla 10 Precipitaciones al 75% de seguridad generadas en la micro Quebrada Honda	46
Tabla 11 Precipitaciones 75% de seguridad generadas en la micro Quebrada Honda	46
Tabla 12 Resumen evaporación de agua en superficies de agua y rocas	46
Tabla 13 Generaciones de la evaporación.....	47
Tabla 14 Humedad relativa registradas en campo, microcuenca Quebrada honda	47
Tabla 15 Resumen áreas de suelos.....	48
Tabla 16 Resumen asociación, consolidación, origen de suelos.....	48
Tabla 17 Mapa: suelos	49
Tabla 18 Área y cotas para elaborar curva hipsométrica	50
Tabla 19 Curva de frecuencia de altitudes	51
Tabla 20 Índice de compacidad	54
Tabla 21 Altitudes.....	56
Tabla 22 Rectángulo equivalente	57
Tabla 23 Índice de pendiente	60
Tabla 24 Mapa: geomorfología.....	61

Tabla 25 Variables	61
Tabla 26 Información hidrometeorológica	65
Tabla 27 Medida de caudales y la disponibilidad hídrica en el canal los patos.....	68
Tabla 28 Precipitación medias mensual.....	70
Tabla 29 Resumen de la precipitación	83
Tabla 30 Precipitaciones al 75% de seguridad generadas en la micro quebrada Honda	84
Tabla 31 Cálculo de las precipitaciones al 75% - microcuenca quebrada Honda	91
Tabla 32 Resumen precipitaciones al 75% de seguridad.....	91
Tabla 33 Resumen precipitaciones medias anuales estaciones seleccionadas.....	91
Tabla 34 Caudal y volumen medio mensual generados en microcuenca Quebrada Honda (método Heras).....	95
Tabla 35 Volumen y caudal medio mensual generados Quebrada Honda (método Heras) ...	95
Tabla 36 Cálculos para determinar volúmenes al 75 % de certeza Quebrada Honda (método Heras).....	97
Tabla 37 Volumen y caudales al 75% generados en microcuenca Quebrada Honda (método Heras).....	97
Tabla 38 Aforos microcuenca Quebrada Honda (método del Flotador).....	98
Tabla 39 Aforos microcuenca Quebrada Honda (método del Flotador).....	99
Tabla 40 Aforos microcuenca Quebrada Honda (método del Flotador).....	100
Tabla 41 Aforos micro cuenca (método del Flotador).....	100
Tabla 42 Aforos microcuenca quebrada Honda (método del Flotador).....	100
Tabla 43 Aforos microcuenca quebrada Honda (método del Flotador).....	101
Tabla 44 Valores de factor dependiente de latitud.....	103
Tabla 45 Valores de temperatura media mensual en °F.....	103
Tabla 46 Factor de corrección por la humedad relativa.....	104

Tabla 47 Valores de corrección por altitud (CE)	104
Tabla 48 Evapotranspiración potencial microcuenca Quebrada Honda	105
Tabla 49 Evapotranspiración real o actual	105
Tabla 50 Cédula de cultivo y cálculo de la demanda de agua en la situación actual.....	107
Tabla 51 Volumen hídrico caído producto de la precipitación media mensual (m ³).....	108
Tabla 52 Resumen de volúmenes.....	108
Tabla 53 Demanda de agua canal tres puentes	109
Tabla 54 Demanda de agua total sin proyecto (Hm ³) microcuenca Quebrada Honda	109
Tabla 55 Balance hídrico en la situación actual microcuenca Quebrada Honda	110
Tabla 56 Metales pesados en la laguna Elvión	115
Tabla 57 Metales pesados en la laguna Negra	116
Tabla 58 Resultados de metales pesados de las lagunas Negra y Elvión	117

Índice de figuras

Figura 1 Situación de la microcuenca Quebrada Honda.....	28
Figura 2 Microcuenca Quebrada Honda.....	29
Figura 3 Vías de acceso a la microcuenca Quebrada Honda.....	30
Figura 4 Geología de la microcuenca quebrada Honda.....	34
Figura 5 Climático la Microcuenca Quebrada Honda	35
Figura 6 Gráfico: altura vs temperatura, enero	37
Figura 7 Gráfico: altura vs temperatura, febrero	37
Figura 8 Gráfico: altura vs temperatura, marzo	38
Figura 9 Gráfico: altura vs temperatura, abril.....	38
Figura 10 Gráfico: altura vs temperatura, mayo	39
Figura 11 Gráfico: altura vs temperatura, junio.....	39
Figura 12 Gráfico: altura vs temperatura, julio.....	40
Figura 13 Gráfico: altura vs temperatura, agosto	40
Figura 14 Gráfico: altura vs temperatura, setiembre	41
Figura 15 Gráfico: altura vs temperatura, octubre	41
Figura 16 Gráfico: altura vs temperatura, noviembre.....	42
Figura 17 Gráfico: altura vs temperatura, diciembre.....	42
Figura 18 Curva hipsométrica.....	50
Figura 19 Histograma de altitudes	51
Figura 20 Rectángulo equivalente	58
Figura 21 Precipitación media anual, estación Augusto Weberbauer, 1984-2016.....	71
Figura 22 Precipitación media anual, estación Bambamarca, 1984-2016.....	72
Figura 23 Precipitación media anual, estación Cajabamba, 1984-2016.....	72
Figura 24 Precipitación media anual, estación Chilete, 1984-2016	73

Figura 25 Precipitación media anual, estación Llapa, 1984-016.....	73
Figura 26 Precipitación media anual, estación Namora, 1984-2016	74
Figura 27 Precipitación media anual, estación Quilcate, 1984-2016	74
Figura 28 Precipitación media anual, estación San Marcos, 1984-2016	75
Figura 29 Precipitación media anual, estación San Pablo, 1984-2016.....	75
Figura 30 Precipitación media anual, estación Matara, 1984-2016.....	76
Figura 31 Gráfico: precipitación vs. altura, enero	77
Figura 32 Gráfico: precipitación vs. altura, febrero.....	77
Figura 33 Gráfico: precipitación vs. altura, marzo	78
Figura 34 Gráfico, precipitación vs. altura, abril.....	78
Figura 35 Gráfico, precipitación vs. altura, mayo	79
Figura 36 Gráfico: precipitación vs. altura, junio.....	79
Figura 37 Gráfico: precipitación vs. altura, julio.....	80
Figura 38 Gráfico: precipitación vs. altura, agosto.....	80
Figura 39 Gráfico: precipitación vs. altura, setiembre.....	81
Figura 40 Gráfico: precipitación vs. altura, octubre	81
Figura 41 Gráfico: precipitación vs. altura, noviembre	82
Figura 42 Gráfico: precipitación vs. altura, diciembre	82
Figura 43 Cálculo de las precipitaciones medias mensuales generado	83
Figura 44 Gráfico: precipitación vs. altura al 75%, enero.....	85
Figura 45 Gráfico: precipitación vs. altura al 75%, febrero	85
Figura 46 Gráfico: precipitación vs. altura al 75%, marzo.....	86
Figura 47 Gráfico: precipitación vs. altura al 75%, abril.....	86
Figura 48 Gráfico: precipitación vs. altura al 75%, mayo	87
Figura 49 Gráfico: precipitación vs. altura al 75%, junio.....	87

Figura 50 Gráfico: precipitación vs. altura al 75%, julio.....	88
Figura 51 Gráfico: precipitación vs. altura al 75%, agosto	88
Figura 52 Gráfico: precipitación vs. altura al 75%, setiembre	89
Figura 53 Gráfico: precipitación vs. altura al 75%, octubre.....	89
Figura 54 Gráfico: precipitación vs. altura al 75%, noviembre.....	90
Figura 55 Gráfico: precipitación vs. altura al 75%, diciembre.....	90
Figura 56 Gradiente pluviométrica: precipitación vs. altura, promedio 10 estaciones.....	92
Figura 57 Volumen total de aporte hídrico	96
Figura 58 Volumen total al 75% de seguridad generados microcuenca Quebrada Honda.....	98
Figura 59 Aforo en cauce de Quebrada Honda.....	99
Figura 60 Aforo en cauce de Quebrada Elvión.....	99
Figura 61 Instrumentos de medición	100
Figura 62 Balance hídrico en la situación actual, microcuenca Quebrada Honda	111
Figura 63 Ensayo acreditado.....	113
Figura 64 Ensayo acreditado.....	114
Figura 65 Toma de muestras de la laguna Elvión.....	114
Figura 66 Toma de muestras de la laguna Negra.....	115
Figura 67 Histograma: metales pesados en la laguna Elvión	116
Figura 68 Histograma: metales pesados en la laguna Negra	117
Figura 69 Histograma: parámetros de comparación de lagunas	118

Resumen

La Microcuenca Quebrada Honda, se ubica políticamente en el noroeste del país, en el departamento de Cajamarca, provincia de San Pablo, distrito de Tumbadén, En la microcuenca, se extiende entre los caseríos Quebrada Honda, teniendo una población de 124 habitantes, con una altitud media 3850.11 msnm, con una fisiografía escarpada y partes abruptas, se localiza en el flanco occidental de la cordillera de los andes, geológicamente está constituida por sedimentos de depósitos fluviales recientes. La presente investigación, denominada, *Disponibilidad hídrica por interconectividad de lagunas. Caso: alto Perú - Tumbaden - San Pablo - Cajamarca*, tuvo como objetivo general, determinar la disponibilidad hídrica por interconectividad de lagunas en la microcuenca Quebrada Honda, caserío Alto Perú - Tumbadén - San Pablo – Cajamarca. La investigación fue de tipo inductivo, mediante la observación, estudio y conocimiento de las características genéricas; además del método estadístico, cartográfico e hidrológico. Como conclusión, se tiene, que, la interconectividad superficial, entre las lagunas Elvión y Negra, es por canales naturales que existen por la erosión fluvial a través del tiempo, así mismo, por la similitud que demuestran los análisis físico, químico y bacteriológico, determinando la presencia de Ca, Fe, K, Mn, Na, S, Si, SO_4^- , HCO_3^- , en cantidades proporcionales en ambas lagunas, su aporte a la disponibilidad hídrica de la laguna Elvión a la microcuenca Quebrada Honda es de 32.8 L/s, llegando un caudal a la toma del canal Tres Puentes de 163.2 L/s, siendo un caudal mayor a la resolución que entrega la Autoridad Local del Agua (ALA) del Alto Jequetepeque a los usuarios.

Palabras Claves: disponibilidad hídrica, interconectividad de lagunas, microcuenca, precipitación, oferta hídrica, demanda hídrica.

Abstract

The Quebrada Honda Micro-basin is politically located in the northwest of the country, in the department of Cajamarca, San Pablo province, Tumbadén district, In the micro-basin, it extends between the Quebrada Honda hamlets, having a population of 124 inhabitants, with a mean altitude 3850.11 meters above sea level, with a rugged physiography and steep parts, it is located on the western flank of the Andes Mountain range, geologically it is made up of sediments from recent fluvial deposits. The present investigation, denominated, *Water availability by interconnectivity of lagoons. Case: Alto Perú - Tumbaden - San Pablo - Cajamarca*, its general objective was to determine the water availability due to interconnectivity of lagoons in the Quebrada Honda micro-basin, Alto Perú - Tumbadén - San Pablo - Cajamarca village. The research was inductive, through observation, study and knowledge of the generic characteristics; in addition to the statistical, cartographic and hydrological method. As a conclusion, it is had, that, the surface interconnectivity, between the Elvión and Negra lagoons, is through natural channels that exist due to river erosion over time, likewise, due to the similarity shown by the physical, chemical and bacteriological analyzes, determining the presence of Ca, Fe, K, Mn, Na, S, Si, $\text{SO}_4^{=}$, HCO_3^- , in proportional quantities in both lagoons, its contribution to the water availability of the Elvión lagoon to the Quebrada Honda micro-basin is 32.8 L/s, reaching a flow to the Tres Puentes channel intake of 163.2 L/s, being a flow greater than the resolution delivered by the Alto Jequetepeque Local Water Authority (ALA, in Spanish) to users.

Key Words: water availability, Interconnectivity of Lagoons, Micro-basin, Precipitation, water supply, water demand.

I. Introducción

La interconectividad superficial de lagunas se da por canales naturales, que se ha dado por cientos y miles de años, así mismo, sumando los colchones acuíferos que están conformados por el icho, juega un papel importante en almacenar agua en tiempos de avenida y expulsar lentamente en tiempos de estiaje, para averiguar si refleja una interconectividad subterránea se realizó un análisis físico-químico y bacteriológico de agua de las lagunas, así mismo, un estudio del tipo de rocas presentes.

El equilibrio entre todos los recursos hídricos que ingresan al sistema y los que salen del mismo, en un intervalo de tiempo determinado, el balance hídrico que se ha formulado en la microcuenca Quebrada Honda ha consistido en determinar el agua de escurrimiento superficial, luego de haber determinado la cantidad de agua retenida, por infiltración en los bofedales, por almacenamiento en las lagunas, por uso consuntivo de la cobertura vegetal, en la estructura rocosa del suelo, para beneficiar aguas abajo en el uso agrícola, ganadero y poblacional.

En las zonas alto andinas distribuidas en la cima de la cordillera, los suelos son de textura ligera a mediana, generalmente de naturaleza ácida, alto contenido de materia orgánica, no siempre tienen alto contenido de nitrógeno. Esta característica se debe a las bajas temperaturas, que producen disminución de las actividades microbiológicas y hacen que la materia orgánica no se descomponga adecuadamente, generando acumulación, con un incremento de la relación C/N. La riqueza de fósforo y potasio es variada y la reacción es ácida, con niveles variados de aluminio pero que sólo constituye limitante cuando los suelos tienen poca materia orgánica (Sánchez I.). La microcuenca Quebrada Honda es de gran utilidad para la población de los caseríos (Alto Perú, Inyatambo), sobretodo en uso pecuario, agrícola y poblacional, se tiene que sensibilizar que estas importantes lagunas que vierten sus agua a la microcuenca no sean destruidas, contaminadas por la minería ya que están

concesionado al 100% y con estudio de exploración, por lo tanto, es responsabilidad de las generaciones actuales brindar agua de calidad y cantidad, paisaje, aire sin contaminación, un suelo orgánico y productivo a nuestras generaciones venideras.

1.1 Descripción y formulación del problema

1.1.1 Área Problemática

El lugar de estudio se encuentra en la zona de influencia de las 284 Lagunas de Alto Perú –distrito de Tumbadén, provincia de San Pablo departamento de Cajamarca.

1.1.2 Planteamiento Del Problema

Actualmente, en nuestro país existe escasa información hidrológica de nuestras cuencas en especial de las microcuencas, es importante mencionar que se usa el agua sin un uso racional en el sector poblacional, agrícola, industrial y ganadera.

La microcuenca Quebrada Honda abastece de agua a la población rural para su uso agrícola, pecuario, sin ningún uso adecuado y eficiente, de la cual no se tienen datos y estudios que permitan conocer la disponibilidad hídrica.

El uso excesivo, impactos que se generan en el área de influencia son principalmente, expansión agrícola, minería ilegal, informal y gran minería, ganadería, quema de icho, son factores que inciden en la pérdida de la interconectividad superficial de las lagunas, mermando la cantidad, calidad de agua para la disponibilidad hídrica y de los atributos que mantienen el equilibrio ecológico del ecosistema. Por lo tanto, es necesario realizar estudios que nos permitan comprender la situación actual en la zona.

1.1.3 Formulación del problema

Problema general

¿De qué manera la interconectividad de lagunas nos permitirá asegurar la disponibilidad hídrica para la población aguas abajo de la microcuenca Quebrada Honda en Alto Perú -Tumbadén-San Pablo-Cajamarca?

Problemas secundarios

- ¿Cuál es la disponibilidad hídrica de la microcuenca Quebrada Honda?
- ¿De qué modo influirá la capacidad de almacenamiento de las lagunas (Elvión, Laguna Negra) en la disponibilidad hídrica al canal los Patos?
- ¿Cuál es la disponibilidad hídrica para las actividades agrícolas, ganaderas y uso poblacional?

1.2 Antecedentes

Se ha encontrado estudios en el ámbito nacional e internacional sobre disponibilidad hídrica. La microcuenca Quebrada Honda está a una hora con cuarenta y cinco minutos de la ciudad de Cajamarca, está unida con la población de Alto Perú, Quebrada Honda, tiene una problemática que radica en la escases de fuente de trabajo cuya alternativa está en la ocupación agrícola, ganadera y mejorar el área de riego existente. Al respecto, los estudios relacionados al objetivo son:

1.2.1 Antecedentes internacionales

Rojas (2016) presenta la tesis, *Caracterización de la demanda hídrica de la microcuenca rio de Oro*, localizada en el municipio de Rio de Oro, Cesar, para optar el título de Ingeniera Ambiental.

Meza (2014) presenta la tesis, *Determinación de la oferta y demanda hídrica de la microcuenca el Silencio localizada en el Corregimiento de Otare del municipio de Ocaña en apoyo para su reglamentación*, para optar el título de Ingeniera Ambiental.

Guevara (2015), presenta la tesis, *Propuesta para determinar la oferta hídrica neta de una cuenca contemplando escenarios extremos: caso de estudio microcuenca del río Upín*, para optar el título de Ingeniera Ambiental.

Lopez y Quintero (2014), presentan la tesis, *Oferta y demanda hídrica de la microcuenca Juan Sánchez del municipio de Ocaña, Norte de Santander*, para optar el título de Ingeniera Ambiental.

Sandoval (2011), presenta la tesis, *Balance hídrico para riego en la microcuenca del rio Blanco, Cayambe-Ecuador-2009*, para optar el título de Ingeniera Agropecuaria.

Calispa (2010), presenta la tesis, *Modelación hidrológica de glaciares y páramos en relación con la oferta de agua de Quito. Pruebas de simulación en las cuencas del sistema mica del Volcán Antisana*, para optar el título de Ingeniera Ambiental.

Valencia (2014), presenta la tesis, *Análisis de la disponibilidad de los recursos hídricos en la microcuenca del rio blanco (Nevado Cayambe)*, utilizando el modelo oferta – demanda en Arcgis, para optar el título de Ingeniera Ambiental.

Pañar (2016), presenta la tesis, *Análisis de la disponibilidad y demanda de agua, con fines de riego, en el sistema Campana-Malacatos*, utilizando los sistemas de información geográfica (SIG), para optar el título de Ingeniera agrícola.

Estos trabajos nos permiten obtener información dentro de los objetivos de investigación, pero la problemática de la evolución de la disponibilidad hídrica, a través de la interconectividad de la microcuenca deberá determinarse para conocer el déficit y excedentes que nos permitan plantear y realizar un eficiente uso de agua.

1.2.2 Antecedentes nacionales

Vásquez (2003), presenta la tesis, *Balance Hídrico del Valle del Rio Lurín*, Determinar el balance hídrico en la relación demanda –disponibilidad de agua en el valle del río Lurín, para optar el título de ingeniero geógrafo.

Quiñones (2008), presenta tesis, *Estudio hidrológico de la cuenca del río Acari para fines de riego*, Calcular la disponibilidad hídrica de la cuenca del río Acari, para fines de

riego, estimar la demanda para riego, estimar el balance demanda –disponibilidad para diferentes tipos de riego.

Manchego y Rodger (2007), presentan la tesis, *Balance hídrico superficial de la cuenca del río Pisco*, Determinar el balance hídrico para contribuir al mejor aprovechamiento del recurso hídrica en la cuenca del río Pisco.

Quintanilla (2011), presenta la tesis, *Balance hídrico y aplicaciones en la margen derecha de la sub cuenca del río Tingo-Maygasbamba*, Calcular la demanda de la sub cuenca Tingo-Maygasbamba, para que en función a su oferta hídrica se pueda identificar si esta, es suficiente y cubre las necesidades básicas y de desarrollo económico de la población que habita dentro de ella.

Quintana (2004), presenta la tesis, *Evaluación hidrológica de la subcuenca del río Blanco*, que tiene como objetivo general, conocer la disponibilidad hídrica de la subcuenca del río Blanco.

Chacón (2006), presenta la tesis, *Balance hídrica de la cuenca del río Chillón*, conocer el balance hídrico de la cuenca del río Chillón a nivel anual y mensual y establecer su relación disponibilidad-demanda.

Ministerio del Ambiente (MINAM, 2011), en la investigación, *Disponibilidad hídrica actual y futura en la subcuenca del río Shullcas*, determinar la disponibilidad hídrica superficial en la subcuenca hidroglaciar del río Shullcas, y su relación con el cambio climático.

Hernandez (2013), presenta la tesis, *Metodología para evaluar la disponibilidad de agua y sus costos bajo los escenarios de cambio climático*. Estimar la demanda futura de agua para escenarios de cambio climático. Estos trabajos nos permiten obtener información dentro de los objetivos de investigación, pero la problemática de la evolución de la disponibilidad hídrica a través de la interconectividad de la microcuenca deberá determinarse

para conocer el déficit y excedentes que nos permitan plantear y realizar un eficiente uso de agua.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Determinar la disponibilidad hídrica por interconectividad de lagunas en la microcuenca Quebrada Honda caserío Alto Perú -Tumbadén-San Pablo-Cajamarca.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar la capacidad de almacenamiento e interconectividad en las lagunas Elvión, Negra y su aporte a la disponibilidad hídrica.
- Calcular la oferta hídrica para las actividades agrícolas, ganaderas y consumo humano.
- Definir la demanda hídrica para las actividades agrícolas, ganaderas y uso poblacional.

1.4 Justificación

Esta investigación nos ayudará a comprender cómo la interconectividad de lagunas aporta a la disponibilidad hídrica y mantiene con un caudal de agua en el trayecto de la microcuenca Quebrada Honda, naciente de la laguna Elvión.

1.4.1 Importancia

La interconectividad de lagunas asegura un caudal a la Microcuenca Quebrada Honda, en los caseríos Alto Perú e Inгатambo , distrito de Tumbadén-San Pablo-Cajamarca, es de gran importancia desde el punto de vista hidrológico, agrícola, ganadera, por sus múltiples funciones esenciales para la vida, específicamente para la población rural, más de 225 habitantes que representan el 6,24% de la población total del distrito de Tumbadén (3604 habitantes), que se asientan aguas abajo de la zona de estudio en el caseríos de Alto Perú que beneficia a más de 200 hectáreas de terreno.

1.5 Hipótesis

1.5.1 Hipótesis general

La interconectividad de lagunas de qué manera influirá en la disponibilidad hídrica para el aprovechamiento agrícola, ganadero y uso poblacional de la microcuenca Quebrada Honda en el caserío Alto Perú Tumbadén-San Pablo-Cajamarca.

1.5.2 Hipótesis específicas

- Las lagunas (Elvión, Laguna Negra) tendrán la capacidad de almacenar la cantidad suficiente de agua para tener una disponibilidad hídrica eficiente para el uso agrícola, ganadero y poblacional.
- Se darán las condiciones necesarias para que exista una interconectividad y aporte a la demanda hídrica para las actividades agrícolas, ganaderas y uso poblacional.
- La interconectividad de lagunas (Elvión, Laguna Negra) influenciara directamente o indirectamente en la disponibilidad hídrica.

II. Marco teórico

2.1 Bases teóricas sobre el tema de investigación

2.1.1 Balance hídrico superficial

Es de gran interés para elaborar proyectos que se vean afectados por el mismo, su cálculo se puede realizar por intermedio de la evapotranspiración corregida, además, utilizando la precipitación media mensual.

Este método se sustenta como un balance de materia o energía, la siguiente ecuación está en función de volúmenes.

$$(S+I+P) - (O + O_g + E) = S_2$$

Donde:

S= almacenamiento

I= volumen de entrada

P= precipitación

O= volumen de salida

O_g= infiltración

E= evaporación

2.1.2 Componentes del balance hídrico

2.1.2.1 Precipitación.

2.1.2.1.1 Definición. “Es toda forma de humedad originándose en las nubes, llega hasta la superficie del suelo”. (Vejar, 2014, p. 69)

2.1.2.1.2 Formas de precipitación.

- llovizna,
- lluvia,

- escarcha,
- nieve,
- granizo.

2.1.2.1.3 Clasificación de la precipitación.

- **Precipitación de convección.** “Son causadas por el ascenso del aire cálido más liviano que el aire frío, es puntual y su intensidad puede variar entre lloviznas ligeras y aguaceros”. (Morán, 2014, p. 17).
- **Precipitación orográfica:** Se da cuando el vapor de agua que se forma sobre la superficie es empujado por los vientos hacia las montañas, hasta encontrar condiciones para la condensación y se consigue la precipitación. (Bejar, 2014, p. 72)
- **Precipitación ciclónica:** Se efectúa cuando hay un encuentro de nubes de diferentes temperaturas, donde las que están a temperatura más alta son empujadas a las partes más elevadas donde se lleva a cabo la precipitación. (Bejar, 2014, p. 16)

2.1.2.2 Evapotranspiración. Su medición puede ser de dos formas instrumental o forma empírica.

2.1.2.2.1 Estimación de la evaporación por formulas empíricas En esta investigación usaremos estos dos métodos:

Método de hargreaves:

$$ETP \text{ (mm/mes)} = MF (1,8 T_a + 32) CH * CE$$

Donde:

ETP = evapotranspiración (mm/mes)

MF = factor dependiente de latitud

Ta = temperatura media mensual (°C)

CH = factor de corrección por humedad relativa (HR), usado sólo cuando la HR media diaria > 64% y $CH = 0,166 (100 - RH)1/2$

HR media diaria < o = 64 % CH = 1

CE= factor de corrección por altura (H > 1000 msnm)

Método de Thornthwaite:

Para el cálculo de la evapotranspiración se describe a continuación, calcular la evapotranspiración mensual, en milímetros por mes de 30 días de 12 horas de duración.

$$E = 16 \left(10 \frac{T}{I} \right)^a$$

Donde:

E= evapotranspiración mensual, en mm por mes de 30 días de 12 horas de duración.

T=temperatura media mensual (°C)

$$I = \sum_1^{12} i$$

I= Índice térmico anual

$$i = \left(\frac{T}{5} \right)^{1.514}$$

i= Índice térmico anual

$$a = 0.6751 * (10)^{-6} * (I)^3 - 0.771 * (I)^2 (10)^{-4} + 0.01792I + 0.49239$$

a= exponente que varía con el índice anual de calor de la localidad

Corregir el valor de la evapotranspiración, tomando en cuenta el mes y considerando la latitud de la localidad que determinan las horas de Sol.

2.1.3 Escorrentía

Agua que proveniente de la precipitación que está presente ya sea superficial, subsuperficial o subterráneo desde el inicio de la cuenca hasta el final de la cuenca.

2.1.3.1 Esgurrimiento superficial. Proviene de la precipitación no infiltrada o cuando el suelo ya está saturado para que escurra sobre la superficie del suelo, para que exista un escurrimiento superficial tiene que existir una precipitación en exceso.

2.1.3.2 Esgurrimiento subsuperficial. Es un porcentaje de la precipitación infiltrada, si el escurrimiento subsuperficial es instantáneo se trata como escurrimiento superficial si ocurre lo contrario se da un tratamiento subterráneo.

2.1.3.3 Esgurrimiento subterráneo. Proviene del agua subterránea luego de una recarga por la precipitación que se ha infiltrado luego que el suelo se ha saturado.

2.1.4 Interconectividad superficial de Lagunas

2.1.4.1 Interconectividad superficial. La interconectividad superficial de lagunas se da por canales naturales, que se ha dado por cientos y miles de años, así mismo, sumando los colchones acuíferos que están conformados por el icho que juega un papel importante en almacenar agua en tiempos de avenida y deponer lentamente en tiempos de estiaje.

2.1.4.2 Interconectividad subterránea. Para averiguar si refleja una interconectividad subterránea se hizo un análisis físico-químico de agua de las lagunas (Elvión y Negra), así mismo, se estudió el tipo de rocas estando presentes tales como:

- rocas detríticas,
- no detríticas,
- piroclásticos,
- margas.

III. Método

3.1 Tipo de investigación

Este trabajo, es una investigación aplicada, se caracteriza por que busca aplicación inmediata y utilización de los conocimientos que se adquieren en el desarrollo del tema, partiendo del análisis y desarrollo de las variables independiente y dependiente e indicadores involucrados.

3.1.1 Método inductivo

Mediante este método se “observa, estudia y conoce las características genéricas o comunes que se reflejan en un conjunto de realidades para elaborar una propuesta o ley científica de índole general”. (Abreu, 2014, p. 200)

3.1.2 Método Estadístico

“El método estadístico consiste en una secuencia de procedimientos para el manejo de los datos cualitativos y cuantitativos de la investigación. Dicho manejo de datos tiene por propósito la comprobación, en una parte de la realidad, de una o varias consecuencias verificables deducidas de la hipótesis general de la investigación”. (Obregón, 2014, p. 200)

El método estadístico tiene las siguientes etapas:

- recolección (medición),
- recuento (cómputo),
- presentación,
- síntesis, y
- análisis.

3.1.3 Método cartográfico

“El método cartográfico de Investigación consiste en la aplicación de mapas para la descripción, el análisis y el estudio de los fenómenos, con el objetivo de obtener nuevos conocimientos, características e investigación de sus interrelaciones espaciales y su

predicción. La aplicación práctica y científica de los mapas cumple cinco funciones: comunicativa, operativa, constructiva, cognoscitiva y pronóstica”. (Lizмова, N. 2007, p. 80)

3.1.4 Método hidrológico

Este método nos permite calcular, identificar la disponibilidad hídrica de la microcuenca, Quebrada Honda, para los diferentes caudales para la demanda (poblacional, agrícola y ganadera).

3.1.4.1 Método de los caudales. Se basa en la intensidad de la precipitación y los caudales máximos, determinando ecuaciones que relacionan los caudales con las intensidades mínimas y la latitud de la microcuenca.

3.1.4.2 Método de hidrología regional. Nos ayuda a realizar modelos regionales entre variables físicas de la microcuenca como precipitación, caudales con microcuencas vecinas de características similares, requerida para definir parámetros hidrológicos.

3.1.4.3 Método de uso consuntivo. Se realiza con las fórmulas de: Penman, Thorthwaite, Se tuvo que determinar la evapotranspiración potencial en base a las eficiencias de riego y a los ecosistemas de cultivos hallando con el método descriptivo se halla la demanda de agua de los cultivos presentes en la microcuenca.

3.2 Ámbito temporal y espacial

3.2.1 Ámbito temporal

El ámbito regional de referencia de este estudio es Cajamarca – San Pablo – Tumbadén -Caserío de Alto Perú. Éste es el marco geográfico donde se localizan la Microcuenca Quebrada Honda.

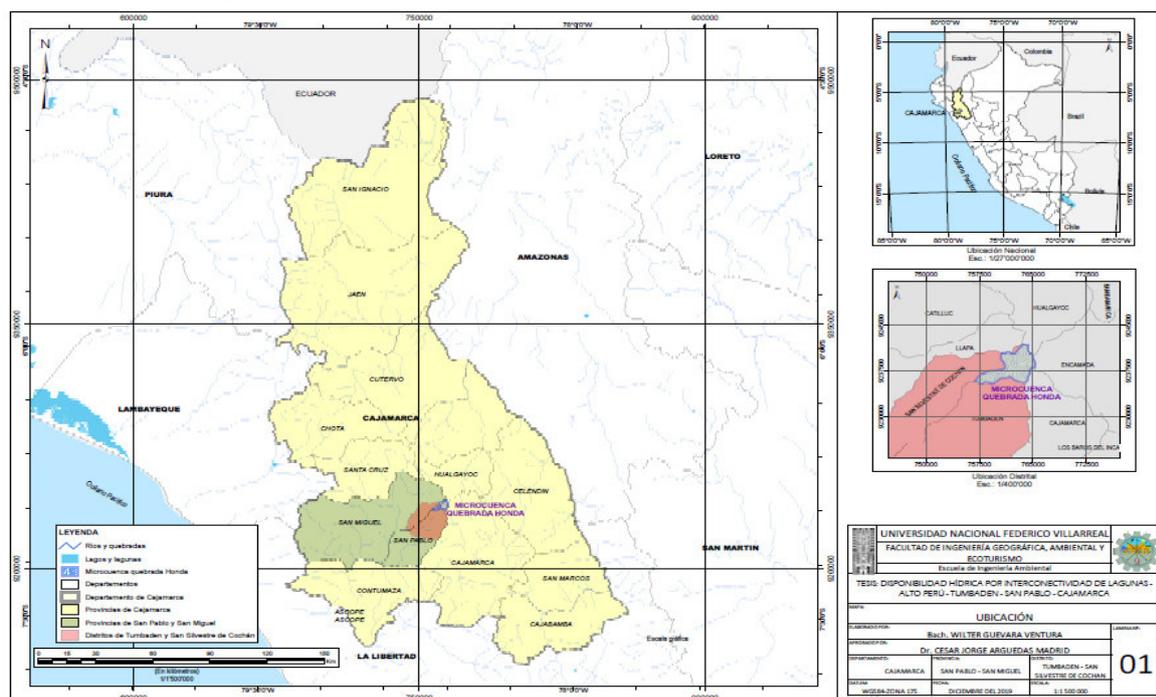
3.2.2 Ámbito espacial

El espacio o territorio de estudio es la Microcuenca Quebrada Honda abarca un área de 25.44 km² y un perímetro de 27.629 km geográficamente.

3.2.2.1 Localización y descripción general de la microcuenca.

Situación. El ámbito de estudio de la microcuenca Quebrada Honda, se ubica políticamente en el noroeste del país, en el departamento de Cajamarca, provincia de San Pablo, distrito de Tumbadén, caserío de Alto Perú.

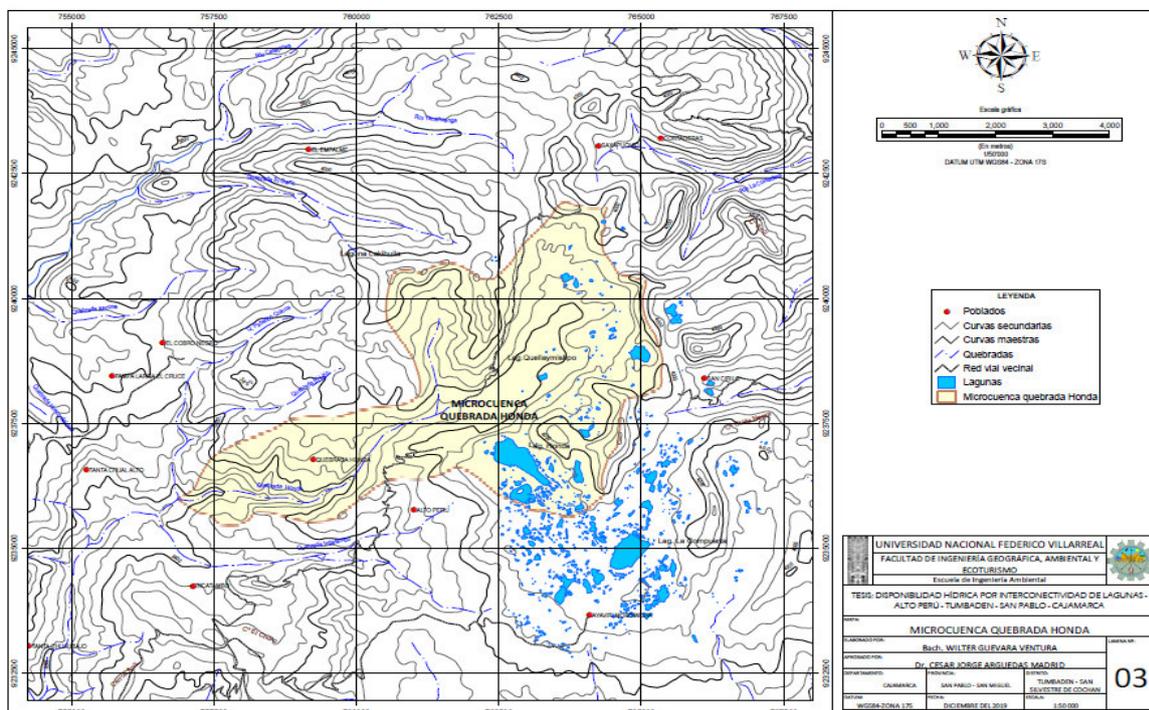
Figura 1
Situación de la microcuenca Quebrada Honda



Posición. La microcuenca Quebrada Honda se ubica entre los paralelos

Tabla 1
Longitud y Latitud

Latitud	Longitud
6.89°00''	76.617683

Figura 2**Microcuenca Quebrada Honda**

3.2.2.2 Superficie y límites. La microcuenca abarca un área de 25.44 km² y un perímetro de 27.629 km, geográficamente limita, ver Tabla 2.

Tabla 2**Límites**

Límites	Norte	Sur	Este	Oeste
Caseríos	El Cobro	Ingatambo	Pampa larga	Alto Perú

3.2.2.3 Altitud. La microcuenca Quebrada Honda está en las siguientes altitudes, Mínima es de 3375 msnm, máxima 4150 msnm y la altitud media 3850.11 msnm.

3.2.2.4 Vías de acceso y comunicaciones.

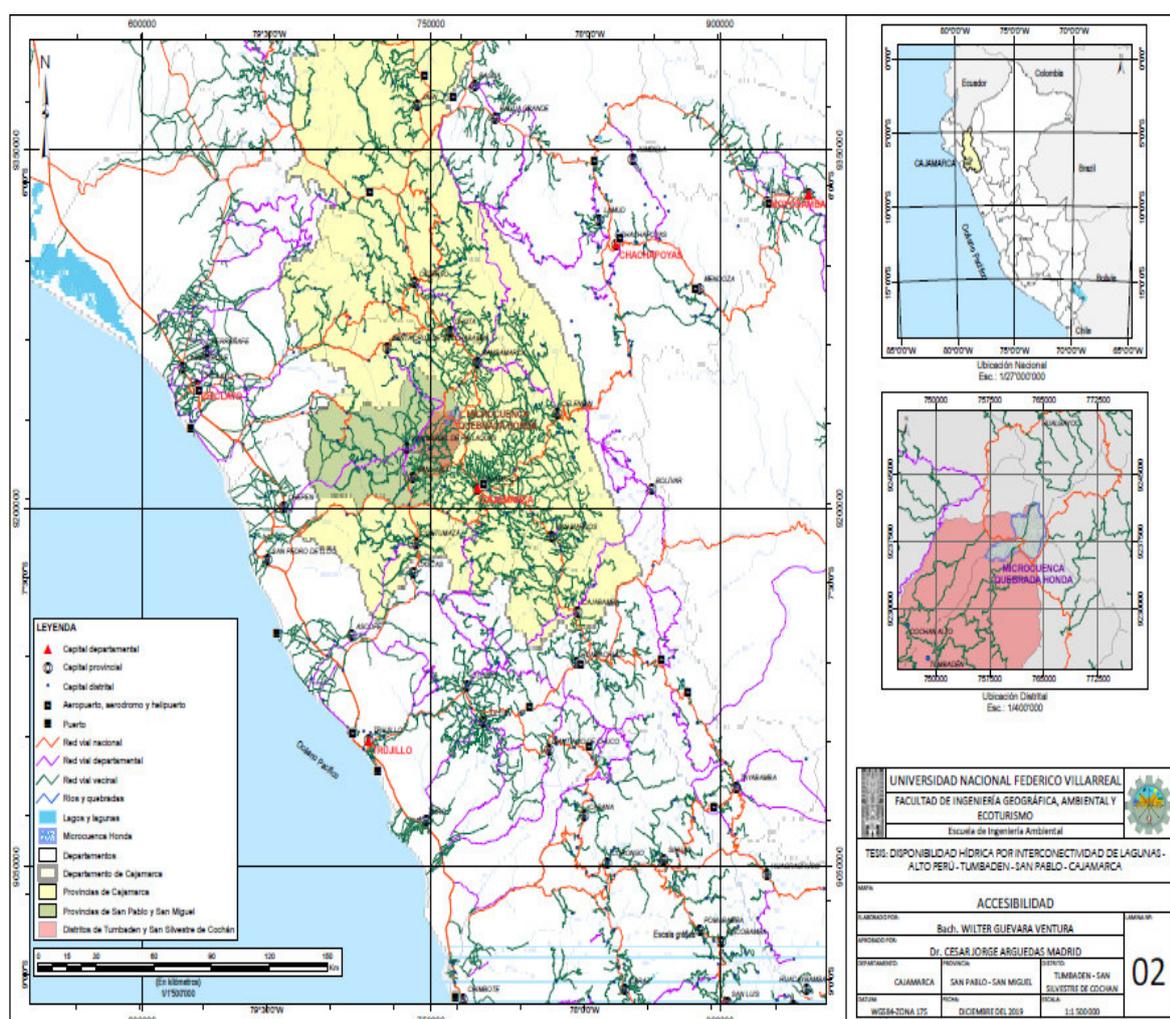
Vías de Acceso. La infraestructura vial, está constituida por tres redes fundamentales:

- La red primaria constituida por la carretera Cajamarca, Bambamarca y viceversa.

- La red secundaria: San Pablo cruce Maraypampa asfaltada, de Maraypampa – Alto Perú trocha que permite llegar a comunidades, poblados y áreas de cultivo.
- La red secundaria es la trocha San Miguel – San silvestre de Cochán que permite llegar a comunidades, poblados y áreas de cultivo.

Figura 3

Vías de acceso a la microcuenca Quebrada Honda



3.2.2.5 Diagnóstico físico de la microcuenca

Fisiografía. La microcuenca presenta una fisiografía escarpada y partes abruptas, en la parte baja se encuentra en la localidad de Ingambo (Tumbaden) y Tantachual Alto (San Silvestre de Cocha) a una altitud de 3375 msnm.

Tiene su origen en una serie de lagunas y bofedales citando a las más importantes (Elvión, Negra y Quellaymishpa) que ha permitido el represamiento y escurrimiento superficial, todas estas aguas forman el curso del agua. Pasando por las localidades de Alto Perú, Inгатambo, es afluente del río Cochán.

Geología. La microcuenca Quebrada Honda se encuentra en el flanco occidental de la cordillera de los andes, geológicamente está constituida por sedimentos de depósitos fluviales recientes. Geológicamente los suelos que se encuentran en la microcuenca Quebrada Honda, son de origen fluvio-glaciar, con un paisaje fisiográfico ondulado suave con presencia de bofedales y lagunas que son testigos de las glaciaciones ocurridas, terrenos saturados de agua los cuales constituyen verdaderas esponjas hídricas que durante todo el año proporcionan agua a la cuenca (Grufides, 2009).

La microcuenca muestra diversas formaciones de edades, conformadas por -volcánico San Pablo, familia Chulec, familia Pariatambo, familias Inca, Chulec, Pariatambo, grupo Goyllarisquizga, familia Farrat, volcan Huambos.

Volcánico San Pablo (PO-VSP). Tiene una superficie de 389.46 hectáreas y representa el 15.31% del total. Consiste en gruesos estratos de rocas volcánicas, intercaladas en la base con areniscas rojizas y en la parte superior de una espesa secuencia de aglomerados y piroclásticos bien estratificados, alcanza un espesor de 900 m (Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente [RENAMA], 2010, p. 37).

Familia Chulec. (Ki-chu). Abarca una superficie de 936.58 hectáreas, representa el 0.37%. Consiste en una secuencia fosilífera de calizas arenosas, lutitas calcáreas y margas, las que por intemperismo adquieren un color crema amarillenta. Su aspecto terroso amarillento es una característica para distinguirla en el campo.

Generalmente los bancos de margas se presentan muy modulosos y las calizas frescas muestran colores gris parduzcos algo azulados.

Su grosor varía de 200 a 250 metros, en esta formación se presenta una gran variedad de fósiles como cefalópodos, lamelibranquios y equinoideos (RENAMA, 2010, P. 36).

Familia Pariatambo. Abarca una superficie de 894.06 hectáreas, representa el 3.51 % del área total de la microcuenca Quebrada Honda.

“Consiste en una alternancia de lutitas con delgados lechos de calizas bituminosas negruzcas, estratos calcáreos con nódulos silíceos (chert) y dolomíticos, con un característico olor fétido al fracturarlas su espesor varía entre 150 a 200 metros. Esta formación yace concordantemente sobre la formación Chúlec e infrayace con suave discordancia a la formación Yumagual”. (Cruzado, 2009, p. 22)

Familias Inca, Chulec, Pariatambo. Abarca una superficie de 153.83 hectáreas, representa el 6.05%, consta de la intercalación de areniscas calcáreas, lutitas ferruginosas dando en superficie un matiz amarillento. Litológicamente consiste de areniscas, lutitas y margas con intercalaciones calcáreas.

“Su coloración rojiza, grosor aproximado es de 100 m Infrayace concordantemente a la formación Chúlec y suprayace con la misma relación a la formación Farrat”. (Cruzado, 2009, p. 22)

Grupo Goyllarisquizga, Familia Farrat. Abarca una superficie de 808.47 hectáreas, representa el 31.78% del área total de la microcuenca quebrada.

“Es una secuencia de 650 metros de grosor, constituida por estratos macizos de 20 a 80 centímetros de grosor de areniscas cuarzosas bien clasificadas de grano medio a grueso, algunas capas son conglomerados con guijarros pequeños de cuarzo. Presentan una coloración gris clara a blanca ligeramente amarillenta que por meteorización toman colores amarillentos, rojizos debidos al material ferruginoso que contiene”. (Cruzado, 2009, p. 22)

Volcánico Huambos. (NM-VH). Esta formación geológica corresponde a un área de 109.35 hectáreas y representa un porcentaje 42.98% del área. El volcánico Huambos

geológicamente está compuesto por brechas y tobas de composición ácida. La litología común muestra fragmentos de cuarzo hasta de 3 milímetros de diámetro y cristales de biotita en una matriz feldespática que probablemente corresponde a una toba dacítica. (RENAMA, 2010, p. 36)

Topográficamente forma llanuras delimitadas por farallones o escarpas donde se aprecia la estratificación, sobre estas superficies se ha desarrollado un sistema dendrítico de drenaje.

En cuanto a la edad y correlación, el volcánico Huambos se desarrolló en una etapa posterior a los comienzos del levantamiento Andino, probablemente se inició en el mioceno tardío o plioceno. El volcánico Huambos se correlaciona con las tobas que componen el bosque de Piedra de los Andes Centrales y con el volcánico Sencca del sur del Perú”.

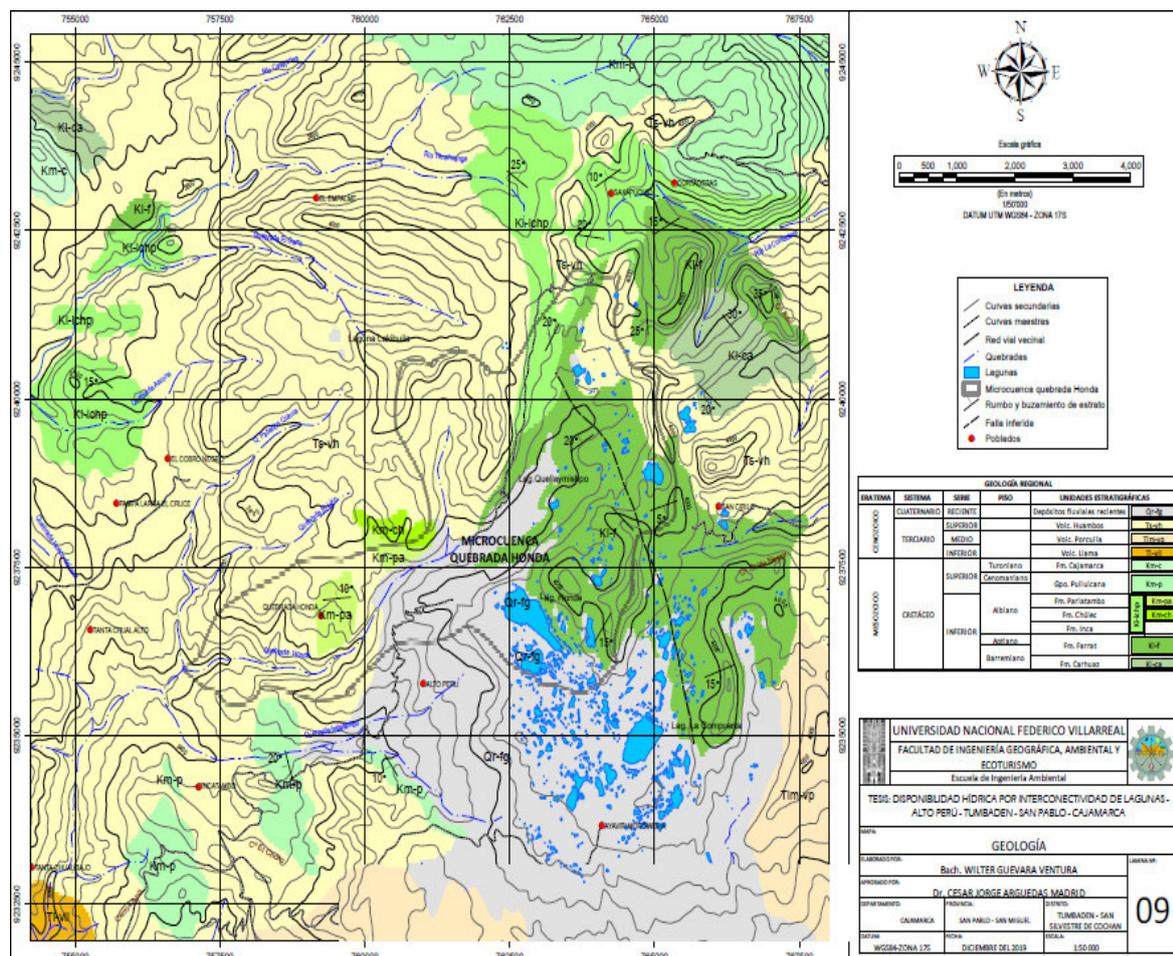
(Cruzado, 2009, p. 36)

Tabla 3

Resumen de geología, áreas y espesor

Geología	Área (m ²)	Área en (km ²)	Área (ha)	porcentaje de áreas (%)	Espesor (m)
Volcánico san pablo (povsp)	3894555.789	3.89	389.46	15.31	900
Familia Chulec	93657.82052	0.09	936.58	0.37	200-250
Familia Pariatambo	894056.8231	0.89	894.06	3.51	150-200
Familia Inca, Chulec, Pariatambo	1538257.994	1.54	153.83	6.05	100
Grupo Goyllarisquizga, Fm. Farrat	8084718.613	8.08	808.47	31.78	650
Volcan Huambos	10935190.41	10.94	109.35	42.98	50-100
	Total	25.44	2544	100	

Figura 4
Geología de la microcuenca quebrada Honda



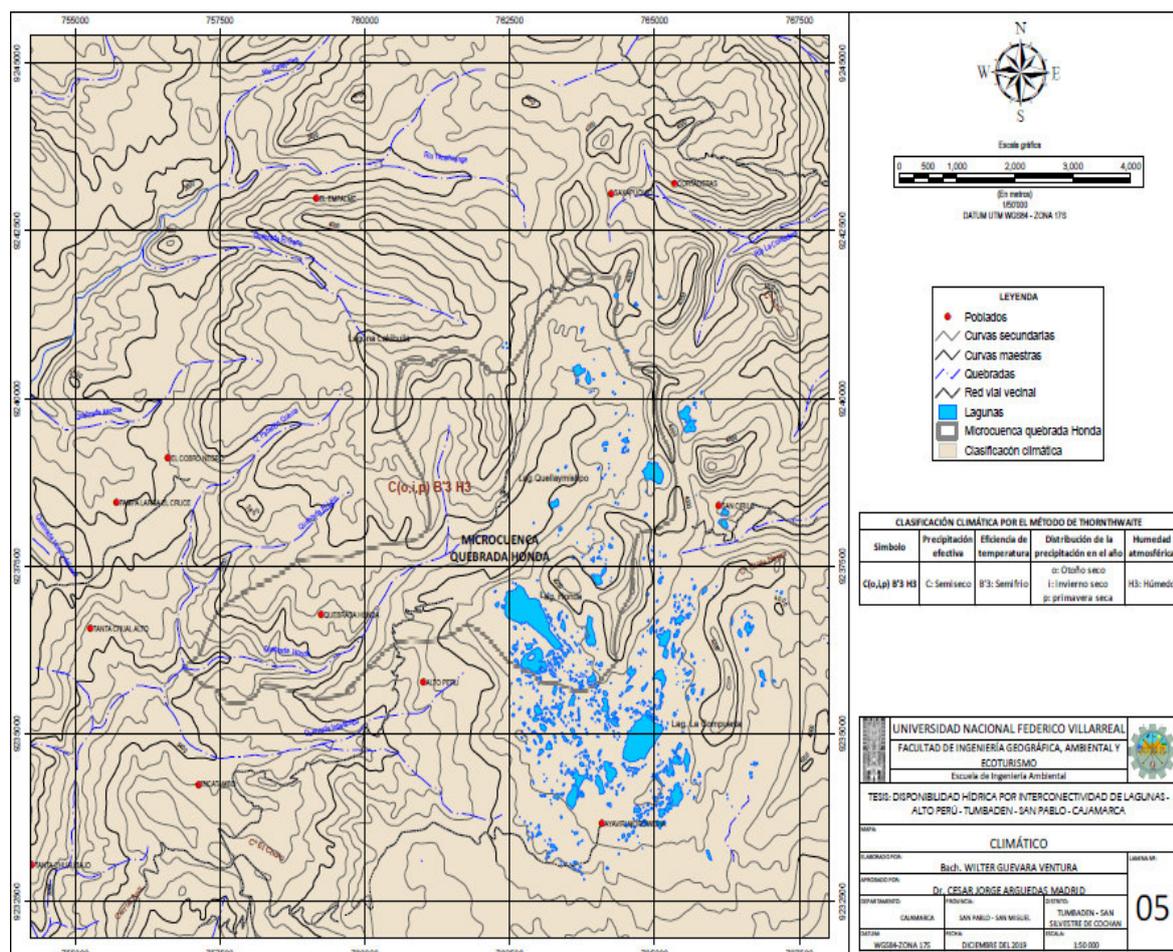
3.2.2.6 Climatología. En la microcuenca Quebrada Honda se trabajó con una red de 11 estaciones hidroclimatológicas; las estaciones son las siguientes:

- Wberbauer,
- San Marcos,
- Namora,
- Sondor Matara,
- Cajabamba,
- Cochabamba,
- Bambamarca ,

- Quilcate,
- San Pablo,
- Granja Porcon,
- Llapa.

El clima es el estado medio de los elementos meteorológicos de una localidad, para un largo periodo, así mismo, depende de factores como: latitud, longitud, altitud, orografía y continentalidad existen dos clasificaciones mayormente (KOOPEN, 1918; Thornthwaite, 1931), y son:

Figura 5
Climático la Microcuenca Quebrada Honda



El clima es el estado medio de los elementos meteorológicos de una localidad, para un periodo largo, así mismo, depende de factores como: latitud, longitud, altitud, orografía, en esta investigación se ha empleado el método C.W. Thornthwaite (1931) A continuación se describe los componentes del clima.

Temperatura. La temperatura varía de acuerdo a la altitud en la cota 3375 msnm la temperatura máxima alcanza el valor de 15.6 °C y la mínima de 13.8°C. Para una altitud de 4150 msnm. Las temperaturas presentan valores mayores en invierno durante la época de estiaje, registrándose el valor mayor de en agosto y descendiendo en verano, durante las avenidas, cuyas temperaturas mínimas se registran en el mes de marzo.

Entre los 3375 msnm y 4150 msnm su valor aproximado, del valor promedio anual es de 14.6 °C. siendo frecuente la existencia de temperatura mínimas del 13.8 °C. las que resultan limitantes para el desarrollo agrícola por la frecuencia de ocurrencias de heladas.

Se procesó la data y encontramos la temperatura mínima, máxima en la microcuencia Quebrada Honda, se realizó las comparaciones temperatura vs. altitud, encontrando una ecuación en ella se remplazó la altitud media encontrando la temperatura promedio mensual.

Se procesó por el método de la curva altura y temperatura generada mediante el método de regresión lineal, como es de conocimiento que la temperatura varia inversamente proporcional a la altura.

Histogramas de temperatura según variacion anual

Figura 6

Gráfico: altura vs temperatura, enero

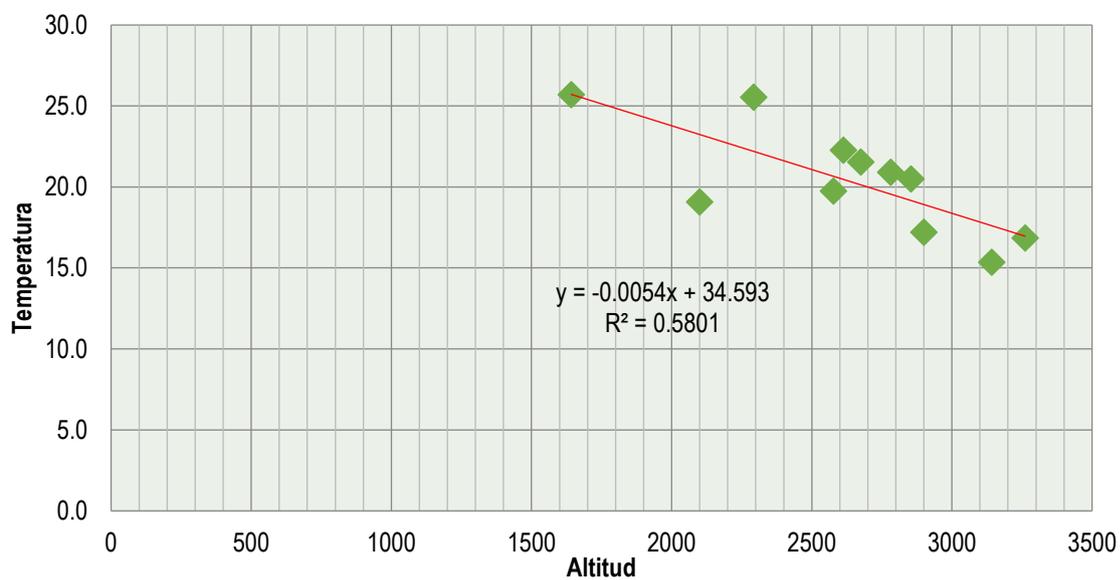
**Figura 7**

Gráfico: altura vs temperatura, febrero

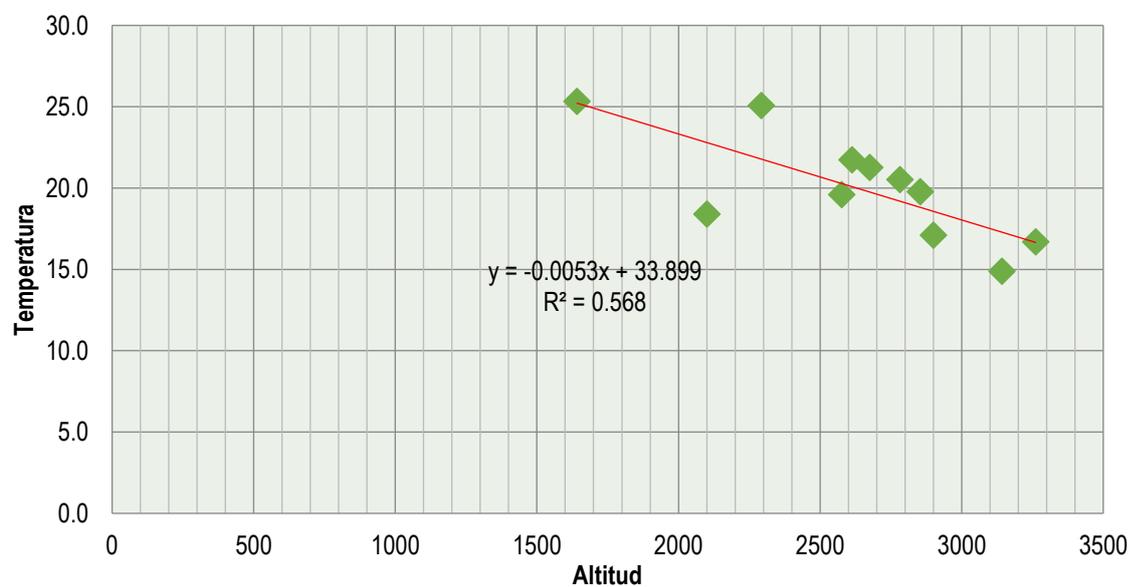


Figura 8

Gráfico: altura vs temperatura, marzo

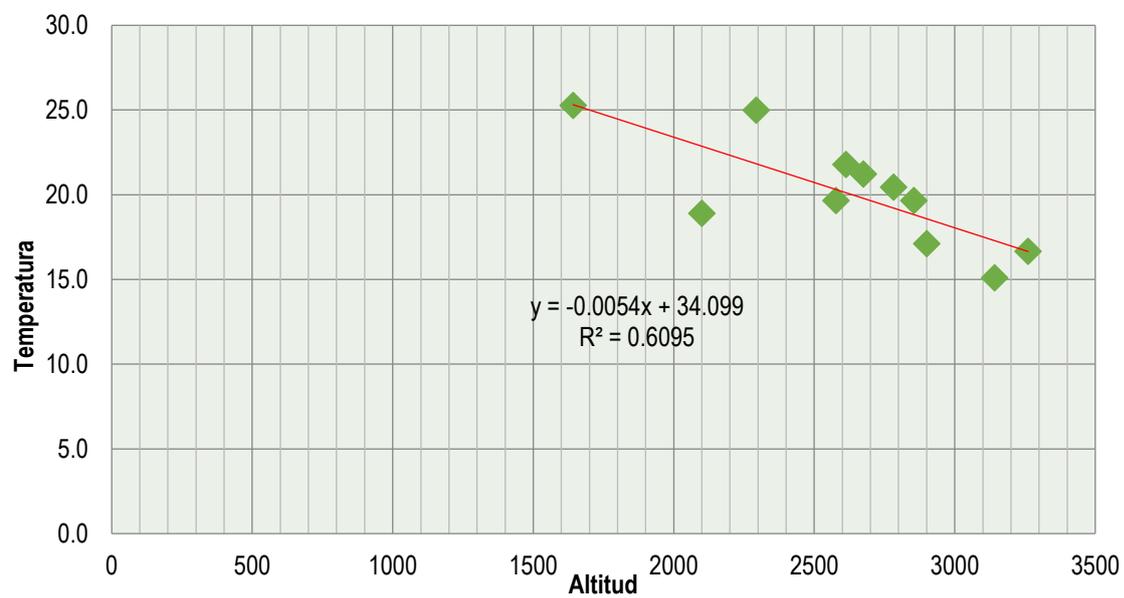
**Figura 9**

Gráfico: altura vs temperatura, abril

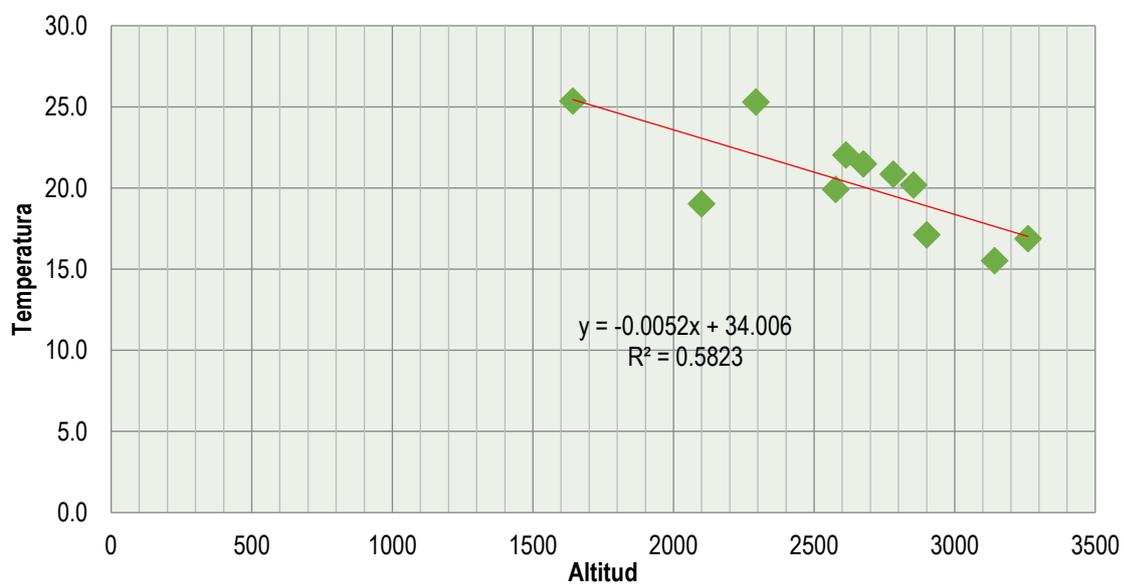


Figura 10

Gráfico: altura vs temperatura, mayo

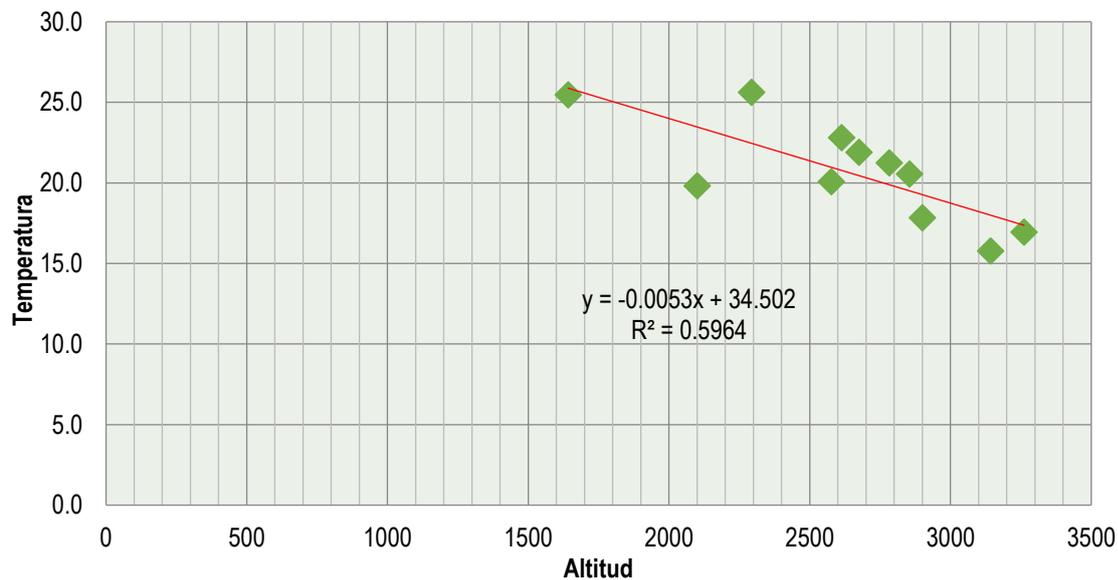
**Figura 11**

Gráfico: altura vs temperatura, junio

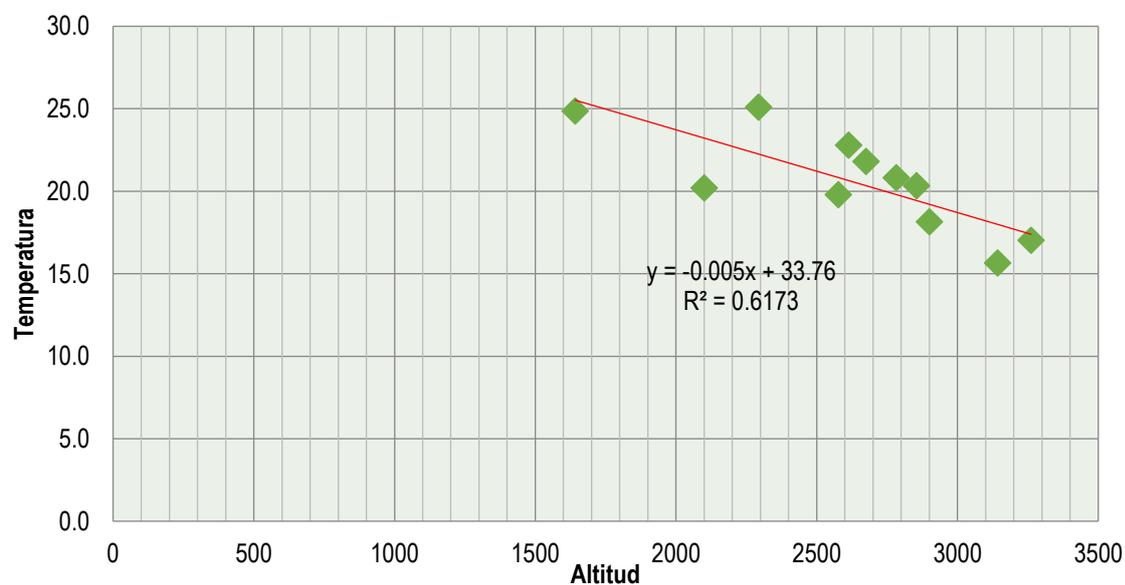


Figura 12

Gráfico: altura vs temperatura, julio

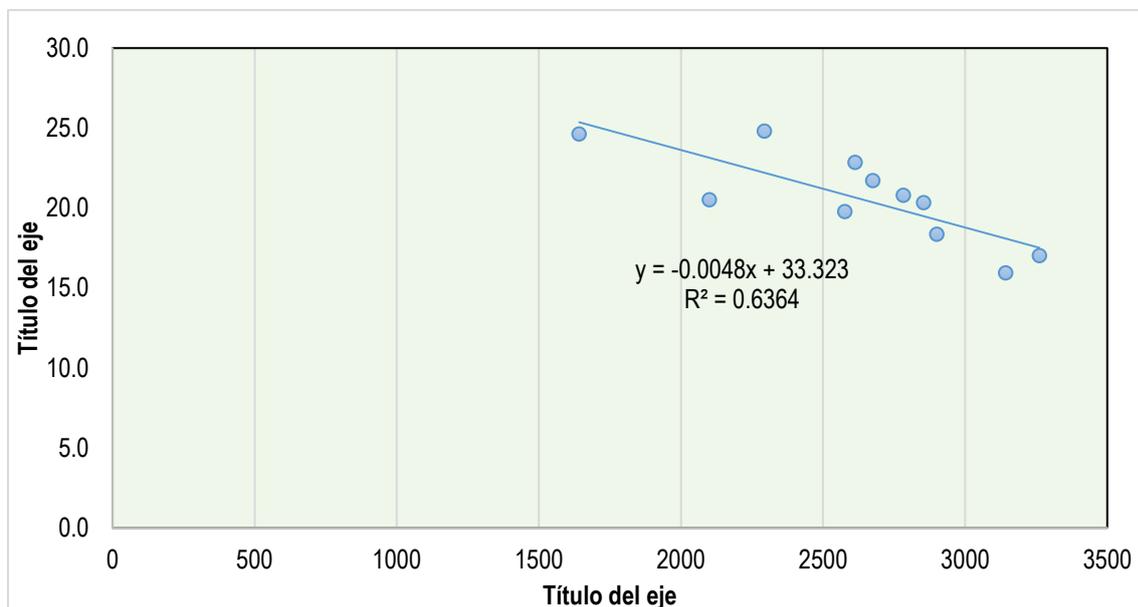
**Figura 13**

Gráfico: altura vs temperatura, agosto

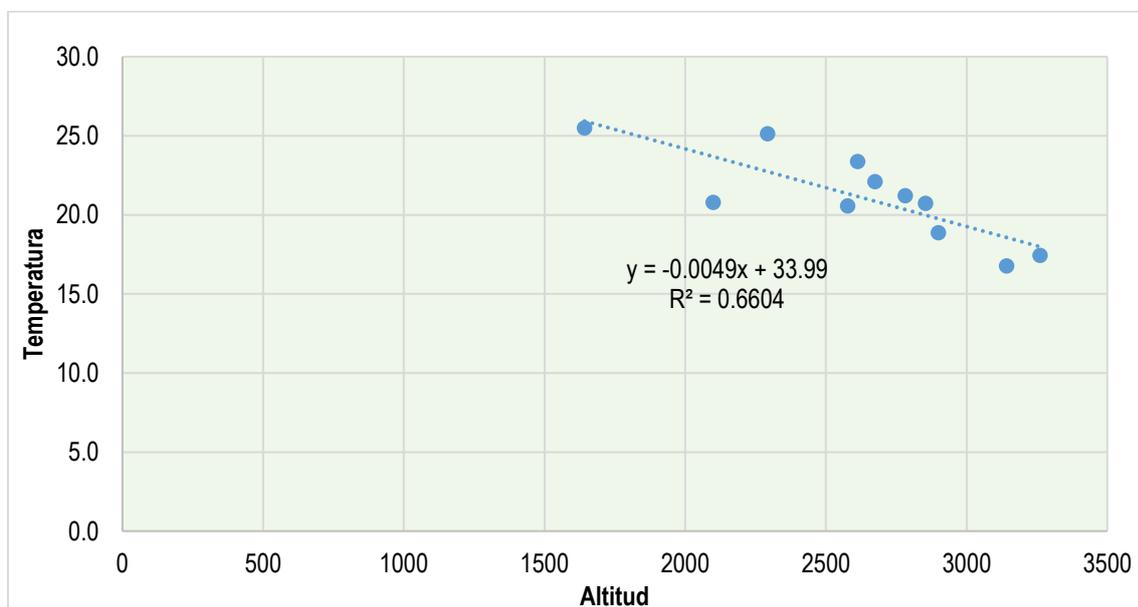


Figura 14

Gráfico: altura vs temperatura, setiembre

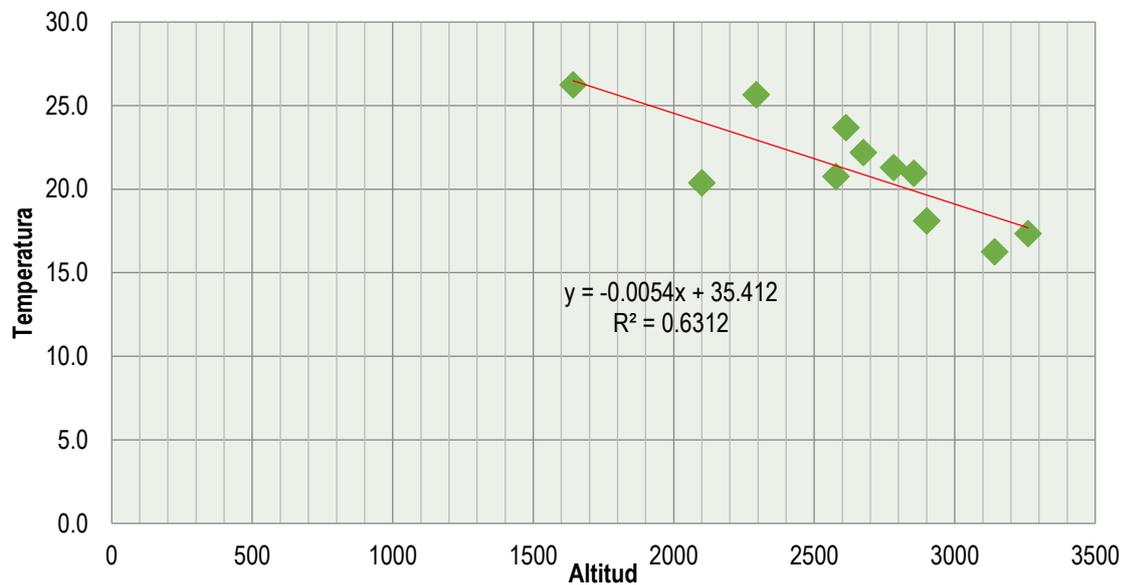
**Figura 15**

Gráfico: altura vs temperatura, octubre

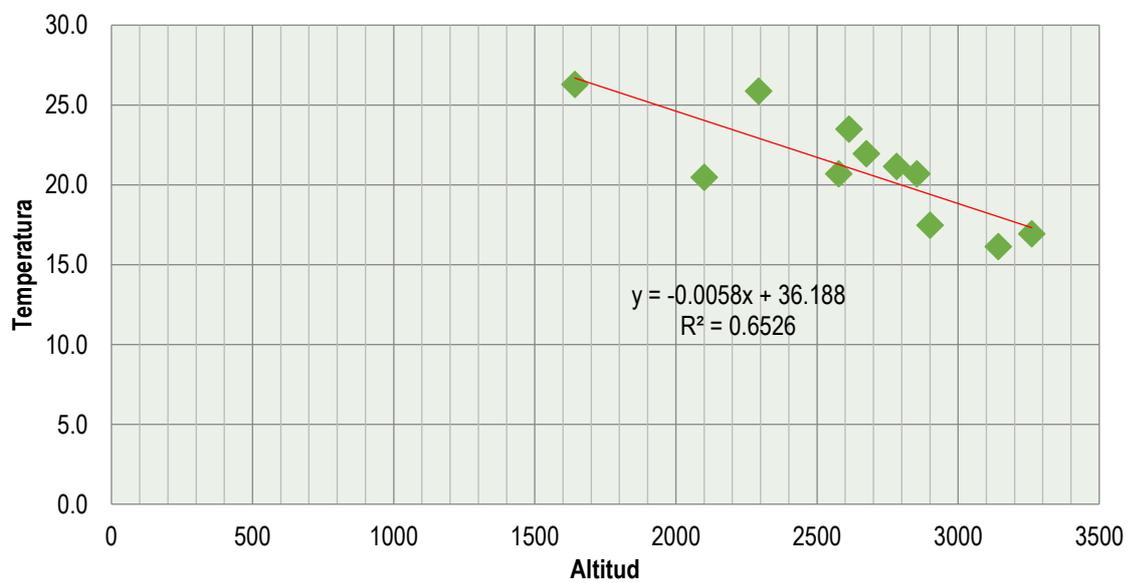
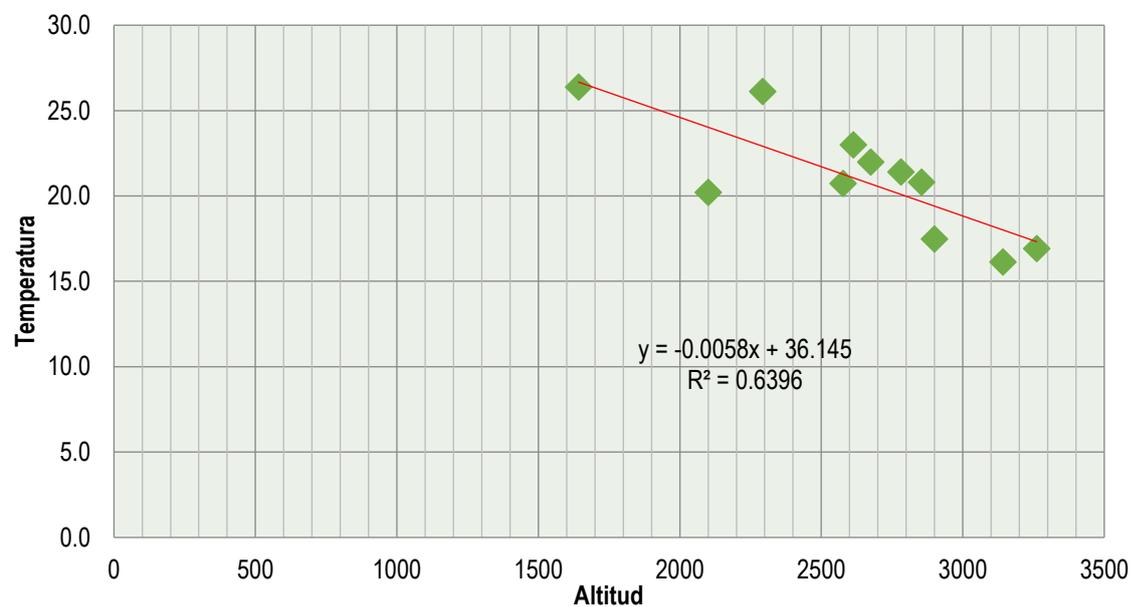


Figura 16

Gráfico: altura vs temperatura, noviembre



Fuente: Elaboración propia

Figura 17

Gráfico: altura vs temperatura, diciembre

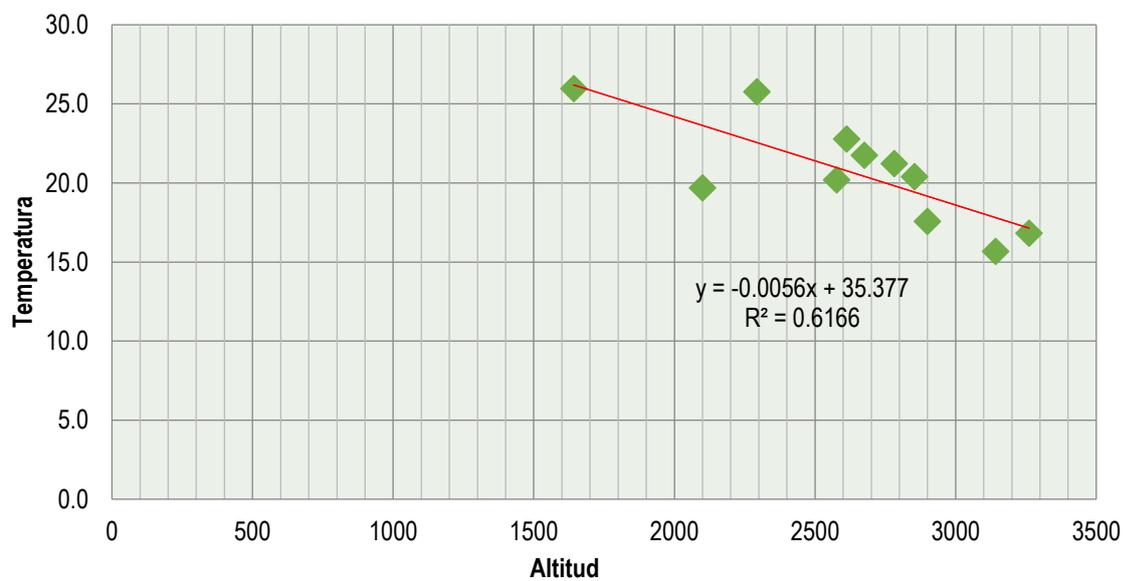


Tabla 4*Temperatura generada*

Item	Estación	Altitud (msnm)	Meses												Total (°C)
			Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	
1	Weberbauer	2675	21.5	21.3	21.2	21.5	21.9	21.8	21.7	22.1	22.2	21.9	22.0	21.8	21.7
2	San Marcos	2293	25.5	25.1	25.0	25.3	25.6	25.1	24.8	25.1	25.6	25.9	26.1	25.8	25.4
3	Namora	2782	20.9	20.5	20.4	20.9	21.3	20.8	20.8	21.2	21.3	21.2	21.4	21.2	21.0
4	Sondor Matara	2854	20.49	19.78	19.65	20.19	20.55	20.34	20.34	20.71	20.96	20.69	20.80	20.40	20.4
5	Cajabamba	2613	22.3	21.8	21.8	22.0	22.8	22.8	22.8	23.4	23.7	23.5	23.0	22.8	22.7
6	Cochabamba	1642	25.7	25.3	25.3	25.4	25.5	24.9	24.6	25.5	26.2	26.3	26.4	26.0	25.6
7	Bambamarca	2577	19.7	19.6	19.7	19.9	20.1	19.8	19.8	20.6	20.7	20.7	20.7	20.2	20.1
8	Quilcate	3142	15.4	14.9	15.1	15.5	15.8	15.7	15.9	16.8	16.2	16.1	16.1	15.7	15.8
9	San Pablo	2100	19.1	18.4	18.9	19.0	19.8	20.2	20.5	20.8	20.4	20.5	20.2	19.7	19.8
10	Granja Porcon	3261	16.8	16.7	16.7	16.9	16.9	17.0	17.0	17.4	17.3	16.9	16.9	16.8	17.0
12	Llapa	2900	17.20	17.10	17.11	17.13	17.84	18.16	18.36	18.85	18.11	17.48	17.48	17.57	17.7

Tabla 5*Cálculo de las temperaturas medias, microcuena Quebrada Honda*

Mes	Ecuación	Coef corr		X (msnm)	T (°C)
		K1	K2		
Ene	$y = -0.0054x + 34.593$	-0,0054	34,593	3850	13.8
Feb	$-0.0053x + 33.899$	-0,0053	33,899	3850	13.5
Mar	$y = -0.0054x + 34.099$	-0,0054	34,099	3850	13.3
Abr	$y = -0.0052x + 34.006$	-0,0052	34,006	3850	14.0
May	$y = -0.0053x + 34.502$	-0,0053	34,502	3850	14.6
Jun	$y = -0.005x + 33.76$	-0,005	33,76	3850	14.5
Jul	$y = -0.0048x + 33.323$	-0,0048	33,323	3850	14.8
Ago	$y = -0.0049x + 33.99$	-0,0049	33,99	3850	15.1
Set	$y = -0.0054x + 35.412$	-0,0054	35,412	3850	14.6
Oct	$y = -0.0058x + 36.188$	-0,0058	36,188	3850	13.9
Nov	$y = -0.0058x + 36.145$	-0,0058	36,145	3850	13.8
Dic	$y = -0.0056x + 35.377$	-0,0056	35,377	3850	13,2
				Promedio	14,1

Tabla 6*Resumen de la temperatura (°C)*

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Prom
13.8	13.5	13.3	14.0	14.6	14.5	14.8	15.1	14.6	13.9	13.8	13.8	14.1

Tabla 7*Temperatura media registrada en campo, microcuenca Quebrada Honda*

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Prom
Temperatura (°C) Quebrada Honda	13.49	13.42	13.43	13.78	12.00	11.00	12.00	12.00	13.00	13.56	13.69	13.44	12.90

Fuente: RENAMA – Cajamarca.

Tabla 8*Temperatura medias generadas en la microcuenca Quebrada Honda*

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
T.q. Honda	13.49	13.42	13.43	13.78	12.00	11.00	12.00	12.00	13.00	13.56	13.69	13.44	12.90
Factor de corrección	0,9279	0,9279	0,9279	0,928	0,9279	0,93	0,9279	0,928	0,928	0,9279	0,93	0,9279	
Lectura calibrada	12.52	12.45	12.46	12.79	11.13	10.21	11.13	11.13	12.06	12.58	12.70	12.47	11.97

Precipitación. Se registra una precipitación promedio de 1257.7 mm en la microcuenca Quebrada Honda y una precipitación de 807.5 al 75% de seguridad.

Tabla 9*Precipitaciones promedio*

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
Q. Honda (mm)	150.4	168.0	216.3	139.0	62.8	23.7	14.9	18.6	64.8	144.3	134.5	145.8	1283.27

Tabla 10*Precipitaciones al 75% de seguridad generadas en la micro Quebrada Honda*

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
M.Q. Honda	94.2	122.6	138.5	91.7	37.1	8.7	3.7	6.2	36.7	92.3	91.9	102.4	825.932

Tabla 11*Precipitaciones 75% de seguridad generadas en la micro Quebrada Honda*

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
M.Q. Honda (mm)	94.2	122.6	138.5	91.7	37.1	8.7	3.7	6.2	36.7	92.3	91.9	102.4	825.932

Evaporación. Está relacionada directamente con el índice de insolación y registra un promedio de 25.29 Hm³

Tabla 12*Resumen evaporación de agua en superficies de agua y rocas*

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
Evaporación (Hm ³)	2.39	2.13	2.26	2.06	1.96	1.79	1.94	1.65	2.21	2.21	2.29	2.39	25.29

Fuente: RENAMA –Cajamarca

Tabla 13*Generaciones de la evaporación*

Área	10.46 km ²	0.87 km ²	2.16 km ²	Total
Evaporación (mm)	Rocas (km ²)	Lagunas (km ²)	Bofedales (km ²)	(Hm ³)
177.45	1.86	0.15	0.38	2.39
157.88	1.65	0.14	0.34	2.13
167.54	1.75	0.15	0.36	2.26
152.66	1.60	0.13	0.33	2.06
145.37	1.52	0.13	0.31	1.96
132.63	1.39	0.12	0.29	1.79
143.68	1.50	0.12	0.31	1.94
122.28	1.28	0.11	0.26	1.65
164.10	1.72	0.14	0.35	2.21
163.49	1.71	0.14	0.35	2.21
170.06	1.78	0.15	0.37	2.29
177.29	1.85	0.15	0.38	2.39
1874.51	19.61	1.63	4.05	25.29

Nota. De Vasquez, 2014.

Humedad Relativa. Los valores de humedad relativa fueron tomados directamente de la zona de estudio con un equipo digital portátil termohigrómetro alemán, en diferente fecha, obteniéndose valores que se indican en la Tabla 14, en donde se registra un promedio del 50.92 % en la microcuenca Quebrada Honda.

Tabla 14*Humedad relativa registradas en campo, microcuenca Quebrada honda*

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Prom
Lag. Alto Perú	55.00	65.00	66.00	60.00	51.00	45.00	42.00	35.00	39.00	48.00	53.00	52.00	50.92

Fuente: RENAMA-Cajamarca.

3.2.2.7 Climatología. Los suelos en las jalcas son muy variados debido a la complejidad de las condiciones geológicas, fisiográficas, climáticas y acciones antropogénicas a las que están sometidos (Landa et al. 1978).

En las zonas alto andinas distribuidas en la cima de la cordillera, los suelos son de textura ligera a mediana, generalmente de naturaleza ácida, alto contenido de materia orgánica, no siempre tienen alto contenido de nitrógeno. Esta característica se debe a las bajas temperaturas, que producen disminución de las actividades microbiológicas y hacen que la materia orgánica no se descomponga adecuadamente, generando acumulación, con un incremento de la relación carbono nitrógeno, la riqueza de fósforo y potasio es variado y la reacción es ácida, con niveles variados de aluminio pero que sólo constituye limitante cuando los suelos tienen poca materia orgánica (Sánchez, 2006).

Tabla 15

Resumen áreas de suelos

Páramo	Área (m²)	Área (ha)	Área (km²)
Páramo andosol	24944335.0	2494.43	24.94
Páramo andosol-Leptosol	496102.5	49.61	0.50

Tabla 16

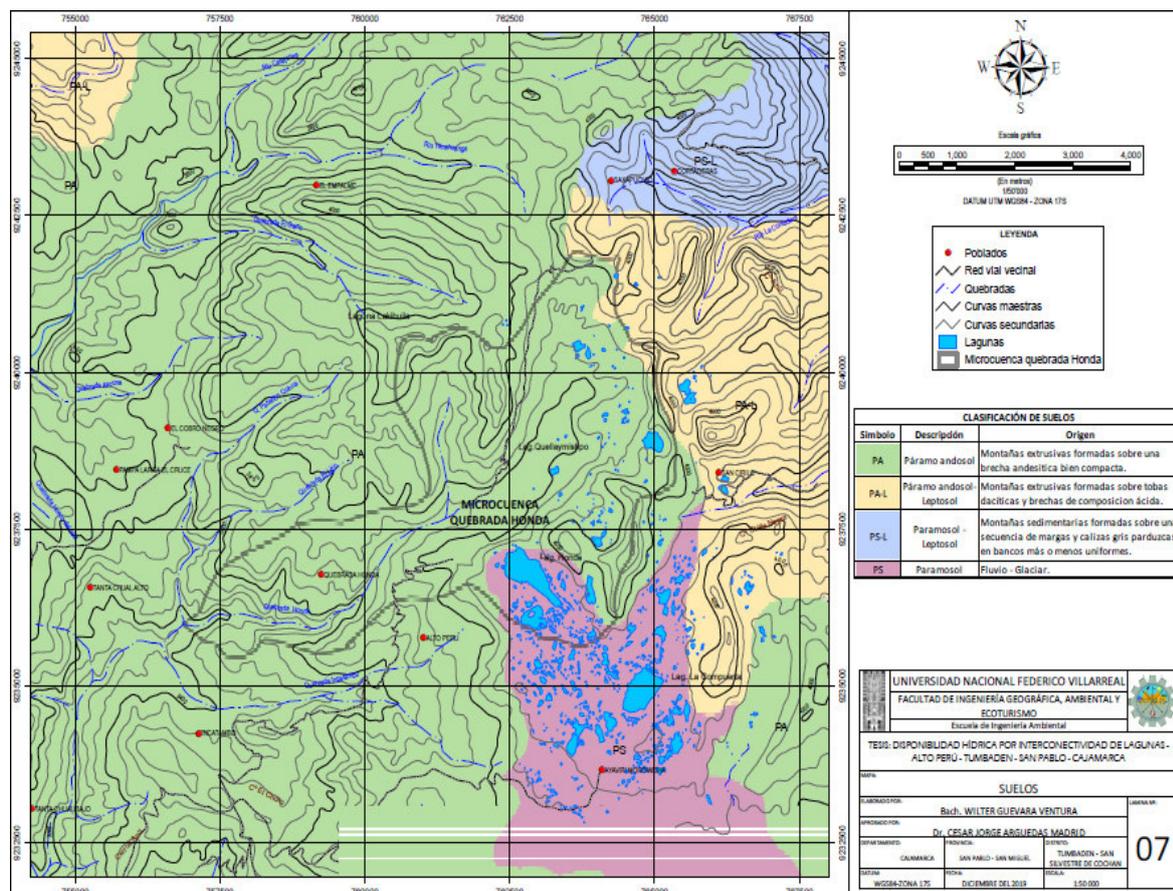
Resumen asociación, consolidación, origen de suelos

Origen	
Paramo andosol	Altiplanicies extrusivas formadas sobre tobas dacíticas y brechas de composición ácida.
Paramo andosol	Montañas extrusivas formadas sobre una brecha andesítica bien formada.
Paramo andosol - Leptosol	Altiplanicies intrusivas formadas sobre gruesos estratos de rocas volcánicas como los piroclásticos.

Fuente: RENAMA-Cajamarca.

Tabla 17

Mapa: suelos



3.2.2.8 Geomorfología. Las características morfológicas de la microcuenca de la zona de estudio como: área total, perímetro, longitud, altura máxima y mínima, han sido determinadas a través de la información topográfica de las cartas nacionales (escala 1: 100,000), google y levantamiento topográficos procesados en ArcGis, procesada a través de hojas de cálculo Excel, con lo cual se ha procesado el modelo digital del terreno, hidrografía, delimitación de cuenca.

3.2.2.9 Unidades geomorfológicas.

3.2.2.9.1 Curvas características de la microcuenca.

Curva hipsométrica. Es la curva que, puesta en coordenadas rectangulares, representa la relación entre la altitud y la superficie de la microcuenca que queda sobre esa altitud. (Béjar, 2014, p. 35)

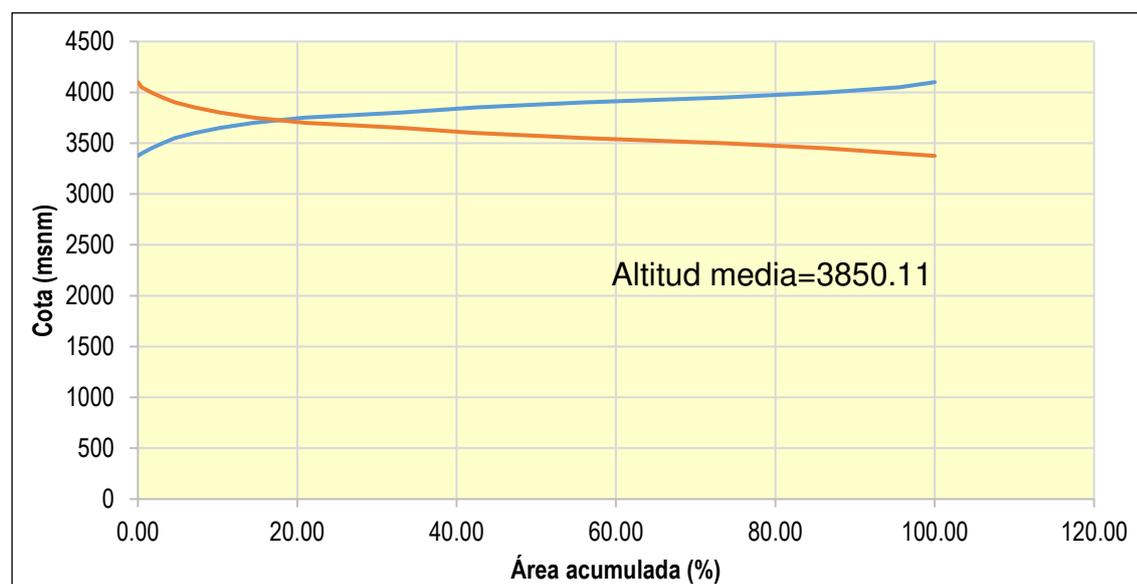
Tabla 18

Área y cotas para elaborar curva hipsométrica

Área (km ²)	Área (%)	Área acumulada (%)	Cota (msnm)	Cota (msnm)
0	0%	0.00	3375	4100
0.123923	0.49	0.49	3400	4050
0.302448	1.19	1.68	3450	4000
0.36201	1.42	3.10	3500	3950
0.389734	1.53	4.63	3550	3900
0.642209	2.52	7.16	3600	3850
0.80785	3.18	10.33	3650	3800
1.082047	4.25	14.58	3700	3750
1.604525	6.31	20.89	3750	3700
3.094371	12.16	33.05	3800	3650
2.377672	9.35	42.40	3850	3600
3.50121	13.76	56.16	3900	3550
4.40865	17.33	73.49	3950	3500
3.289642	12.93	86.42	4000	3450
2.315583	9.10	95.52	4050	3400
1.138562	4.48	100.00	4100	3375
25.440436				

Figura 18

Curva hipsométrica



Curva de frecuencia de altitudes. Es la representación gráfica, de las distribuciones en porcentaje de las superficies ocupadas por las diferentes altitudes. (Béjar, 2014, p. 37)

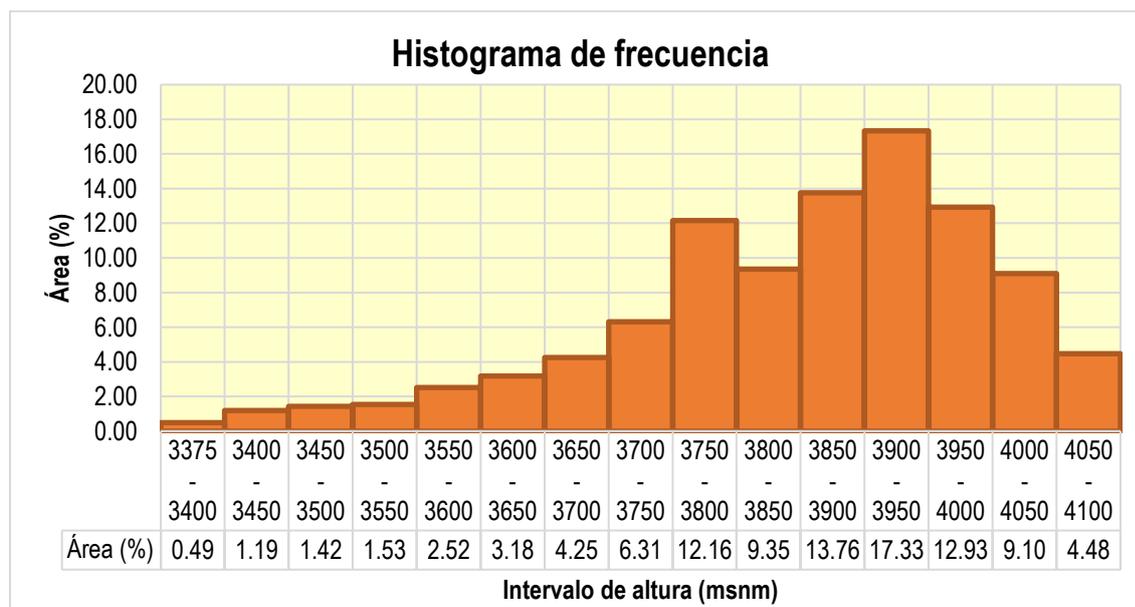
Tabla 19

Curva de frecuencia de altitudes

Intervalo (msnm)	Área (km ²)	Área (%)
3375- 3400	0.12	0.49
3400- 3450	0.30	1.19
3450- 3500	0.36	1.42
3500- 3550	0.39	1.53
3550- 3600	0.64	2.52
3600- 3650	0.81	3.18
3650- 3700	1.08	4.25
3700- 3750	1.60	6.31
3750- 3800	3.09	12.16
3800- 3850	2.38	9.35
3850- 3900	3.50	13.76
3900- 3950	4.41	17.33
3950- 4000	3.29	12.93
4000- 4050	2.32	9.10
4050- 4100	1.14	4.48
Total	25.44	100.00

Figura 19

Histograma de altitudes



Pendiente media del cauce principal. La pendiente media de la quebrada de la microcuenca, es un parámetro importante, en el estudio del comportamiento del recurso hídrico. El agua superficial concentrada en los lechos fluviales escurre con una velocidad que depende directamente de la declividad de éstos, así a mayor declividad habrá mayor velocidad de escurrimiento.

$$Lc = \frac{(HM - hm)}{1000 * L} = \frac{(4100 - 2700)}{1000 * 31.27} = 0.0448$$

Expresado en porcentaje serie:

Dónde:

HM = Cota mayor

Hm = Cota menor

L = Longitud del curso de agua más largo.

Reemplazando

$$Lc = \frac{(4100 - 3375)}{1000 * 5.37} = \frac{(725)}{5365,23} = 0.14$$

La pendiente media del cauce principal es de 14 %

Sm=Pendiente media de la cuenca

Reemplazando valores en la formula se tiene la pendiente media de las microcuencas

Las lagunas varias de 2% hasta 11%

3.2.2.10 Parámetros geomorfológicos. Luego de haber delimitado la microcuenca de estudio, se procedió a calcular sus parámetros geomorfológicos más importantes. Para ello

se utilizó métodos indirectos convencionales de generación de descargas, valores que fueron calibrados con los aforos realizados durante las salidas de campo. Se describe la metodología empleada, para el cálculo de dichos parámetros, que son los más importantes.

3.2.2.10.1 Área de la microcuenca. Es la superficie, del área de estudio, expresada en km² hectáreas. Para ello se utilizó el programa ArcGis, habiendo delimitado, la microcuenca Quebrada Honda y tiene un área de 25.44 km².

3.2.2.10.2 Ancho medio.

$$\Delta m = \frac{A}{L} \text{ km}$$

Dónde:

A = área en km²

L = longitud del río más largo

$$\Delta m = \frac{A}{L} = \frac{25.44 \text{ km}^2}{7.37 \text{ km}} = 3.45 \text{ km}$$

3.2.2.10.3 Perímetro de la microcuenca. Constituido por la longitud del límite externo área delimitada se expresa en km, se utiliza en la fórmula del índice de compacidad, comprende un perímetro de 27.62 km.

3.2.2.10.4 Índice de compacidad (índice de gravelious). Es la relación entre el perímetro de la microcuenca y el perímetro equivalente a una circunferencia.

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

$$K = 0.28 * \frac{27.29}{\sqrt{25.88}}$$

$$K = 1.5$$

$$K > 1$$

La microcuenca Quebrada Honda es de forma alargada, entonces existe o se reduce la probabilidad de que sea cubierta en su totalidad por una tormenta.

Tabla 20

Índice de compacidad

Microcuenca	A KM	P KM	Ic	FACTOR	√S
Quebrada Honda	25.88	27.63	1.5	0.28	5.09

3.2.2.10.5 Factor forma. Es la relación entre el ancho medio de la microcuenca y la longitud del curso de agua más largo de dicha cuenca, se expresa de la siguiente manera:

$$Ff = \frac{Am}{l^2}$$

Dónde:

Ff= Factor forma

Am=Ancho medio

L= Longitud de curso de agua principal (km)

Por lo tanto:

$$Ff = \frac{3.45}{7,37^2} = \frac{3.45}{54.32} = 0.062$$

Con los valores de coeficiente de compacidad de 1.5 y el factor forma 0.062 se puede concluir que es una cuenca con una respuesta lenta o retardada a la esorrentía.

3.2.2.10.6 Grado de ramificación. Se considera el número de bifurcaciones que tiene sus tributarios, asignándoles un orden a cada uno de ellos en forma creciente, desde el inicio de la divisoria de aguas hasta llegar al curso principal o punto de aforo, la microcuenca Quebrada Honda es de orden 2.

3.2.2.10.7 Extensión media del escurrimiento superficial. Es la distancia media en línea recta que el agua precipitada tendrá que recurrir para llegar al lecho de un curso de agua a menor tiempo.

Se expresa de la siguiente forma:

$$Es = \frac{A}{4 Li}$$

A= área de la microcuenca

Li= longitud total de los ríos en Km.

$$Es = \frac{25.80 \text{ km}^2}{4 * 7,37 \text{ km}}$$

Es= 0.875 km

3.2.2.10.8 Longitud de río principal. Se refiere a la longitud del curso de agua más largo de la cuenca de estudio, se expresa en km y su valor es de 7.37 km.

3.2.2.10.9 Alturas mayor, menor y media. Corresponde a la cota geográfica nacional que se obtiene de las cartas en digital o del GPS., tanto para la parte más alta de la

cuenca, como de la parte más baja o punto de interés para el estudio y la media es el promedio aritmético, se expresan en msnm.

Tabla 21

Altitudes

Altura máxima (msnm)	Altura media (msnm)	Altura mínima (msnm)
4050	3854.785	3375

3.2.2.10.10 Rectángulo equivalente. Representa a la microcuenca con la misma área, perímetro también con el mismo índice de Gravelious, igual distribución de alturas, en el rectángulo las curvas de nivel se convierten en rectas paralelas al lado menor. (Béjar, 2014, p. 42)

Con la siguiente expresión para encontrar el lado mayor:

$$L = \frac{K\sqrt{A}}{1.12} \left(1 + \frac{\sqrt{K^2 - 1.12^2}}{K}\right)$$

Con la siguiente expresión para encontrar el lado menor

$$I = \frac{K\sqrt{A}}{1.12} \left(1 - \frac{\sqrt{K^2 - 1.12^2}}{K}\right)$$

Dónde:

L=longitud del lado mayor del rectángulo

I= longitud del lado menor del rectángulo

K=índice de Gravelius

A=área de la Cuenca

Determinando el valor del lado mayor

$$L = \frac{1.5\sqrt{25.88}}{1.12} \left(1 + \frac{\sqrt{1.5^2 - 1.12^2}}{1.5} \right) = 11.33 \text{ km}$$

Determinando el valor del lado menor

$$I = \frac{1.5\sqrt{25.88}}{1.12} \left(1 - \frac{\sqrt{1.5^2 - 1.12^2}}{1.5} \right) = 2.26 \text{ km}$$

Transformación de la microcuenca a un rectángulo

Tabla 22

Rectángulo equivalente

Áreas (km ²)	Lado menor del rectángulo (km)	Longitud de diseño (km)
0.124	2.28	0.05
0.302	2.28	0.13
0.362	2.28	0.16
0.390	2.28	0.17
0.642	2.28	0.28
0.808	2.28	0.35
1.082	2.28	0.47
1.605	2.28	0.70
3.094	2.28	1.36
2.378	2.28	1.04
3.501	2.28	1.54
4.409	2.28	1.93
3.290	2.28	1.44
2.316	2.28	1.02
1.139	2.28	0.50

Figura 20*Rectángulo equivalente*

0.13 km2
0.16 km2
0.17 km2
0.28 km2
0.35 km2
0.47 km2
0.70 km2
1.36km2
1.04km2
1.54km2
1.93 km2
1.44 km2
1.02km2
0.05 km2

3.2.2.10.11 *Coefficiente de torrencialidad.* Relaciona el número de cursos de agua de primer orden con el área total de la cuenca su fórmula es.

$$Ct = \frac{N}{A}$$

Donde

N = número de ríos

A = área total de la cuenca

Reemplazando:

$$C_t = \frac{2}{25.88} = 0.08$$

3.2.2.10.12 Índice de pendiente. Es el valor medio de las pendientes, se reduce el rectángulo equivalente y está dada por la siguiente formula:

$$I_p = \frac{\sum_{n=2}^n \sqrt{B_i(a_n + a_{n-1})}}{1/\sqrt{L}}$$

Dónde:

I_p = índice de pendiente

a_1, a_2, \dots, a_n = cotas de las n curvas de nivel consideradas

L = longitud del lado mayor del rectángulo equivalente.

n = número de curvas de nivel existentes en el rectángulo, incluidos los extremos.

Tabla 23*Índice de pendiente*

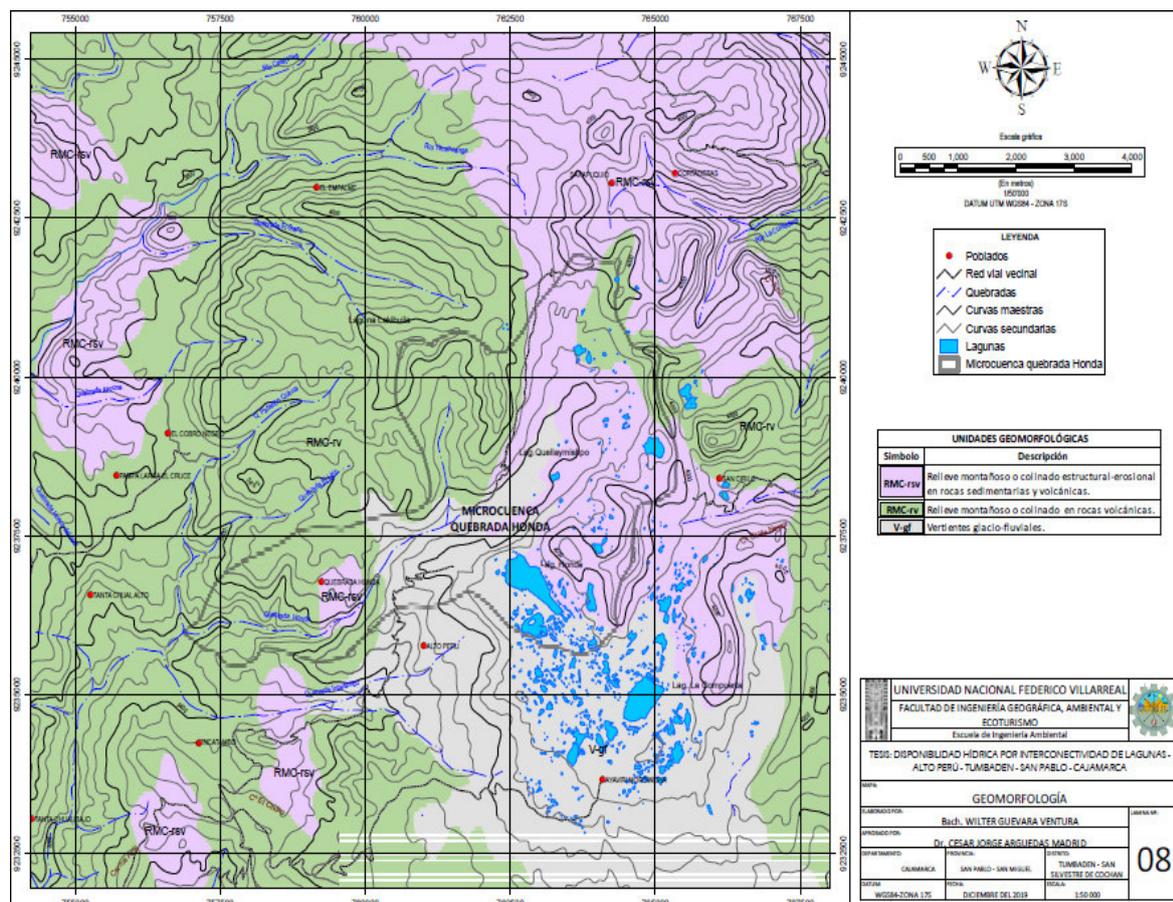
Rango (msnm)	Área (km²)	A cota menor (msnm)	B cota mayor (msnm)	D (B-A) *km	E área (km²) *D	E^{0.5}
3375-3400	0.124	3375	3400	0.025	0.003	0.056
3400-3450	0.302	3400	3450	0.05	0.015	0.123
3450-3500	0.362	3450	3500	0.05	0.018	0.135
3500-3550	0.390	3500	3550	0.05	0.019	0.140
3550-3600	0.642	3550	3600	0.05	0.032	0.179
3600-3650	0.808	3600	3650	0.05	0.040	0.201
3650-3700	1.082	3650	3700	0.05	0.054	0.233
3700-3750	1.605	3700	3750	0.05	0.080	0.283
3750-3800	3.094	3750	3800	0.05	0.155	0.393
3800-3850	2.378	3800	3850	0.05	0.119	0.345
3850-3900	3.501	3850	3900	0.05	0,175	0.418
3900-3950	4.409	3900	3950	0.05	0,220	0.470
3950-4000	3.290	3950	4000	0.05	0,164	0.406
4000-4050	2.316	4000	4050	0.05	0,116	0.340
4050-4100	1.139	4050	4100	0.05	0,057	0.239
Total	25.440				1.269	3.959

$$I_p\% = \frac{\sqrt{(\text{Diferencia de altura en KM}) * (\text{Area parcial en km}^2)}}{\sqrt{L}} =$$

$$I_p = 1,176\%$$

Tabla 24

Mapa: geomorfología



3.3 Variables

Tabla 25

Variables

Variable dependiente	Indicadores
Uso racional del agua	Caudal (m ³ /s) Evapotranspiración (mm) Eficiencia de riego (%) Participación de los agricultores
Variable independiente	
disponibilidad hídrica	Precipitación (mm) Aporte subterráneo (%) Uso consuntivo (m ³ /seg) Temperatura (°C) Instrumentos de medición

3.4 Población y muestra

3.4.1 Población

En el ámbito en la microcuenca Quebrada Honda, se extiende entre los caseríos Quebrada Honda teniendo una población de 124 (hombres 57 y mujeres 67) y Alto Perú con una población de 143 (hombres 66 y mujeres 77) según (INEI. (2017). Directorio Nacional de Centros Poblados. 12/10/2018, web: <http://www.censos2017.pe/publicaciones/>

3.4.1.1 Características de la vivienda. La población que se encuentra en el área de estudio, cuenta con servicios de agua entubada en un 63% y alrededor de 37% aún carece de este elemental recurso hídrico abasteciéndose de los manantiales, acequias, carece en forma general de energía eléctrica.

La mayor parte de la población, cuenta con letrinas públicas, lo que se requiere es proyecto de mejoramiento y ampliación del sistema de agua potable con unidades básicas de saneamiento.

3.4.1.2 Condiciones de educación y salud

Educación. Los caseríos que se encuentran en el área de estudio de la microcuenca, cuentan con sus respectivos centros educativos primarios. La población escolar es escasa, caracterizándose por presentar una población mayor de varones (70%) y mujer (30%). La población en forma general tiene primaria completa 27%, primaria incompleta 35% y secundaria completa 12% e incompleta 16% y el 10% no culminaron primarios. En el periodo intercensal 1993-2007, según área geográfica, el nivel de analfabetismo ha disminuido en 5,2 y 10,3 porcentuales en el área urbana y rural, respectivamente.

Salud. Las enfermedades más frecuentes son la parasitosis, anemia y desnutrición crónica debido al consumo de agua no tratada y las respiratorias, ambas enfermedades se presentan en mayor número en los niños, en el caserío de Quebrada Honda existe un centro de salud.

3.4.1.3 Actividades económicas.

Sistema agrícola. Así como son sembríos de productos de consumo local tales como cereales, legumbres y tubérculos la mayor parte conducen parcelas dispersas que en conjunto, son menores a las cinco hectáreas. Se observa que la agricultura tiene un retroceso atribuyendo a la falta de tecnología adecuada, factor climático en la zona, la producción de sus principales productos como la papa es de autoconsumo y en menor proporción para la comercialización.

Sistema pecuario. La ganadería es la principal actividad de los pobladores de esta zona. Esta se combina con la crianza de ovinos, equinos y porcinos. Los agentes productivos vinculados a las actividades agropecuarias y al uso de los recursos naturales se caracterizan por ser todas unidades de carácter individual y familiar y de tamaño reducido. Las familias se dedican a la ganadería dependiendo de esta actividad la mayor parte de los ingresos económicos, así como la venta de carne. A pesar que en su mayoría los ganaderos de la zona no han mejorado sus pastos y cruce de raza, su producción de leche es vendida a precio módico de 0.9 céntimos a las transnacionales como Gloria y Nestlé.

3.4.2 Muestra

Se determinó tomando una muestra de agua de cada laguna Elvión y laguna Negra para análisis físico químico y microbiológico para comparar los parámetros que están fuera del Límite Máximo Permisible (LMP), así mismo se elaboró un mapa del tipo de rocas presentes en la zona de estudio.

3.5 Instrumentos

3.5.1 Información básica

3.5.1.1 Información cartográfica.

- mapa de ubicación política: escala 1:2 000 000
- mapa de accesibilidad: escala 1:750 000

- carta nacional. 1:100 000
- carta geológica. 1:100 000

3.5.1.2 Planos.

- **Geología regional:** útil para conocer las unidades geológicas regionales 1: 25 000 en formato A3.
- **Geología local:** adecuado para conocer las unidades geológicas locales. Escala 1: 25 000 en formato A3.
- **Geología subterránea:** apto para indicar la composición mineralógica de las rocas. Escala 1: 2 500 en formato A3.
- **Microcuencas:** adecuado para conocer los flujos de aguas. Escala 1: 25 000 en formato A3.
- **Puntos de monitoreo de calidad de agua:** escala 1: 25 000 en formato A3.

3.5.1.3 Software. Utilizados para el procesamiento de la información cartográfica, así como para el procesamiento de los resultados de la investigación y de datos de fuentes citadas.

- ArcGIS 10.2
- AutoCAD Land 2016
- Microsoft Office (Word, Excel y PowerPoint).

3.5.2 Información hidrometeorológica

Permite encontrar datos atmosférica (evaporación, condensación, precipitación) y terrestre (infiltración).

Se contó con los registros históricos de once (11) estaciones meteorológicas, que a continuación se indica:

3.6 Procedimiento

3.6.1 Cálculo de aforos

Método de Rafael Heras. Se desarrolló en España, se puede emplear en cualquier parte del mundo, utiliza parámetros ecológicos propios de cada lugar como son:

- área de cuenca,
- precipitación,
- índice de compacidad,
- índice de pendiente,
- coeficientes ecológicos.

$$A = S^\alpha * p^\beta * (\Gamma I_c + \delta I_p) * 10^3$$

Dónde:

A = Aportación de la cuenca (Hm³)

S = Superficie de la cuenca, en (km²)

I_p = Índice de pendiente

I_c = Índice de compacidad

p = Precipitación, en mm

$$0.8 \leq \alpha \leq 1.0$$

$$0.2 \leq \beta \leq 1.3$$

$$0.7 \leq \delta \leq 1.0$$

Reemplazando la precipitación mensual en la formula, obtenidos las descargas medias, generadas para la microcuenca Quebrada Honda.

3.6.2 *Interconectividad superficial*

Se observó los canales naturales entre las lagunas Elvión y Negra, determinando una interconectividad entre sí, la cual se aforo para determinar la cantidad de agua que se transmitía de la laguna Negra a la laguna Elvión.

3.6.3 *Interconectividad sub superficial*

Se comparó los análisis físicos-químicos y microbiológicos entre lagunas para determinar los componentes similares que estén fuera del LMP para determinar qué relación existen entre sí.

3.6.4 *Interconectividad subterránea*

Se realizó un estudio geológico de la zona de influencia, asimismo de las distancias que existe entre lagunas y de qué tipo de roca está compuesto este espacio.

3.7 *Análisis de datos*

3.7.1 *Revisión bibliográfica*

Comprende todas las actividades relacionadas con la búsqueda de información escrita sobre el tema de investigación, se reúne y discute, toda la información recuperada.

3.7.2 *Recolección de datos*

Técnica de compilación, selección y síntesis bibliográfica, el estudio se fundamenta de textos escritos y digitales, tesis, para una visión general del problema y cumplir con los objetivos, se recopilará información acerca del estudio que se realizará para poder ubicar, medir la disponibilidad hídrica.

3.7.2.1 *Análisis de datos.* Se analizará los datos, información recopilada con el fin de establecer los resultados que permitirán fundamentar la hipótesis.

3.7.2.2 *Muestreo.* Consiste en un conjunto de reglas, procedimientos y criterios mediante los cuales se selecciona un conjunto de elementos del universo o población que representan lo que sucede en todo ese universo (Mata, 1997).

En la presente investigación se realizará el muestreo no probabilístico intencional o de conveniencia porque las muestras elegidas obedecen a criterios del investigador, intentando que sean representativas.

Las estaciones donde se desarrollará el estudio, se describen a continuación en la Tabla 28.

Tabla 27

Medida de caudales y la disponibilidad hídrica en el canal los patos

Punto	Coordenadas UTM WGS84		Descripción
	Este (x)	Norte (y)	
Laguna Negra	762821.44	9236879.09	toma de caudales, cantidad y calidad
Laguna Elvi6n	762821.44	9236879.09	toma de caudales, cantidad y calidad

3.7.2.3 Análisis y resultados finales. Se validará la información procesada que garantizará la adecuada descripción del proceso de medir la disponibilidad hídrica (oferta y demanda hídrica).

IV. Resultados

4.1 Hidrografía

La microcuenca Quebrada Honda pertenece a la cordillera de los andes del norte del Perú, enclavada en una meseta alto andina, su descarga inicia en los bofedales en el cerro Cortadera, límite con el caserío Pingullo, recibe también el aporte de la laguna Quellaymishpa y en el trayecto tiene un afluente que es la laguna Elvión.

En la frontera con las provincias San Pablo, Hualgayoc, San Miguel y Cajamarca, a una altitud de 4100 msnm.

En su curso tiene una pendiente de 14% siendo un afluente del río Cochán, sobre del cual se encuentra zonas agrícolas, ganaderas de los distritos de San Silvestre de Cochán y Tumbadén.

4.1.1 *Análisis pluviométrico*

4.1.1.1 Distribución de las estaciones pluviométricas. Para este estudio de la microcuenca Quebrada Honda se ha tenido en cuenta 10 estaciones, que están distribuidas en diferentes latitudes y altitudes.

4.1.1.2 Precipitación anual. En la microcuenca Quebrada Honda contamos con una precipitación de 1253.7 mm.

4.1.1.3 Precipitación media mensual.

Tabla 28

Precipitación medias mensual

Item	Estación	Altitud msnm	Mes												Total mm/año	
			Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic		
1	Weberbauer	2675	80.9	99.3	126.2	72.5	31.5	8.8	5.7	7.9	27.7	64.1	66.7	74.5	665.9	
2	San Marcos	2293	102.1	120.6	137.4	86.5	26.2	7.2	3.4	5.9	28.3	77.9	78.1	98.6	772.2	
3	Namora	2782	111.8	126.2	155.8	96.5	38.0	11.7	5.9	7.2	29.4	89.7	79.7	100.9	852.9	
4	Sondor Matara	2854	140.1	154.2	205.4	102.6	39.7	15.2	6.6	14.6	56.0	134.5	137.1	131.7	1137.7	
5	Cajabamba	2613	132.1	148.9	169.6	113.5	39.3	10.6	7.5	8.9	41.5	116.9	102.9	130.1	1021.9	
6	bambamarca	2577	77.9	96.6	113.2	80.7	37.0	15.2	11.6	12.8	44.8	95.2	87.6	66.2	738.8	
7	Quilcate	3142	99.6	120.9	157.4	101.1	59.5	26.2	19.2	18.5	53.7	95.4	91.3	101.1	943.9	
8	San Pablo	2100	118.3	196.2	227.2	91.9	23.0	7.3	4.4	1.5	20.6	32.6	39.7	101.0	863.6	
9	Llapa	2900	118.0	161.0	205.1	125.3	44.6	15.9	7.7	11.8	42.6	83.8	71.8	93.1	980.7	
10	Chilete	856	27.7	53.2	59.7	23.9	5.2	1.1	0.2	0.7	2.2	6.8	8.7	11.6	201.0	
11.0	Promedio	100.8	127.7	155.7	89.5	34.4	11.9	7.2	9.0	34.7	79.7	76.4	90.9	817.9	1534.9	
Aporte hídrico estacional											142.5					1392.4
Porcentaje de aporte											9%					91%

4.1.1.4 Análisis de Consistencia. Los registros históricos de precipitaciones de las estaciones seleccionadas fueron sometidos a un análisis de consistencia mediante el método gráfico de hidrogramas para determinar saltos o tendencias en la serie, luego se procedió a realizar el análisis de doble masa respectivo para comprobar la correlación hidrológica entre estaciones y la influencia de las mismas variaciones meteorológicas.

Histograma de precipitaciones medias anuales, estación Augusto Weberbauer, periodo 1984 – 2016

Figura 21

Precipitación media anual, estación Augusto Weberbauer, 1984-2016

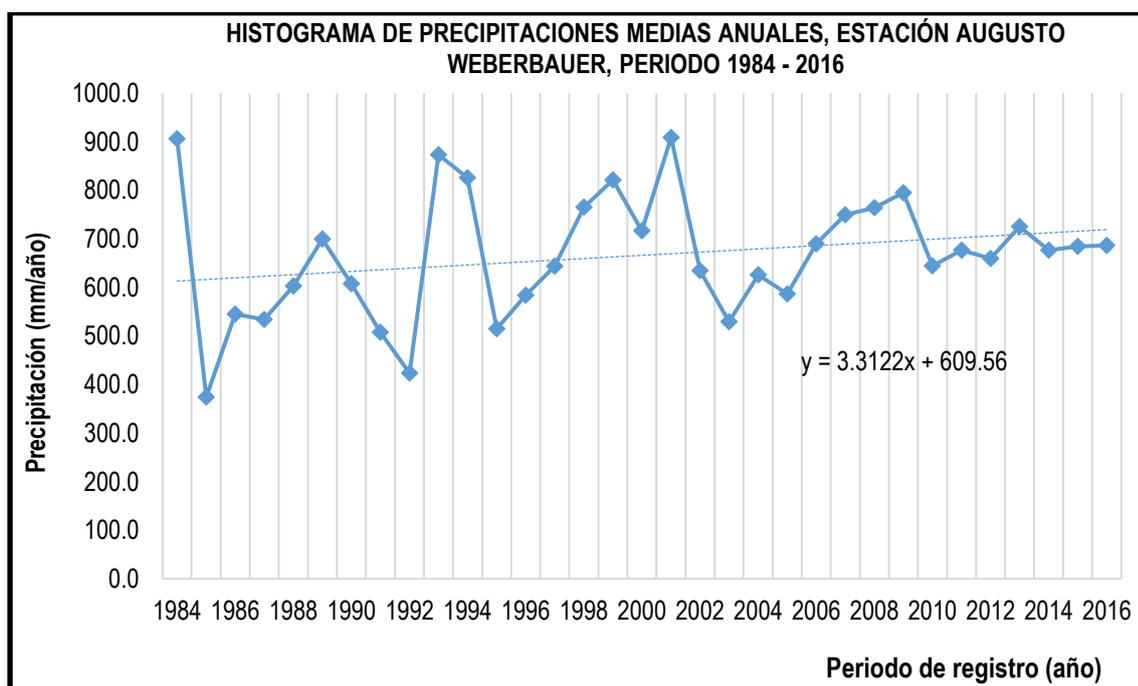
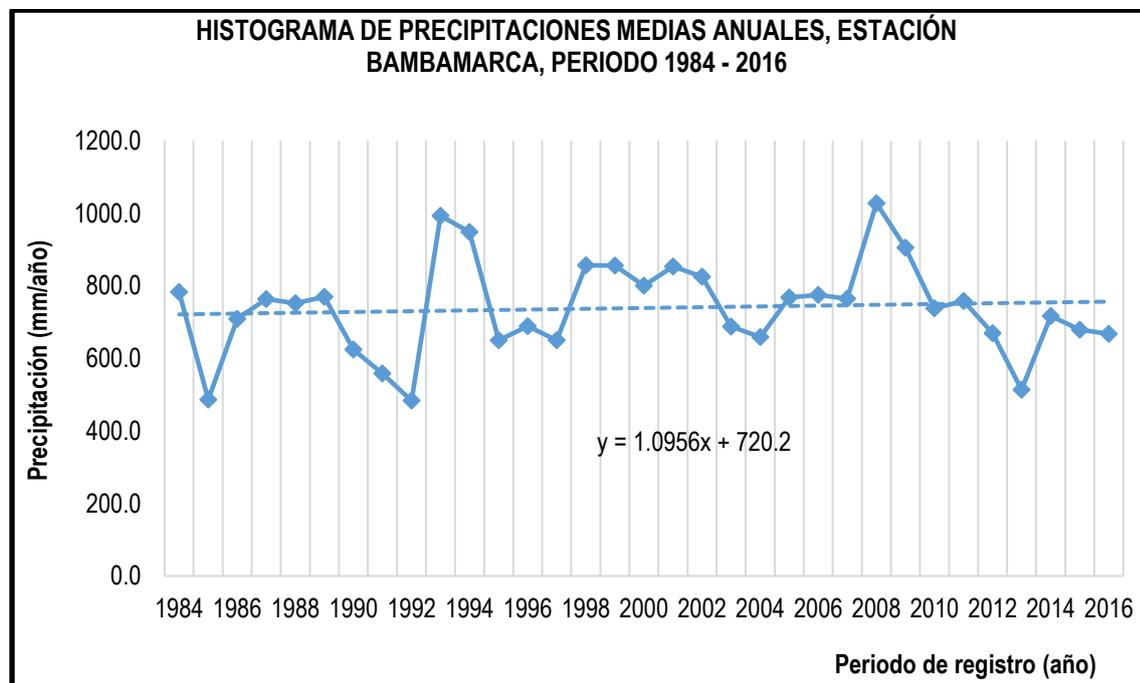


Figura 22

Precipitación media anual, estación Bambamarca, 1984-2016

**Figura 23**

Precipitación media anual, estación Cajabamba, 1984-2016

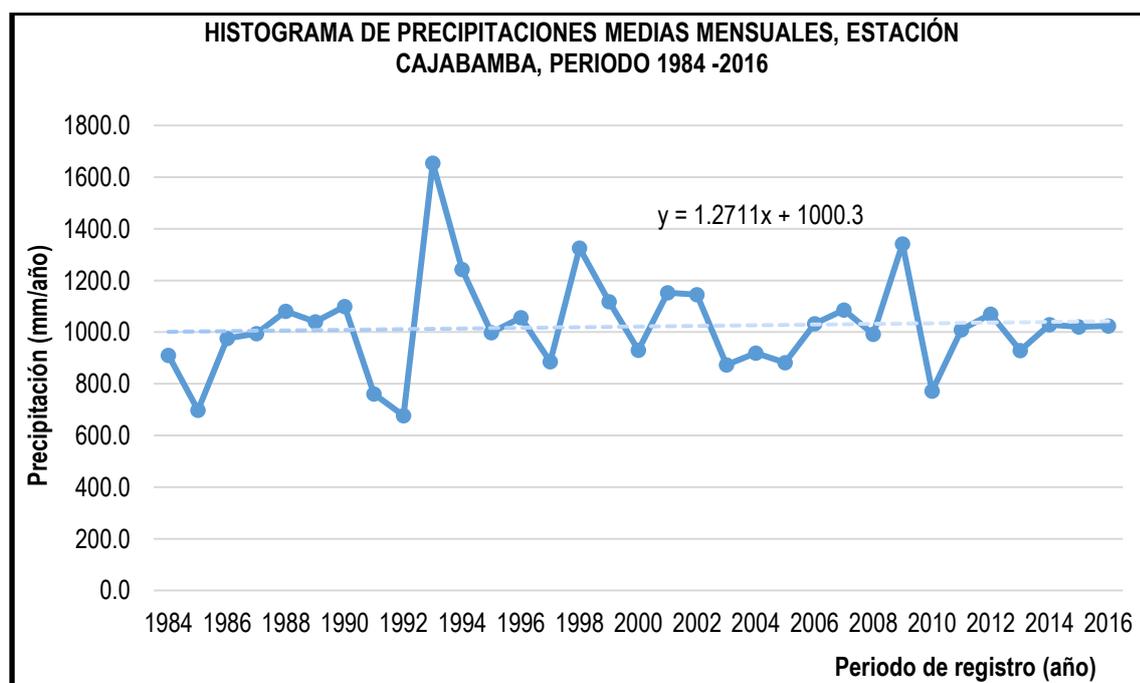


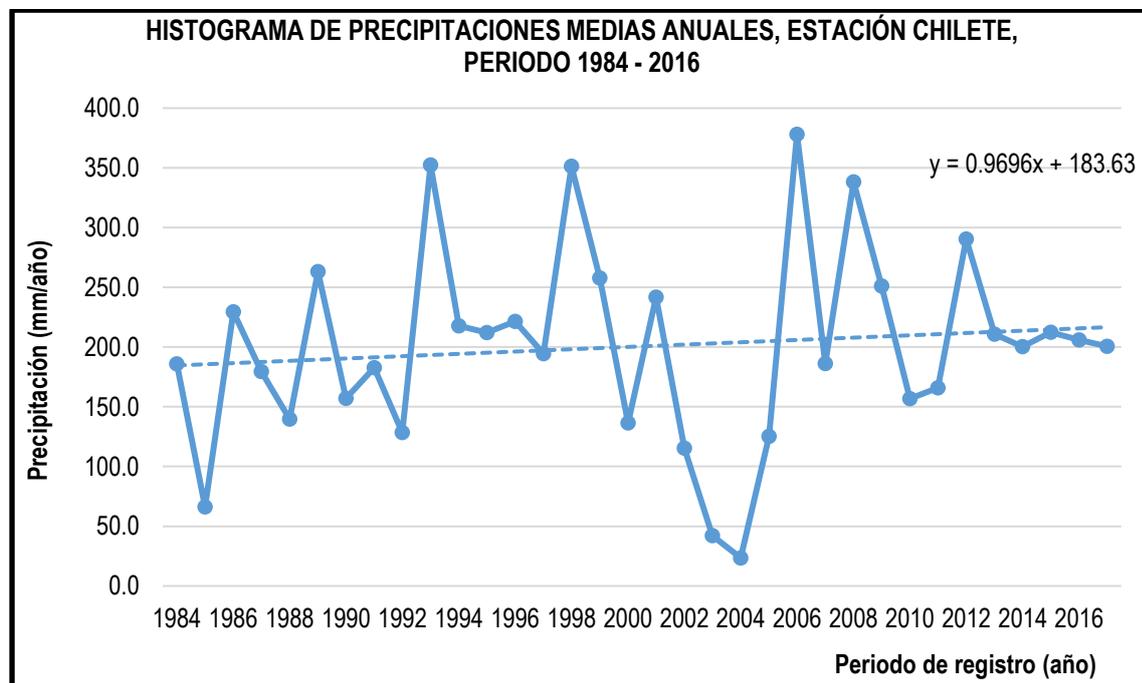
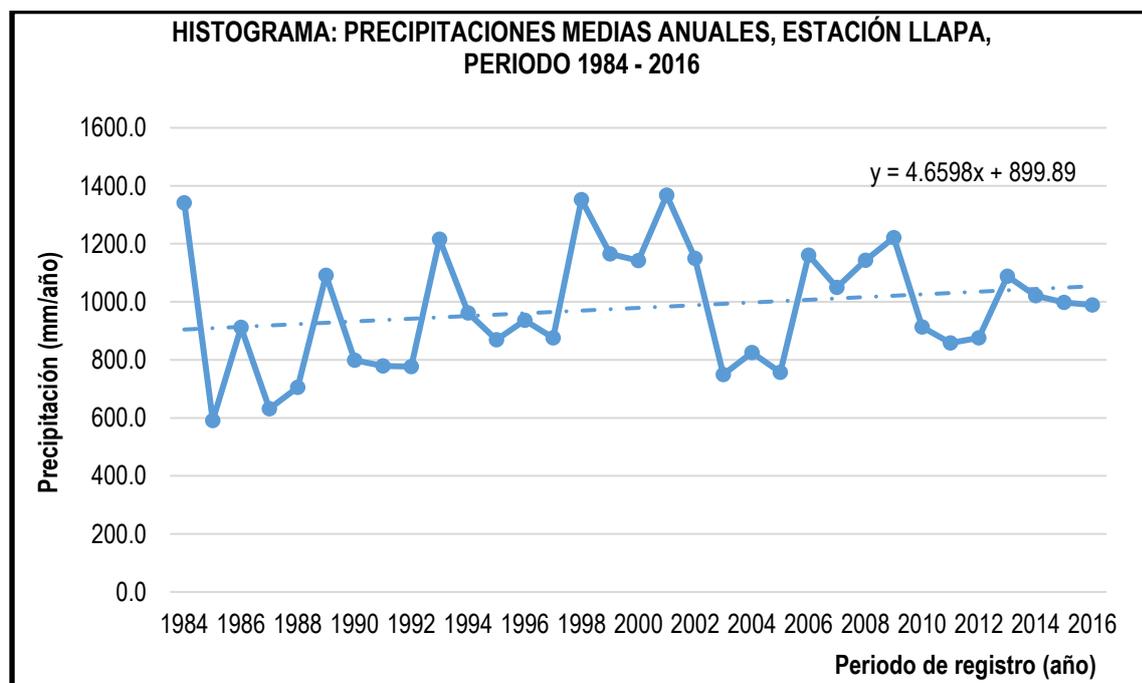
Figura 24*Precipitación media anual, estación Chilete, 1984-2016***Figura 25***Precipitación media anual, estación Llapa, 1984-016*

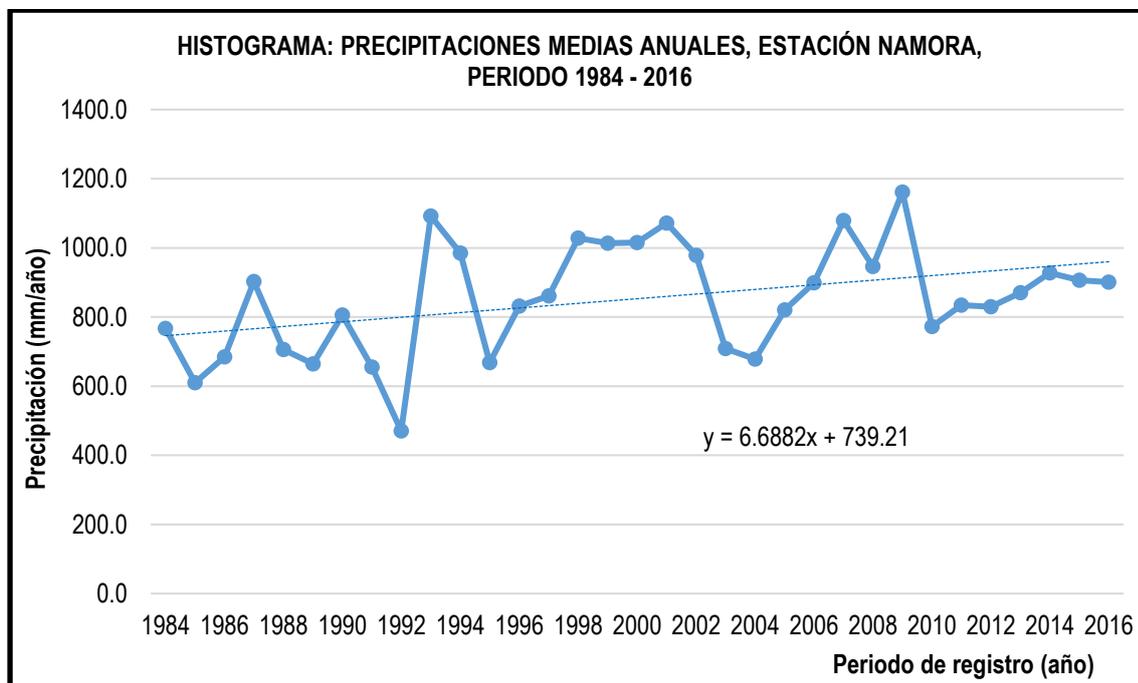
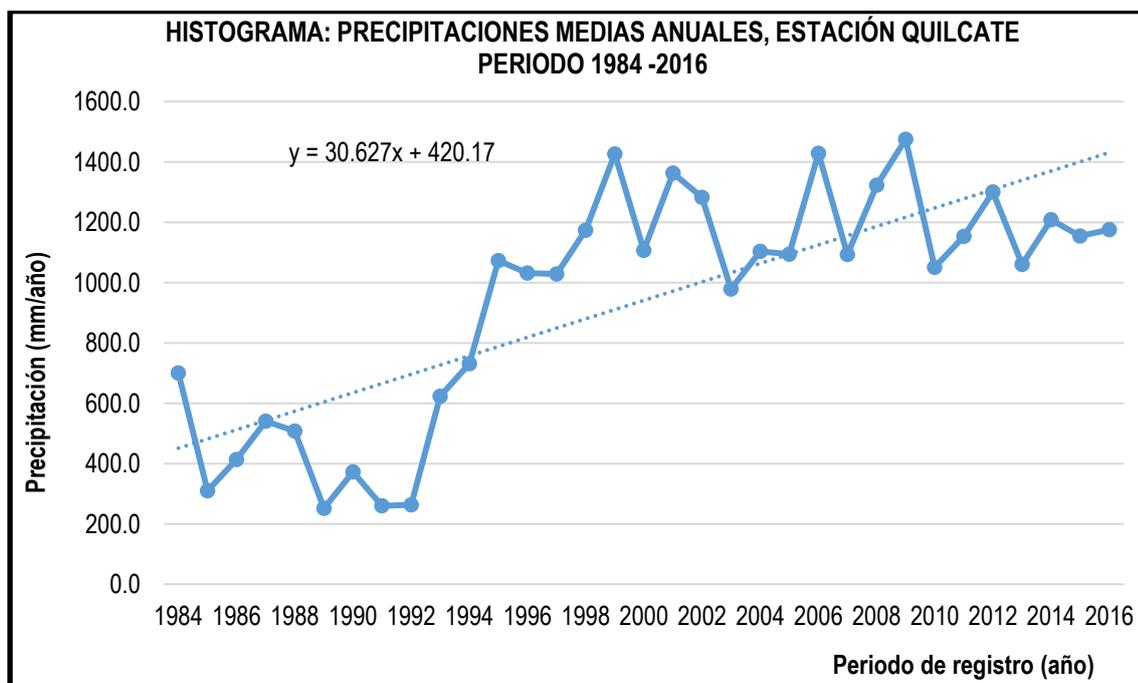
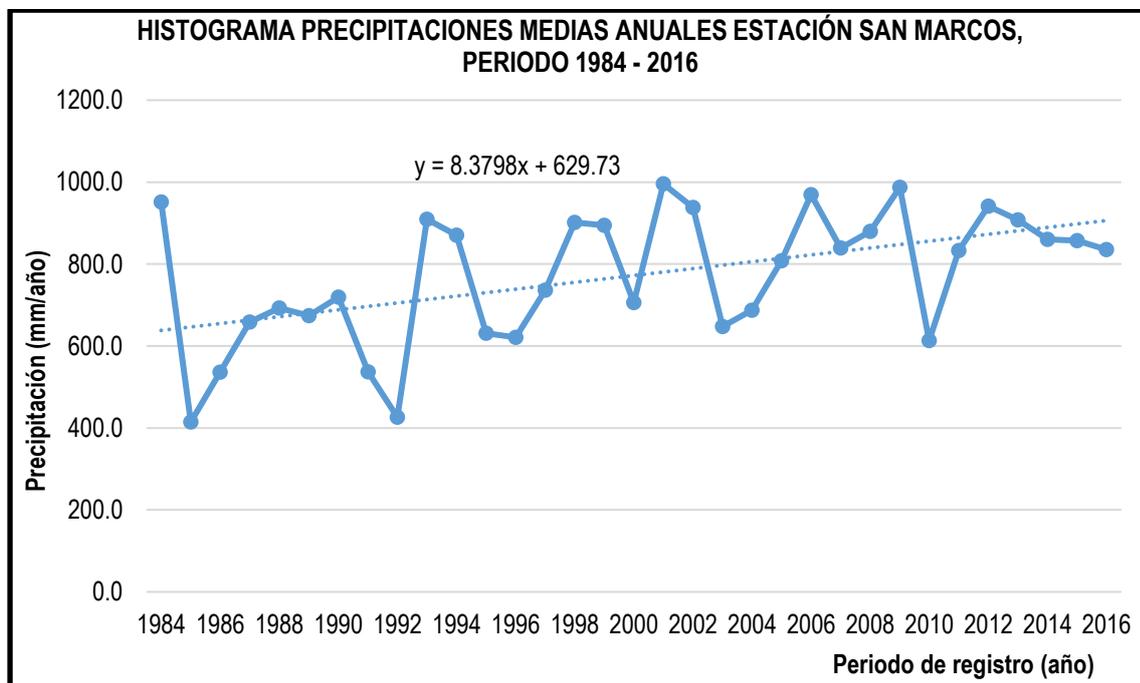
Figura 26*Precipitación media anual, estación Namora, 1984-2016***Figura 27***Precipitación media anual, estación Quilcate, 1984-2016*

Figura 28

Precipitación media anual, estación San Marcos, 1984-2016

**Figura 29**

Precipitación media anual, estación San Pablo, 1984-2016

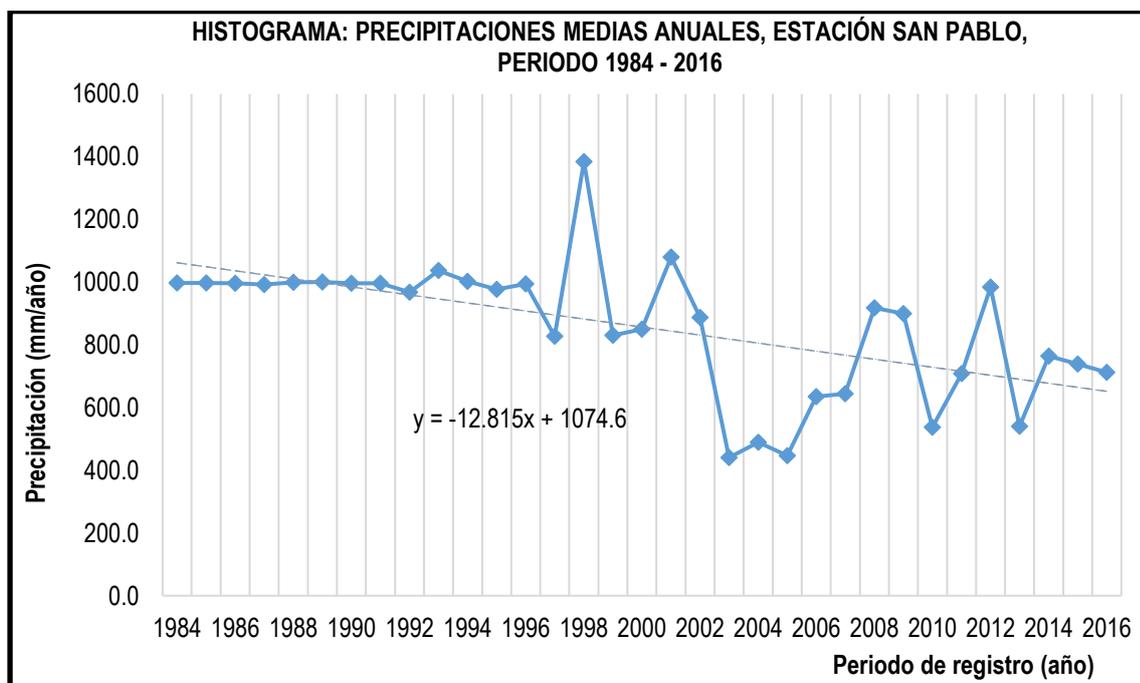
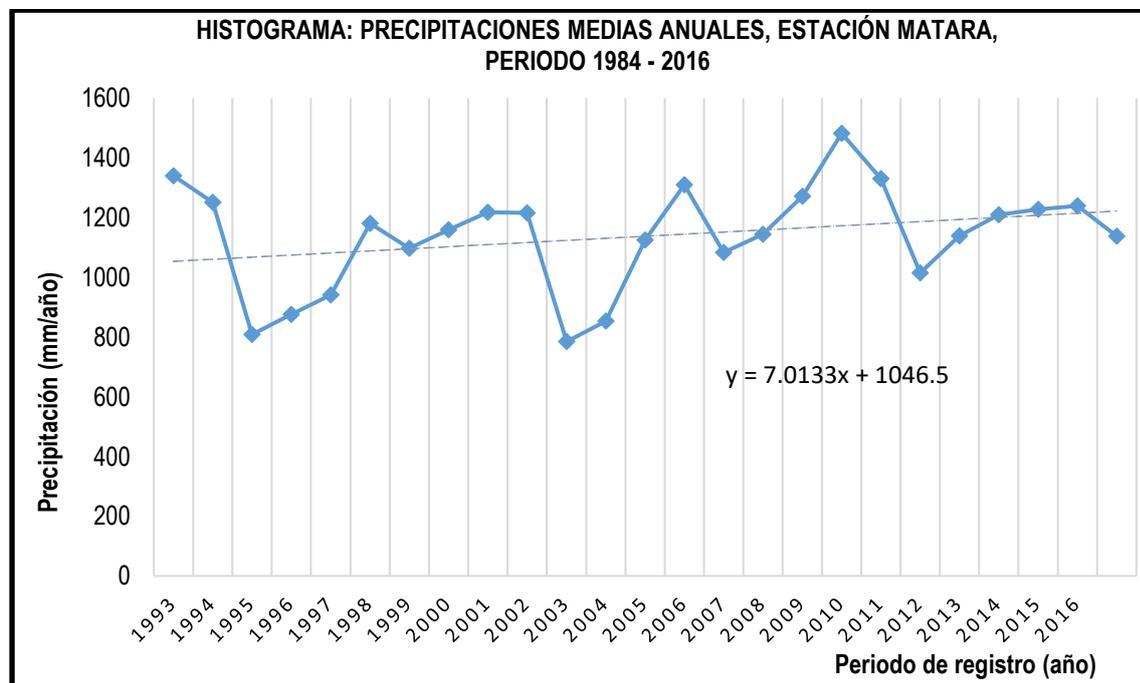


Figura 30

Precipitación media anual, estación Matara, 1984-2016



Luego se tomó precipitación vs. altura, generando una ecuación lineal en cual se reemplazando la altura media y cálculo la precipitación.

Figura 31

Gráfico: precipitación vs. altura, enero

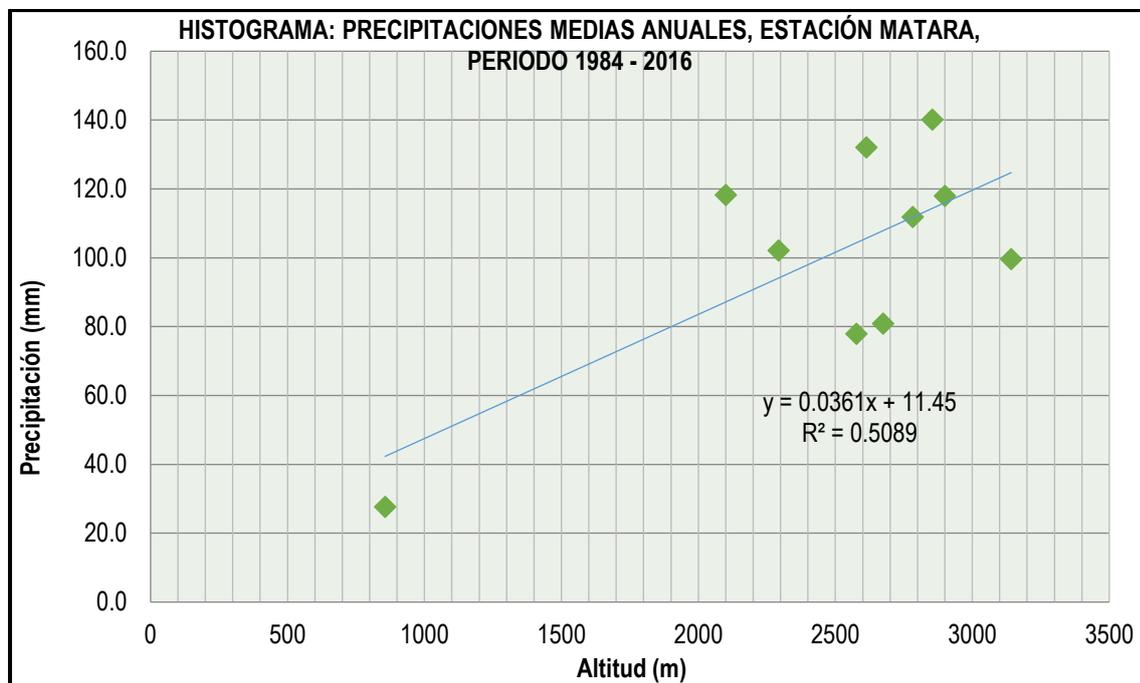
**Figura 32**

Gráfico: precipitación vs. altura, febrero

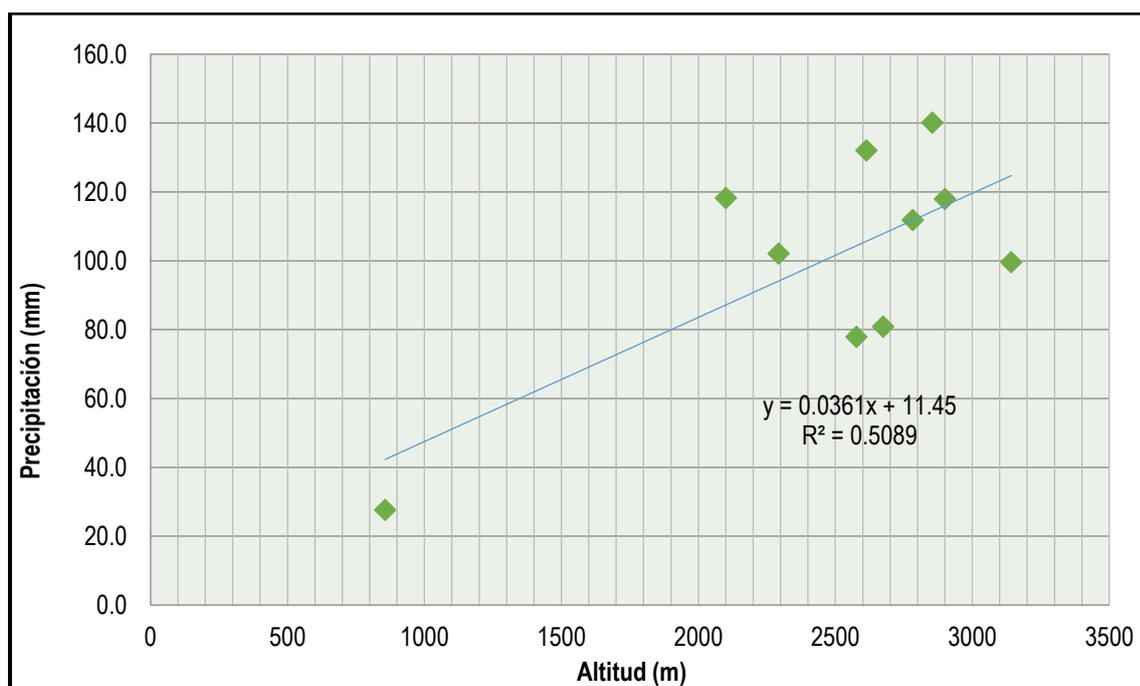


Figura 33

Gráfico: precipitación vs. altura, marzo

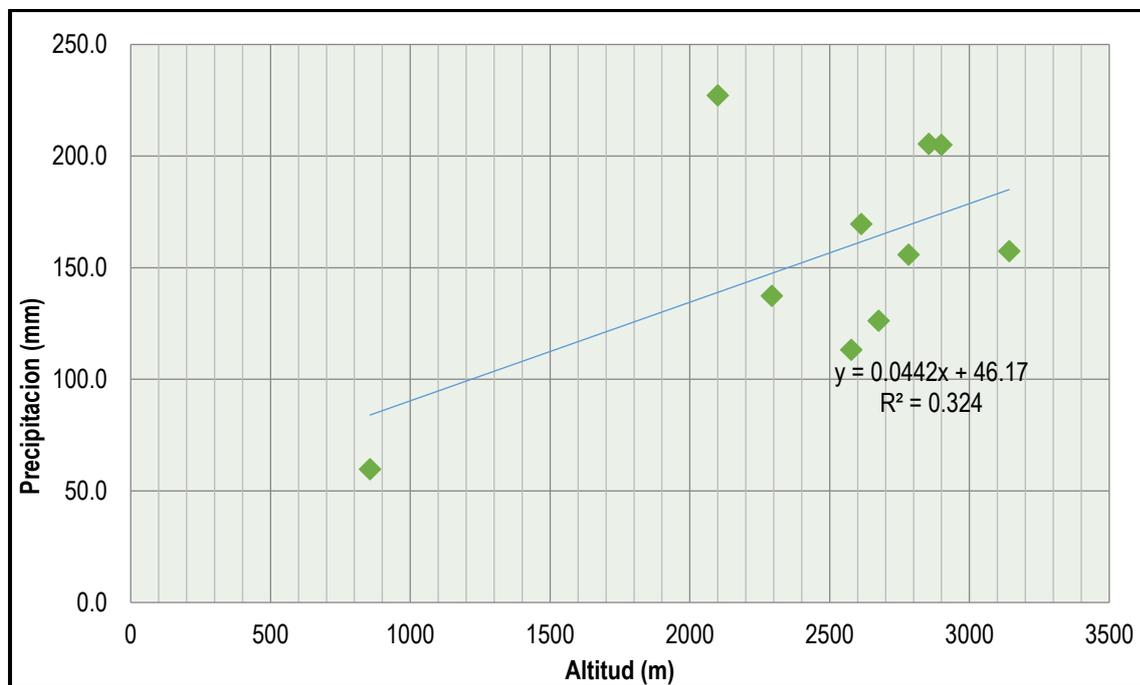
**Figura 34**

Gráfico: precipitación vs. altura, abril

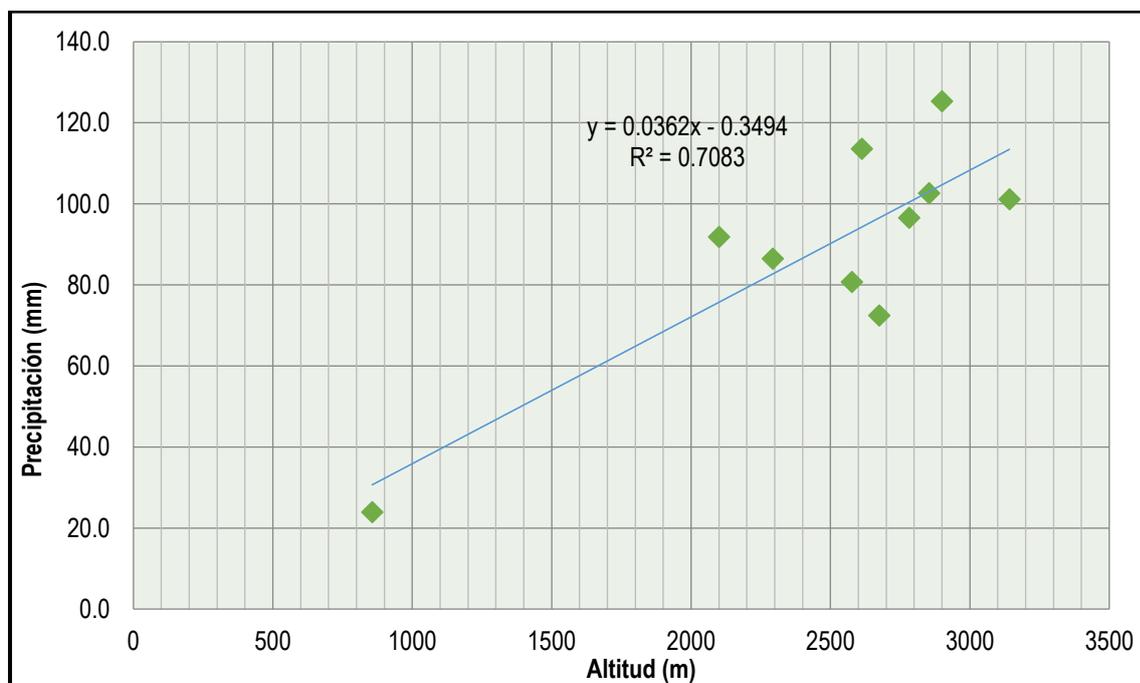


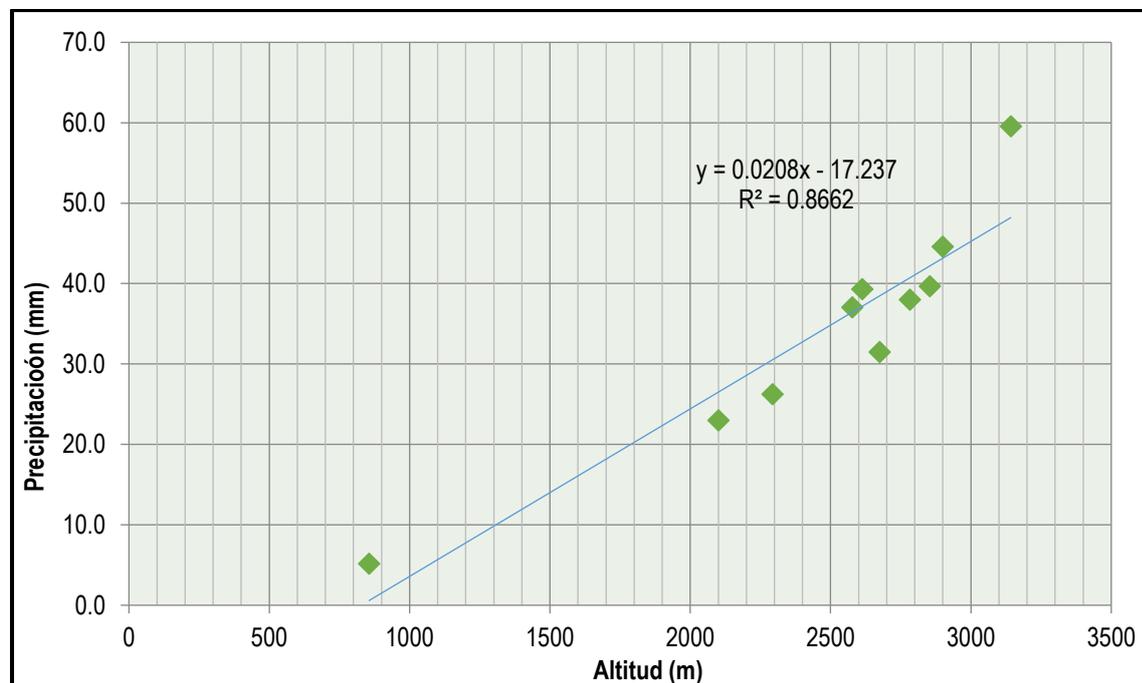
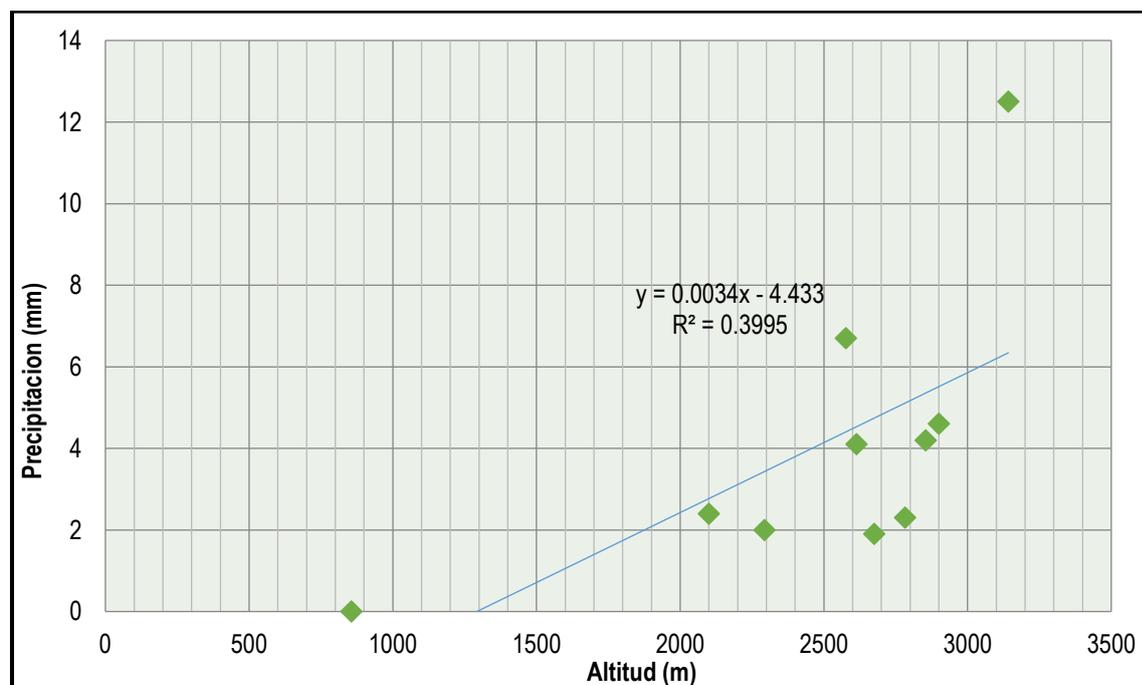
Figura 35*Gráfico, precipitación vs. altura, mayo***Figura 36***Gráfico: precipitación vs. altura, junio*

Figura 37

Gráfico: precipitación vs. altura, julio

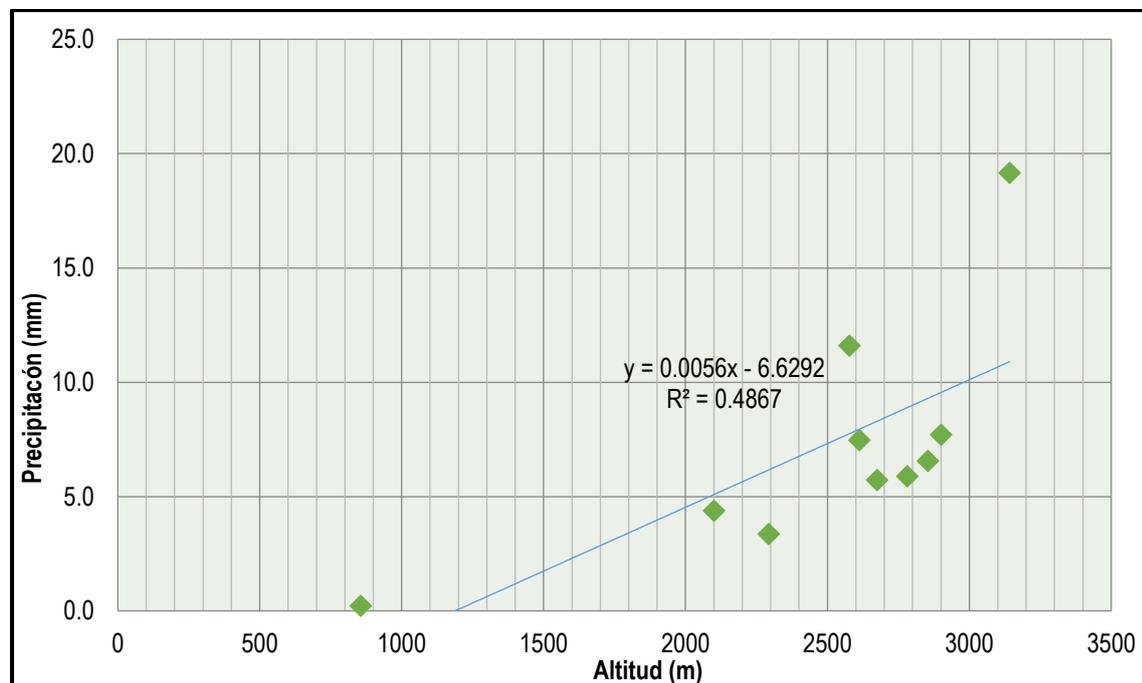
**Figura 38**

Gráfico: precipitación vs. altura, agosto

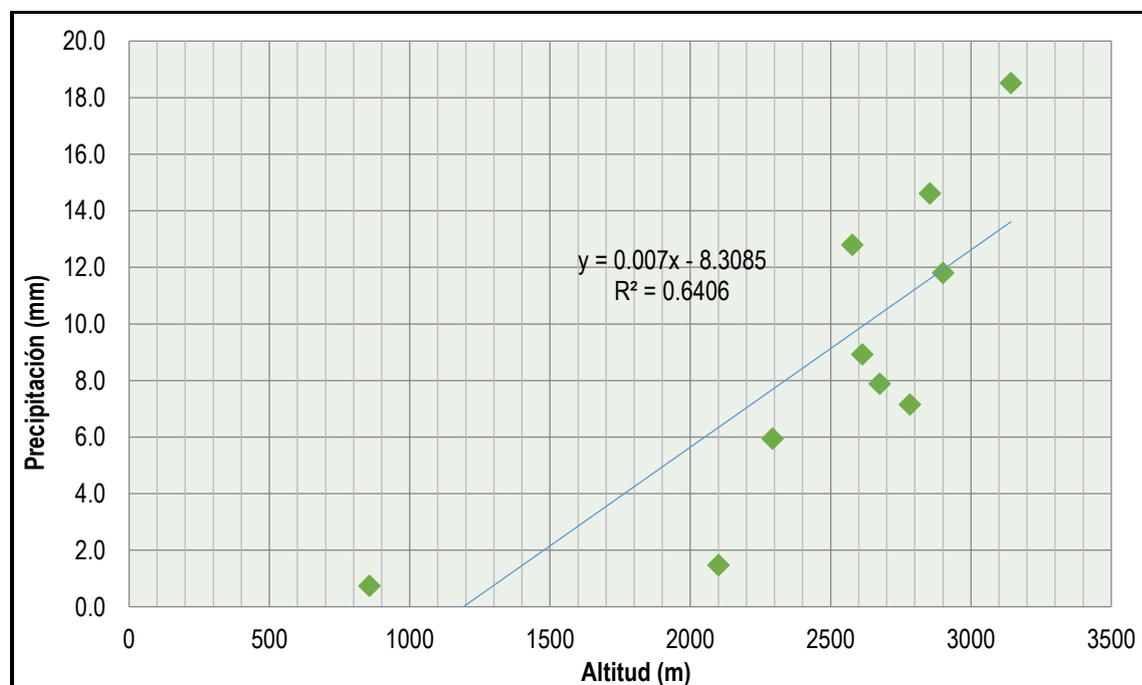


Figura 39

Gráfico: precipitación vs. altura, setiembre

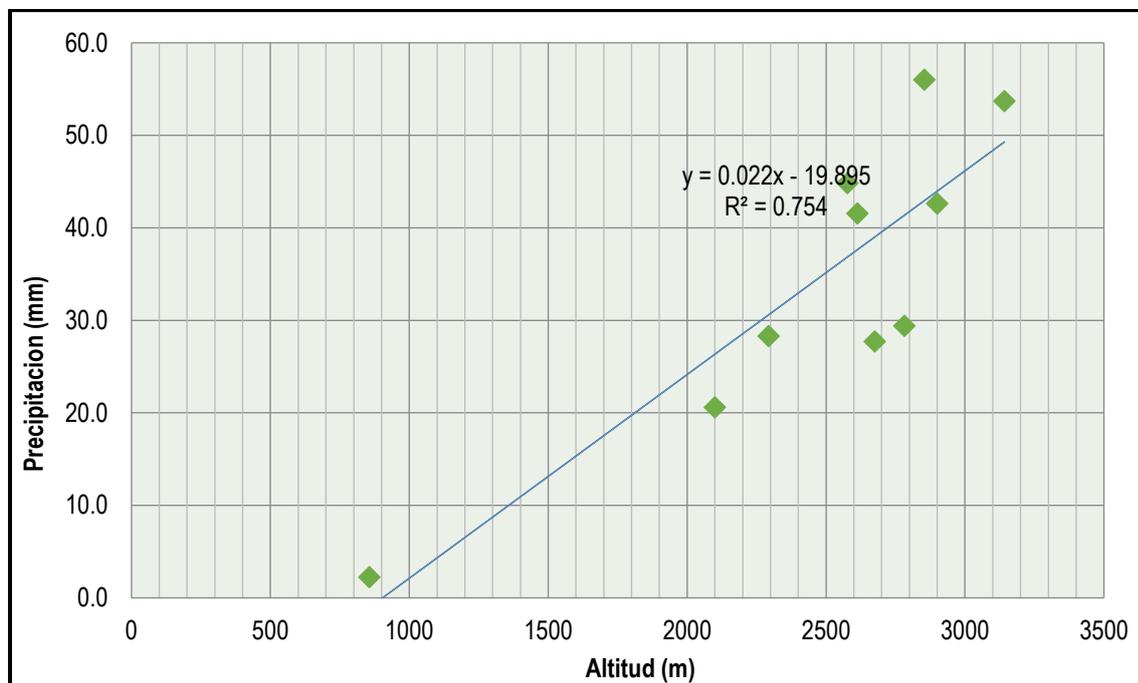
**Figura 40**

Gráfico: precipitación vs. altura, octubre

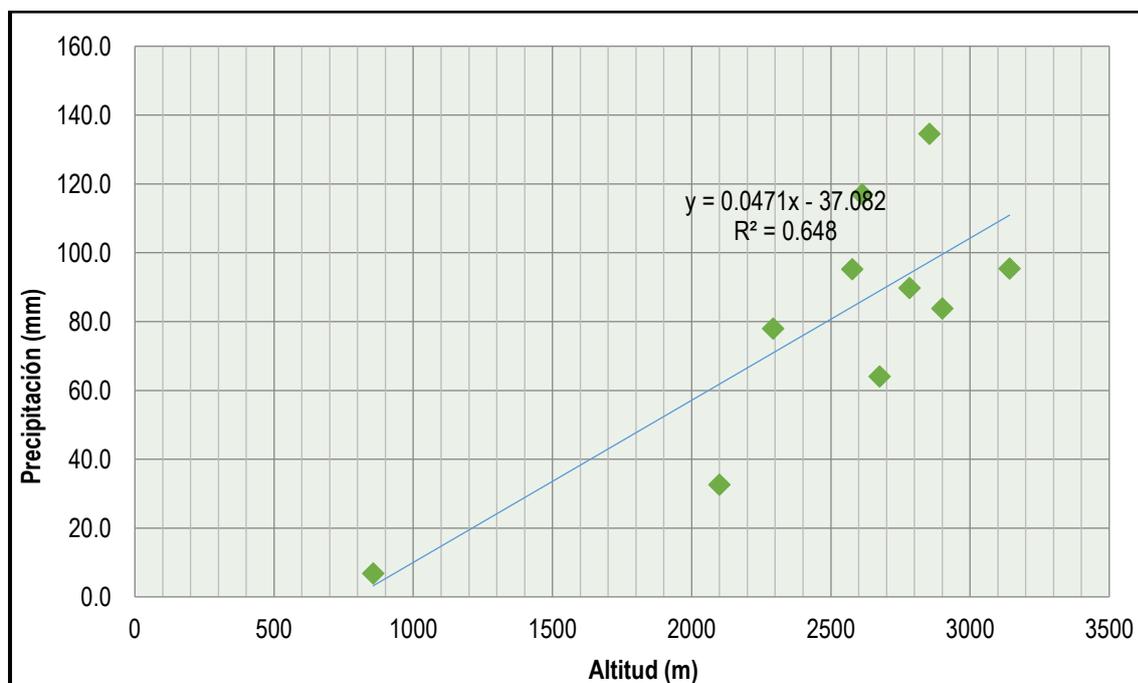


Figura 41

Gráfico: precipitación vs. altura, noviembre

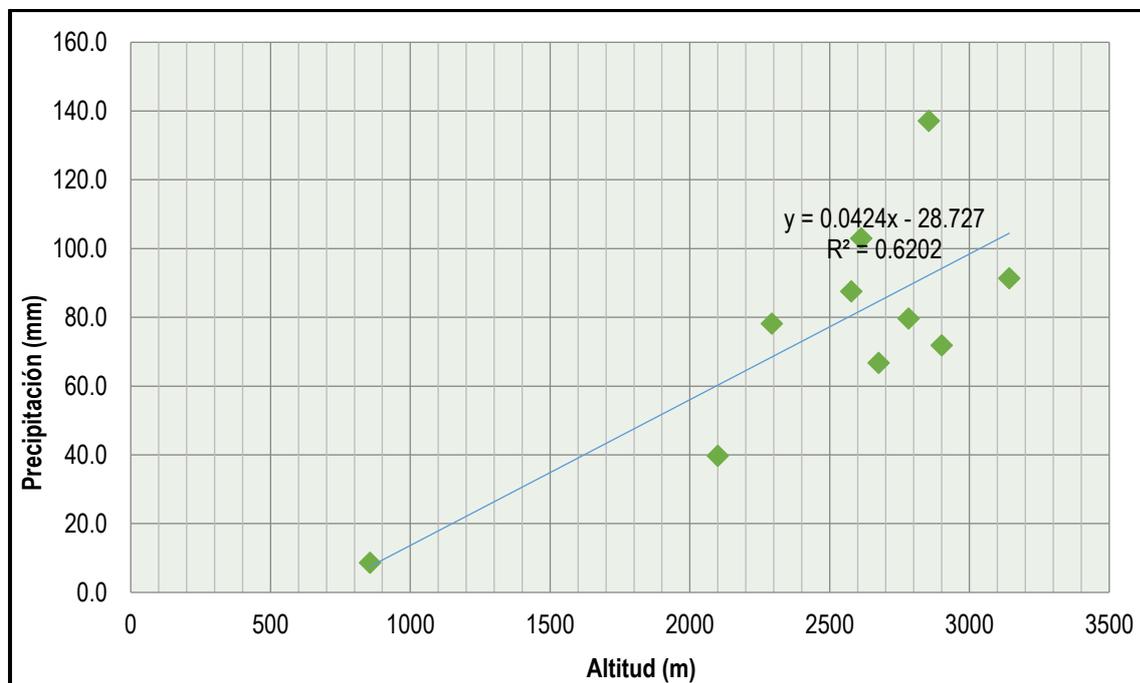
**Figura 42**

Gráfico: precipitación vs. altura, diciembre

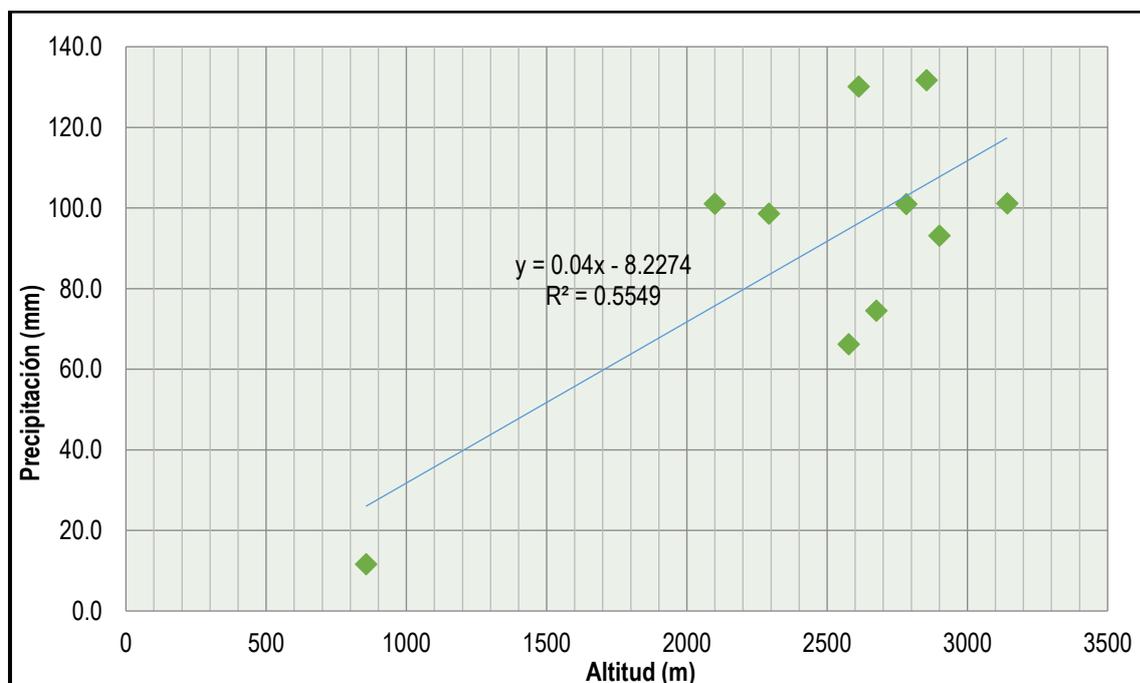


Figura 43

Cálculo de las precipitaciones medias mensuales generado

MES	ECUACION	K1	K2	X (msnm)	P (mm)
ENE	$y = 0.0361x + 11.45$	0,0361	11,45	3850	150,4
FEB	$y = 0.0294x + 54.857$	0,0294	54,857	3850	168,0
MAR	$y = 0.0442x + 46.17$	0,0442	46,17	3850	216,3
ABR	$y = 0.0362x - 0.3494$	0,0362	-0,3494	3850	139,0
MAY	$y = 0.0208x - 17.237$	0,0208	-17,237	3850	62,8
JUN	$y = 0.0086x - 9.444$	0,0086	-9,444	3850	23,7
JUL	$y = 0.0056x - 6.6292$	0,0056	-6,6292	3850	14,9
AGO	$y = 0.007x - 8.3085$	0,007	-8,3085	3850	18,6
SET	$y = 0.022x - 19.895$	0,022	-19,895	3850	64,8
OCT	$y = 0.0471x - 37.082$	0,0471	-37,082	3850	144,3
NOV	$y = 0.0424x - 28.727$	0,0424	-28,727	3850	134,5
DIC	$y = 0.04x - 8.2274$	0,04	-8,2274	3850	145,8
TOTAL					1283,3

Tabla 29

Resumen de la precipitación

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	Mayo	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
Quebrada Honda	150.4	168.0	216.3	139.0	62.8	23.7	14.9	18.6	64.8	144.3	134.5	145.8	1283.27

4.1.1.1 Precipitación Mensual al 75% En la microcuenca Quebrada Honda contamos con

825.93 mm.

Tabla 30*Precipitaciones al 75% de seguridad generadas en la micro quebrada Honda*

N ^a	Estación	Altitud (msnm)	Meses												Total (mm/año)
			Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	
1	Weberbauer	2675	51.1	66.04	75.7	50.4	17.9	1.9	1.2	2.5	14.6	43.6	50.5	61.5	436.94
2	San marcos	2293	61.6	87	85.1	63	9.7	2	0	0	17.6	49.2	48	71.9	495.1
3	Namora	2782	61.3	102	86.6	68.9	22.7	2.3	0.7	1.8	17.97	53.4	62	72.9	552.57
4	Sondor matara	2854	106.1	138.9	154.3	71.1	28.1	4.2	0	3.4	33.6	85.5	96.5	91.1	812.75
5	Cajabamba	2613	77.9	107.6	103.9	73.2	22.6	4.1	1.5	1.6	21.7	95.8	80	100	689.9
6	Bambamarca	2577	48.2	70.1	68	59.1	26	6.7	4.9	4.3	29.8	72	67.1	52.1	508.3
7	Quilcate	3142	61	60.3	80	49.7	28.1	13	7.2	9	27	41.7	46.5	43.5	466.5
8	San pablo	2100	101.1	182	182.3	79.8	14.5	2.4	0	0	7.8	29.2	27.6	52.5	679.2
9	Llapa	2900	63.7	102.4	144	88.3	24.3	4.6	0.3	3.1	22.4	56.1	42.4	53.5	605.05
10	Chilete	856	12.3	22.5	28.4	11.4	0	0	0	0	0	0	2.2	3.5	80.3

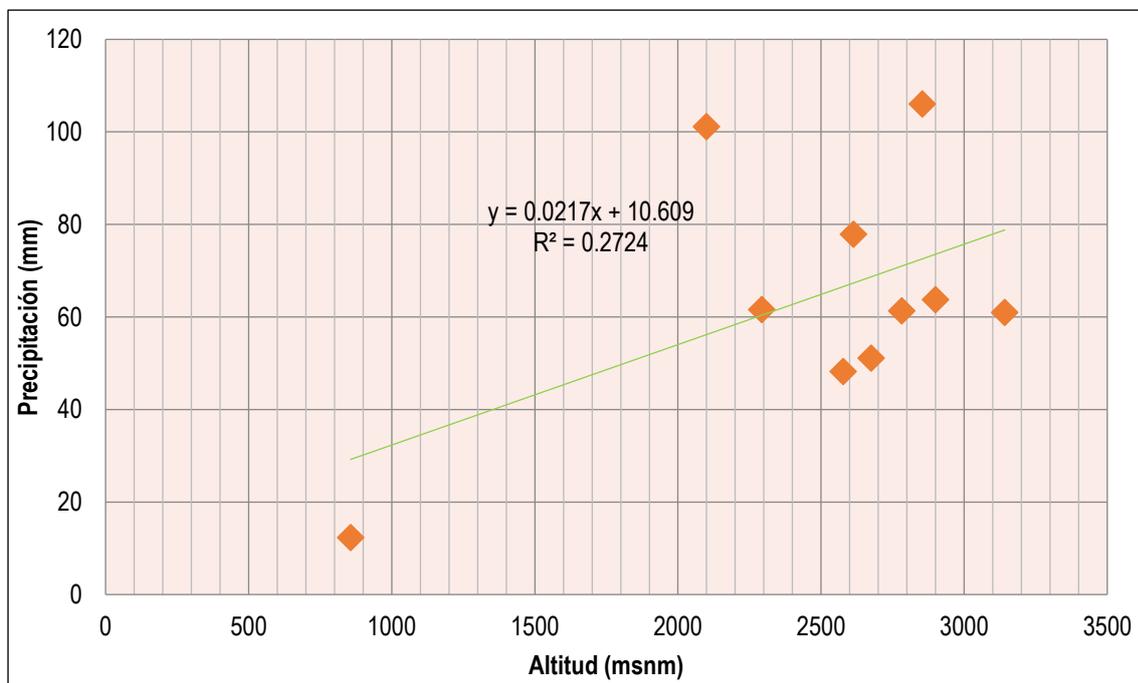
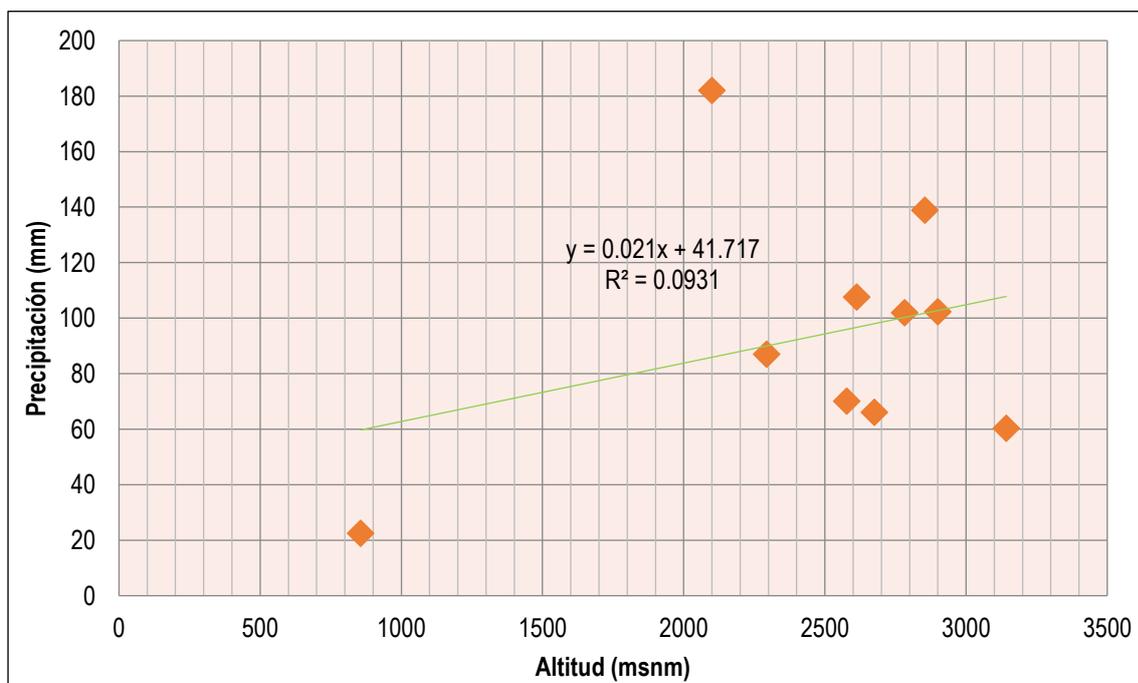
Figura 44*Gráfico: precipitación vs. altura al 75%, enero***Figura 45***Gráfico: precipitación vs. altura al 75%, febrero*

Figura 46

Gráfico: precipitación vs. altura al 75%, marzo

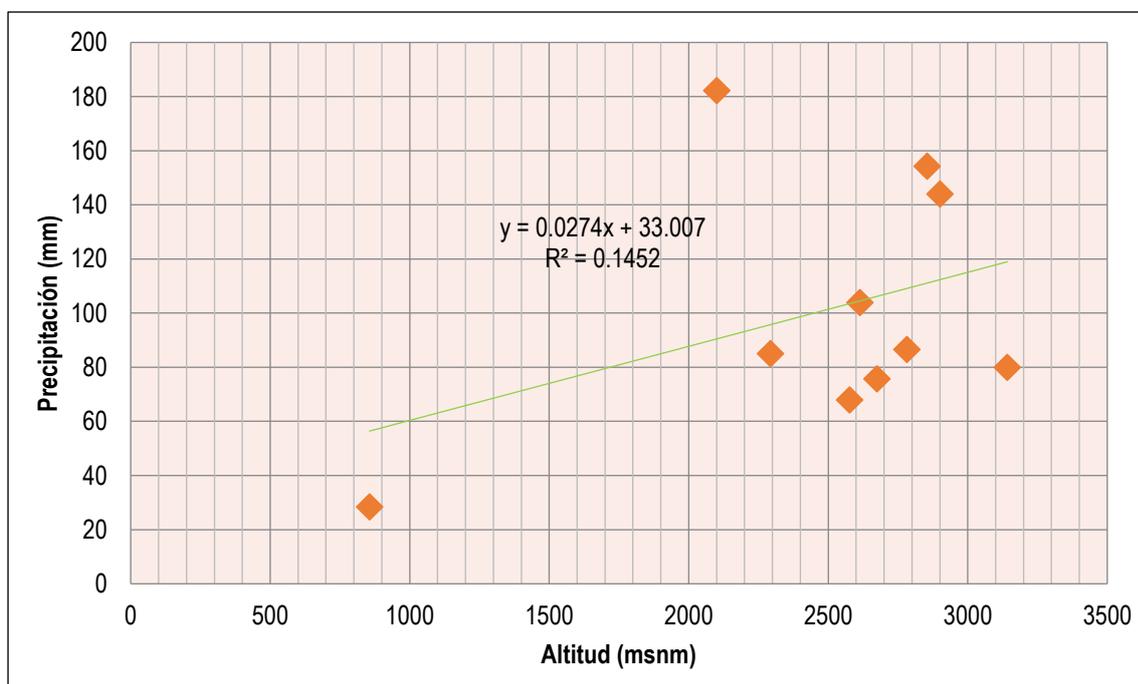
**Figura 47**

Gráfico: precipitación vs. altura al 75%, abril

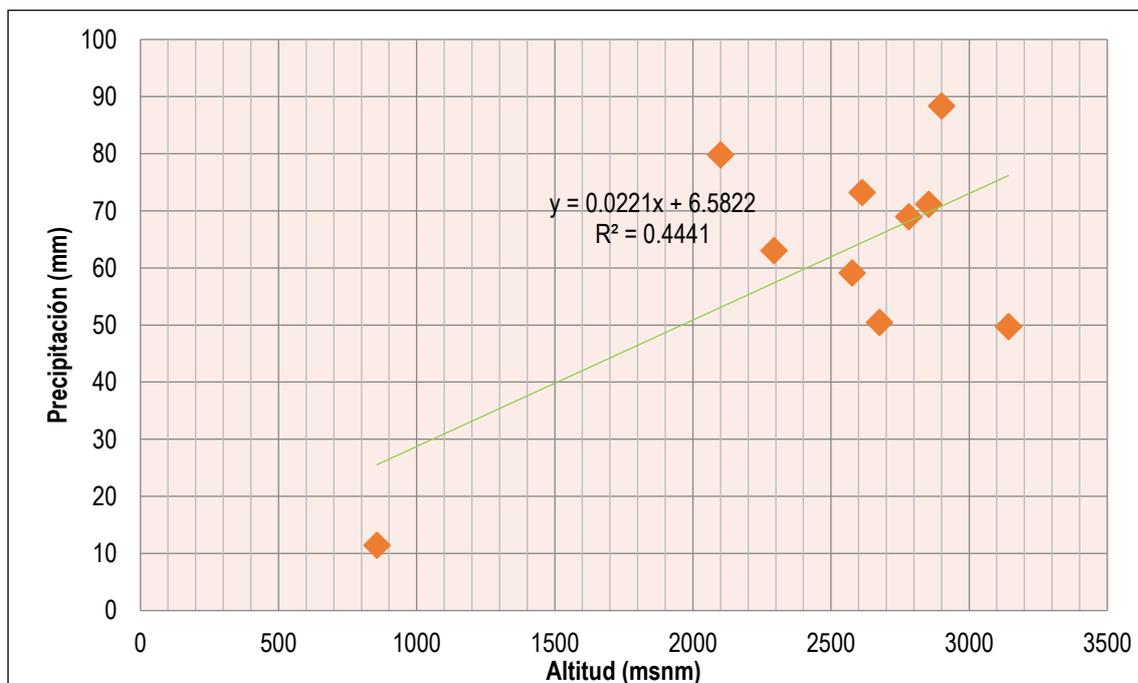


Figura 48

Gráfico: precipitación vs. altura al 75%, mayo

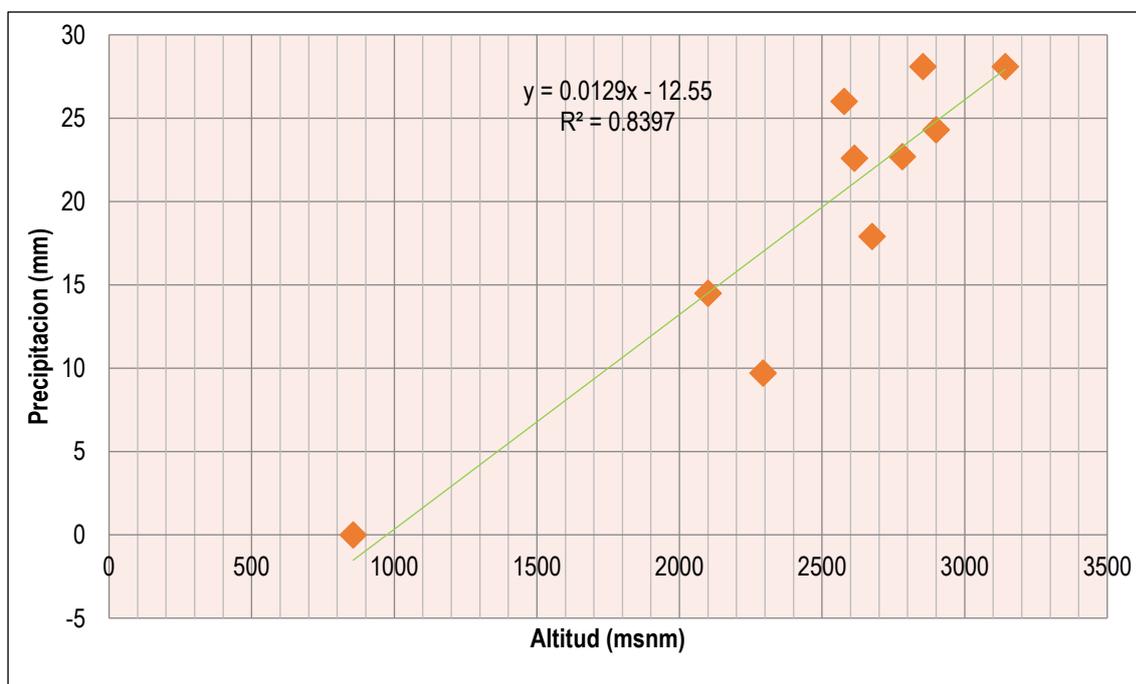
**Figura 49**

Gráfico: precipitación vs. altura al 75%, junio

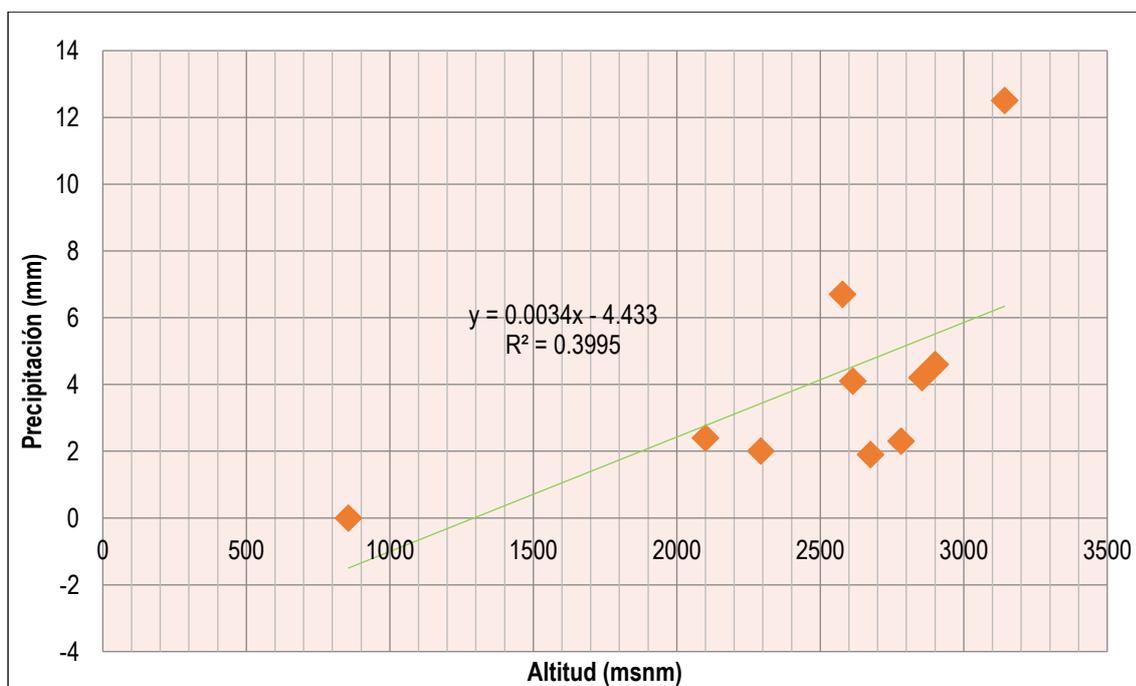


Figura 50

Gráfico: precipitación vs. altura al 75%, julio

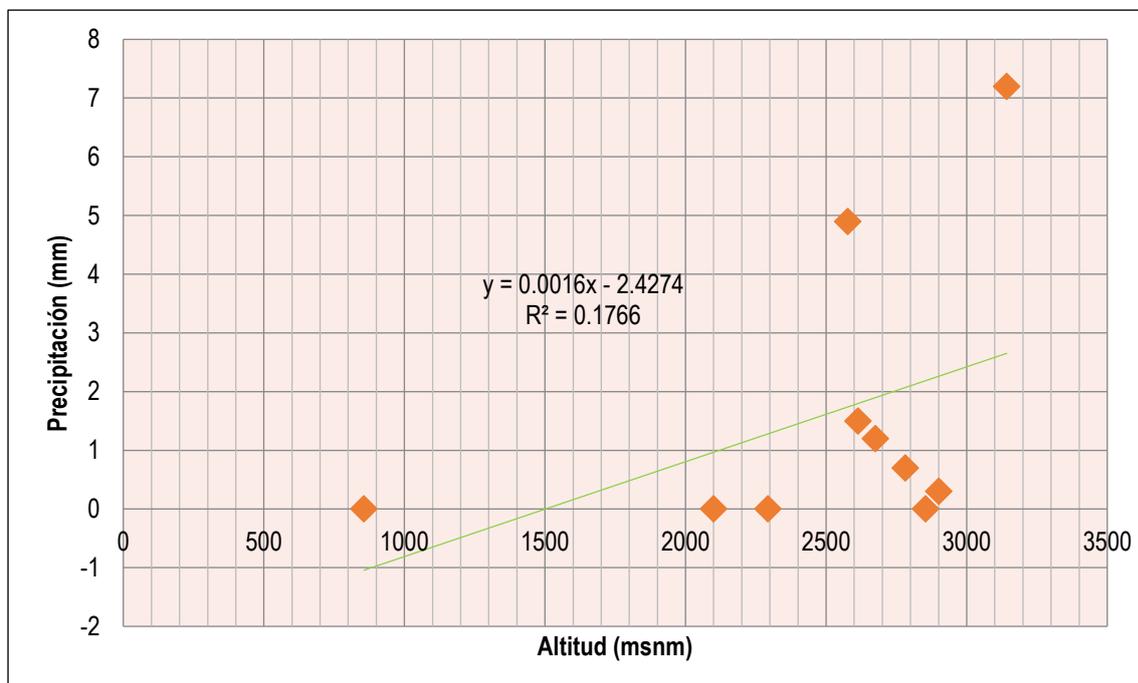
**Figura 51**

Gráfico: precipitación vs. altura al 75%, agosto

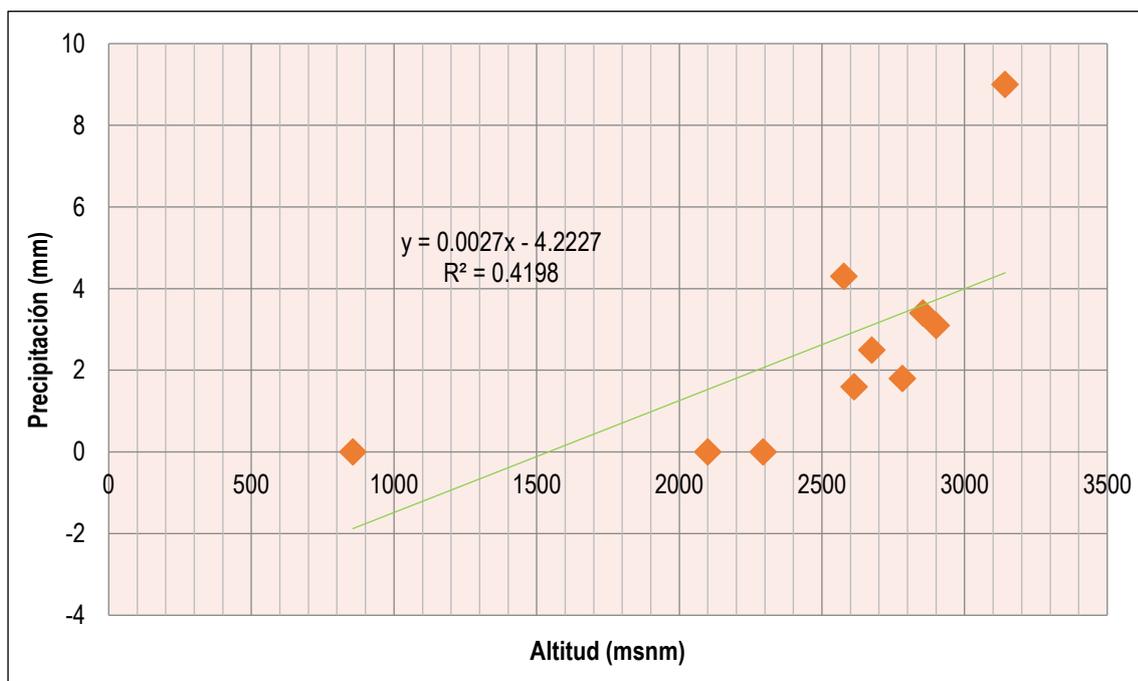


Figura 52

Gráfico: precipitación vs. altura al 75%, setiembre

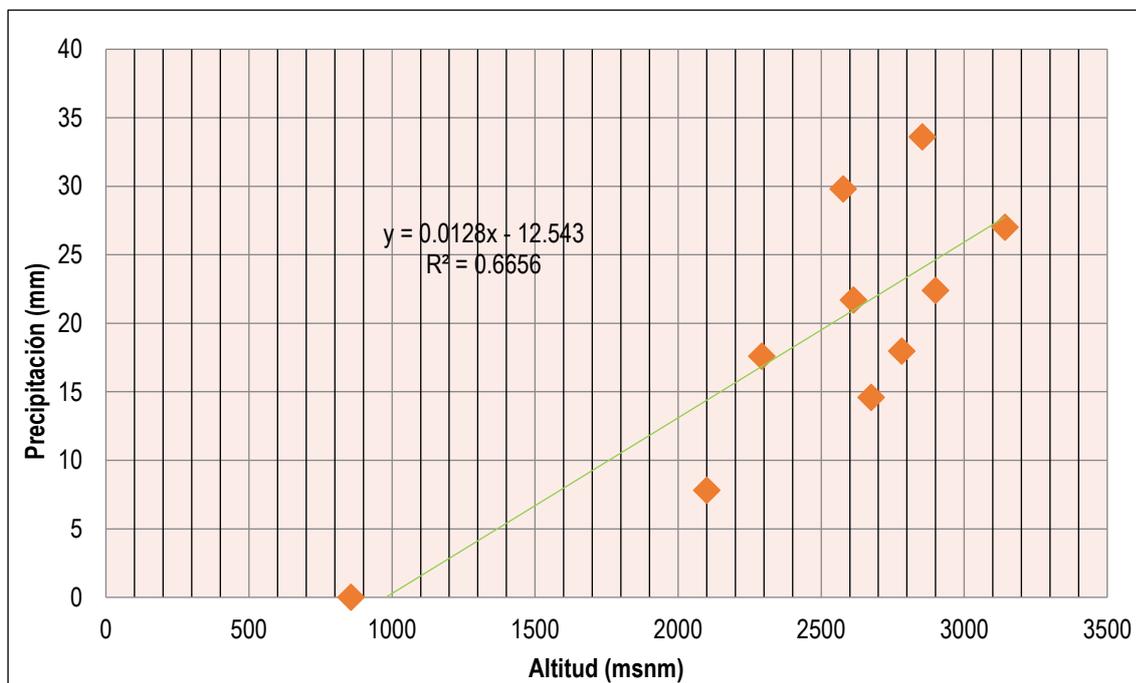
**Figura 53**

Gráfico: precipitación vs. altura al 75%, octubre

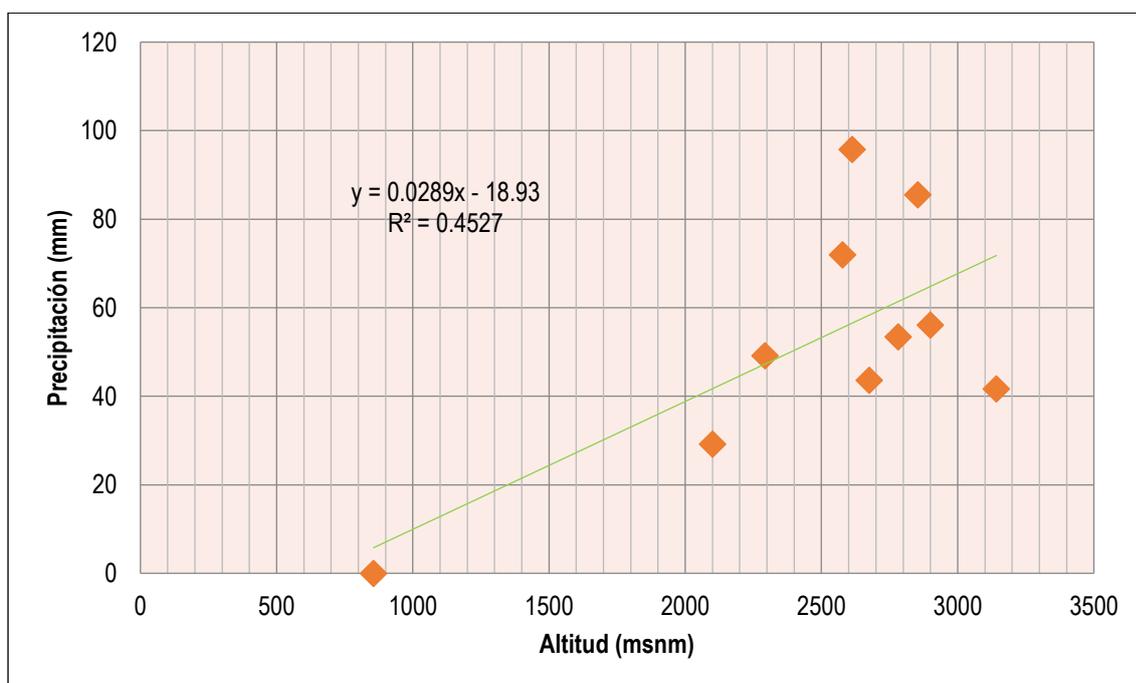


Figura 54

Gráfico: precipitación vs. altura al 75%, noviembre

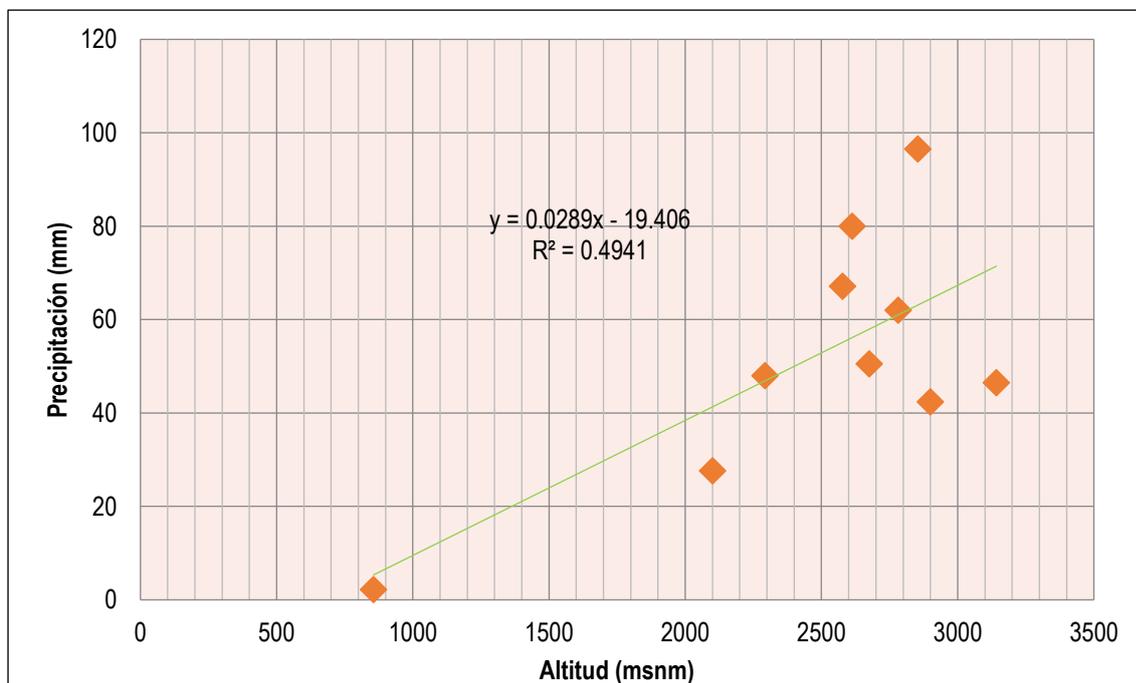
**Figura 55**

Gráfico: precipitación vs. altura al 75%, diciembre

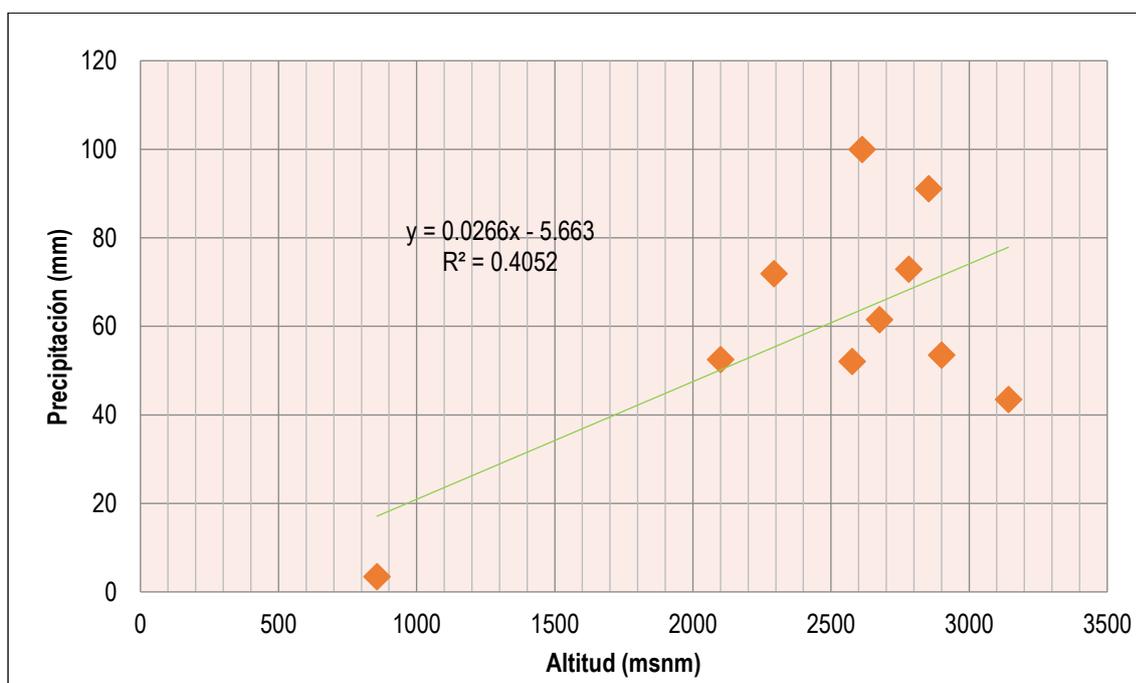


Tabla 31*Cálculo de las precipitaciones al 75% - microcuenca quebrada Honda*

Mes	Ecuación	k ₁	k ₂	h (msnm)	pp (mm)
Enero	$y = 0.0217x + 10.609$	0,0217	10,609	3850	94.2
Febrero	$y = 0.021x + 41.717$	0,021	41,717	3850	122.6
Marzo	$y = 0.0274x + 33.007$	0,0274	33,007	3850	138.5
Abril	$y = 0.0221x + 6.5822$	0,0221	6,5822	3850	91.7
Mayo	$y = 0.0129x - 12.55$	0,0129	-12,55	3850	37.1
Junio	$y = 0.0034x - 4.433$	0,0034	-4,433	3850	8.7
Julio	$y = 0.0016x - 2.4274$	0,0016	-2,4274	3850	3.7
Agosto	$y = 0.0027x - 4.2227$	0,0027	-4,2227	3850	6.2
Setiembre	$y = 0.0128x - 12.543$	0,0128	-12,543	3850	36.7
Octubre	$y = 0.0289x - 18.93$	0,0289	-18,93	3850	92.3
Noviembre	$y = 0.0289x - 19.406$	0,0289	-19,406	3850	91.9
Diciembre	$y = 0.0266x - 0.0289$	0,0266	0,0289	3850	102.4
Total, precipitación al 75%					825.9

Tabla 32*Resumen precipitaciones al 75% de seguridad*

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total(mm)
M..Q. Honda	94,2	122,6	138,5	91,7	37,1	8,7	3,7	6,2	36,7	92,3	91,9	102,4	825,9

Tabla 33*Resumen precipitaciones medias anuales estaciones seleccionadas*

Descripción	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	T
Área de microcuenca (km ²)	25,44	25,44	25,44	25,44	25,44	25,44	25,44	25,44	25,44	25,44	25,44	25,44	
Precipitación media (hm ³)	14,16	20,60	29,96	12,74	2,33	0,20	0,06	0,12	2,38	13,32	12,36	14,93	123,16
Precipitación al 75% (Hm ³)	2,40	3,12	3,52	2,33	0,94	0,22	0,09	0,16	0,93	2,35	2,34	2,61	21,01

4.1.1.2 Régimen de la precipitación anual y generación de precipitación en la

microcuenca. Se tomó el cuadro resumen de precipitaciones medias anuales con los promedios mensuales de 38 años de observación, resultando los promedios anuales, con los cuales se formuló hidrogramas, determinando a su vez promedios que varían según la altura de ubicación de la estación, siendo más bajas a medida que la altura sobre el nivel del mar también es baja variando los promedios entre: 201.0 mm para 856 msnm en la estación Chilete, hasta 1137.7 mm/año para 2854 msnm de la estación Sondor Matara.

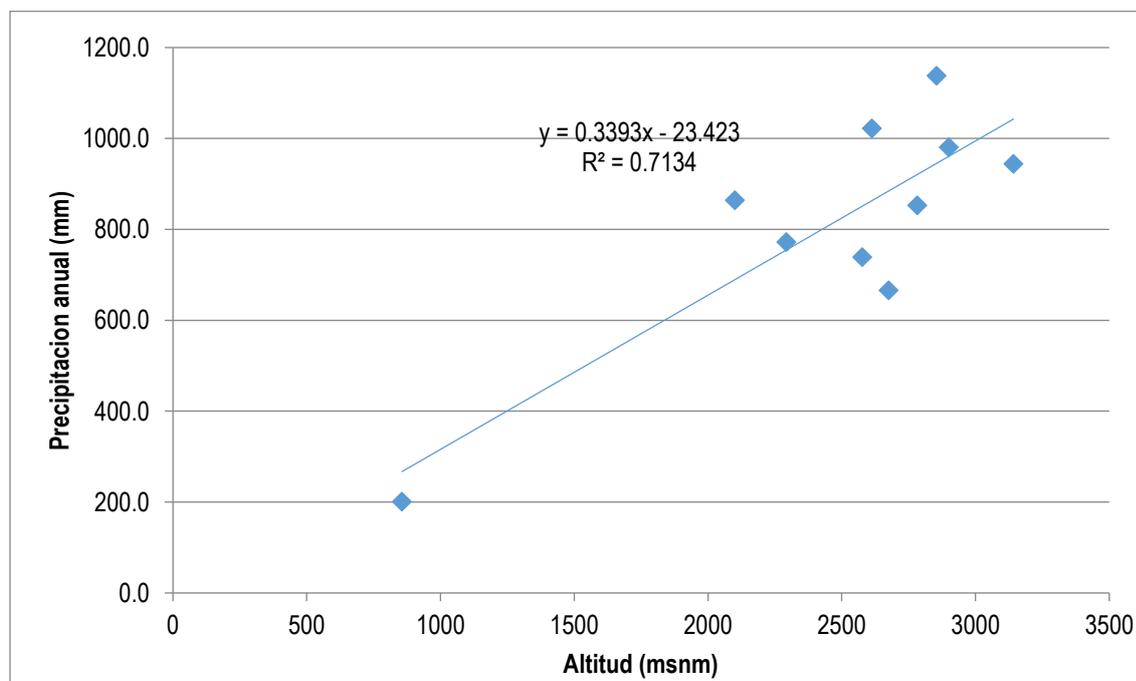
4.1.1.3 Análisis de años secos y húmedos Durante la época seca (mayo - setiembre) se produce el 9% de la precipitación total anual con 142.5 mm, mientras que durante el periodo de lluvias (año hidrológico octubre - abril), se produce hasta el 91% de lluvias con 1392.4 mm, lo cual nos indica claramente que durante la época seca existe un déficit hídrico.

4.1.1.4 Gradiente de precipitación – altitud. Con los datos resumen de las estaciones seleccionadas se procedió a calcular la gradiente pluviométrica precipitación – altitud, haciendo uso para ello del método de regresión lineal, dando como resultado una buena correlación de 75 % para la curva altura –volumen respecto a la precipitación promedio anual de las 10 estaciones con 38 años de información pluviométrica, que se presenta a continuación:

4.1.2 Análisis hidrométrico

Figura 56

Gradiente pluviométrica: precipitación vs. altura, promedio 10 estaciones



4.1.2.1 Análisis y tratamiento de la escorrentía superficial.

Red de estaciones hidrométricas. En la zona de estudio no existen estaciones hidrométricas, por lo tanto, para determinar la disponibilidad hídrica de la microcuenca Quebrada Honda se va a generar a partir de los registros de precipitación mediante el método indirecto de Rafael Heras.

4.1.2.2 Evaluación de aguas superficiales

Modelamiento hidrológico de la cuenca - generación de caudales. En la zona de estudio no existen registros históricos de descargas, se han generado por el método indirecto de Rafael Heras, luego los resultados serán calibrados con los aforos tomados en campo.

Descripción del modelo de precipitación-escorrentía. Para determinar las descargas se utilizará el método indirecto Rafael Heras, ya que se cumple con los parámetros de entrada para el modelo, las características geomorfológicas de la microcuenca de estudio Índice de compacidad, índice de pendiente, coeficientes ecológicos que depende de la cobertura vegetal, tamaño de cuenca y altitud.

4.1.2.3 Generación de caudales mensuales, método de Rafael Heras

Se desarrolló en España, se puede emplear en cualquier parte del mundo, utiliza parámetros ecológicos propios de cada lugar como son:

- área de cuenca,
- precipitación,
- índice de compacidad,
- índice de pendiente,
- coeficientes ecológicos.

$$A = S^{\alpha} * p^{\beta} * (\Gamma I_c + \delta IP) * 10^3$$

Dónde:

A = Aportación de la cuenca (Hm³)

S = Superficie de la cuenca, en (km²)

I_p = Índice de pendiente

I_c = Índice de compacidad

p = Precipitación, en mm

$$0.8 \leq \alpha \leq 1.0$$

$$0.2 \leq \beta \leq 1.3$$

$$0.7 \leq \delta \leq 1.0$$

Reemplazando la precipitación mensual en la fórmula, obtenidos las descargas medias, generadas para la microcuenca Quebrada Honda.

Tabla 34

Caudal y volumen medio mensual generados en microcuenca Quebrada Honda (método Heras)

Mes	Precipitación media (mm)	Área de aporte (km ²)	α	S^{α}	β	P^{β}	Υ	δ	I_c	I_p	Volumen de aporte (Hm ³)	Caudal (m ³ /s)
Enero	148.81	25.44	0.80	13.32	0.83	63.58	0.40	1.00	1.50	1.17	1.50	0.560
Febrero	162.93	25.44	0.80	13.32	0.83	68.54	0.40	1.00	1.50	1.17	1.62	0.603
Marzo	219.06	25.44	0.80	13.32	0.83	87.63	0.40	1.00	1.50	1.17	2.07	0.771
Abril	140.51	25.44	0.80	13.32	0.83	60.62	0.40	1.00	1.50	1.17	1.43	0.533
Mayo	63.22	25.44	0.80	13.32	0.83	31.24	0.40	1.00	1.50	1.17	0.74	0.275
Junio	24.61	25.44	0.80	13.32	0.83	14.28	0.40	1.00	1.50	1.17	0.34	0.126
Julio	14.94	25.44	0.80	13.32	0.83	9.43	0.40	1.00	1.50	1.17	0.22	0.083
Agosto	18.46	25.44	0.80	13.32	0.83	11.25	0.40	1.00	1.50	1.17	0.27	0.099
Setiembre	67.83	25.44	0.80	13.32	0.83	33.12	0.40	1.00	1.50	1.17	0.78	0.291
Octubre	144.58	25.44	0.80	13.32	0.83	62.07	0.40	1.00	1.50	1.17	1.46	0.546
Noviembre	135.46	25.44	0.80	13.32	0.83	58.80	0.40	1.00	1.50	1.17	1.39	0.518
Diciembre	158.74	25.44	0.80	13.32	0.83	67.08	0.40	1.00	1.50	1.17	1.58	0.590
Total	1299.16										13.38	0.416

Tabla 35

Volumen y caudal medio mensual generados Quebrada Honda (método Heras)

Descripción	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Juni	Juli	Agos	Seti	Octu	Novi	Dici	Total
Caudal	0.56	0.60	0.77	0.53	0.27	0.13	0.08	0.10	0.29	0.55	0.52	0.59	0.42
Volumen	1.50	1.62	2.07	1.43	0.74	0.34	0.22	0.27	0.78	1.46	1.39	1.58	13.38

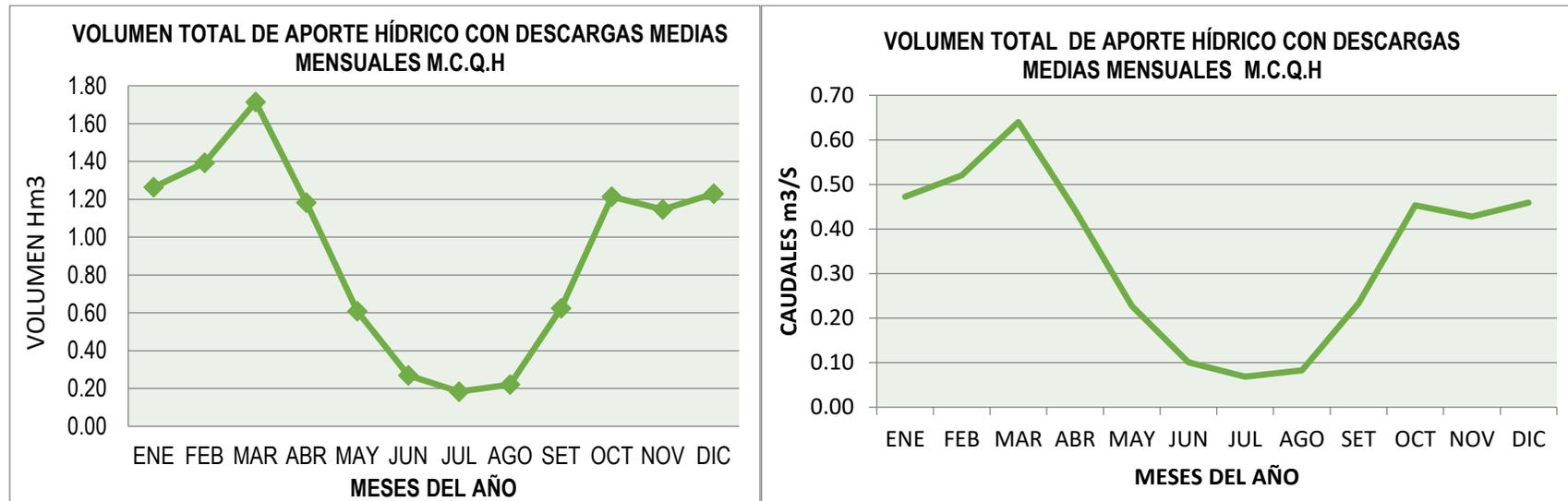
Figura 57*Volumen total de aporte hídrico*

Tabla 36

Cálculos para determinar volúmenes al 75 % de certeza Quebrada Honda (método Heras)

Mes	Precipitación al 75% (mm)	Área de aporte (km ²)	α	S^a	β	P^b	Υ	δ	I_c	I_p	volumen de aporte (Hm ³)	Caudal (m ³ /s)
Ene	94.15	25.44	0.80	13.32	0.83	43.48	0.40	1.00	1.50	1.17	1.02	0.383
Feb	122.57	25.44	0.80	13.32	0.83	54.12	0.40	1.00	1.50	1.17	1.28	0.527
Mar	138.50	25.44	0.80	13.32	0.83	59.90	0.40	1.00	1.50	1.17	1.41	0.527
Abr	91.67	25.44	0.80	13.32	0.83	42.52	0.40	1.00	1.50	1.17	1.00	0.387
May	37.12	25.44	0.80	13.32	0.83	20.08	0.40	1.00	1.50	1.17	0.47	0.177
Jun	8.66	25.44	0.80	13.32	0.83	6.00	0.40	1.00	1.50	1.17	0.14	0.055
Jul	3.73	25.44	0.80	13.32	0.83	2.98	0.40	1.00	1.50	1.17	0.07	0.026
Ago	6.17	25.44	0.80	13.32	0.83	4.53	0.40	1.00	1.50	1.17	0.11	0.040
Set	36.74	25.44	0.80	13.32	0.83	19.91	0.40	1.00	1.50	1.17	0.47	0.181
Oct	92.34	25.44	0.80	13.32	0.83	42.78	0.40	1.00	1.50	1.17	1.01	0.377
Nov	91.86	25.44	0.80	13.32	0.83	42.60	0.40	1.00	1.50	1.17	1.00	0.387
Dic	102.44	25.44	0.80	13.32	0.83	46.63	0.40	1.00	1.50	1.17	1.10	0.410
Total	825.93										9.09	0.290

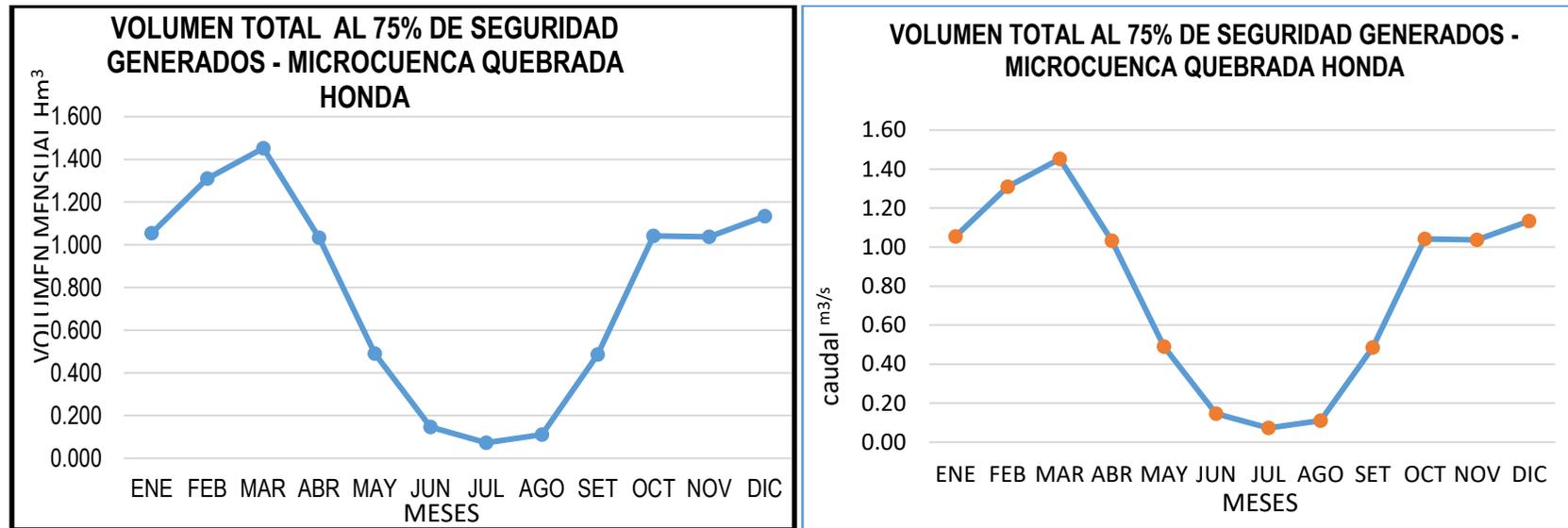
Tabla 37

Volumen y caudales al 75% generados en microcuenca Quebrada Honda (método Heras)

Descripción	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
Caudal (m/s)	0.38	0.53	0.53	0.39	0.18	0.05	0.03	0.04	0.18	0.38	0.39	0.41	0.29
Volumen (Hm³)	1.02	1.28	1.41	1.00	0.47	0.14	0.07	0.11	0.47	1.01	1.00	1.10	9.09

Figura 58

Volumen total al 75% de seguridad generados microcuenca Quebrada Honda.

**Tabla 38**

Aforos microcuenca Quebrada Honda (método del Flotador)

Ubicación de aforo	Fecha	Hora	Aforo
Quebrada Honda (Laguna. Elvión)	6/06/2017	13.10 am	175.4 L/s
Quebrada Elvión (Laguna Elvión)	6/06/2017	4.00 pm	36.8 L/s

Figura 59*Aforo en cauce de Quebrada Honda***Tabla 39***Aforos microcuenca Quebrada Honda (método del Flotador)*

Ubicación de aforo	Fecha	Hora	Aforo
Quebrada Honda (Laguna. Elvión)	7/06/2017	9.50 pm	171.3 L/s
Quebrada Elvión (Laguna Elvión)	7/06/2017	4.50 pm	32.8 L/s

Figura 60*Aforo en cauce de Quebrada Elvión*

Tabla 40*Aforos microcuenca Quebrada Honda (método del Flotador)*

Ubicación de aforo	Fecha	Hora	Aforo
Quebrada Honda (Laguna Elvión)	9/06/2017	9.10 am	163.1 L/s
Quebrada Elvión (Laguna Elvión)	9/06/2017	5.15 pm	37.2 L/s

Figura 61*Instrumentos de medición***Tabla 41***Aforos micro cuenca (método del Flotador)*

Ubicación de aforo	Fecha	Hora	Aforo
Quebrada Honda (Laguna Elvión)	13/06/2017	10.40 am	193.7 L/s
Quebrada Elvión (Laguna Elvión)	13/06/2017	4.10 pm	32.6 L/s

Tabla 42*Aforos microcuenca quebrada Honda (método del Flotador)*

Ubicación de aforo	Fecha	Hora	Aforo
Quebrada Honda (Laguna Elvión)	17/06/2017	12.00 am	132.3 L/s
Quebrada. Elvión (Laguna Elvión)	17/06/2017	5.12 pm	31.5 L/s

Tabla 43*Aforos microcuenca quebrada Honda (método del Flotador)*

Ubicación de aforo	Fecha	Hora	Aforo
Quebrada Honda (Laguna Elvión)	18/06/2017	11.05 am	143.4 L/s
Quebrada Elvión (Laguna Elvión)	18/06/2017	5.00 pm	25.9 L/s

V. Discusión de resultados

5.1 Evaporación de la microcuenca Quebrada Honda

Es una etapa del ciclo hidrológico, hay evaporación en todo momento y en toda la superficie húmeda.

5.1.1 *Evapotranspiración en la microcuenca Quebrada Honda.*

"Evapotranspiración potencial" para un área de terreno (Thornthwaite, 1948, 1955). Este climatólogo norteamericano halló una fórmula para su cálculo mensual, basada en experiencias empíricas, realizadas con lisímetros.

Posteriormente, otros autores (Penman, 1948, 1963; Blaney Criddle, 1950; Blaney, 1955; Turc, 1961; Van Bavel, 1966). Estos métodos están en función de la disponibilidad de información hidrometeorológica requerida por ellos.

Para esta investigación se utilizará la metodología de Hargreaves, que se describe a continuación.

5.1.1.1 Evapotranspiración potencial. Cantidad de agua evaporada y transpirada por una cobertura de pequeñas plantas verdes (generalmente hicho, pastos), en estado de crecimiento con suministro continuo y adecuado de humedad. Para la presente investigación se utilizó la metodología de Hargreaves, y Thornthwaite que se describen a continuación.

Método de Hargreaves:

$$ETP \text{ (mm/mes)} = MF * TMF * CH * CE$$

Dónde:

MF = factor dependiente de latitud

TMF= (1,8 T + 32)

T = temperatura media mensual (°C)

CH = factor de corrección por humedad relativa usado sólo cuando la HR media

Diaria > 64% y $CH = 0,166 (100 - RH)^{1/2}$

HR media diaria < o = 64 % $CH = 1$

CE= FACTOR DE CORRECCIÓN POR ALTURA ($H > 1000$ msnm).

Tabla 44

Valores de factor dependiente de latitud

Valores de MF				
Latitud		MF 6.89°'00''		
Item	Mes	7	6	6.89
1	Ene	2.478	2.447	2.464
2	Feb	2.221	2.205	2.214
3	Mar	2.363	2.363	2.363
4	Abr	2.099	2.117	2.107
5	May	1.959	1.980	1.969
6	Jun	1.785	1.820	1.801
7	Jul	1.893	1.976	1.931
8	Ago	2.078	1.103	1.630
9	Set	2.218	2.226	2.222
10	Oct	2.133	2.422	2.266
11	Nov	2.397	2.317	2.360
12	Dic	2.476	2.442	2.460

Tabla 45

Valores de temperatura media mensual en °F

Item	Mes	T (°F)	TMF
1	Enero	13.80	56.85
2	Febrero	13.49	56.29
3	Marzo	13.31	55.96
4	Abril	13.99	57.17
5	Mayo	14.60	58.28
6	Junio	14.51	58.12
7	Julio	14.84	58.72
8	Agosto	15.13	59.23
9	Setiembre	14.62	58.32
10	Octubre	13.86	56.94
11	Noviembre	13.82	56.87
12	Diciembre	13.82	56.87

Tabla 46*Factor de corrección por la humedad relativa*

Valores de ch (factor de corrección, por la humedad relativa)			
Humedad relativa mensual estación			CH
Item	Mes	HR	
1	Enero	45.00	1.00
2	Febrero	45.00	1.00
3	Marzo	45.00	1.00
4	Abril	45.00	1.00
5	Mayo	45.00	1.00
6	Junio	45.00	1.00
7	Julio	45.00	1.00
8	Agosto	45.00	1.00
9	Setiembre	45.00	1.00
10	Octubre	45.00	1.00
11	Noviembre	45.00	1.00
12	Diciembre	45.00	1.00

Tabla 47*Valores de corrección por altitud (CE)*

Valores de corrección por altitud (CE)			
Altitud media de la cuenca 3850 (msnm)			CE
Item	Mes	E (msnm)	
1	Enero	3850	1.08
2	Febrero	3850	1.08
3	Marzo	3850	1.08
4	Abril	3850	1.08
5	Mayo	3850	1.08
6	Junio	3850	1.08
7	Julio	3850	1.08
8	Agosto	3850	1.08
9	Setiembre	3850	1.08
10	Octubre	3850	1.08
11	Noviembre	3850	1.08
12	Diciembre	3850	1.08

Se observa que la ETP., en la zona de estudio es 1593.3 mm, esto ocurre en cualquier cuenca de la sierra, ya que la evapotranspiración es mayor que la precipitación.

5.1.1.2 Evapotranspiración real o actual. Es el uso potencial de agua por los cultivos agrícolas incluyendo evaporación directa de la humedad del suelo y de las plantas húmedas depende del clima, el cultivo asume un suministro adecuado de humedad.

En el siguiente Tabla 48, se presenta el cálculo de la evapotranspiración real de la zona del proyecto, generado a partir de datos climáticos.

Tabla 48

Evapotranspiración potencial microcuenca Quebrada Honda

Item	Mes	MF	TMF	CE	CH	ETP
1	Ene	2.46	56.85	1.08	1.00	150.84
2	Feb	2.21	56.29	1.08	1.00	134.20
3	Mar	2.36	55.96	1.08	1.00	142.41
4	Abr	2.11	57.17	1.08	1.00	129.76
5	May	1.97	58.28	1.08	1.00	123.57
6	Jun	1.80	58.12	1.08	1.00	112.74
7	Jul	1.93	58.72	1.08	1.00	122.13
8	Ago	1.63	59.23	1.08	1.00	103.94
9	Set	2.22	58.32	1.08	1.00	139.54
10	Oct	2.27	56.94	1.08	1.00	138.97
11	Nov	2.36	56.87	1.08	1.00	144.55
12	Dic	2.46	56.87	1.08	1.00	150.70
Total						1593.33

Tabla 49

Evapotranspiración real o actual

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
KC (ponderado)	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	
ETP (mm/mes)	150.8	134.2	142.4	129.7	123.5	112.7	122.1	103.9	139.5	138.9	144.5	150.7	1593.3
ETR (mm/mes)	121	107	114	104	99	90	98	83	112	111	116	121	1274.67

5.1.1.3 Balance hidrológico en la microcuenca Quebrada Honda. Es el equilibrio entre todos los recursos hídricos que ingresan al sistema y los que salen del mismo, en un intervalo de tiempo determinado, se expresará mediante la siguiente fórmula.

El balance hídrico que se ha formulado en la microcuenca Quebrada Honda ha consistido en determinar el agua de escurrimiento superficial, luego de haber determinado la cantidad de agua retenida, por infiltración en los bofedales, por almacenamiento en las lagunas, por uso consuntivo de la cobertura vegetal, en la estructura rocosa del suelo. Para beneficiar aguas abajo en el uso agrícola, ganadero y poblacional.

5.1.1.4 Descripción del esquema hidráulico actual del sistema. Dentro de la zona delimitada, no existe infraestructura hidráulica moderna. Por consiguiente, el balance hídrico anual se realizó teniendo como parámetros de entrada a la precipitación que cae mensualmente sobre la microcuenca de estudio en los 25.44 km² de área, más el volumen de retención hídrica en los bofedales y lagunas del año anterior y como parámetros de salida tenemos uso consuntivo por evapotranspiración de la cobertura vegetal en un área de 15.83 km², y evaporación en los espejos de agua de lagunas y suelos rocosos expuestos a la intemperie.

5.1.1.5 Cédula de cultivo y cálculo de la demanda de agua en la microcuenca Quebrada Honda.

Tabla 50

Cédula de cultivo y cálculo de la demanda de agua en la situación actual

Cubertura vegetal	Área (Ha)	Meses												Total	
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic		
Área de pastos naturales	1583	1583	1583	1583	1583	1583	1583	1583	1583	1583	1583	1583	1583	1583	
Área ocupada por lagunas	71	71	71	71	71	-	-	-	-	-	71	71	71		
Área ocupada por bofedales	216	216	216	216	216	-	-	-	-	-	216	216	216		
Áreas rocosas	674	674	674	674	674	-	-	-	-	-	674	674	674		
Total	2544	2544	2544	2544	2544	1583	1583	1583	1583	1583	2544	2544	2544		
balance hídrico (mm/mes)															
Total		2544	2544	2544	2544	1583	1583	1583	1583	1583	2544	2544	2544		
Kc (ponderado)		0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80		
RTP (mm/mes)		150.84	134.20	142.41	129.76	123.57	112.74	122.13	103.94	139.54	138.97	144.55	150.70	1593.33	
ETR (mm/mes)		121	107	114	104	99	90	98	83	112	111	116	121	1274.67	
Precipitación mensual mm		150.44	168	216	139	63	24	15	19	65	144	135	146	1283.27	
Pe (mm/mes) = 0.75%		94.2	122.6	138.5	91.7	37.1	8.7	3.7	6.2	36.7	92.3	91.9	102.4	825.93	
Balance hídrico (mm/mes)		-26.52	15.21	24.57	-12.14	-61.74	-81.53	-93.97	-76.98	-74.90	-18.84	-23.78	-18.12		
Superávit (mm)		-26.52	15.21	24.57	-12.14	-	-	-	-	-	-18.84	-23.78	-18.12		
Volumen excedente (Hm ³)		-0.67	0.39	0.63	-0.31	-	-	-	-	-	-0.48	-0.61	-0.46	-1.5	
Caudal (m ³ /s)		-0.25	0.16	0.23	-0.12	-	-	-	-	-	-0.18	-0.23	-0.17		
Déficit (mm)						-61.74	-81.53	-93.97	-76.98	-74.90					
Volumen deficitario (Hm ³)						-0.98	-1.29	-1.49	-1.22	-1.19				6.2	
Caudal (m ³ /s)						-0.36	-0.48	-0.56	-0.45	-0.44					

5.1.1.6 Componentes del balance hídrico.

Oferta hídrica. Está compuesta por el caudal disponible sin derecho de terceros que discurre por la microcuenca Quebrada Honda que componen las áreas de estudio cuyo volumen llega a 22.2 Hm³ de agua, principalmente durante el periodo de lluvias, en época seca los caudales se reducen y el caudal de la microcuenca Quebrada Honda está comprometida por terceros con un caudal Tres puentes 150 L/s de caudal.

Tabla 51

Volumen hídrico caído producto de la precipitación media mensual (m³)

Área (km ²)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
mm	150.44	168.05	216.34	139.02	62.84	23.67	14.93	18.64	64.81	144.25	134.51	145.77
25.44	3827066	4275116	5503690	3536684	1598726	602063	379840	474240	1648639	3669796	3422011	3708455
estiaje	4703507	lluvioso		27942818								

Tabla 52

Resumen de volúmenes

Volumen	Valor	Unidad
Volumen caído en estiaje	4.704	Hm ³
Volumen caído en periodo lluvioso	27.943	Hm ³
Volumen total caído	32.646	Hm ³
Evapotranspiración	1593.333	Hm ³
Balance hídrico (escorrentía)	1625.979	Hm ³
Oferta	22.200	Hm ³
Recarga del año anterior bofedales	1603.779	Hm ³
Porcentaje de la oferta frente al volumen caído	68	%

Demanda hídrica. Está formada por la Evapotranspiración Real (ETR) y la Evapotranspiración Potencial (ETP) de las áreas con cobertura vegetal y las pérdidas de agua por evaporación en superficies libres de lagunas, áreas rocosas y bofedales.

Demanda agrícola. La demanda de agua de riego está constituida por la asignación hídrica de 150 L/s expedida por la ALA Alto Jequetepeque a favor del canal Tres Puentes que beneficia a 165 has de terrenos y a 285 familias del caserío Alto Perú.

Las áreas de riego del canal Tres Puentes, se encuentran fuera del área de influencia directa del estudio, pero la cuenca de recepción hídrica si se encuentra dentro del área delimitada y está formada por las microcuencas Quebrada da Honda.

Las aguas de escurrimiento superficial de la microcuenca que constituyen parte de las áreas de estudio, son captadas en el puente Quebradada Honda y conducidas a las áreas de beneficio mediante el canal Tres Puentes de 4.6 km de longitud en el caserío Alto Perú.

Tabla 53

Demanda de agua canal tres puentes

Dotación hídrica	Unid	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Set	Oct	Nov	Dic	Total
Caudal asignado	L/s	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	
Volumen mensual	Hm ³					0.40	0.39	0.40	0.40	0.39				1.98

Demanda poblacional. No existen obras hidráulicas de captación con fines de uso poblacional captadas directamente de los escurrimientos superficiales, pero si existe un pequeño sistema de uso denostado que capta un afloramiento hídrico detrás del estribo derecho de la laguna Elvión, que abastece con agua a 5 familias asentadas en las inmediaciones de la Quebrada Honda, junto a la carretera nacional que pasa por el lugar.

5.1.1.7 Demanda de agua total sin proyecto (Hm³).

Tabla 54

Demanda de agua total sin proyecto (Hm³) microcuenca Quebrada Honda

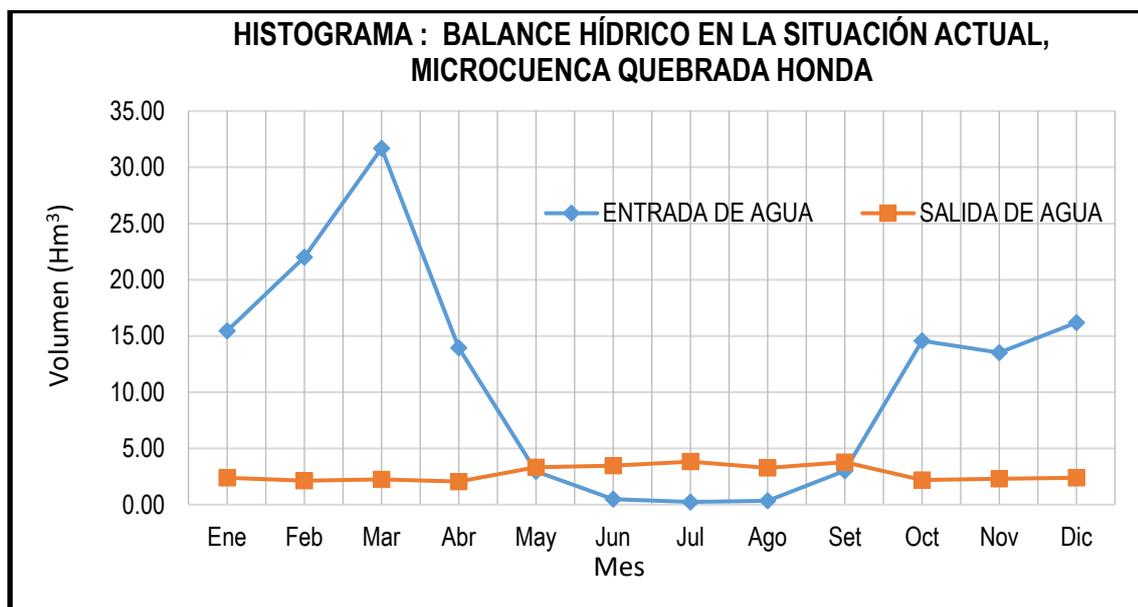
Demanda	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
Agrícola	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.98	-1.29	-1.49	-1.22	-1.19	0.00	0.00	0.00	-6.16
Total (Hm)	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.98	-1.29	-1.49	-1.22	-1.19	0.00	0.00	0.00	-6.16

Tabla 55*Balance hídrico en la situación actual microcuenca Quebrada Honda*

Variable	Unidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total (Hm ³)
Entradas de agua	Hm ³	15.44	22.00	31.69	13.94	2.95	0.48	0.24	0.34	3.02	14.56	13.52	16.18	134.38
Precipitación	Hm ³	14.16	20.60	29.96	12.74	2.33	0.20	0.06	0.12	2.38	13.32	12.36	14.93	123.16
Aguas subterráneas	Hm ³	1.28	1.40	1.73	1.20	0.62	0.28	0.19	0.23	0.64	1.24	1.17	1.25	11.21
Salidas de agua	Hm ³	2.39	2.13	2.26	2.06	3.34	3.47	3.83	3.27	3.79	2.21	2.29	2.39	33.43
ETRr 1583 ha cobertura vegetal	Hm ³	-	-	-	-	0.98	1.29	1.49	1.22	1.19	-	-	-	6.16
160 has canal tres puentes	Hm ³	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.39	0.40	0.40	0.39	0.00	0.00	0.00	1.98
Evaporación	Hm ³	2.39	2.13	2.26	2.06	1.96	1.79	1.94	1.65	2.21	2.21	2.29	2.39	25.29
Balance hídrico	Superavit (+)	13.05	19.87	29.43	11.88	-	-	-	-	-	12.35	11.23	13.79	111.61
	Déficit (-)	0	0	0	0	-0.39	-2.99	-3.58	-2.93	-0.77	0	0	0	-10.66
Déficit hídrico en la situación actual (Hm ³)														10.66

Figura 62

Balance hídrico en la situación actual, microcuenca Quebrada Honda



De la Figura 62, se desprende que existe superávit hídrico de 111.61 Hm³ que ocurre durante el periodo de lluvias que coincide con el año hidrológico (octubre-abril), mientras que el déficit de 10.66 Hm³ ocurre durante el periodo de estiaje (mayo-setiembre).

Sin embargo, existe millones de metros cúbicos que se pueden embalsar realizando micro represas en lugares estratégicos sin perjudicar su equilibrio ecológico de las lagunas y bofedales para aumentar la capacidad de retención de la microcuenca y ampliar la situación de miles de pobladores del campo y la ciudad que requieren de agua altamente limpia sin contaminación.

5.2 Interconectividad de lagunas

5.2.1 *Interconectividad superficial*

La interconectividad superficial de lagunas se da por canales naturales, que ha existido por cientos y miles de años, así mismo, sumando los colchones acuíferos que están conformados por el icho que juega un papel importante en almacenar agua en tiempos de avenida y deponer lentamente en tiempos de estiaje.

5.3 Interconectividad subterránea

Para averiguar si refleja una interconectividad subterránea se hizo un análisis fisicoquímico de agua de las lagunas (Negra y Elvión), así mismo se estudió el tipo de rocas presentes en la microcuenca Quebrada Honda.

5.3.1 *Análisis fisicoquímico del agua de las lagunas*

Para el análisis y comparación de la existencia de interconectividad de lagunas analizaremos y compararemos los metales pesados que están fuera del LMP, de las muestras que fueron tomadas en las lagunas Elvión y laguna Negra.

Figura 63

Ensayo acreditado

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084**

IE 0418181

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código Cliente			Laguna Rivón	Laguna Negra	-	-	-	-
Código Laboratorio			0418181-01	0418181-02	-	-	-	-
Matriz de Agua			NATURAL	NATURAL	-	-	-	-
Descripción			Superficial	Superficial	-	-	-	-
Localización de la Muestra			Caserio Alto Perú	Caserio Alto Perú	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Plata (Ag)	mg/L	0.017	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Aluminio (Al)	mg/L	0.022	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Arsénico (As)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Boro (B)	mg/L	0.021	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Bario (Ba)	mg/L	0.002	<LCM	0.004	-	-	-	-
Berilio (Be)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Bismuto (Bi)	mg/L	0.010	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Cadmio (Cd)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Cobalto (Co)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Cromo (Cr)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Cobre (Cu)	mg/L	0.014	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Hierro (Fe)	mg/L	0.019	0.070	0.288	-	-	-	-
Potasio (K)	mg/L	0.049	0.169	0.190	-	-	-	-
Litio (Li)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Magnesio (Mg)	mg/L	0.017	0.113	0.104	-	-	-	-
Manganeso (Mn)	mg/L	0.002	0.027	0.058	-	-	-	-
Molibdeno (Mo)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Sodio (Na)	mg/L	0.018	0.448	0.099	-	-	-	-
Níquel (Ni)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Fósforo (P)	mg/L	0.020	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Plomo (Pb)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Azufre (S)	mg/L	0.005	0.571	0.509	-	-	-	-
Antimonio (Sb)	mg/L	0.005	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Selenio (Se)	mg/L	0.017	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Stroncio (Sr)	mg/L	0.006	0.779	0.495	-	-	-	-
Estroncio (Sr)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Titanio (Ti)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Talio (Tl)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Uranio (U)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Vanadio (V)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Zinc (Zn)	mg/L	0.016	<LCM	<LCM	-	-	-	-

Cajamarca, 16 de Abril de 2018.

Figura 64*Ensayo acreditado*

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084**

IE 0418181

ENSAYOS			FISICOQUÍMICOS					
Código Cliente			Laguna Elvión	Laguna Negra	-	-	-	-
Código Laboratorio			0418181-01	0418181-02	-	-	-	-
Matriz de Agua			NATURAL	NATURAL	-	-	-	-
Descripción			Superficial	Superficial	-	-	-	-
Localización de la Muestra			Caserío Alto Perú	Caserío Alto Perú	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Fluoruro (F ⁻)	mg/L	0.038	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Cloruro (Cl ⁻)	mg/L	0.065	<LCM	0.060	-	-	-	-
Nitrito (NO ₂ ⁻)	mg/L	0.050	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Bromuro (Br ⁻)	mg/L	0.035	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Nitrato (NO ₃ ⁻)	mg/L	0.064	<LCM	0.103	-	-	-	-
Sulfato (SO ₄ ²⁻)	mg/L	0.070	1.291	1.392	-	-	-	-
Fosfato (PO ₄ ³⁻)	mg/L	0.032	<LCM	<LCM	-	-	-	-
(*) Dureza Total	mg/L	0.5	4.4	1.9	-	-	-	-
(*) Alcalinidad Total (CaCO ₃)	mg CaCO ₃ /L	0.5	9.6	6.0	-	-	-	-
(*) Bicarbonatos (HCO ₃ ⁻)	mg/L	0.5	9.6	6.0	-	-	-	-
Cromo hexavalente	mg Cr ⁺⁶	0.042	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Cianuro Total	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	-	-	-	-

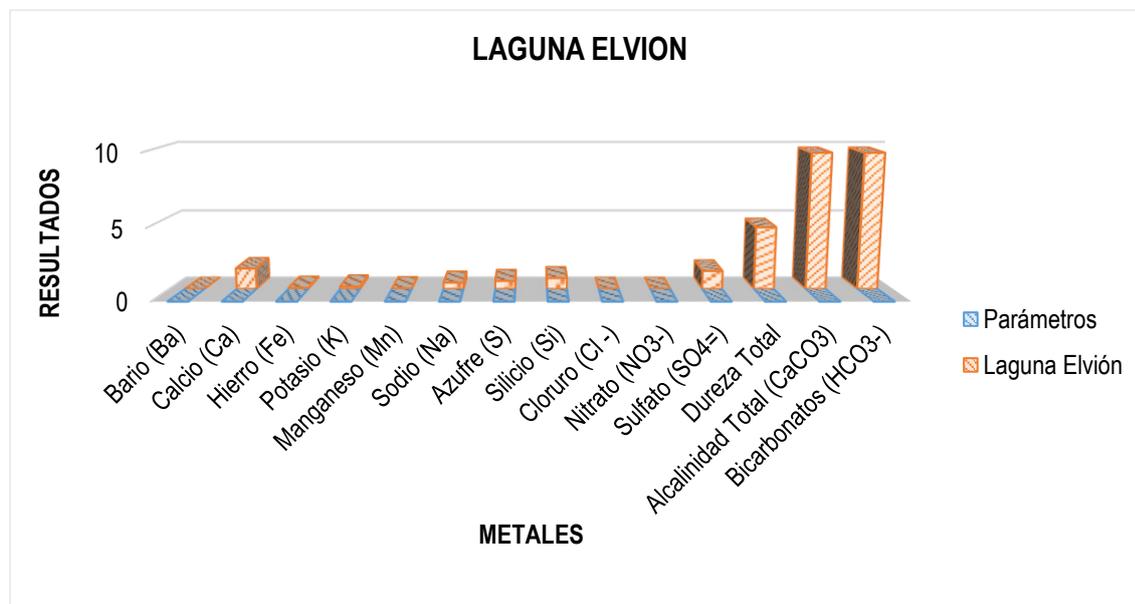
Figura 65*Toma de muestras de la laguna Elvión*

Figura 66*Toma de muestras de la laguna Negra***Tabla 56***Metales pesados en la laguna Elvi6n*

Parámetros	Unidad	LCM	Resultados
Bario (Ba)	mg/L	0.002	<LCM
Calcio (Ca)	mg/L	0.07	1.47
Hierro (Fe)	mg/L	0.019	0.07
Potasio (K)	mg/L	0.049	0.169
Manganeso (Mn)	mg/L	0.002	0.027
Sodio (Na)	mg/L	0.018	0.448
Azufre (S)	mg/L	0.085	0.571
Silicio (Si)	mg/L	0.085	0.779
Cloruro (Cl ⁻)	mg/L	0.065	<LCM
Nitrato (NO ₃ ⁻)	mg/L	0.064	<LCM
Sulfato (SO ₄ ⁼)	mg/L	0.07	1.291
Dureza Total	mg/L	0.5	4.4
Alcalinidad Total (CaCO ₃)	(CaCO ₃)mg/L	0.5	9.6
Bicarbonatos (HCO ₃ ⁻)	mg/L	0.5	9.6

Figura 67

Histograma: metales pesados en la laguna Elvi3n

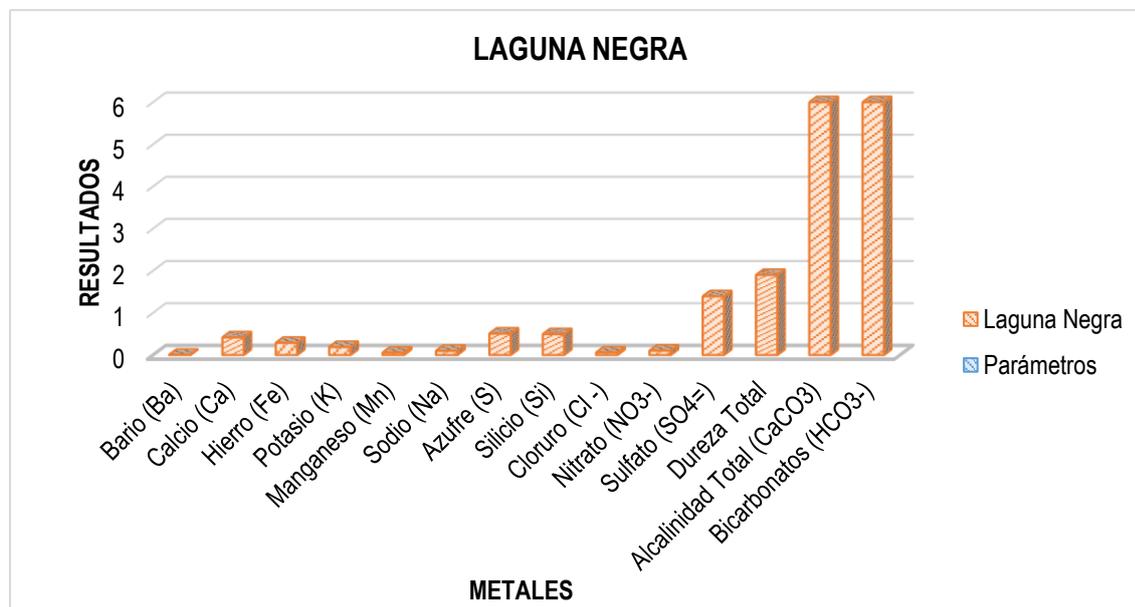
**Tabla 57**

Metales pesados en la laguna Negra

Parámetros	Unidad	LCM	Resultados
Bario (Ba)	mg/L	0.002	0.004
Calcio (Ca)	mg/L	0.07	0.418
Hierro (Fe)	mg/L	0.019	0.288
Potasio (K)	mg/L	0.049	0.19
Manganeso (Mn)	mg/L	0.002	0.058
Sodio (Na)	mg/L	0.018	0.099
Azufre (S)	mg/L	0.085	0.509
Silicio (Si)	mg/L	0.085	0.495
Cloruro (Cl ⁻)	mg/L	0.065	0.06
Nitrato (NO ₃ ⁻)	mg/L	0.064	0.103
Sulfato (SO ₄ ⁼)	mg/L	0.07	1.392
Dureza Total	mg/L	0.5	1.9
Alcalinidad Total (CaCO ₃)	(CaCO ₃)mg/L	0.5	6
Bicarbonatos (HCO ₃ ⁻)	mg/L	0.5	6

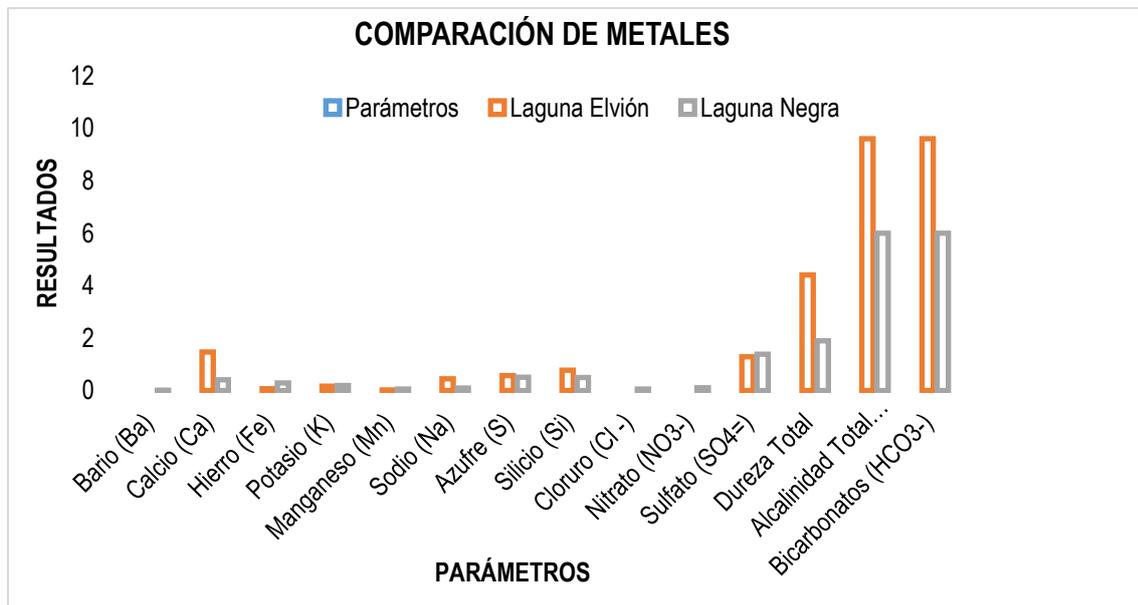
Figura 68

Histograma: metales pesados en la laguna Negra

**Tabla 58**

Resultados de metales pesados de las lagunas Negra y Elvi3n

Parámetros	Unidad	LCM	Resultados	
			Laguna Elvi3n	Laguna Negra
Bario (Ba)	mg/L	0.002	<LCM	0.004
Calcio (Ca)	mg/L	0.07	1.47	0.418
Hierro (Fe)	mg/L	0.019	0.07	0.288
Potasio (K)	mg/L	0.049	0.169	0.19
Manganeso (Mn)	mg/L	0.002	0.027	0.058
Sodio (Na)	mg/L	0.018	0.448	0.099
Azufre (S)	mg/L	0.085	0.571	0.509
Silicio (Si)	mg/L	0.085	0.779	0.495
Cloruro (Cl ⁻)	mg/L	0.065	<LCM	0.06
Nitrato (NO ₃ ⁻)	mg/L	0.064	<LCM	0.103
Sulfato (SO ₄ ⁼)	mg/L	0.07	1.291	1.392
Dureza Total	mg/L	0.5	4.4	1.9
Alcalinidad Total (CaCO ₃)	(CaCO ₃)mg/L	0.5	9.6	6
Bicarbonatos (HCO ₃ ⁻)	mg/L	0.5	9.6	6

Figura 69*Histograma: parámetros de comparación de lagunas*

VI. Conclusiones

1. La interconectividad superficial, entre las lagunas Elvi3n y Negra, es por canales naturales que existen por la erosi3n fluvial a trav3s del tiempo , as3 mismo, por la similitud que demuestran los an3lisis f3sico, qu3mico y bacteriol3gico, determinando la presencia de Ca, Fe, K, Mn, Na, S, Si, SO_4^- , HCO_3^- , en cantidades proporcionales en ambas lagunas, su aporte a la disponibilidad h3drica de la laguna Elvi3n a la microcuenca Quebrada Honda es de 32.8 L/s, seg3n nuestros aforos realizados en las fechas 7/06/2017, 9/06/2017, 13/06/2017, 17/06/2017, 18/06/2017, llegando un caudal a la toma del canal Tres Puentes de 163.2 L/s, seg3n nuestros aforos realizados en la en las fechas 7/06/2017, 9/06/2017, 13/06/2017, 17/06/2017, 18/06/2017, siendo un caudal mayor a la resoluci3n que entrega la Autoridad Local del Agua (ALA) del Alto Jequetepeque a los usuarios.
2. La demanda de agua de riego est3 constituida por la asignaci3n h3drica de 150 L/s expedida por la ALA - Alto Jequetepeque a favor del canal Tres Puentes de 4.6 km de longitud que beneficia a 165 hect3reas de terreno y a 35 familias del caser3o Alto Per3, para la demanda poblacional existe un peque3o sistema de uso denostado que capta un afloramiento h3drico detr3s del estribo derecho de la laguna Elvi3n, que abastece con agua a 20 familias (haciendo un total de 80 personas), necesitando una demanda de un caudal m3ximo horario 0.12 L/s.
3. La oferta h3drica para las actividades agr3colas, ganaderas y consumo humano durante la 3poca seca (mayo-setiembre) se produce el 9% de la precipitaci3n total anual con 142.5 mm, mientras que durante el periodo de lluvias (a3o hidrol3gico octubre-abril), se produce hasta el 91% de lluvias con 1392.4 mm, lo cual nos indica claramente que durante la 3poca seca existe un d3ficit h3drico, caudal disponible sin derecho de terceros que discurre por la microcuenca Quebrada

Honda que componen el áreas de estudio cuyo volumen llega a 22.2 Hm³ de agua, principalmente durante el periodo de lluvias, ya que en la época seca los caudales se reducen y el caudal de la microcuenca Quebrada Honda está comprometida por terceros con un caudal Tres puentes 150 L/s de caudal.

VII. Recomendaciones

1. Construir represas, micro represas en lugares estratégicos sin perjudicar el equilibrio ecológico de las lagunas, bofedales para aumentar la capacidad de retención de la microcuenca, ampliar la situación de hectáreas de cultivo, así mismo, brindar cantidad, calidad de agua a los pobladores de las zonas rurales y urbanas.
2. Implementar estaciones meteorológicas para tener una información de calidad en la zona de estudio no contamos con datos reales para brindar una información de calidad.
3. Usar racionalmente el recurso hídrico, en el ámbito poblacional, agrícola (implementar riego por goteo), así mismo industrial.
4. Realizar el ordenamiento territorial, para determinar actividades que no impacten el ecosistema de lagunas en Alto Perú - Tumbaden - San Pablo - Cajamarca.
5. Forestar y Reforestar con pantas nativas el ecosistema de lagunas para incrementar la oferta hídrica en la microcuenca Quebrada Honda - Tumbaden - San Pablo - Cajamarca.

VIII. Referencias

- Abreu, J. L. (2014). *El Método de la Investigación. International Journal of Good Conscience*. [http://www.spentamexico.org/v9-n3/A17.9\(3\)195-204.pdf](http://www.spentamexico.org/v9-n3/A17.9(3)195-204.pdf).
- Béjar, M. V. (2002). Hidrología. Lima: Villón.
- Calispa A., M. F. (2010), *Modelación Hidrológica de Glaciares y Paramos en Relación con la Oferta de Agua de Quito. Pruebas de Simulación en las Cuencas del Sistema Mica del Volcán Antisana* [Tesis de grado, Escuela Politécnica Nacional].
[file:///C:/Users/Ventura/Downloads/CD-3261%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Ventura/Downloads/CD-3261%20(1).pdf)
- Chacón S., M. J. (2006). *Balance hídrico de la Cuenca del río Chillón* [Tesis de grado, Universidad Nacional Federico Villarreal].
<http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/844?show=full>
- Cruzado V., G. (2009). *Estudio de Geología. Cajamarca: Gobierno Regional Cajamarca* [pdf].
- Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente [RENAMA]. (2010). Propuesta de *declaratoria área de conservación regional Lagunas Alto Perú* Gobierno Regional de Cajamarca.
- Guevara C., D. F. (2015). *Propuesta para determinar la oferta hídrica neta de una cuenca contemplando escenarios extremos: caso de estudio microcuenca del río Upín* [Tesis de grado, Universidad Católica de Colombia].
https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/2822/1/Trabajo_de_Grado.pdf
<https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/14410/1/ALEX%20LEONEL%20CA%20c3%91AR%20RIVAS.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI]- (2017). Directorio Nacional de Centros Poblados. 12/10/2018. <http://www.censos2017.pe/publicaciones>
- Lizmová, N. (2007) Análisis de mapas como un método de investigación de fenómenos

- López Q., H. A. y Quintero P., J. (2014). *Oferta y demanda hídrica de la microcuenca Juan Sánchez del Municipio de Ocaña, Norte de Santander* [Tesis de grado, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña].
<http://repositorio.ufpso.edu.co/bitstream/123456789/1255/1/25977.pdf>
- Manchego D., R. W. (2007). *Balance hídrico superficial de la cuenca del río Pisco* [Tesis de grado, Universidad Nacional Federico Villarreal].
<http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/906>
- Meza C., Y. A. (2014). *Determinación de la oferta y demanda hídrica de la microcuenca el Silencio localizada en el corregimiento de Otare del municipio de Ocaña* [Tesis de grado, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña].
<http://repositorio.ufpso.edu.co/bitstream/123456789/1182/3/25203.pdf>
- Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2011). *Disponibilidad hídrica actual y futura en la subcuenca del río Shullcas, Junín. Proyecto de Adaptación del Retroceso Acelerado de Glaciares en los Andes Tropicales*.
- Morán, W. C. (2014). *Hidrología*. Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica [CONCYTEC].
naturales y socioeconómicos. *Revista Luna Azul*, núm. 24, 80. Universidad de Caldas Manizales, Colombia. <https://www.redalyc.org/pdf/3217/3217272226010.pdf>
- Obregón, J. R. (2014). *El Método Estadístico*. <http://paginas.facmed.unam.mx/deptos/sp/wp-content/uploads/2015/11/03REYNAGA1.pdf>
- Pañar R., A. L. (2016). *Análisis de la disponibilidad y demanda de agua, con fines de riego, en el sistema campana-malacatos* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Loja].
- Peralta, C. V. (2014). *Estudio Hidrológico de la microcuenca en el ámbito de la propuesta de sitio Ramsar Lagunas de Alto Perú, San Cirilo y Yanacanchilla de las provincias de San Pablo, San Miguel, Hualgayoc y Cajamarca*.

- Quintana L., M. G. (2004). *Evaluación hidrológica de la subcuenca del río Blanco, subcuenca del río Blanco* [Tesis de grado, Universidad Nacional Federico Villarreal]. <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/994>
- Quintanilla G., J. E. (2011). *Balance hídrico y aplicaciones en la margen derecha de la subcuenca del río Tingo-Maygasbamba* [Tesis de grado, Universidad Nacional Federico Villarreal]. <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/1003?show=full>
- Quiñones R., J. S. (2008). *Estudio Hidrológico de la cuenca del río Acari* [Tesis de grado, Universidad Nacional Federico Villarreal]. <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/984>
- Rojas S., Y. P. (2016). *Caracterización de la demanda hídrica de la microcuenca río de Oro, localizada en el municipio de río de Oro* [Tesis de grado, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña]. <http://repositorio.ufpso.edu.co/xmlui/handle/123456789/1456>
- Sánchez, I. (2006). *Jalcas*. https://www.researchgate.net/profile/Monica-Moraes-R/publication/312313242_Botanica_Economica_de_los_Andes_Centrales/links/587988a408ae9a860fe2f2ad/Botanica-Economica-de-los-Andes-Centrales.pdf#page=91
- Sandoval M., C. E. (2011). *Balance hídrico para riego en la microcuenca del río Blanco, Cayambe-Ecuador-2009*. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10850/1/Balance%20hidrico%20para%20riego%20en%20la%20microcuenca%20del%20rio%20Blanco.pdf>
- Valencia G., R. J. (2014). *Análisis de la disponibilidad de los recursos hídricos en la microcuenca del río Blanco (nevado Cayambe), utilizando el modelo oferta-demanda en Arcgis* [Tesis de grado, Escuela Politécnica Nacional]. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/7625/1/CD-5627.pdf>

Vásquez P., L. G. (2003). *Balance Hídrico del Valle del río Lurín* [Tesis de grado, Universidad Nacional Federico Villarreal].

<http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/1003>

Vásquez, P. C. (2014). *Estudio hidrológico. Cajamarca*. Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente [RENAMA].

IX. Anexos

Fotos 1: Aforo en cauce de Quebrada Honda



Fotos 2: interconectividad superficial.



Fotos 3: Instrumentos de medición.



Fotos 4: Análisis Físicoquímicos de lagunas.

