

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERIA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y
RECURSOS NATURALES**



TESIS

**COMPORTAMIENTO HIDROLÓGICO EN LA UNIDAD
HIDROGRÁFICA QOCHA-QOCHA EN LA MICROCUENCA
MOLLEBAMBA DISTRITO DE JUAN ESPINOZA MEDRANO,
ANTABAMBA – APURÍMAC, 2014-2015.**

**PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA
AMBIENTAL**

AUTOR

BACHILLER LISBETH JUAREZ TORVISCO

ASESOR

ING. M.SC. CARLOS MOREANO HUAYHUA

APURÍMAC - PERÚ

2017

ÍNDICE

CONTENIDO PÁGINAS

ÍNDICE	II
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	IX
ÍNDICE DE GRÁFICOS	XII
DEDICATORIA	XIV
AGRADECIMIENTOS	XV
RESUMEN	XVI
SUMMARY	XVII
LISTA DE ACRÓNIMOS	XVIII
INTRODUCCIÓN	19
CAPITULO I	21
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	21
1.1. Formulación del problema	22
1.1.1. Problema central	22
1.1.2. Problemas derivados	22
1.2. Justificación	22

1.3.	Objetivos	23
1.3.1.	Objetivo general	23
1.3.2.	Objetivos específicos	24
CAPITULO II.....		25
2.	MARCO REFERENCIAL.....	25
2.1.	Antecedentes.....	25
2.2.	Marco teórico	30
2.2.1.	Clima	30
2.2.2.	Variabilidad climática	31
2.2.3.	Praderas altoandinas	32
2.2.4.	Áreas de recarga hídrica.....	33
2.2.5.	Efecto del cambio climático en el comportamiento hidrológico	33
2.2.6.	Factores que influyen sobre el contenido de humedad del suelo	34
2.2.7.	Factores que degradan la regulación hídrica	35
2.2.8.	Prácticas que contribuye a la regulación hídrica	36
2.2.9.	Métodos para medir caudales	36
2.2.10.	Manejo de Cuencas	42
2.2.11.	La cuenca hidrográfica	42
2.2.12.	Gestión de cuencas hidrográficas.....	42
2.2.13.	Cogestión de cuencas hidrográficas	43

2.2.14.	Ciclo Hidrológico.....	44
2.2.15.	Sistema hidrológico.....	45
2.2.16.	Precipitación	45
2.2.17.	Tipos de precipitación	47
2.2.18.	Formas de precipitación	48
2.2.19.	Medidores de precipitación.....	49
2.2.20.	Clasificación de cuencas.....	49
2.2.21.	Infiltración	50
2.3.	Marco conceptual	51
2.3.1.	Hidrología	51
2.3.2.	Año Hidrológico	51
2.3.3.	Hidrograma.....	51
2.3.4.	Comportamiento hidrológico	51
2.3.5.	Estación hidrológica automática.....	52
2.3.6.	Evapotranspiración	52
2.3.7.	Precipitación.....	52
2.3.8.	Precipitación máxima.....	52
2.3.9.	Precipitación mínima	52
2.3.10.	Caudal.....	52
2.3.11.	Aforo de caudal.....	53

2.3.12.	Escorrentía superficial	53
CAPITULO III		54
3.	FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS	54
3.1.	Hipótesis central	54
3.2.	Hipótesis específicos	54
3.3.	Identificación y definición de variables.....	54
3.3.1.	Variable independiente	54
3.3.2.	Variable dependiente	56
3.4.	Operacionalización de variables.....	57
CAPITULO IV		58
4.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	58
4.1.	Diseño de investigación	58
CAPITULO V.....		66
5.	DETERMINACIÓN DEL UNIVERSO Y LA MUESTRA.....	66
5.1.	Tamaño del universo o población	66
CAPITULO VI		71
6.	RECOLECCIÓN DE DATOS	71
6.1.	Fuentes	71
6.1.1.	Fuentes primarias.....	71
6.1.2.	Fuentes secundarias	72

6.2.	Técnicas	72
6.3.	Instrumentos de investigación.....	72
CAPITULO VII		74
7.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS	74
7.1.	Relación entre la precipitación y el caudal de escorrentía superficial.....	74
7.2.	Comportamiento de la precipitación.....	76
7.2.1.	Precipitación, intensidad – duración en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.....	80
7.3.	Comportamiento del caudal de escorrentía superficial.....	100
7.4.	Características fisiográficas de la unidad hidrológica Qocha-Qocha.....	104
7.4.1.	Área y pendiente de la unidad hidrográfica Qocha-Qocha	104
7.4.2.	Pendiente de la unidad hidrográfica Qocha- Qocha	105
7.4.3.	Curva hipsométrica de la unidad hidrográfica Qocha-Qocha	106
7.4.4.	Pendiente del curso principal del dren	108
7.5.	Contrastación de hipótesis	111
CAPITULO VIII.....		116
8.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	116
8.1.	Conclusiones	116
8.2.	Recomendaciones.....	118
BIBLIOGRAFÍA		120

ANEXOS.....	122
-------------	-----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Imagen del método del flotador. INIA-URURI 2010 por Villavicencio P.	40
Figura 2. Imagen del método del correntómetro. INIA-URURI 2010 por Villavicencio P.....	41
Figura 3. Representación del Ciclo Hidrológico Fuente: Musy, André, 2001. Cours "Hydrologie générale" . Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne. IATE/HYDRAM. Laboratoire d'Hydrologie et Aménagement. Capítulo 1. El ciclo hidrológico	44
Figura 4. Representación del sistema hidrológico	45
Figura 5. Principales tipos de precipitación. Musy, André, 2001. Cours "Hydrologie générale". Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne. IATE/HYDRAM. Laboratoire d'Hydrologie et Aménagement. Capítulo 3. La precipitación.	48
Figura 6. Clasificación jerárquica de cuencas	50
Figura 7. Esquema metodológico para conocer la precipitación.....	61
Figura 8. Esquema metodológico para conocer el caudal.....	62
Figura 9. Ubicación general de la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables	57
Tabla 2. Accesibilidad a la zona de estudio.	67
Tabla 3. Coordenadas de la estación hidrológica y pluviométrica	71
Tabla 4. Coeficiente de correlación entre la variables precipitación y caudal de escorrentía superficial en la unidad hidrológica de Qocha-Qocha.	74
Tabla 5. Datos de precipitación y de caudal de los 12 meses de monitoreo en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.....	75
Tabla 6. Precipitación mensual en mm en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.....	77
Tabla 7. Comportamiento de la precipitación en mm en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha, en un período de 12 meses.	79
Tabla 8. Análisis de la precipitación media para el mes de noviembre del 2014 en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.....	80
Tabla 9. Análisis de la precipitación media para el mes de diciembre del 2014 en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.....	82
Tabla 10. Análisis de la precipitación media para el mes de enero del 2015 en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.....	84
Tabla 11. Análisis de la precipitación media para el mes de febrero del 2015 en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.....	85
Tabla 12. Análisis de la precipitación media para el mes de marzo del 2015 en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.....	87
Tabla 13. Análisis de la precipitación media para el mes de abril del 2015 en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.....	89

Tabla 14. Análisis de la precipitación media para el mes de mayo del 2015 en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.....	91
Tabla 15. Análisis de la precipitación media para el mes de junio del 2015 en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.....	93
Tabla 16. Análisis de la precipitación media para el mes de julio del 2015 en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.....	95
Tabla 17. Análisis de la precipitación media para el mes de agosto del 2015 en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.....	96
Tabla 18. Análisis de la precipitación media para el mes de setiembre del 2015 en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.....	98
Tabla 19. Análisis de la precipitación media para el mes de octubre del 2015 en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.....	99
Tabla 20. Estadísticos de caudal de escorrentía superficial en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.	101
Tabla 21. Caudales de escorrentía superficial medios mensuales en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.	102
Tabla 22. Cuadro de construcción de área y perímetro de la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.	104
Tabla 23. Cuadro de construcción de la pendiente de unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.	105
Tabla 24. Cuadro de construcción de la curva hipsométrica de unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.	106
Tabla 25. Cuadro de construcción para determinar de la pendiente del curso principal del dren 1, de la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.	108

Tabla 26. Cuadro de construcción para determinar la pendiente del curso principal del dren 2, de la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.	110
Tabla 27. Prueba de la hipótesis general mediante el estadístico t Student.	112
Tabla 28. Análisis de varianza para el promedio de las precipitaciones de tres pluviómetros instalados en la unidad hidrográfica Qocha-Qocha.	113
Tabla 29. Prueba de t Student para el comportamiento del caudal de escorrentía superficial en la unidad hidrográfica Qocha-Qocha.	114
Tabla 30. Prueba de t Student para el comportamiento del caudal de escorrentía superficial en la unidad hidrográfica Qocha-Qocha.	115

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Relación entre precipitación (mm) y caudal (l/s).	76
Gráfico 2. Comportamiento de la precipitación de los tres pluviómetros en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.....	77
Gráfico 3. Comportamiento de la precipitación de los tres pluviómetros en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha, en un período de 12 meses.....	79
Gráfico 4. Curva de intensidad duración de la precipitación media del mes de noviembre 2014 en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.	81
Gráfico 5. Curva de intensidad duración de la precipitación media del mes diciembre 2014 en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.	83
Gráfico 6. Curva de intensidad duración de la precipitación media del mes de enero 2015 en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.	84
Gráfico 7. Curva de intensidad duración de la precipitación media del mes de febrero 2015 en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.	86
Gráfico 8. Curva de intensidad duración de la precipitación media del mes de marzo 2015 en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.	88
Gráfico 9. Curva de intensidad duración de la precipitación media del mes de abril 2015 en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.	90
Gráfico 10. Curva de intensidad duración de la precipitación media del mes de mayo 2015 en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.	92
Gráfico 11. Curva de intensidad duración de la precipitación media del mes de junio 2015 en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.	94

Gráfico 12. Curva de intensidad duración de la precipitación media del mes de julio 2015 en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.	95
Gráfico 13. Curva de intensidad duración de la precipitación media del mes de agosto 2015 en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.	97
Gráfico 14. Curva de intensidad duración de la precipitación media del mes de setiembre 2015 en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.	99
Gráfico 15. Curva de intensidad duración de la precipitación media del mes de octubre 2015 en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.	100
Gráfico 16. Comportamiento del caudal de escorrentía superficial en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.	101
Gráfico 17. Comportamiento mensual del caudal instantáneo y específico de escorrentía superficial en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.	103
Gráfico 18. Curva hipsométrica y polígonos de frecuencia de la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.	107
Gráfico 19. Perfil longitudinal del dren principal 1, de la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.	109
Gráfico 20. Perfil longitudinal del dren principal 2, de la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.	110

DEDICATORIA

A mí querida madre que con su demostración de una madre ejemplar me ha enseñado a no rendirme ante nada y siempre perseverar a través de sus sabios consejos. A mi padre que estás conmigo siempre cuidándome y guiándome, sé que este momento hubiese sido tan especial para ti como lo es para mí.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

Dedico de manera especial a mi hermana Sumilda, pues ella fue el principal cimiento para la construcción de mi vida profesional, sentó en mí las bases de la responsabilidad y deseos de superación. Así mismo a mis hermanas Yesenia y Noemi por estar siempre pendientes en el desarrollo de esta tesis y por ayudarme a concluir el desarrollo de la misma.

A mi sobrino Dominic Bravo Juarez, gracias por tu cariño, tu amor y tus grandes manifestaciones de afecto. Asimismo a mi cuñado David Bravo T., por su apoyo y consejos.

A mi amor Sherald M. Salas Peña, por ayudarme a encontrar el lado dulce y no amargo de la vida. Estuviste motivándome y ayudándome para concluir con éxito éste proyecto de tesis.

A mi asesor de tesis Ing° M.Sc. Carlos Moreano Huayhua, por sus orientaciones, su guía, lecciones y su motivación han sido fundamental en la ejecución de mi trabajo de investigación. Quisiera destacar la seriedad profesional que le caracteriza.

Agradecer también a mi asesor externo de tesis Blgo. M.Sc. Ronal Cervantes Zavala, por su constante apoyo, sus indicaciones y orientaciones indispensables en el desarrollo de este trabajo. Quisiera destacar la seriedad profesional que le caracteriza.

Agradecer al Asesor de Respuestas Adaptativas Locales Apurímac el Ing. Jaime Pérez Salinas, por haberme aceptado que se realice la tesis en la institución Programa de Adaptación al Cambio Climático - PACC PERÚ, y también por sus aportes muy importantes para la ejecución del estudio en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.

Agradecer al Conductor – Asistente administrativo Apurímac, de la institución Programa de Adaptación al Cambio Climático - PACC PERÚ el Sr. Federico Peña Ortega, por brindarme su apoyo incondicional en el traslado y recolección de información en el área de estudio Qocha-Qocha, Asimismo por colaborar de la manera que lo hizo lo cual sirvió para el desarrollo y la conclusión del trabajo de investigación.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación “**Comportamiento Hidrológico en la Unidad Hidrográfica Qocha-Qocha, Microcuenca Mollebamba Distrito de Juan Espinoza Medrano, Antabamba - Apurímac, 2014-2015**”. Tiene como objetivo Conocer y evaluar el comportamiento hidrológico de la unidad hidrográfica Qocha-Qocha, y así contribuir a la validación de modelos hidrológicos de ecosistemas andinos, así como tener una mejor información sobre aspectos hidrológicos en las zonas andinas y generar líneas de base como información en torno al comportamiento de la hidrología andina y podrá ser utilizado en el modelamiento de eventos hidrográficos.

El análisis de cada una de las variables hidrológicas (precipitación y caudal), nos llevará a conocer el régimen hidrológico de la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha. Los resultados obtenidos de la recopilación de información indican que la precipitación total anual, es de 962.57 mm/año y el comportamiento del caudal oscila en un rango de 0.17 y 11.05 l/s, entre los meses de febrero a marzo que son los meses más lluviosos CON un promedio de 10.83 l/s en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.

En el trabajo de gabinete, se realizó el procesamiento automático de la información de los parámetros estudiados (precipitación y caudal) de la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha, con el fin de conocer el comportamiento hidrológico y el régimen hidrológico, para lo cual se tomó el período de monitoreo comprendido entre octubre 2014 hasta octubre 2015, abarcando un total de 12 meses de estudio. Con el fin de conocer los datos de precipitación y caudal como base para conocer los ecosistemas andinos y que permitirá una adecuada toma de decisiones para mejorar la gestión de ecosistemas y para la toma de decisiones eficaces en la gestión del agua en un contexto de cambio climático.

Palabras claves: Comportamiento hidrológico, Unidad hidrográfica, Microcuenca, Validación de modelos hidrológicos, Precipitación, Caudal, Zonas andinas, Régimen hidrológico, Hidrográfica, Ecosistemas andinos, Gestión hídrica, Cambio climático Distrito, Juan Espinoza Medrano, Qocha-Qocha, Antabamba, Apurímac.

SUMMARY

The present research work "Hydrological Behavior in the Hydrographic Unit Qocha-Qocha, Micro-basin Mollebamba District of Juan Espinoza Medrano, Antabamba - Apurímac, 2014-2015". Its objective is to know and evaluate the hydrological behavior of the Qocha-Qocha hydrographic unit, and thus contribute to the validation of hydrological models of Andean ecosystems. It also aims to strengthen information on hydrological aspects in the Andean zones and aims to fill some information gaps in around the behavior of Andean hydrology.

The analysis of each of the hydrological variables (precipitation and flow) will lead us to know the hydrological regime of the hydrographic unit of Qocha-Qocha. The results obtained from the data collection indicate that the total annual rainfall is 962.57 mm / year and the flow behavior oscillates in a range of 0.17 and 11.05 l / s, February and March the rainiest months by an average of 10.83 L / s in the hydrographic unit of Qocha-Qocha.

In the work of the cabinet, the automatic processing of the information of the studied parameters (precipitation and flow) of the hydrographic unit of Qocha-Qocha was carried out, in order to know the hydrological behavior and the hydrological regime, for which it was taken The monitoring period from October 2014 to October 2015, covering a total of 12 months of study. In order to know if the precipitation and flow data are consistent and representative of the area, which will allow an appropriate decision making to improve the management of Andean ecosystems and for effective decision making in water management in a context of climate change.

Keywords: Hydrological behavior, Hydrological behavior, Micro-basin, Validation of hydrological models, Precipitation, Flow, Andean zones, Hydrological regime, Hydrographic, Andean ecosystems, Water management, Climate change, Juan Espinoza Medrano, Qocha-Qocha, Antabamba, Apurímac.

LISTA DE ACRÓNIMOS

ACC Adaptación al cambio climático

AFN Árboles Fijadores de Nitrógeno

BR Bosque Ripario

BF Banco Forrajero

CONDESAN Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina

CC Cambio Climático

CIAL Comité de Investigación Agropecuaria

CBC Centro Bartolomé de las Casas

GCTA Grupo de Ciencias de la Tierra y del Ambiente

GPS Sistema de Posicionamiento Global

Ha Hectárea

iMHEA Iniciativa Regional de Monitoreo Hidrológico de Ecosistemas Andinos

ONG Organismo No Gubernamental

PACC Programa de Adaptación al Cambio Climático

PM Pastura Mejorada

PD Pastura Degradada

QR Caudal del río

Q Caudal

SENAMHI Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología

USB Bus Universal en Serie

INTRODUCCIÓN

La presente tesis es una investigación que tiene por objetivo conocer y evaluar el comportamiento hidrológico de precipitación y caudal de la unidad hidrográfica Qocha-Qocha.

Precipitación la cantidad de agua que cae en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha, cuyos datos son obtenidos por un pluviómetro con un sensor automático.

Caudal cantidad de agua que sale de la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha, cuyos datos son obtenidos por un vertedero con un sensor automático.

Este trabajo presenta los siguientes capítulos:

En el capítulo I, se presenta el planteamiento del problema, formulación del problema, justificación, los alcances y limitaciones de la misma y los objetivos.

En el capítulo II, se presenta el marco referencial que abordan los antecedentes y los aspectos teóricos relacionados a la hidrología como el comportamiento de la precipitación en las zonas alto andinas, factores asociados a parámetros hídricos, praderas alto andinas, factores que influyen sobre el comportamiento hidrológico de precipitación y caudal y puntos en común con las cuencas.

También se trata del marco conceptual donde se tratan aspectos como términos a usar durante el trabajo de redacción de investigación.

En el capítulo III, se aborda la formulación de hipótesis, la identificación y definición de variables.

En el capítulo IV, aborda la metodología de la investigación, determinación del universo y la muestra.

En el capítulo V, determinación del universo y la muestra se encuentra el tamaño del universo o población, ámbito geográfico, aspectos físicos ambientales, zonas de vida.

En el capítulo VI, recolección de datos dentro de ello se encuentra fuentes, técnicas, instrumentos de investigación.

En el capítulo VII, se ofrece la discusión e interpretación de los resultados

En el Capítulo VIII, Conclusiones y recomendaciones, se presentan las conclusiones y recomendaciones que se han llegado con el desarrollo de la tesis.

CAPITULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El agua es un elemento esencial para el ser humano, el cual la utiliza de forma imprescindible tanto para su consumo directo, como para diversas actividades agrícolas e industriales. Sin duda que en la actualidad la disminución de la disponibilidad del agua dulce a nivel mundial es evidente y es un tema de gran importancia.

Sin embargo, la alarmante disminución de fuentes de agua en zonas alto andinas, son originadas principalmente por la presión humana sobre los ecosistemas y fenómenos del cambio climático. Es así que en las partes altas de las cuencas de la región Apurímac se vienen presentando problemas como la disminución de la cobertura vegetal, erosión de los suelos, incremento de la escorrentía, disminución de la infiltración y desertificación, ocasionados por el sobrepastoreo, quemas, deforestación y cambio de uso del suelo. Por otro lado, por el cambio climático se han alterado las variables de temperatura y precipitación, los estudios reportan que las temperaturas son mayores y las precipitaciones son más intensos y de corta duración. Las acciones antrópicas y los efectos del cambio climático están acelerando la degradación de los ecosistemas, la pérdida gradual y permanente de servicios ecosistémicos como las hidrológicas en términos de rendimiento, regulación, cantidad y calidad. (Cervantes Z y Bustinza U. 2014).

En la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha ubicada en la microcuenca de Mollebamba del distrito de Juan Espinoza Medrano, provincia de Antabamba – Apurímac, a consecuencia del sobrepastoreo, se observa una escasa cobertura vegetal, erosión de los suelos e incremento de la escorrentía, la sobre explotación del recursos pasto y agua, los factores naturales como la baja y brusca precipitación pluvial que ayudan a la degradación del suelo; por esta razón la producción de biomasa e incremento del caudal es baja en la zona de estudio, existe una mayor escorrentía del agua de las lluvias y una menor infiltración, afectando la recarga hídrica y el comportamiento hidrológico de esta zona.

1.1. Formulación del problema

1.1.1. Problema central

¿Cuál es la relación entre la precipitación y el caudal de escorrentía superficial en el período de 12 meses en la unidad hidrológica Qocha – Qocha del distrito de Juan Espinoza Medrano – Antabamba?

1.1.2. Problemas derivados

¿Cómo es el comportamiento de la precipitación registrada para un periodo de 12 meses en tres pluviómetros instalados en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha del distrito de Juan Espinoza Medrano – Antabamba?

¿Cómo es el comportamiento del caudal de escorrentía superficial durante un periodo de 12 meses en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha del distrito de Juan Espinoza Medrano – Antabamba?

¿Cuáles son las características fisiográficas más importantes de la unidad hidrográfica de Qocha – Qocha del distrito de Juan Espinoza Medrano – Antabamba?

1.2. Justificación

El presente trabajo de investigación busca contribuir con información y conocimientos en torno al comportamiento de las variables de precipitación y caudal, información fundamental para la toma de decisiones eficaces en la gestión del agua y gestión de ecosistemas andinos que permita implementar acciones como zonas de protección y de uso, promover la interacción entre los actores interesados en la hidrología, fortalecer las capacidades técnicas de actores locales interesados así como también difundir los conocimientos generados. Para incrementar el conocimiento de los procesos hidrológicos en los ecosistemas andinos y en particular sobre los impactos del uso de la tierra sobre la regulación de caudales; varias instituciones han conformado la iniciativa regional de Monitoreo Hidrológico de Ecosistemas Andinos – MHEA basada en una colaboración activa y coordinada entre centros de investigación, gobiernos locales,

regionales, nacionales y organismos no gubernamentales. Sin embargo la fuente fundamental para la Iniciativa MHEA y la comprensión de hidrología andina sigue siendo el registro de información base que se obtiene por medio del montaje de sistemas de monitoreo.

El monitoreo de los parámetros de precipitación y caudal, durante un año, se puede conocer el régimen hidrológico, para luego realizar la correlación entre precipitación y caudal, obteniendo la productividad y régimen hidrológico de un área determinada.

Por otro lado el conocimiento del comportamiento hidrológico a partir de su monitoreo puede servir para validar modelos hidrológicos de ecosistemas andinos. Al respecto, Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina – CONDESAN (2013), señala que éstos esfuerzos implican la necesidad de aumentar en un mayor número de puntos de monitoreo hidrológico que permita cubrir un mayor número de ecosistemas y sus particularidades en clima, vegetación y uso de la tierra.

El estudio de monitoreo hidrológico, además de aportar información de interés local para el sitio, apunta a que, con base a la información obtenida a escala local, se desarrollen análisis a escalas mayores, como comparaciones entre ecosistemas andinos y de la variabilidad espacial de los procesos hidrológicos. Por otro lado, también apunta a ser el soporte en la toma de decisiones en los procesos locales, regionales y nacionales sobre los recursos hídricos.

1.3. Objetivos.

1.3.1. Objetivo general

Determinar la relación entre la precipitación y el caudal de escorrentía en el período de 12 meses en la unidad hidrológica Qocha – Qocha del distrito de Juan Espinoza Medrano – Antabamba.

1.3.2. Objetivos específicos

Describir el comportamiento de la precipitación registrada para un periodo de 12 meses en tres pluviómetros instalados en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha del distrito de Juan Espinoza Medrano – Antabamba.

Describir el comportamiento del caudal de escorrentía superficial durante un periodo de 12 meses en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha del distrito de Juan Espinoza Medrano – Antabamba.

Determinar las características fisiográficas más importantes de la unidad hidrográfica de Qocha – Qocha del distrito de Juan Espinoza Medrano – Antabamba.

CAPITULO II

2. MARCO REFERENCIAL

2.1. Antecedentes

Regional

No se han encontrado investigaciones locales y regionales relacionadas al tema, sin embargo se muestra referencias bibliográficas relacionadas con los objetivos planteados que permitieron generar información hidrográfica como base y permitió tener mayores argumentos para la evaluación de conservación de humedales, lo cual se traduce en lo siguiente:

<http://prodern.minam.gob.pe> (2012) instalaron un sistema de monitoreo hídrológico en la unidad hidrológica de Rontoccocha en el marco de ejecución del proyecto de restauración y gestión sostenible de humedales de alta montaña en las cabeceras de las cuencas Mariño, Cachi y Pampas, que fue implementado por CEDES Apurímac y financiado por el PRODERN, con fondos provenientes de la Cooperación Belga. El objetivo fue recopilar evidencias científicas de la incidencia en las prácticas de conservación de humedales y el incremento de la recarga acuífera. El sistema permitió registrar los caudales máximos y mínimos, así como la precipitación y humedad, que ayudó a estimar el incremento de la recarga hídrica en la zona de intervención y generó información importante sobre los efectos de las acciones de conservación de humedales, mediante la clausura de bofedales, encierro de puquiales; y la siembra y cosecha de agua, en la capacidad y disponibilidad del agua.

La infraestructura y equipos automatizados del sistema de monitoreo contó con un sensor de nivel que midió el caudal en la salida de la cuenca y tres pluviómetros para medir la frecuencia y cantidad de precipitación del agua ubicado en la parte baja, media y alta de la cuenca.

Charvet B. (2012) en la web <http://www.gwp-peru.pe/monitoreo>.

Manifiesta que en la sub cuenca del río Secsecca presenta una alta degradación de su ecosistema, se ha identificado al sobrepastoreo, erosión del suelo y el cambio de uso como los principales agentes de deterioro. Para atenuar este problema el Programa Conjunto “Gestión Integral y Adaptativa de Recursos Ambientales y Vulnerabilidades Climáticas en Microcuencas Alto Andinas”- PC, en alianza con el Gobierno local y nacional realizaron las acciones siguientes:

1. Elaboraron el estudio de línea de base ambiental, mediante análisis de percepciones el cual muestra una disminución de recurso hídrico y la falta de información técnica/científica.
2. Desarrollaron el programa de reforestación, manejo de suelos y recuperación de la cobertura natural mediante clausura de áreas.
3. En abril del año 2012 se implementó en colaboración con Condesan el sistema de Monitoreo Hidrológico que permitió evaluar el impacto de las medidas para mejorar la oferta hídrica y calidad ambiental.

Nacional

CONDESAN, (2013). Iniciativa de monitoreo hidrológico en los ecosistemas andinos-Piura, manifiesta: Los objetivos del monitoreo hidrológico son poder aumentar el conocimiento sobre la disponibilidad de agua y la capacidad de regulación de los ecosistemas andinos en Piura, y los efectos ocasionados en la hidrología por las distintas acciones que se realicen sobre ellos (deforestación, (re)forestación, agricultura, cambio climático, restauración u otras de interés). Todo este monitoreo está dentro de una Iniciativa regional de monitoreo hidrológico en ecosistemas andinos iMHEA, red que lidera CONDESAN y la conforman instituciones públicas y privadas como ONGs, Universidades, etc. que buscan incrementar y fortalecer el conocimiento sobre la hidrología de ecosistemas andinos para mejorar la toma de decisiones en cuanto a la gestión integral de recursos hídricos a nivel de la región andina.

Este monitoreo consta de siete microcuencas de monitoreo siguiendo la metodología de cuencas pares, la cual se basa en la comparación de la respuesta hidrológica de 2 microcuencas de tamaño pequeño ($>1\text{km}$ y $>10\text{km}$), siendo una usada como testigo y la otra con diferente uso de la tierra (p. ej. cuenca natural vs. cuenca alterada, o cuenca degradada vs. cuenca en recuperación). Los resultados iniciales muestran la diferencia hidrológica entre una cuenca de páramo conservada (“El Páramo”) y otra con intervención antrópica (“Chames”), esto queda demostrado en el balance hídrico de ambas microcuencas, donde la cuenca conservada con similar cantidad de precipitación, pero retiene mucho mejor el volumen de agua y mantiene un flujo constante de agua hacia la parte baja de la cuenca. Por otro lado, la cuenca intervenida muestra una respuesta rápida ante las lluvias con picos de caudales que luego disminuyen cuando cesa la precipitación.

A futuro, con un mayor periodo de monitoreo, se espera poder cuantificar la funcionalidad hidrológica de estos ecosistemas hídrico y con ello poner en valor los servicios ecosistémicos hidrológicos en la Región Piura.

Internacional

Villazón, M. F. (2014). Monitoreo Hidrológico en Ecosistema Puna sitio Tiquipaya.

Se implementaron dos áreas de monitoreo en coordinación con la Iniciativa Regional de Monitoreo de Ecosistemas Andinos, más una ONG boliviana y la Universidad Mayor de San Simón. Se selecciona la región de Tiquipaya en el departamento de Cochabamba por la buena predisposición de las comunidades locales, la proximidad a la ciudad capital Cochabamba ($\pm 40\text{ km}$) y la existencia del tipo de ecosistema que se quería estudiar encontrándose una micro cuenca alterada y otra inalterada o conservada. Los resultados para un área de forma rectangular-redondeada de 0.69 km^2 y 1.73 km^2 respectivamente se encontró el mejoramiento de la cobertura vegetal (pajonal) de 70% a 90% el cual a su vez mejoró la presencia de cuerpos de agua y el mayor volumen de agua en las cárcavas y afloramientos de rocas con un incremento de caudal en 20%.

Garzón, S. H. (1991). Evaluación de la erosión hídrica y la escorrentía superficial, bajo sistemas agroforestales en tierras de ladera. Se investigó el comportamiento de algunas prácticas agroforestales y tradicionales de cultivo, e incidencia en la fertilidad y conservación de suelos. Manejo de suelos de ladera, dentro de un contexto de manejo integral, eficaz y sustentable de los recursos naturales.

Para llevar a cabo el anterior propósito se estableció un experimento dentro del huerto lonal del proyecto de Arboles Fijadores de Nitrógeno (AFN), en San Juan Sur, Turrialba, Costa Rica. Los tratamientos investigados fueron: Monocultivo (en un sistema de rotación frijol-maíz); cultivo en callejones de Maíz (zea mayz var. Tuxpeño) y frijol (*phaseolus vulgaris* var. Negro Huasteco) asociados con *Erythrina fusca* distanciados a cuatro y seis metros; éstos mismos cultivos son aplicaciones de muchas de las especies *Erythrina fusca* e *Inga edulis* y una condición de suelo desnudo como tratamiento control.

En el experimento se ha cuantificado en forma directa las cantidades de agua y suelo que se pierden por efecto de la erosión hídrica y la escorrentía superficial. Se relacionaron éstos procesos con los rendimientos de los cultivos y se estimó la pérdida de nutrientes y en general la fertilidad de los suelos. Para ello se recurrió al sistema de cuantificación de pérdida de suelo denominado “parcelas de Escorrentía”.

Salas M. C. (2010). Escorrentía superficial y erosión hídrica en cuatro usos de suelo en la campiña lechera de Santa Cruz, Turrialba. Salas manifiesta que, debido a la influencia que la erosión como consecuencia natural de las lluvias potenciada por malas prácticas agrícolas y desprotección del suelo, ejerce sobre la productividad tanto agrícola, forestal y ganadera.

Es de gran importancia conocer los factores que influyen en este proceso erosivo, a fin de lograr un manejo integral y sustentable de los recursos naturales. Los usos de suelo evaluados fueron: bosque ripario (BR), banco forrajero (BF), pastura mejorada (PM) y pastura degradada (PD). Como criterios de selección de usos de suelo se tomó en cuenta el predominio de estos en la zona, además estar ubicados en un rango de pendiente de

entre 25 a 35 %. Se establecieron un total de 27 parcelas de escorrentía, tres parcelas de escorrentía con un área de 5 m x 10m ubicadas en cada sitio de muestreo. La fase de campo se realizó durante el período comprendido entre diciembre de 2009 y - agosto del 2010. Durante el periodo de muestreo se evaluaron 90 eventos en BR, 89 en BF, 98 en PM y 49 en PD. Mediante un análisis de varianza se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($p=0,0001$) con valores de porcentaje de escorrentía de 38,40%; 32,64%; 19,83% y 6,59% para PD; PM; BF y BR respectivamente. En el caso de la erosión, el mayor valor lo obtuvo PD con 25,56 ton-1 ha, seguida por PM con 6,89, mientras que BF y BR presentaron valores de 3,93 y 1,82 Tn-1 ha respectivamente. La escorrentía superficial y la erosión hídrica están estrechamente relacionadas con el manejo y uso de los suelos. Es importante tomar en cuenta alternativas de manejo mejoradas como los bancos forrajeros, cuyas propiedades intermedias entre bosque y pasturas podrían mejorar el balance entre producción - conservación.

Gil, (2014). Monitoreo Hidrológico en ecosistema de Puna Húmeda.

El presente monitoreo se da para tener una mejor comprensión del régimen hidrológico de la puna húmeda y de la influencia de la condición de pastizal en dicho régimen, mediante el estudio de dos microcuencas, una con pastizales bien conservados y otra con pastizales degradados. El presente monitoreo se da en los terrenos de la Comunidad Campesina Cordillera Blanca, la cual pertenece al centro poblado de Canrey Chico, provincia Recuay, departamento de Ancash, Perú, siendo la zona de estudio el área comprendida por las micro cuencas de Pocco y Matoc. Siendo la principal actividad de los comuneros la agricultura (en la parte baja) y la ganadería, es importante para ellos tener la suficiente cantidad de agua y pastos, lo cual a su vez implica un gran desafío ya que es en las partes altas (la puna) donde se tiene mayor cantidad de pastos, y estos a su vez tienen que ser manejados de la mejor manera posible para poder obtener una buena regulación hídrica en las cuencas y tener mayor cantidad de agua durante todo el año para la agricultura. Es por ello que los socios de la comunidad específicamente los socios del Comité de Investigación Agropecuaria Local (CIAL) sintieron la necesidad de saber en números, en cuanto aumenta la productividad hídrica de una cuenca si esta tiene

pastos bien conservados. Así optamos por investigar este tema usando la Metodología de Cuencas Pares recomendado por la iMHEA, con el cual se puede obtener datos con mayor rapidez y nos da la posibilidad de integrar a los socios del CIAL en el proceso de la investigación.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Clima

Chereque M. (1980) Son numerosas las definiciones que existen de clima, pero todas ellas aluden al estado de la atmósfera, el clima es el conjunto fluctuante de condiciones atmosféricas caracterizado por los estados y la evolución del tiempo en el curso de un período suficientemente largo en un dominio espacial determinado, los elementos que lo conforman son: la temperatura, la precipitación, la presión, el viento y la radiación solar siendo los primeros los más principales. Comúnmente al expresarnos sobre cambios en las variables meteorológicas en un día o semana, utilizamos erróneamente la palabra “clima”. Este tipo de errores influyen en nuestra percepción, como sucedió en Lima en el verano e invierno del presente año cuando se generaron fuertes precipitaciones (inusuales para los limeños) que fueron explicadas por ellos como un cambio del clima como consecuencia del Cambio Climático. Por ello la importancia de definir “tiempo” y “clima”. En el ejemplo utilizado, el término correcto sería tiempo atmosférico que explica las condiciones de la atmósfera en un lugar determinado para un periodo de tiempo relativamente corto, que pueden ser minutos, días o semanas (Paz et ál., 2008: 2; Amador & Alfaro, 2009:40); este estado de la atmósfera se evalúa en dichas escalas en términos de temperatura, 6 De acuerdo al especialista Percy Mosca del SENAMHI, el evento en verano se debió al sistema de “vaguada” que generó inestabilidad atmosférica y vientos que arrastraron la humedad de la selva hacia la costa favoreciendo las lloviznas. Pese a la explicación y pronóstico de éstas, muchos limeños se alarmaron y comentaron en diarios electrónicos que las lloviznas se debían al Cambio Climático (ANDINA, 2011; EL COMERCIO, 2011). 16 humedad, precipitación, nubosidad, visibilidad y viento (Amador y Alfaro, 2009:40; Muller, 2007:2). Por otro lado, el clima en su definición más simple se entiende como el “patrón medio del tiempo a largo

plazo” (Smith & Smith, 2001:22). Algunos autores amplían esta definición señalando la condición de lugar, definiendo al clima como el conjunto medio o promedio fluctuante de las condiciones atmosféricas (temperatura, humedad, viento, entre otros) caracterizado por los estados y evolución del tiempo en un lugar o región determinada, durante un período de tiempo relativamente largo (meses, años, siglos) (Montealegre, 2004:1; Paz, et ál., 2008:2).

2.2.2. Variabilidad climática

Chereque M. (1980) es una medida del rango en que los elementos climáticos, como temperatura o lluvia, varían de un año a otro. Incluso puede incluir las variaciones en la actividad de condiciones extremas, como las variaciones del número de lluvias de un verano a otro, los factores que condicionan el clima son: la latitud que determina la intensidad de radiación solar, la altitud determina la temperatura y la continentalidad se refiere a la mayor o menor proximidad de un lugar a los mares cuya posición juega un papel importante en el condicionamiento del clima, las corrientes marinas. Como se señaló anteriormente, a pesar de su característica estabilidad, el clima presenta fluctuaciones durante periodos o escalas relativamente cortas. Estas fluctuaciones son referidas como variabilidad climática, la cual se analiza con el registro de datos de una variable meteorológica por encima o por debajo de las normales climatológicas (Montealegre, 2004:3; Vásquez, 2007). La Normal Climatológica o valor normal, se utiliza para definir y comparar el clima y generalmente representa el valor promedio de una serie continua – por lo menos 10 años- de mediciones de una variable climatológica (temperatura, dirección y velocidad del viento, presión atmosférica, humedad, y otros parámetros meteorológicos). Según recomendación de la Organización Meteorológica Mundial (OMM), se debe tomar una serie o periodo promedio de 30 años a más, lo suficientemente largo para considerarlo normal; por ejemplo considerar los periodos: 1961-1990, 1971-2000, 1981-2010. A partir de este promedio, que se llama “climatología”, se calcula la variación del parámetro con respecto de su promedio, llamada anomalía. La anomalía es la desviación de alguna variable con respecto a su promedio histórico o multianual, el cual se considera como su condición normal. En

general, las condiciones van a ser normales si es que las anomalías van a estar dentro del intervalo de una desviación estándar. La desviación estándar indica qué tanta variabilidad existe en el parámetro analizado (Montealegre, 2004:3; Silva, 2007:2; Vásquez, 2007; Paz et ál., 2008:3). Por tanto, la variabilidad climática es entendida como intrínseca al clima y comprende variaciones en el estado medio del clima en todas las escalas temporales y espaciales comprendiendo eventos meteorológicos extremos que ocurren con cierta periodicidad como las sequías prolongadas, devastadores eventos lluviosos, años extraordinariamente cálidos, inundaciones y condiciones que resultan de eventos periódicos El Niño y La Niña, entre otros (Torres y Gómez, 2008:28; Muller, 2007:8).

2.2.3. Praderas altoandinas

Huerta (2002). Las praderas altoandinas son ecosistemas que se encuentran por encima de los 3 300 msnm y se ubican en las cabeceras de las cuencas hidrográficas del Perú, a lo largo de 1.800 km de cadenas montañosas.

Estos ecosistemas tienen una gran importancia ecológica y económica para la sociedad y además ofrecen los siguientes servicios ambientales fundamentales para la sociedad, como son:

- Continua provisión de agua en cantidad y calidad
- Prevención de erosión del suelo (regula el ciclo de nutrientes y energía)
- Almacenamiento de carbono atmosférico (controla el calentamiento global)
- Proporciona el hábitat para la flora y fauna silvestre y doméstica
- Es medio de acopio de plantas medicinales y ornamentales
- Es un ecosistema que mantiene la biodiversidad.
- Tiene potencial de desarrollo turístico por sus paisajes asociados a glaciares proporciona pastos para la actividad ganadera. (Huerta, 2002).

2.2.4. Áreas de recarga hídrica

La parte alta de la microcuenca de Pampahuasi, presenta áreas de bofedales y humedales que se comportan como esponjas, que absorben agua producto de las precipitaciones las cuales se almacenan en estas áreas, además las planicies y pajonales presentan suelos de textura franca, predominando los suelos oscuros con presencia de turba, que también almacena agua, esta recarga de agua se muestra en los manantes y puquiales que se encuentran en la parte media y baja de la microcuenca. El área o zona donde ocurre la recarga se llama zona de recarga y son sitios donde la capacidad de infiltración es alta (INAB 2003).

2.2.5. Efecto del cambio climático en el comportamiento hidrológico

El cambio climático comporta implícitamente una alteración de todos los componentes de esta modificación, además de los procesos físicos que habitualmente se consideran al describir el ciclo hidrológico. En esta modificación, además de los procesos físicos que habitualmente se consideran al describir el ciclo del agua, tienen una gran relevancia el comportamiento de la cobertura vegetal, el uso del territorio y las extracciones de agua para los humanos. (Mas-Pla, J. 2009).

El análisis de las predicciones climáticas en clave hidrológica permite definir esta tendencia a la pérdida de recursos hidrológico. No obstante, conviene tener en cuenta que, pese a estar implícita esta tendencia en las estimaciones de temperatura y precipitación para el próximo siglo, el nivel de representatividad de los datos hidrológicos medidos y la compleja idiosincrasia de las cuencas de Cataluña generan todavía dudas importantes relativas a los efectos hidrológicos más específicos, más allá de la relación inmediata que a menudo se establece entre clima e hidrología. Las conclusiones de este análisis reflejan el estado actual del conocimiento de los impactos y plantean argumentos que deberán contemplarse en los planes hidrológicos futuros. (Mas-Pla, J. 2009).

2.2.6. Factores que influyen sobre el contenido de humedad del suelo

Clima- En todos los lugares, las lluvias varían con la estación del año, la frecuencia dentro de la estación, la media durante un periodo sub-estacional dado, la confiabilidad anual de ocurrencia en una época, la cantidad real y el promedio en cada período semejante y la cantidad e intensidad/energía dentro de cada evento de lluvia.

Propiedades del suelo- El contenido de humedad del suelo varía (además de la influencia del clima) con el tipo, la profundidad y la cantidad de materia orgánica del suelo.

Para la óptima captación, percolación, almacenamiento y uso de la humedad del suelo, son importantes que estén presentes tres capacidades físicas:

- La capacidad de permitir que el agua entre, o sea la infiltración
- La capacidad para permitir que el agua se mueva fácilmente a través del perfil, o sea la permeabilidad
- La capacidad para almacenar la humedad adquirida en la zona radical y liberarla a las raíces de la planta, o sea la capacidad de retención del agua.

Topografía- Las formaciones geológicas subyacentes, junto con los procesos climáticos y de levantamiento, afectan la forma de los paisajes; tienen influencia sobre las formas empinadas y poco profundas de las pendientes.

El agua captada por una cuenca fluirá hacia los puntos más bajos en su desembocadura, donde se pueden juntar aguas que emergen de otras cuencas. Los límites más alejados de la cuenca son definidos por las líneas a lo largo de las crestas de las tierras altas que la rodean. Desde los lados de un valle la escorrentía superficial tiende a fluir perpendicularmente a la pendiente, desde la cresta hasta la trayectoria de la corriente.

Cobertura del suelo- Una cobertura de suelo muerta o viva absorbe la mayoría de la energía de las gotas de agua de lluvia que caen sobre ella y con el tiempo esta agua de

lluvia alcanza el suelo; en estas condiciones su capacidad para desintegrar los agregados del suelo y desprender las partículas finas es enormemente reducida. Por consiguiente, hay poco o ningún sellado de los poros de la superficie del suelo por las partículas desprendidas y poca deposición de las partículas del suelo que pueden formar una costra en la superficie.

Los contactos físicos entre la cobertura y la superficie del suelo obstruyen el movimiento de la escorrentía, que desciende lentamente, dando más tiempo para la infiltración y, por lo tanto, reduciendo el volumen de la escorrentía. Hay dos aspectos de la cobertura de superficie que deben ser distinguidos:

- Toda la cobertura sobre la superficie absorbe la energía de las gotas de agua de lluvia y así previene la pérdida de espacios de poros dentro de los cuales puede infiltrarse el agua.

El contacto de la cobertura con el suelo reduce la escorrentía, dando más tiempo a la infiltración. (Mas-Pla, J. 2009).

2.2.7. Factores que degradan la regulación hídrica

El sobrepastoreo, deforestación, quemas y cambio de uso del suelo afecta las descargas. Los impactos del pastoreo son variables y tienen el mayor efecto sobre la regulación hídrica.

En general, las intervenciones antropogénicas producen un aumento de la variabilidad del flujo corriente y la reducción de agua, independientemente de las propiedades hidrológicas del bioma original. (Salinas, 2016).

Sobrepastoreo.- Facilita la desprotección de las cabeceras de cuenca en las zonas altoandinas influyendo también en el balance de las aguas superficiales y subterráneas.

Genera la compactación del suelo y cambios en la composición florística: el sobrepastoreo “favorece a las especies con mejor recuperación y a las que no son comidas.

Deforestación.- Causa la pérdida de fuentes de agua puesto que uno de los servicios ambientales que proporciona el bosque es la producción de agua, “tanto a través de la regulación hídrica como de la producción de precipitaciones por evapotranspiración”.

Quemas.- Ocasiona erosión hídrica.

2.2.8. Prácticas que contribuye a la regulación hídrica

Clausura de praderas.- La clausura de praderas una práctica que permite la recuperación y crecimiento de la cobertura vegetal y reposición de la materia orgánica. Así, mediante la infiltración del agua en el suelo, contribuye a la disminución de la escorrentía superficial y a la recarga del acuífero y favorece la disponibilidad de agua en las cuencas hidrográficas. Asimismo, la clausura de las praderas favorece la recuperación de la biodiversidad de la cobertura vegetal, especialmente de los pastos palatables, así como el incremento de la biomasa en términos de forraje verde y materia seca.

Esta técnica tiene ventajas comparativas respecto al costo de otras y a la cantidad de utilidades que tiene, entre ellas:

- Recuperación de praderas que han sido degradadas mediante la exclusión del ganado.
- Minimización de la erosión del suelo.
- Formar y dejar praderas de reserva para poder facilitar en manejo
- Disminución de la escorrentía e incremento de la cantidad de infiltración. (Pérez & Valer, Las Qochas Rústicas PACC Perú, 2013, pp.18).

2.2.9. Métodos para medir caudales

Entre los más conocidos tenemos los siguientes:

- Método volumétrico

- Método del flotador
- Método del correntómetro
- **Método volumétrico**

La forma más sencilla de calcular los caudales pequeños es la medición directa del tiempo que se tarda en llenar un recipiente de volumen conocido. La corriente se desvía hacia un canal o cañería que descarga en un recipiente adecuado y el tiempo que demora su llenado se mide por medio de un cronómetro. Para los caudales de más de 4 l/s, es adecuado un recipiente de 10 litros de capacidad que se llenará en 2½ segundos. Para caudales mayores, un recipiente de 200 litros puede servir para corrientes de hasta 50 l/s. El tiempo que se tarda en llenarlo se medirá con precisión, especialmente cuando sea de sólo unos pocos segundos. La variación entre diversas mediciones efectuadas sucesivamente dará una indicación de la precisión de los resultados.

Si la corriente se puede desviar hacia una cañería de manera que descargue sometida a presión, el caudal se puede calcular a partir de mediciones del chorro. Si la cañería se puede colocar de manera que la descarga se efectúe verticalmente hacia arriba, la altura que alcanza el chorro por encima del extremo de la tubería se puede medir y el caudal se calcula a partir de una fórmula adecuada. Es asimismo posible efectuar estimaciones del caudal a partir de mediciones de la trayectoria desde tuberías horizontales o en pendiente y desde tuberías parcialmente llenas, pero los resultados son en este caso menos confiables. (Scott & Houston, 1959).

Conocer el volumen del contenedor. [V]

Medir el tiempo de llenado. [t]

$$Q = v/t$$

Imagen 1. Foto de vertedero triangular instalado en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.



Fuente: Vertedero triangular ubicado en las coordenadas UTM 8412860, 732681 Unidad hidrográfica Qocha-Qocha.

- Método del flotador

El método del flotador se utiliza en los canales y acequias y da solo una medida aproximada de los caudales. Su uso es limitado debido a que los valores que se obtienen son los estimados de caudal siendo necesario el uso de otros métodos cuando se requiere una mayor precisión. En este método, de igual manera, se utilizan los valores promedio de las variables determinadas. Pasos:

Primer paso: Seleccionar el lugar adecuado. Se selecciona en el río o canal un tramo uniforme, sin rocas grandes, ni troncos de árboles, en el que el agua fluya libremente, sin turbulencias, ni impedimentos, que sea recto y de sección transversal uniforme, de alrededor de 10 metros de largo, donde el agua escurra libremente.

Segundo paso: Medición de la velocidad. En el tramo seleccionado ubicar dos puntos, A (de inicio) y B (de llegada) y medir la distancia, una persona se ubica en el punto A con las boyas y otra en el punto B con el reloj o cronómetro. Se medirá el tiempo de recorrido del flotador del punto A al punto B. Se recomienda realizar un mínimo de 3

mediciones y calcular el promedio. La velocidad de la corriente de agua del río se calcula con base en la siguiente:

$$v = \frac{\text{Longitud(AB)}}{\text{tiempo} - \text{recorrido}}$$

Tercer paso: Medición del área de la sección transversal del río. En el tramo seleccionado, ubicar la sección o el ancho del río que presente las condiciones promedio y en la que se nos facilite la medición del área transversal. Un método práctico, con aceptable aproximación para calcular el área transversal, es tomar la altura promedio. Esto consiste en dividir el ancho del río, en por lo menos, cuatro partes y medir la profundidad en cada punto para luego calcular el promedio. Así como se ve en la figura2.

Una vez se ha determinado el valor promedio de la profundidad, se procede a realizar la medición del espejo de agua del canal. Éste se divide en las partes que se midieron para determinar las alturas.

Luego se calcula el área para cada tramo, usando el método del trapecio:

$$A1 = \frac{h1 + h2}{2} T1$$

Y por último se calcula el área total de la sección en estudio.

- Cuarto paso: Cálculo del Caudal del río. Con los datos obtenidos se procede a calcular el caudal del río, QR, con base en la siguiente ecuación:

$$Q_R(\text{m}^3/\text{s}) = K \times \text{Velocidad}(\text{m/s}) \times \text{Área}(\text{m}^2)$$

El valor promedio obtenido del caudal de la fuente de agua estudiada permitirá no sólo conocer el volumen de agua del que se dispone por unidad de tiempo, información importante a la hora de tomar decisiones sobre posibles proyectos productivos, si no, además, conocer, de manera cuantitativa, las características del líquido, antes de su uso,

o su vocación de uso. Para ello se requiere realizar estudios de calidad del agua de la fuente, adicionales a los estudios del caudal. (INIA-URURI, Villavicencio P. 2010).

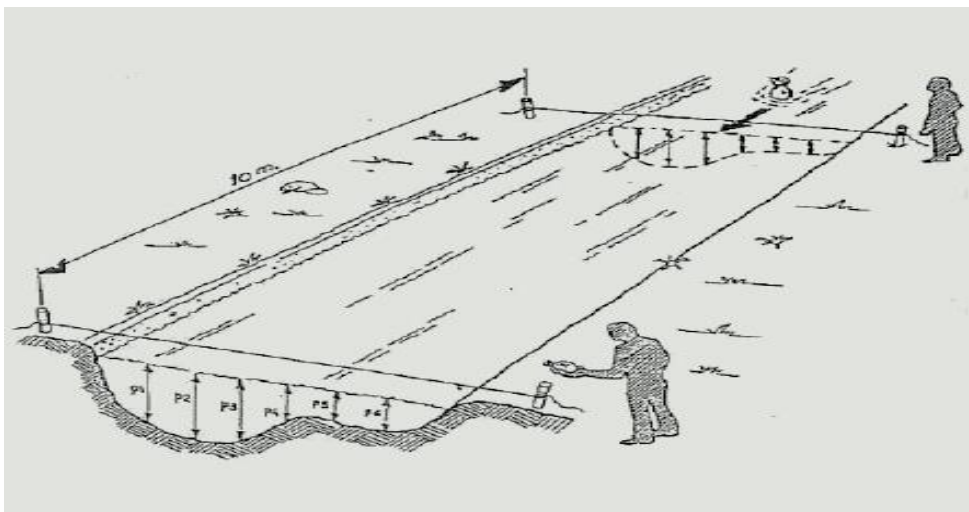


Figura 1. Imagen del método del flotador. INIA-URURI 2010 por Villavicencio P.

- **Método del correntómetro**

En este método la velocidad del agua se mide por medio de un instrumento llamado correntómetro que mide la velocidad en un punto dado de la masa de agua. Existen varios tipos de correntómetros, siendo los más empleados los de hélice de los cuales hay de varios tamaños; cuando más grandes sean los caudales o más altas sean las velocidades, mayor debe ser el tamaño del aparato. Cada correntómetro debe tener un certificado de calibración en el que figura la fórmula para calcular la velocidad sabiendo el número de vueltas o revoluciones de la hélice por segundo.

Está constituido por una rueda con aspas que gira al ser sumergido en una corriente de agua. Pueden ser de dos formas:

- Molinete de cazoletas
- Molinete de hélices

Para medir la velocidad de una corriente lo recomendable es instalar el molinete debajo del espejo de agua a 0.6m del tirante medido desde la superficie.

El principio radica en el número de revoluciones por unidad de tiempo. En algunos casos el instrumento viene con una ecuación en función de la velocidad: $V = a + bN$, donde N es el número de revoluciones. Los más actuales nos indican directamente la velocidad. (Villavicencio, INIA-URURI, 2010).

- No se utilizarán boyas para determinar la velocidad, sino que por medio del instrumento “correntómetro” se medirá la velocidad instantáneamente en los diferentes puntos del tramo del canal en estudio.
- El correntómetro se deberá sumergir aproximadamente el 60% de la profundidad del canal.
- Longitudinalmente, las medidas se realizarán tanto en el inicio, en el centro como en el final del tramo del canal en estudio. Y Transversalmente, las medidas se realizarán en el punto medio de las partes en que se ha dividido el espejo de agua del canal. Así como se ve en la figura 3.

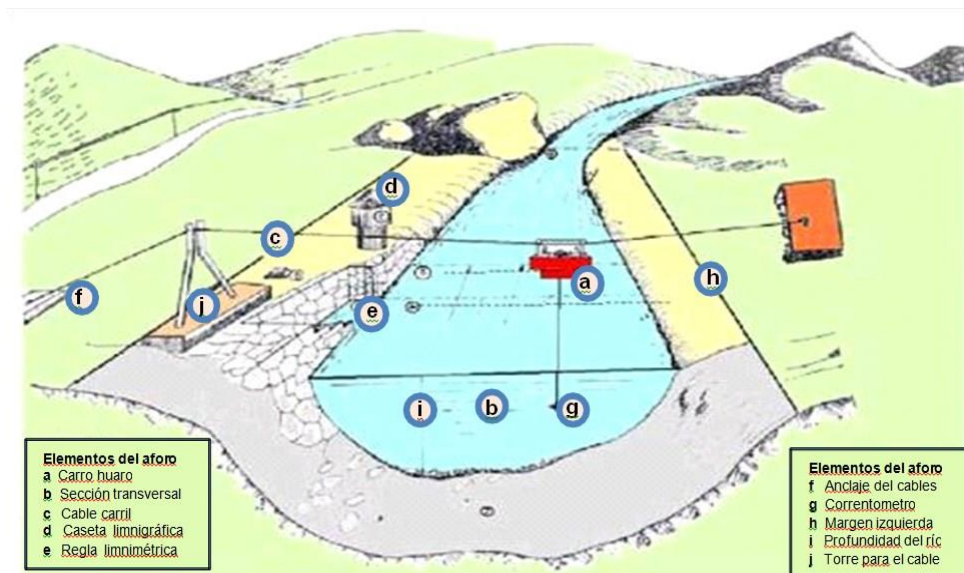


Figura 2. Imagen del método del correntómetro. INIA-URURI 2010 por Villavicencio P.

2.2.10. Manejo de Cuencas

El manejo de cuencas consiste en el uso, aprovechamiento y manejo de los recursos naturales de la cuenca, donde generalmente existe un ente determinado que ejerce de manera principal la responsabilidad de implementar acciones para manejar esos recursos. Implica ordenar, ejercer autoridad, disponer, organizar, los recursos naturales en ese territorio. La toma de las decisiones y el manejo de los recursos se realiza considerando las necesidades y deseos de los diferentes usuarios y partes interesadas y menos las necesidades de los ecosistemas. Pone mayor énfasis a los elementos y componentes biofísicos, como el suelo, la vegetación, el agua, la biodiversidad, mientras que la intervención humana se ve como un elemento más que interactúa en el espacio territorial cuenca (Jiménez 2011).

2.2.11. La cuenca hidrográfica

La cuenca hidrográfica Desde el punto de vista geofísico, la cuenca hidrográfica se define como una unidad natural, cuyos límites físicos son definidos por la divisoria superficial de las aguas, también conocida como "parteaguas". La cuenca, ante la ocurrencia de precipitaciones y la existencia de flujos o caudales base, permite configurar una red de drenaje superficial que canaliza las aguas hacia otro río, al mar, o a otros cuerpos de agua, como los lagos y embalses artificiales y naturales, desde la parte más alta de la cuenca hasta su punto de emisión en la zona de menor altitud. Sin embargo el concepto integral de la cuenca hidrográfica es mucho más complejo, e involucra aspectos biológicos y socioeconómicos. Se refiere a la unidad de gestión territorial definida fundamentalmente por la red de drenaje superficial, en la cual interaccionan, biofísica y socioeconómicamente, el ser humano los recursos naturales, los ecosistemas y el ambiente, teniendo el agua como recurso que une e integra sistémicamente toda la cuenca (Jiménez 2011).

2.2.12. Gestión de cuencas hidrográficas

Gestionar se entiende como el conjunto de acciones, estrategias y procesos encaminados al logro del fin deseado (RAE 2008). La gestión de cuencas tiene como base un conjunto

de procesos y acciones encaminados a lograr la sostenibilidad de la misma, denominado “ciclo de gestión de cuencas” (Faustino 2007) el cual incluye: el reconocimiento de la cuenca, la identificación y análisis de los actores e informantes claves, el diagnóstico, el ordenamiento del territorio, el establecimiento de la línea base, la elaboración e implementación del plan de gestión de la cuenca, los mecanismos de gestión financiera y administrativa, el sistema de monitoreo y evaluación, así como la sistematización y comunicación de las experiencias (Jiménez 2008).

2.2.13. Cogestión de cuencas hidrográficas

La cogestión de cuencas hidrográficas es una modalidad de gestión que se plantea para superar las limitantes del manejo tradicional de cuencas como los problemas de institucionalidad, gobernabilidad y la sostenibilidad. Su principal diferencia con otras modalidades es integrar esfuerzos, desarrollar una visión y acción colectiva y un nuevo estilo de toma de decisiones, en la que distintos intereses de los actores se complementan para lograr una visión y objetivos comunes. En el proceso cada actor mantiene su identidad y sus intereses, pero canalizan esfuerzos y recursos para fines comunes e integrados, a manera de evitar conflictos, acciones aisladas, paralelismos y sobreposiciones (Faustino et al 2007).

La cogestión de cuencas se conceptúa como la gestión conjunta, compartida y colaborativa, mediante la cual, diferentes actores locales, gobiernos locales, empresa privada, organizaciones no gubernamentales, instituciones nacionales, organismos donantes y cooperantes integran esfuerzos, para desarrollan impactos favorables y sostenibles en el manejo de los recursos naturales y el ambiente en las cuencas hidrográficas, en el corto, mediano y largo plazo (Grupo de Reflexión en Gestión de Cuencas Hidrográficas 2006). En esta dinámica los actores locales comparten las responsabilidades y pasan a ser los dueños del proceso de cambio en la cuenca, y los actores externos se convierten en facilitadores y partidarios del proceso (Tyler 2006).

2.2.14. Ciclo Hidrológico

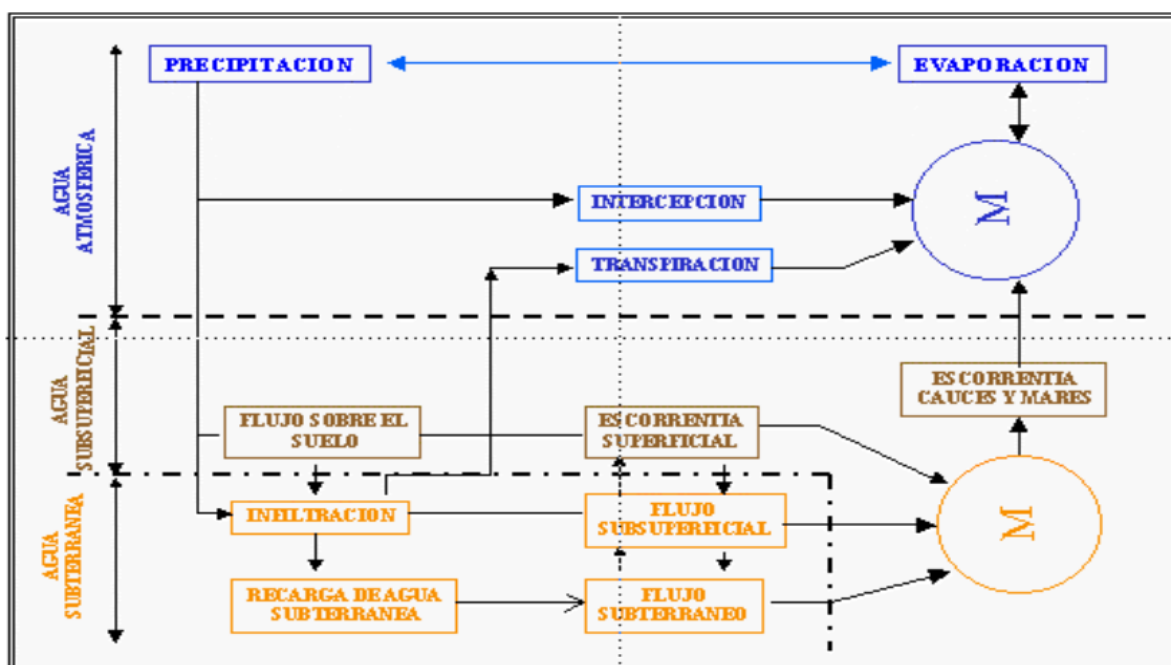
El ciclo hidrológico es la sucesión de etapas que atraviesa el agua al pasar de la atmósfera a la tierra y volver a la atmósfera: evaporación desde el suelo, mar o aguas continentales, condensación de nubes, precipitación, acumulación en el suelo o masas de agua y reevaporación. El ciclo hidrológico involucra un proceso de transporte recirculatorio e indefinido o permanente, este movimiento permanente del ciclo se debe fundamentalmente a dos causas: la primera, el sol que proporciona la energía para elevar el agua (evaporación); la segunda, la gravedad terrestre, que hace que el agua condensada descienda (precipitación y escurrimiento). (Chereque, 1989), se entiende como el conjunto de cambios que experimenta el agua en la naturaleza, tanto en su estado (sólido, líquido y gaseoso) como en su forma (agua superficial, subsuperficial, subterránea, etc.).



Figura 3. Representación del Ciclo Hidrológico Fuente: Musy, André, 2001. Cours "Hydrologie générale" . Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne. IATE/HYDRAM. Laboratoire d'Hydrologie et Aménagement. Capítulo 1. El ciclo hidrológico

2.2.15. Sistema hidrológico

Guevara y Cartaya, 1991: los fenómenos hidrológicos son muy complejos, por lo que nunca pueden ser totalmente conocidos. Sin embargo, a falta de una concepción perfecta, se pueden representar de una manera simplificada mediante el concepto de sistema. Un sistema viene a ser un conjunto de partes diferenciadas que interactúan como un todo. El ciclo hidrológico podría considerarse como un sistema, cuyos componentes son: precipitación, evaporación, escorrentía, y las otras fases del ciclo,



Fuente: Monografía del MOP – CEDES, 1992a, Estrela

Figura 4. Representación del sistema hidrológico

2.2.16. Precipitación

Se denomina precipitación, a toda agua meteórica que cae en la superficie de la tierra, tanto en forma líquida (llovizna, lluvia, etc.) y sólida (nieve, granizo, etc.) y las precipitaciones ocultas (rocío, la helada blanca, etc.). Ellas son provocadas por un cambio de la temperatura o de la presión. La precipitación constituye la única entrada principal al sistemas hidrológico continental (Musy, 2001).

Según Cuadrat y Pita (2000), “el término precipitación expresa todas las formas de humedad caídas directamente sobre el suelo en estado líquido y sólido, aunque, en general, sólo la lluvia y la nieve desprendidas de las masas nubosas contribuyen de modo significativo a los totales pluviométricos”. Según Fernández (1995), las precipitaciones se clasifican según el mecanismo de ascenso que determina la condensación por enfriamiento adiabático, en los siguientes tipos: Ciclónicas o frontales: son aquellas que están asociadas a los frentes o borrascas. Conectivas: son aquellas relacionadas con las corrientes ascendentes y que suelen ser lluvias de tipo tormentoso. Orográficas: se producen cuando una masa de aire es forzada a ascender por encima de una barrera montañosa. Así mismo indica que principalmente en zonas áridas y semiáridas logra tener gran importancia el agua que proviene de la condensación superficial, llamada precipitación oculta u horizontal, la cual puede ser provocada por condensación directa de las gotas sobre la superficie por rocío, goteo de niebla y el exudado de una planta, entre otros.

La precipitación es definida por UNESCO, ROSTLAC (1982), como el agua que proviene de la humedad atmosférica y que cae a la superficie terrestre, principalmente en estado líquido (lluvia) o sólido (nieve o granizo),. Además, menciona que esta variable puede ser considerada como la más importante dentro de las que intervienen en el balance hídrico.

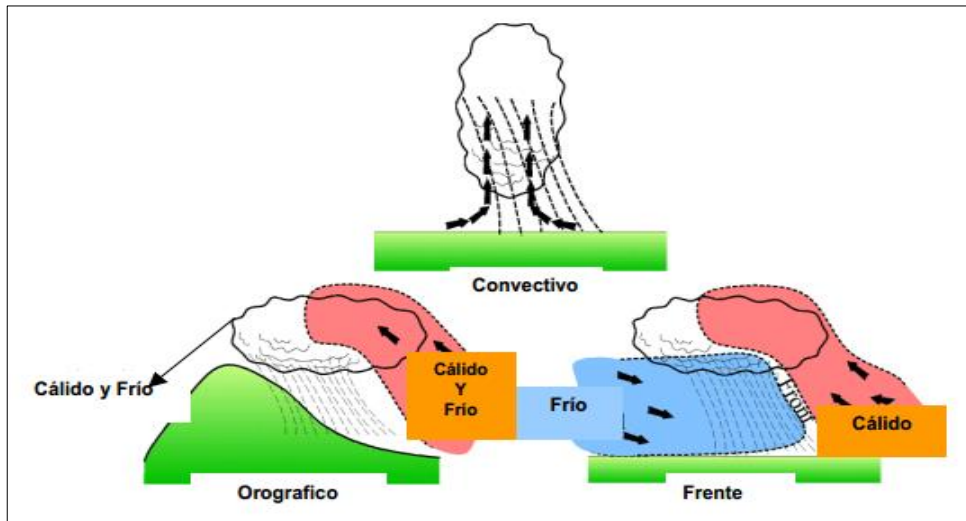
Del mismo modo, el Ministerio de Obras Públicas y Transportes español (MOPT, CEDEX, 1992), se refiere a la precipitación como el vector primario de entrada al sistema de balance hídrico, siendo sus formas habituales la lluvia, la nieve y variaciones de éstas.

Para Llamas (1993), la precipitación constituye un fenómeno físico que describe la transferencia de agua, en su fase líquida (lluvia) o sólida (nieve y granizo), entre la atmósfera y el suelo. Además, hace referencia que las precipitaciones sobre los continentes, representan el elemento más importante del ciclo hidrológico.

2.2.17. Tipos de precipitación

Existen diferentes tipos de precipitación: precipitación convectiva, precipitación orográfica y precipitaciones frontales, tal como se puede apreciar en la Figura 4.

- a. Precipitación Convectiva.-** Resultan de una subida rápida de las masas del aire en la atmósfera. Se asocian a los cúmulos y cumulonimbus, desarrollo vertical significativo, y son generados así por el proceso de Bergeron. La precipitación que resulta de este proceso es generalmente tempestuosa, de corta duración (menos de una hora), de intensidad fuerte y de poca extensión espacial.
- b. Precipitación Orográfica.-** Como su nombre indica (griego oros, montaña), este tipo de precipitación se relaciona con la presencia de una barrera topográfica. La característica de la precipitación orográfica depende de la altitud, de la pendiente y de su orientación, pero también de la distancia que separa el origen de la masa del aire caliente del lugar del levantamiento. En general, presentan una intensidad y una frecuencia regular.
- c. Precipitación frontal o del tipo ciclónico.-** Se asocian a las superficies de contacto entre la temperatura de la masa de aire, el gradiente térmico vertical, la humedad y de los diversos índices del recorrido, que uno nombra Frentes. Los frentes fríos crean precipitaciones cortas e intensas. Los Frentes calientes generan precipitaciones de larga, duración pero no muy intensos.



Fuente: Musy, André, 2001.

Figura 5. Principales tipos de precipitación. Musy, André, 2001. Cours "Hydrologie générale". Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne. IATE/HYDRAM. Laboratoire d'Hydrologie et Aménagement. Capítulo 3. La precipitación.

2.2.18. Formas de precipitación

La precipitación puede adquirir diversas formas como producto de la condensación del vapor de agua atmosférico, formado en el aire libre o en la superficie de la tierra, y de las condiciones locales, siendo las más comunes las que se detallan a continuación:

- **Llovizna.-** En algunas regiones es más conocida como garúa, consiste en pequeñas gotas de agua líquida cuyo diámetro fluctúa entre 0.1 y 0.5 mm; debido a su pequeño tamaño tienen un asentamiento lento y en ocasiones parecen que flotarán en el aire. La llovizna usualmente cae de estratos bajos y rara vez excede de 1 mm/h.
- **Lluvia.-** Es la forma de precipitación más conocida. Consiste de gotas de agua líquida comúnmente mayores a los 5 mm de diámetro.
- **Nieve.-** Está compuesta de cristales de hielo, de forma hexagonal ramificada, y a menudo aglomerada en copos de nieve, los cuales pueden alcanzar varios centímetros de diámetro. Aparece cuando las masas de aire cargadas de vapor de agua se

encuentran con otras cuya temperatura es inferior a 0°C. La densidad relativa de la nieve recién caída varía sustancialmente, pero en promedio se asume como 0.1.

- **Granizo.-** Es la precipitación en forma de bolas de hielo, producida por nubes convectivas. El granizo se forma a partir de partículas de hielo que, en sus desplazamientos por la nube, van “atrapando” gotas de agua. Las gotas se depositan alrededor de la partícula de hielo. Los granizos pueden ser esferoidales, cónicos o irregulares en forma, y su tamaño varía desde 5 hasta 125 mm de diámetro, pudiendo llegar a destrozar cosechas.

2.2.19. Medidores de precipitación

Dentro de los instrumentos utilizados para registrar la precipitación, se tienen los de observación directa, registradores (pueden ser de diferentes tipos), acumuladores y los automáticos cuya función es registrar en forma continua las actividades pluviométricas y su transmisión directa a la zona de interés para los análisis correspondientes.

- **Pluviómetro.-** Instrumento para medir la cantidad de lluvia en mm, que cae en un lugar y en un espacio de tiempo determinados; el agua recogida por él se mide en litro o milímetros por metro cuadrado.

- **Pluviógrafo.-** Tiene por función registrar de forma continua la cantidad de precipitación caída en un período de tiempo determinado, aunque se diferencia del pluviómetro en que además es capaz de registrar la intensidad de las precipitaciones, así como su variación en el tiempo.

2.2.20. Clasificación de cuencas

- **Cuencas.-** Contienen al río principal (el río más grande) y a los ríos secundarios que depositen el agua dentro de él.
- **Subcuencas.-** Van a ser como un rompecabezas de la cuenca, van a ser varias cuenca pequeñas que todas juntas van a formar la cuenca.

- **Microcuenca.**- Es una parte de la subcuenca, compuesta por los riachuelos o quebradas que dan agua a los ríos secundarios.

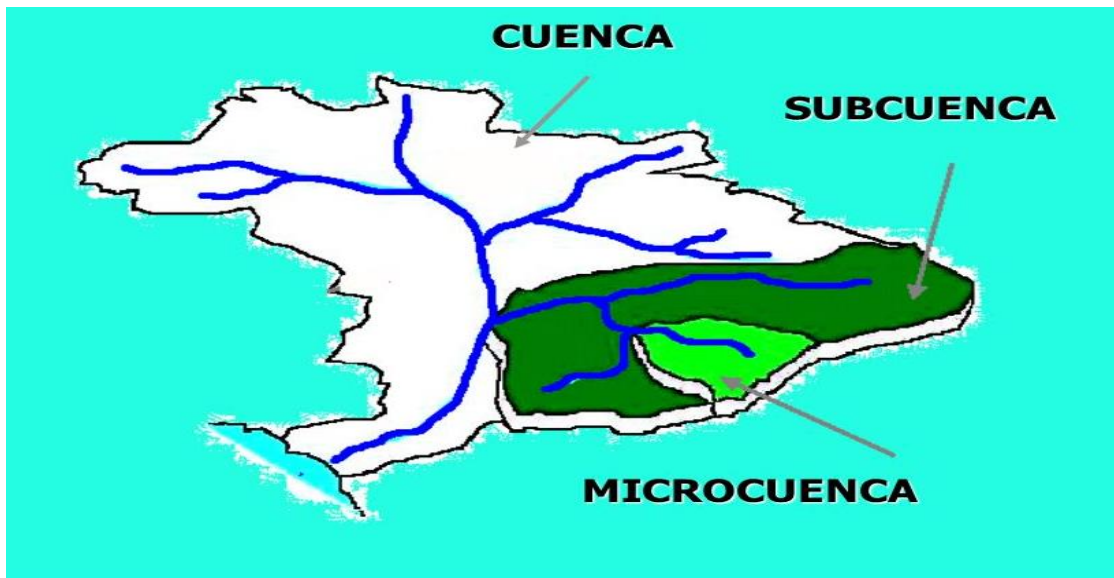


Figura 6. Clasificación jerárquica de cuencas

2.2.21. Infiltración

Es el proceso por el cual el agua penetra en el suelo, a través de la superficie de la tierra, y queda retenida por él, o alcanza un nivel acuífero, incrementando el volumen anteriormente acumulado. Superada la capacidad de campo del suelo, el agua desciende por la acción conjunta de las fuerzas capilares y de la gravedad. (Rafael HERAS: “Manual de Hidrología”. Centro de Estudios Hidrográficos. Madrid.1970.).

Se conoce por infiltración a la “entrada de agua en el perfil a través de la superficie del suelo” (Richmond y Rillo, 2005) por fuerza de gravedad, la cual mantiene una película fina de agua alrededor de las partículas de suelo (Chagoya, 2009). Existen varios factores influyentes dentro de este proceso y controlan el movimiento del agua en el suelo, de entre los cuales se puede nombrar: la condición de la superficie de suelo y sus propiedades (porosidad, conductividad hidráulica), la cubierta vegetal (Chow et al, 1994; Vélez y Vélez, 2002), las propiedades del suelo (porosidad y conductividad hidráulica) y el contenido de humedad del suelo, siendo este último de gran importancia para

determinar el balance hídrico¹ (Ríos, 2006). La tasa a la cual el agua entra en el suelo se denomina capacidad de infiltración y es expresada en (cm-1 h), esta capacidad de infiltración es considerada como indicador clave de calidad de suelo (Kunts et al, 2003).

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Hidrología

Mencionó “Hidrología es la ciencia natural que estudia el agua, su ocurrencia, circulación y distribución en la superficie terrestre, sus propiedades físicas y químicas y su relación con el medio ambiente, incluyendo a los seres vivos”.

2.3.2. Año Hidrológico

Período continuo de doce meses seleccionados de manera que los cambios globales en el almacenamiento sean mínimos, por lo que la cantidad sobrante de un año al siguiente, se reduce al mínimo. En el Perú, el año hidrológico empieza en Septiembre y termina en Agosto del año siguiente.

2.3.3. Hidrograma

Expresión gráfica de la variación del caudal a lo largo del tiempo. Un hidrograma de caudal es una gráfica o una tabla que muestra la tasa de flujo como función del tiempo en un lugar dado de la corriente. En efecto el hidrograma es una expresión integral de las características fisiográficas y climáticas que rigen las relaciones entre la lluvia y escorrentía de una cuenca de drenaje particular. El hidrograma permite representar la variación del caudal de un río, en función del tiempo.

2.3.4. Comportamiento hidrológico

El comportamiento hidrológico de una cuenca se rige, además de las características fisiográficas, por algunos procesos del ciclo hidrológico del agua, tales como: la evapotranspiración, tipos de suelo y subsuelo y vegetación, entre otros.

2.3.5. Estación hidrológica automática

Una estación automática es aquella que consta de sensores que registran automáticamente variables hidrometeorológicas (precipitación, caudal, entre otras).

2.3.6. Evapotranspiración

Es la pérdida de humedad de una superficie por evaporación directa junto con la pérdida de agua por transpiración de la vegetación. Es la consideración conjunta de los procesos de evaporación y transpiración.

2.3.7. Precipitación

La precipitación pluvial se mide en mm, se denomina a toda agua meteórica que cae en la superficie de la tierra, tanto en forma líquida (llovizna, lluvia, etc.) y sólida (nieve, granizo, etc.) y las precipitaciones ocultas (rocío, la helada blanca, etc.). Ellas son provocadas por un cambio de la temperatura o de la presión.

2.3.8. Precipitación máxima

La precipitación máxima se mide en mm/mes, es la mayor cantidad de precipitación meteorológicamente posible que corresponde a determinada época del año.

2.3.9. Precipitación mínima

La precipitación mínima se mide en mm/mes, es la precipitación anual más baja registrada en una estación.

2.3.10. Caudal

Cantidad de unidades de volumen de agua que pasan en un tiempo dado a través de un conducto natural o artificial. Se expresa en m³ por segundo o en l/s.

2.3.11. Aforo de caudal

Conjunto de operaciones para determinar el caudal en un curso de agua para un nivel observado.

2.3.12. Escorrentía superficial

Es la porción de lluvia que no es infiltrada, interceptada o evaporada y que fluye sobre las laderas. En realidad la escorrentía superficial, la infiltración y la humedad del suelo son interactivas entre sí, por tal motivo se debe tener cuidado en seleccionar el modelo adecuado para cada caso.

CAPITULO III

3. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis central

Existe una relación directa y significativa entre la precipitación y el caudal de escorrentía superficial en el período de 12 meses en la unidad hidrográfica Qocha – Qocha del distrito de Juan Espinoza Medrano – Antabamba.

3.2. Hipótesis específicos

Existen diferencias significativas en el comportamiento de la precipitación registrada en tres pluviómetros para un periodo de 12 meses en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha del distrito de Juan Espinoza Medrano – Antabamba.

Existen diferencias significativas en el comportamiento del caudal de escorrentía superficial según las estaciones del año en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha del distrito de Juan Espinoza Medrano – Antabamba.

Las características fisiográficas de la unidad hidrográfica de Qocha – Qocha del distrito de Juan Espinoza Medrano – Antabamba, corresponden a una cuenca pequeña y exorreica.

3.3. Identificación y definición de variables

3.3.1. Variable independiente

a. Comportamiento de la precipitación de tres pluviómetros en la unidad hidrográfica Qocha– Qocha

Está constituida por toda el agua, que es depositada en la superficie terrestre, el cual puede ser en forma líquida (lluvia o rocío) o en forma sólida (nieve, granizo).

La precipitación es una variable hidrográfica que manifiesta más claramente su carácter aleatorio variando drásticamente en el tiempo y el espacio, la unidad de medición es el milímetro de lluvia, definido como la cantidad de precipitación correspondiente a un volumen de 1 litro por metro cuadrado de superficie, llamándose muchas veces como la lámina de agua o altura de lluvia depositada sobre una superficie.

Desde el punto de vista de la ingeniería son necesarios tres parámetros para definir completamente una precipitación: su duración, su intensidad y su frecuencia.

La duración (D), de una precipitación es el tiempo transcurrido entre el inicio y fin de la lluvia, expresada en horas o minutos.

La intensidad (I), Se define como la cantidad de lluvia por unidad de tiempo y puede variar de un instante para otro dentro de la una misma lluvia, la intensidad se mide en mm/h o mm/min.

La frecuencia (T), Es el número de veces que se repite una tormenta de características de intensidad y duración definidas en un período de tiempo más o menos largo, tomado generalmente en años.

b. Características fisiográficas de la unidad hidrográfica Qocha – Qocha.

Son los factores que determinan la naturaleza de descarga de los ríos o escorrentía superficial, los factores fisiográficos pueden ser agrupados:

Área de la cuenca, es la unidad territorial definida por un sistema hídrico, en el cual su corriente principal conduce sus aguas a un océano, lago u otro sistema hídrico mayor, se mide en kilómetros cuadrados, hectáreas.

Perímetro o límite de la Cuenca, conformada por una línea formada por los puntos de mayor nivel topográfico, llamada divisoria, que divide las precipitaciones que caen en cuencas vecinas y que encamina la escorrentía superficial resultante para uno u otro sistema fluvial. La divisoria sigue una línea rígida alrededor de la cuenca, atravesando el

curso de agua solamente en el punto de salida y uniendo los puntos de cota máxima entre cuencas.

Pendiente de la cuenca, es un parámetro que influye en el tiempo de concentración de las aguas en un determinado punto del cauce y su determinación no es de una sencillez manifiesta, ya que dentro de una cuenca existen innumerables pendientes.

Curva hipsométrica, definido como la proyección horizontal de la superficie (a_i) de los terrenos de una cuenca situados a una determinada altitud (z_i); en otras palabras, Z_i es una función de a_i ($Z=f(a)$)

Pendiente del cauce principal, es el grado de desviación que tiene el perfil longitudinal del cauce, respecto a un plano horizontal, resulta de dividir el desnivel de los extremos de un tramo, entre la longitud horizontal de dicho tramo, la pendiente se mide frecuentemente en porcentajes por ejemplo una pendiente de 1% es aquella que en una distancia de 100 m experimenta una desviación o desnivel de 1 m.

La pendiente del curso de agua influye en los valores de descarga de un río de forma significativa, pues la velocidad con que la contribución de la cabecera alcanza la salida depende de la pendiente de los canales fluviales. Así, cuanto mayor la pendiente, mayor será la velocidad de flujo y más pronunciados y estrechos los hidrogramas de avenidas.

3.3.2. Variable dependiente

a. Comportamiento del caudal de escorrentía superficial en la unidad hidrográfica Qocha – Qocha.

Es la cantidad de agua expresada en volumen (litros o m^3) que circula en un lugar de un río (sección) por unidad de tiempo (horas o segundos).

3.4. Operacionalización de variables

Tabla 1. Operacionalización de variables

Variables	Indicadores	Índice
Variable independiente:		Minutos
1. Comportamiento de la precipitación de tres pluviómetros en la unidad hidrográfica Qocha – Qocha.	1.1. Duración de las precipitaciones en la unidad hidrográfica Qocha-Qocha	
	1.2. Intensidad de las precipitaciones en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.	mm/min.
2. Características fisiográficas de la unidad hidrográfica Qocha – Qocha.	1.3. Precipitación promedio en la unidad hidrográfica.	mm/mes, mm/año
	2.1. Área de la unidad hidrográfica	Km ²
	2.2. Perímetro de la unidad hidrográfica.	Km
	2.3. Pendiente de la unidad hidrográfica.	Tanto por ciento
	2.4. Curva hipsométrica.	$Z=f(a)$
	2.5. Pendiente general del curso principal del dren.	Tanto por ciento
Variable dependiente:		
3. Comportamiento del caudal de escorrentía superficial en la unidad hidrográfica Qocha – Qocha	3.1. Caudal de escorrentía superficial	(l/s)
	3.2. Caudal específico	(l/s/km ²)

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO IV

4. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Diseño de investigación

Tomando en consideración la profundidad u objeto de estudio es una investigación descriptiva ya que describió determinadas características del comportamiento de las precipitaciones, características fisiográficas de la unidad hidrográfica y el comportamiento de la escorrentía superficial.

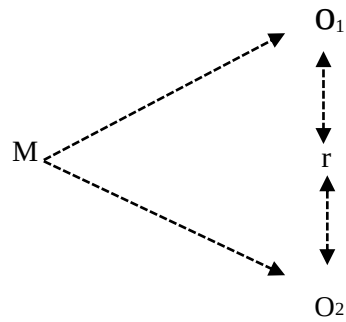
Es longitudinal ya que la observación de las variables se realizó durante el período de 12 meses (nov. 2014 – oct. 2015).

Según la tendencia de la investigación y el tipo de variables a analizar es una investigación cuantitativa ya que las variables: comportamiento de las precipitaciones, características fisiográficas de la unidad hidrográfica y comportamiento del flujo superficial son observables y medibles en el sistema internacional de medida mediante vertedero y los pluviómetros automáticos.

Según la orientación denominado también según el nivel, es una investigación básica de acuerdo con Ávila, R. (2001; pp.37) quien indica la investigación básica se preocupa de recoger información de la realidad para enriquecer el conocimiento teórico científico orientada al descubrimiento de principios y leyes.

Según el análisis y alcance de sus resultados es descriptivo correlacional ya que permitirá identificar las características tal como se presentan en la realidad los fenómenos, es correlacional, porque se determinará la relación existente entre las variables: comportamiento de las precipitaciones y comportamiento de la escorrentía superficial en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.

El diseño de investigación se muestra a continuación.



Dónde:

M: Muestra

O1: Variable 1 (Comportamiento de la precipitación de tres pluviómetros en la unidad hidrográfica Qocha – Qocha)

O2: Variable 2 (Comportamiento del caudal de escorrentía superficial en la unidad hidrográfica Qocha - Qocha)

r: Relación de las variables de estudio

Nivel de investigación

En de nivel no experimental ya que no se manipuló deliberadamente ninguna de las variables en estudio.

Método de análisis de datos

El trabajo de investigación se realizó usando la metodología iMHEA, la cual es una red de organizaciones interesadas en incrementar y fortalecer el conocimiento sobre la hidrología de ecosistemas andinos para mejorar la toma de decisiones en cuanto a la gestión integral de recursos hídricos a nivel de la región andina, es coordinada a nivel regional por el Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina – CONDESAN y a nivel técnico por el Grupo de Ciencias de la Tierra y del Ambiente – GCTA de la Universidad de Cuenca.

A continuación se describe la metodología.

a. Elección de la zona de monitoreo

La unidad hidrográfica fue seleccionada por CONDESAN, la cual cumplía con los requisitos establecidos en la guía metodológica de la iniciativa de Monitoreo Hidrológico en Ecosistemas Andinos (iMHEA), cuyas características deben ser:

El tamaño de la unidad hidrográfica dentro del rango 0.2 y 10km².

La cobertura vegetal, conformada por praderas naturales y más del 75% se usa en el pastoreo de ganado.

La unidad hidrográfica de Qocha – Qocha cumple las características establecidas por la metodología iMHEA situación que se describe en el capítulo de resultados.

b. Análisis de datos para la variable precipitación

La recolección de datos para la precipitación fue mediante pluviómetros con sensores dataloggers¹, instalados en tres lugares dentro de la unidad hidrográfica.

Para el análisis de datos de precipitación se siguió el esquema de la figura 7.

¹**Dataloggers:** Es un dispositivo electrónico que registra datos en el tiempo en relación de la ubicación por medio de un sensor, donde almacena los datos de precipitación y caudal, son conectados externamente.

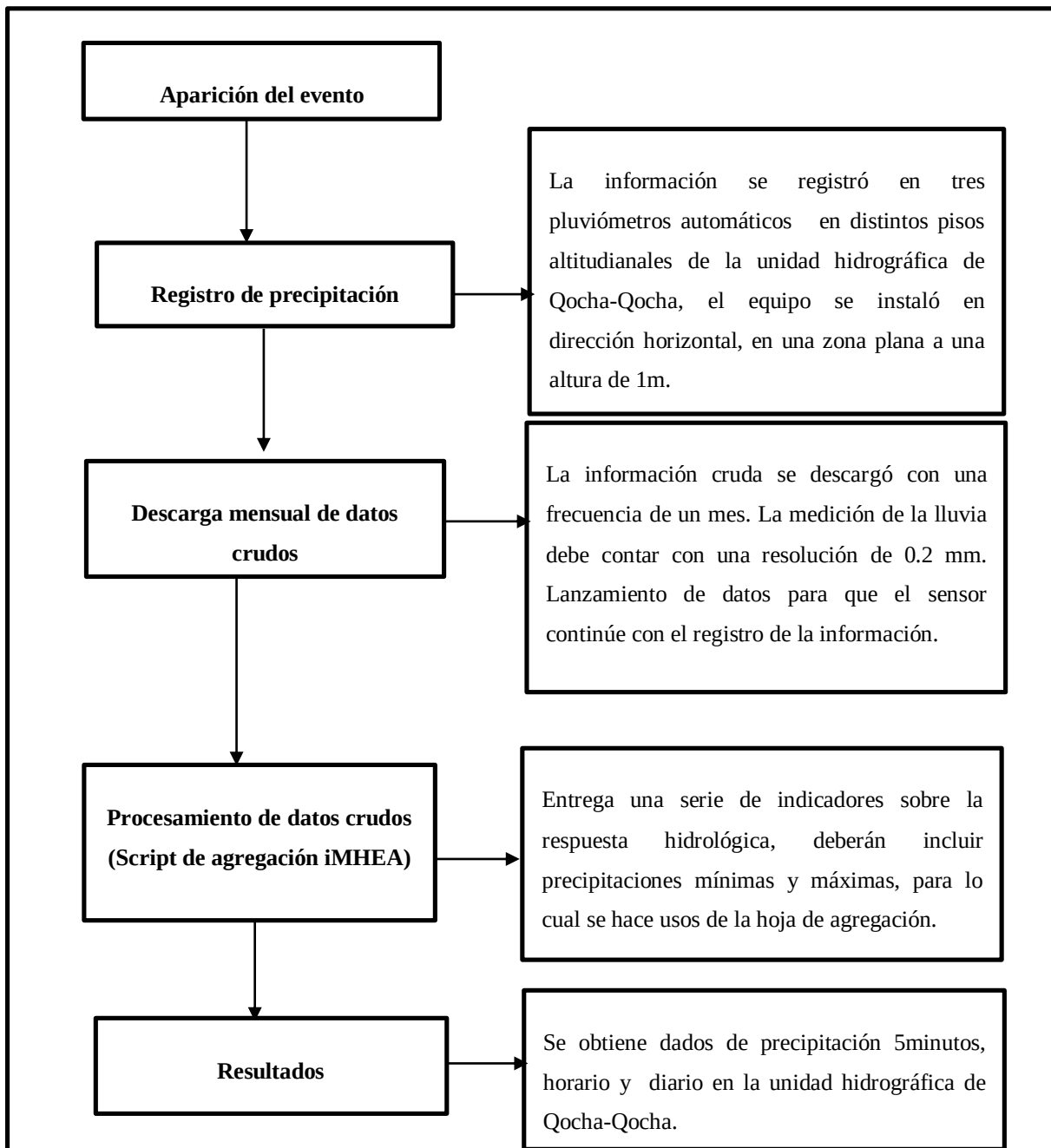


Figura 7. Esquema metodológico para conocer la precipitación.

Seguidamente mediante la utilización del software Excel, SPSS 18, de dio respuesta a los objetivos e hipótesis mediante la utilización de los estadísticos descriptivos y el coeficiente de correlación de Pearson.

c. Análisis de datos para la variable caudal de escorrentía superficial

Para el caudal superficial se siguió el siguiente esquema, que grafica la obtención de los resultados.

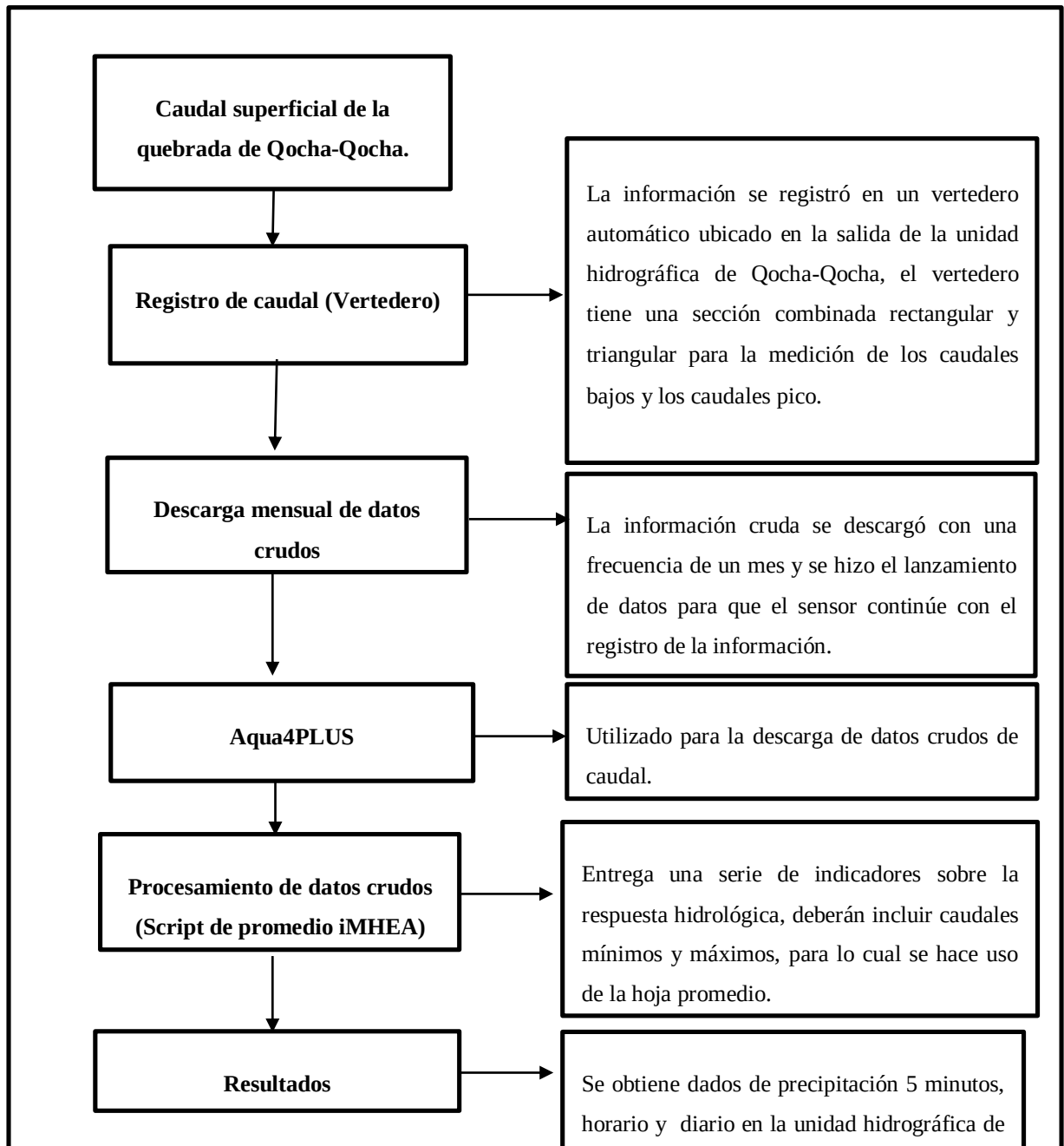


Figura 8. Esquema metodológico para conocer el caudal.

Seguidamente mediante la utilización del software Excel, SPSS 18, de dio respuesta a los objetivos e hipótesis mediante la utilización de los estadísticos descriptivos.

d. Análisis de datos para la variable características fisiográficas de la unidad hidrográfica Qocha – Qocha

Para la delimitación de la unidad hidrográfica se requirió la carta nacional correspondiente al cuadrante donde se ubica el lugar de estudio, seguidamente se trazo sobre la carta nacional la línea divisoria de las aguas uniendo las proyecciones de los puntos de máximas alturas, manteniendo el criterio que el agua que cae en ello estaría en la disyuntiva de escurrir en la unidad hidrográfica y llegar al dren o bien dirigirse hacia la cuenca vecina.

En este paso también se dibujó las curvas de nivel, el dren principal, y todos los drenes secundarios contenidos dentro de la unidad hidrográfica Qocha-Qocha

Seguidamente, mediante el uso del Software civil cad, se procedió a calcular el área de la cuenca dando a conocer las coordenadas UTM de cada punto. El perímetro de la unidad hidrográfica fue determinada sumando la longitud de cada punto a lo largo de la delimitación de la unidad hidrográfica y la pendiente se analizó mediante la metodología de Horton, para lo cual se ha trazado un reticulado siguiendo la orientación del dren principal, seguido de un sistema de ejes rectangulares X,Y. seguidamente se midió la longitud de cada línea de reticulado, contando además las intersecciones y tangencias de las curvas de nivel con las líneas del reticulado, luego se determinó la pendiente de la unidad hidrográfica en las direcciones X e Y con las siguientes fórmulas:

$$S_x = N_x D/L_x; S_y = N_y D/L_y$$

Donde:

S_x = Pendiente de la unidad hidrográfica en la dirección X

S_y = Pendiente de la unidad hidrográfica en la dirección Y

N_x = Número total de intersecciones y tangencias de las líneas del reticulado con las curvas de nivel en la dirección X

N_y = Número total de intersecciones y tangencias de las líneas del reticulado con las curvas de nivel en la dirección Y

D = Desnivel constante entre las curvas de nivel

L_x = Longitud total de las líneas del reticulado comprendidas dentro de la cuenca en la dirección X

L_y = Longitud total de las líneas del reticulado comprendidas dentro de la cuenca en la dirección Y

Finalmente la pendiente general de la unidad hidrográfica se determina con la siguiente expresión:

$$S_c = N D \sec \phi / L$$

Donde:

$$L = L_x + L_y$$

$$N = N_x + N_y$$

El valor de ϕ el mismo Horton sugiere 1.57

Para la determinación de la curva hipsométrica se procedió a calcular las áreas entre las curvas de nivel de la unidad hidrográfica luego se graficó en un sistema de ejes la función altitud – área.

La pendiente general del curso principal del dren de la unidad hidrográfica fue determinada por el método de Taylor Schwarz, en el que previamente se ha dibujado el perfil longitudinal del dren principal con ayuda del software civil cad, luego se procedió el análisis con la siguiente expresión

$$S = \left[\frac{n}{\frac{1}{\sqrt{S_1}} + \frac{1}{\sqrt{S_2}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{S_n}}} \right]^2$$

Donde:

S = Pendiente general del curso principal del dren

S_i = Pendiente del tramo n_i

n = Número de tramos n_i

CAPITULO V.

5. DETERMINACIÓN DEL UNIVERSO Y LA MUESTRA

5.1. Tamaño del universo o población

La población para el estudio de la variable precipitación, está representada por 12 datos mensuales de precipitación obtenida de tres pluviómetros instalados en la unidad hidrográfica Qocha-Qocha y corresponden al periodo: noviembre del 2014 a octubre del 2015.

Para la variable características fisiográficas de la unidad hidrográfica de Qocha Qocha el tamaño de la población es de 1.51 km² clausuradas, área en el cual se determinaran los parámetros descritos en la sección de operacionalización de las variables.

Para la variable caudal de escorrentía la población está constituida por 12 datos mensuales provenientes de un vertedero automático y corresponden al período: noviembre del 2014 a octubre del 2015.

Ámbito geográfico

El estudio se llevó a cabo en el área de 1.51 km² clausuradas por el Programa de Adaptación al Cambio Climático-PACC en el distrito de Juan Espinoza Medrano, Antabamba-Apurímac.

Ubicación política

La zona de estudio se ubica políticamente en el distrito de Juan Espinoza Medrano de la provincia de Antabamba, en la región de Apurímac. Hidrográficamente el río Mollebamba es afluente del río Antabamba y éste del río Pachachaca, en el sistema hídrico del río Apurímac, en la vertiente del atlántico.

Ubicación geográfica

Latitud sur: 14.30° y 14.78°

Longitud oeste: 73.33° y 72.49°

Altitud media: 4453,58 msnm

Límites de la cuenca Mollebamba

- Por el norte: limita con la Microcuenca de Mollocco provincia de Antabamba.
- Por el sur: limita con Arequipa
- Por el este: limita con la Microcuenca Chuñohuaco provincia de Antabamba.
- Por el oeste: limita el distrito de Cotaruse provincia de Aymaraes.

Accesibilidad

El acceso a Mollebamba es mediante vías de trocha carrozable en mediano estado de conservación. La Ruta 1 ruta se realiza en un tiempo de 6.5 horas en camioneta, mientras que la Ruta 2 se cubre en un tiempo de 8.0 horas.

Tabla 2. Accesibilidad a la zona de estudio.

Partida - Destino	Tipo de vía	Vehículo	Tiempo horas	Distancia km.
Ruta 1: Abancay-Santa Rosa.	Carretera afirmada	Camioneta	0.45	70 km
Huancapampa-Antabamba-Mollebamba.	Carretera trocha carrozable	Camioneta	3.00	127 km
Ruta 2: Abancay-Santa Rosa-Chalhuanca.	Carretera afirmada	Camioneta	1.45	125 km
Caraybamba-Mollebamba.	Carretera trocha carrozable	Camioneta	2.30	96 km
Total			8 h	418 km

Fuente: Elaboración propia

Aspectos físicos Ambientales

Topografía

La topografía se caracteriza por presentar relieve agreste con pendientes inclinadas y zonas con afloramientos rocosos. Los niveles altitudinales de la cuenca Mollebamba está comprendido entre 2959, 00 hasta los 5200,00 msnm.

La pendiente media dela cuenca está en el orden de 23.66%.

Geología

El área de la sub cuenca Mollebamba se ubica dentro de la mega unidad Geomorfológica de la cordillera Occidental determinada por INGEMMET. Dicha unidad se encuentra constituida por un núcleo paleozoico cubierto por rocas del mesozoico y cenozoico, las cuales se encuentran deformadas por intensos plegamientos, fallas inversas y sobre escurrimientos.

En el área afloran unidades litoestratigráficas sedimentarias y volcánicas que tiene edades desde el Jurásico Superior hasta los depósitos Cuaternarios recientes.

Zonas de vida

El área de estudio se encuentra específicamente en la Zona Tundra Pluvial Alpino subtropical (Tp-AS), en la cual el promedio de precipitación total anual varía entre 500 mm y 1000 mm y la biotemperatura media anual entre 3°C y 1.5°C. Se ubica entre 4500 y 5000 msnm y su topografía es muy accidentada. Según el diagrama de Holdridge, esta zona de vida tiene una evapotranspiración potencial que varía entre la octava (0,125) y la cuarta parte (0,25) del promedio de precipitación total por año, es decir hay un claro exceso de disponibilidad hídrica entre lo que precipita y lo que evapora, hecho que ubica esta zona de vida en la provincia de humedad superhúmedo.

Este clima conforma un piso térmico peri glaciario, en el cual, gran parte del año (casi todas las noches y madrugadas), el agua que hay en la superficie del terreno se congela,

pero igualmente fusiona diariamente con las primeras radiaciones solares diurnas. De este modo, se trata de un clima que alterna diariamente momentos de congelamiento y descongelamiento (IMA, 2010).

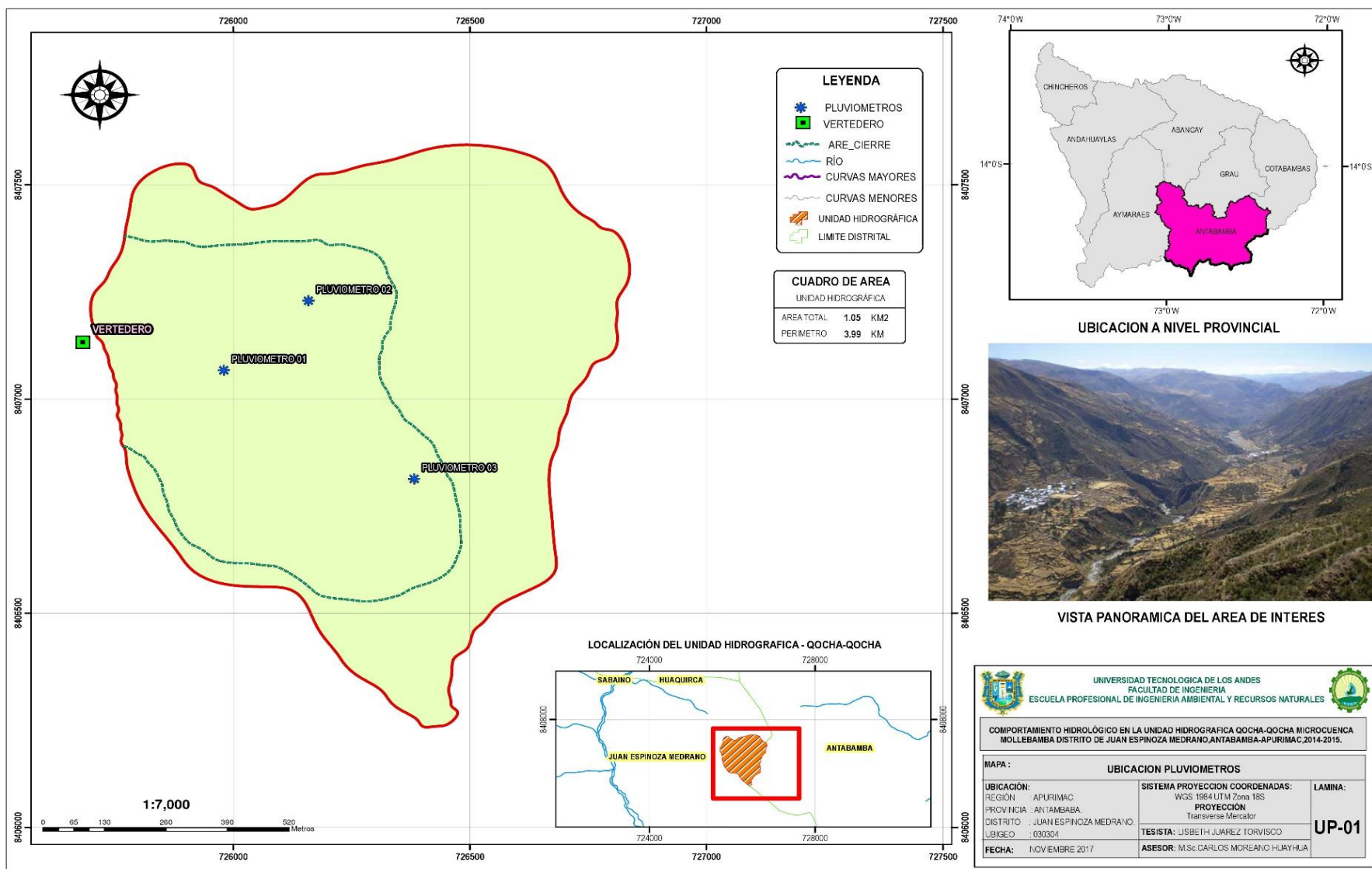


Figura 9. Ubicación general de la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.

CAPITULO VI

6. RECOLECCIÓN DE DATOS

6.1. Fuentes

Para el siguiente estudio de investigación principalmente los datos se recurrirán de fuentes primarias y secundarias.

6.1.1. Fuentes primarias

Se recurrió a los datos de campo registrados por tres pluviómetros y un vertedero cuya localización en campo se muestra a continuación.

Tabla 3. Coordenadas de la estación hidrográfica y pluviométrica

Nombres	Código equipo/sensor	del Coordenadas	Altitud (msnm)
Vertedero	Molle_01_HQ_01	_0725709 UTM 8407112	4265
Pluviómetro1	Molle_01_PO_01	_0725967 UTM 8407063	4371
Pluviómetro2	Molle_01_PO_02	_0726080 UTM 8407173	4394
Pluviómetro3	Molle_01_PO_03	_0726437 UTM 8406743	4443

Fuente: Programa de Adaptación al Cambio Climático, PACC-Perú, 2014.

Para la determinación de las características fisiográficas de la unidad hidrográfica se acudió a la zona de estudio y se levantó las coordenadas con ayuda de un GPS, luego se procesó y analizó en gabinete para dar respuesta a los objetivos e hipótesis de investigación.

6.1.2. Fuentes secundarias

Estudios realizados por el PACC, CONDESAN, SENHAMI y proyectos ejecutados en temas ambientales en la microcuenca de Mollebamba, estudios hidrológicos en el ámbito regional, otros.

6.2. Técnicas

Medición y procesamiento de variables hidrológicas y Análisis. Se procedió a ubicar espacialmente la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha, mediante el empleo de mapas donde se identificaron la microcuenca y los puntos de Origen del Recurso Agua, proveniente de la microcuenca, empleando para esto un sistema de información (geográfica Arc Gis 10.2) a fin de obtener una visión de la Red de Origen en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.

6.3. Instrumentos de investigación

Para el logro de cada uno de los objetivos específicos se procederá a emplear las siguientes herramientas.

a. Instrumentos de Campo

Libreta de campo

Ficha de campo para el aforo volumétrico. **Anexo 7.**

Fichas de campo para la estación hidrométrica. **Anexo 8.**

Fichas de campo para las estaciones pluviométricas. **Anexo 9.**

b. Equipos

1 laptop

GPS

Impresora

USB

Cable de extensión para los equipos de medición de nivel

Un vertedero con sensor marca INW modelo PTX2, con serie: PT2X-PN: 231724_SN:21405024

Un vertedero con sensor marca INW modelo PTX2, con serie: PT2X-PN: 2°31724_SN:21405024

Cable para acceso a datos desde el datalogger del pluviómetro

Sensores de nivel con almacenamiento de información constante (caudal y precipitación). Datalogger marca HIDROLOGICAL SERVICE modelo ML1

Tres Pluviómetros automáticos con almacenamiento de información constante. Códigos de sensor (10477546), (10477545), (10477544)

Software media para la recepción de datos y organización adecuada

CAPITULO VII

7. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS

En este capítulo se presentan los principales hallazgos luego de procesar la información aplicando los estadísticos respectivos.

Esta presentación se realiza en el mismo orden como se presentan los objetivos e hipótesis, para así apreciar la relación correspondiente entre las variables.

7.1. Relación entre la precipitación y el caudal de escorrentía superficial

El grado de relación entre las variables en estudio se ha determinado con el coeficiente de correlación de Pearson y tiene como propósito contrastar el objetivo general de la investigación el cual es determinar la relación existente entre la precipitación y el caudal de escorrentía en el período de 12 meses en la unidad hidrográfica Qocha – Qocha del distrito de Juan Espinoza Medrano – Antabamba. Los resultados se muestran a continuación.

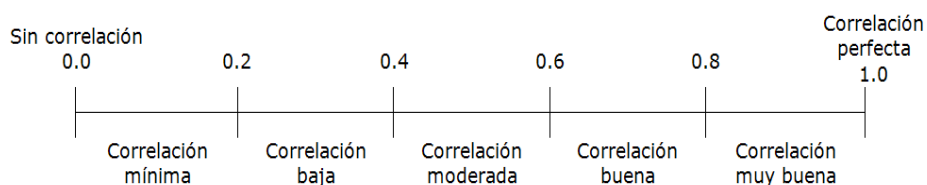
Tabla 4. Coeficiente de correlación entre la variables precipitación y caudal de escorrentía superficial en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.

		Caudal de escorrentía superficial (l/s)	Precipitación mensual (mm)
Caudal de escorrentía superficial (l/s)	Correlación de Pearson	1	,655*
	Sig. (bilateral)		,021
	N	12	12
Precipitación mensual (mm)	Correlación de Pearson	,655*	1
	Sig. (bilateral)	,021	
	N	12	12

*. La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

Interpretación

A un 95% de probabilidades se aprecia que existe una correlación positiva buena de 0,655 entre la variable precipitación mensual (mm) y la esorrentía superficial mensual (l/s) en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha del distrito Juan Espinoza Medrano, provincia de Antabamba, según la escala de correlación de Pearson que se muestra a continuación.



Es decir a mayor precipitación en la unidad hidrográfica Qocha-Qocha, se espera como respuesta mayor caudal de esorrentía superficial y viceversa.

Tabla 5. Datos de precipitación y de caudal de los 12 meses de monitoreo en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.

Meses	Caudal (l/s)	Precipitación (mm)
nov-14	0.17	21.93
dic-14	0.4	145.1
ene-15	1.46	220.07
feb-15	11.05	219.93
mar-15	10.61	201.27
abr-15	4.71	40.36
may-15	1.18	17.07
jun-15	0.28	13.61
jul-15	0.57	9.5
ago-15	0.5	29.97
sep-15	1.85	19.37
oct-15	1.83	24.4

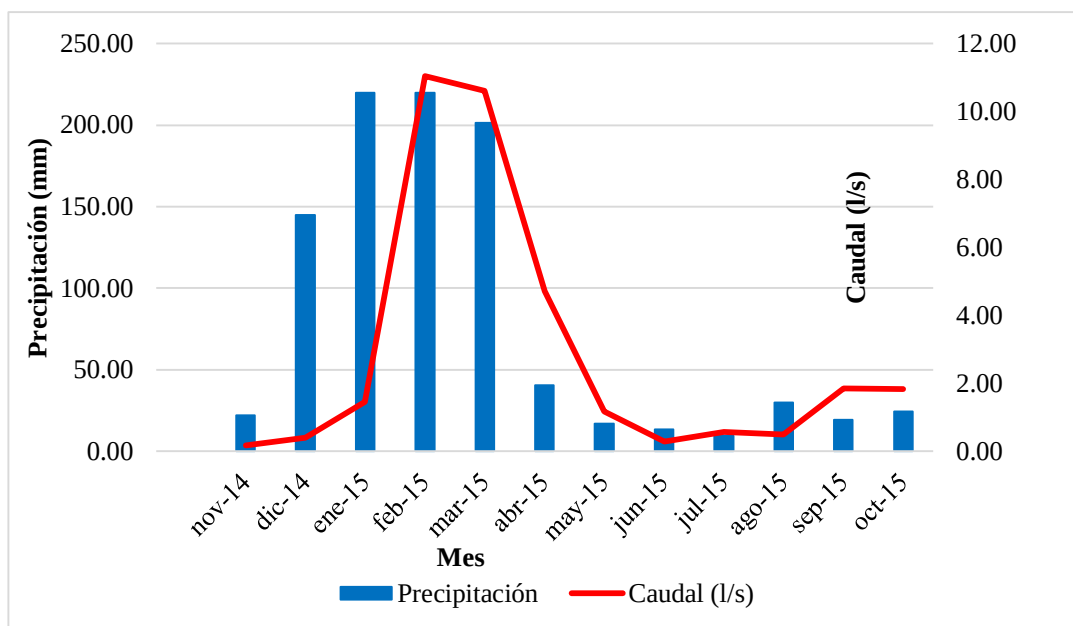


Gráfico 1. Relación entre precipitación (mm) y caudal (l/s).

Interpretación.

El comportamiento que se muestra en el cuadro y gráfico de datos de precipitación y caudal, muestra la relación existente entre el caudal de escorrentía superficial y las precipitaciones sobre la unidad hidrográfica Qocha-Qocha, así mismo se aprecia una tendencia creciente para ambas variables entre los meses enero, febrero y marzo y una tendencia decreciente de ambas variables en los meses de estiaje mayo, junio y julio.

7.2. Comportamiento de la precipitación.

Tiene como propósito contrastar el objetivo específico 1, de la investigación el cual plantea describir el comportamiento de la precipitación registrada para un periodo de 12 meses en tres pluviómetros instalados en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha del distrito de Juan Espinoza Medrano – Antabamba. Los resultados se muestran a continuación.

Tabla 6. Precipitación mensual en mm en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Precipitación mensual (mm) del pluviómetro 01	12	4,80	253,60	80,9833	94,03858
Precipitación mensual (mm) del pluviómetro 02	12	9,50	226,40	67,9917	79,58322
Precipitación mensual (mm) del pluviómetro 03	12	9,60	272,60	91,6667	101,64030
N válido (según lista)	12				

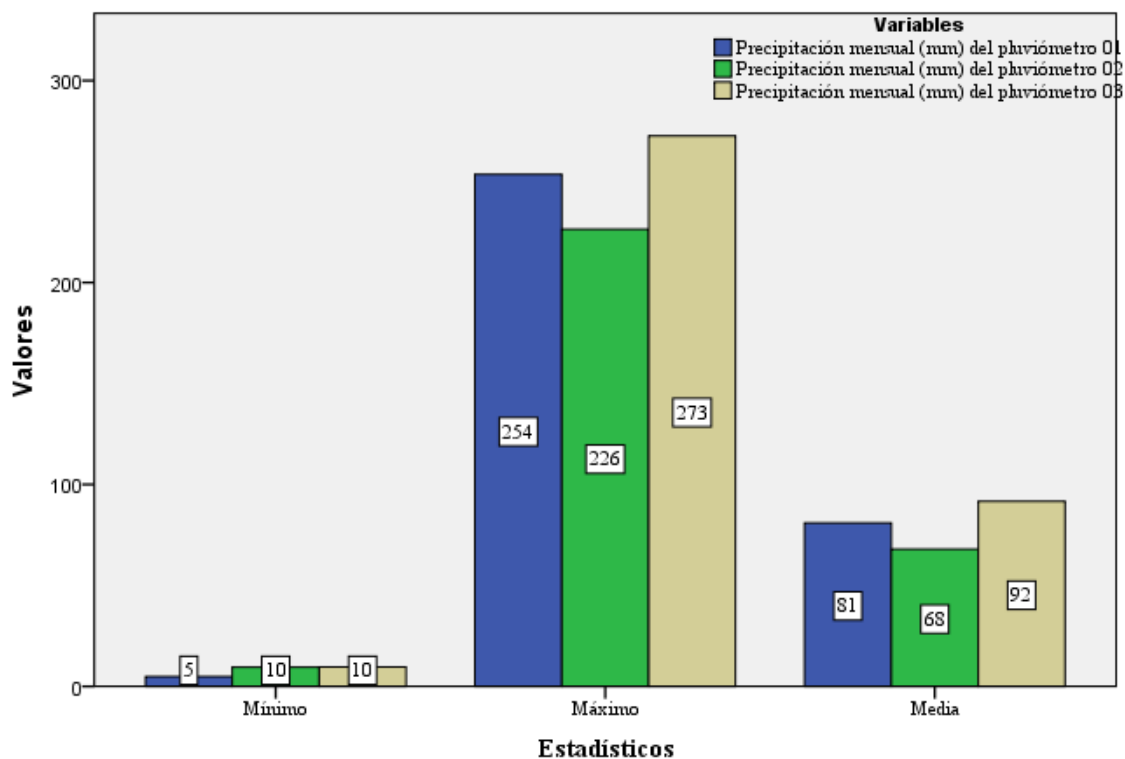


Gráfico 2. Comportamiento de la precipitación de los tres pluviómetros en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.

Interpretación.

De la tabla y gráfico, se aprecia el comportamiento de la precipitación en los tres pluviómetros instalados en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha, lo cual indica que el comportamiento de la precipitación varía altitudinalmente.

La precipitación mínima mensual de un período de 12 meses, se registró con el valor 4,80 mm en el pluviómetro 01, instalado a 4371 msnm, seguido de 9,50 mm registrado en el pluviómetro 02 instalado a 4394 msnm, luego el valor de 9,60 mm registrado en el pluviómetro 03 instalado a 4443 msnm.

La precipitación máxima mensual de un período de 12 meses, se registró con el valor 272,60 mm en el pluviómetro 03, instalado a 4443 msnm, seguido de 253,60 mm registrado en el pluviómetro 01 instalado a 4371 msnm, luego el valor de 226,40 mm registrado en el pluviómetro 02 instalado a 4394 msnm.

El promedio de precipitación mayor fue registrado en el pluviómetro 03 con el valor de 91,67 mm, seguido de 80,98 mm registrado en el pluviómetro 01 y 67,99 mm registrado en el pluviómetro 02.

Se concluye, que existe evidencia estadística para manifestar que la precipitación en la unidad hidrográfica Qocha-Qocha varía de acuerdo con la altitud.

Tabla 7. Comportamiento de la precipitación en mm en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha, en un período de 12 meses.

Meses	Precipitación mensual (mm)			promedio
	Pluviómetro 1	Pluviómetro 2	Pluviómetro 3	
nov-14	4.8	13	48	21.93
dic-14	99.2	96.1	240	145.1
ene-15	253.6	134	272.6	220.07
feb-15	230	226.4	203.4	219.93
mar-15	208.4	208.2	187.2	201.27
abr-15	50.6	30.27	40.2	40.36
may-15	20.6	12.8	17.8	17.07
jun-15	18.2	11.23	11.4	13.61
jul-15	9.4	9.5	9.6	9.5
ago-15	33.2	28.5	28.2	29.97
set-15	20.8	20.1	17.2	19.37
oct-15	23	25.8	24.4	24.4

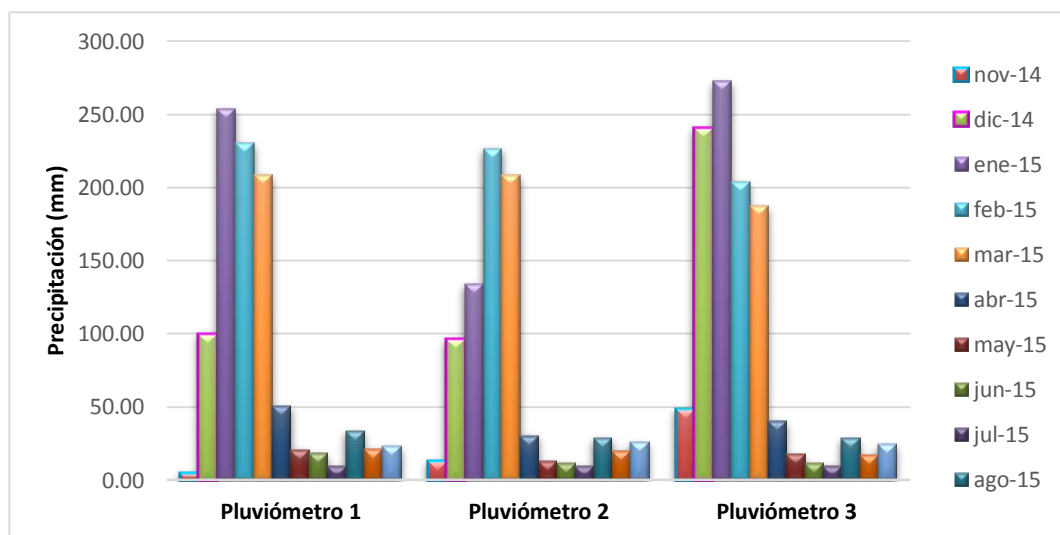


Gráfico 3. Comportamiento de la precipitación de los tres pluviómetros en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha, en un período de 12 meses.

Interpretación.

En el cuadro y gráfico se muestra el comportamiento de la precipitación registrada en tres pluviómetros para un periodo de 12 meses en el que el periodo de mayores precipitaciones se encuentra en los meses de diciembre 2014, enero 2015, febrero 2015,

marzo del 2015, disminuyendo el valor para el mes de abril 2015, entre los meses de mayo 2015, junio 2015 y julio 2015 se registran las precipitaciones mínimas, debido a que los meses mencionados corresponden a épocas de heladas en los andes las precipitaciones tienen la forma de nieve, rocío y neblina. Entre los meses agosto 2015, setiembre 2015 y octubre del 2015 se aprecia las primeras lluvias cuya aparición coincide con el calendario agrícola en los andes peruanos en el que se empiezan a realizar las tareas de preparación de suelos y las primeras siembras.

El módulo pluviométrico para el año en la unidad hidrográfica Qocha-Qocha es de 962.58 mm/año

7.2.1. Precipitación, intensidad – duración en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.

Los datos pluviométricos que se registraron durante un periodo de 12 meses fueron analizados para intervalos de una hora y diario, recopilados y automatizados dentro de los años noviembre del 2014 hasta octubre del 2015, se procesaron con el fin de comprender su comportamiento para lo cual se procedió a realizar los gráficos y análisis de intensidad – duración para cada mes del año cuyos resultados para la precipitación promedio se muestran a continuación.

Mes de noviembre 2014.

Tabla 8. Análisis de la precipitación media para el mes de noviembre del 2014 en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.

						<i>Acumulativo</i>	
<i>Inferior</i>		<i>Superior</i>	<i>Punto medio</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>
0,00	<	0,50	0,25	16	53,3	16	53,3
0,50	<	1,00	0,75	1	3,3	17	56,7
1,00	<	1,50	1,25	3	10,0	20	66,7
1,50	<	2,00	1,75	1	3,3	21	70,0
2,00	<	2,50	2,25	7	23,3	28	93,3
2,50	<	3,00	2,75	1	3,3	29	96,7
3,00	<	3,50	3,25	0	0,0	29	96,7
3,50	<	4,00	3,75	1	3,3	30	100,0
				30	100,0		

Interpretación

En el mes de noviembre del 2014, se registró 16 días de lluvia cuyos valores de precipitación fueron menores que 0.5 mm representando el 53.3% del total de lluvias caídas para el mes. También para el mismo mes se tuvo siete días cuyas precipitaciones fueron en el intervalo de 2 – 2.5 mm siendo el 23.3% del total de lluvias para el mes.

La media máxima del mes fue de 3.75 mm y la media mínima fue de 0.25 mm.

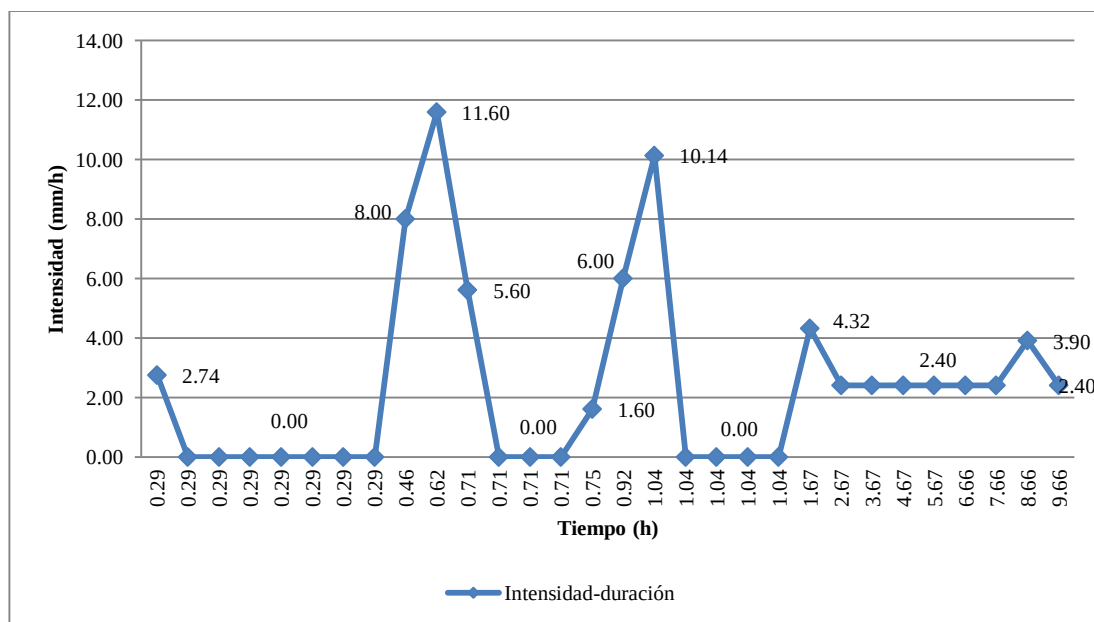


Gráfico 4. Curva de intensidad duración de la precipitación media del mes de noviembre 2014 en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.

Interpretación.

Para el mes de noviembre del 2014, en los 16 días de lluvia, se registró una intensidad máxima de 11.60 mm/h cuya duración fue de 0.62 horas, luego se registró una intensidad de 10.14 mm/h y duró 1.04 h, en dicho mes la intensidad mínima registrada fue de 2.40 mm/h con duraciones de 2.67 hasta 7.66 horas.

Mes de diciembre, 2014

Tabla 9. Análisis de la precipitación media para el mes de diciembre del 2014 en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.

					<i>Acumulativo</i>		
			<i>Punto</i>				
<i>Inferior</i>		<i>Superior</i>	<i>medio</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>
2,0	<	4,0	3,0	16	51,6	16	51,6
4,0	<	6,0	5,0	4	12,9	20	64,5
6,0	<	8,0	7,0	2	6,5	22	71,0
8,0	<	10,0	9,0	4	12,9	26	83,9
10,0	<	12,0	11,0	2	6,5	28	90,3
12,0	<	14,0	13,0	1	3,2	29	93,5
14,0	<	16,0	15,0	1	3,2	30	96,8
16,0	<	18,0	17,0	0	0,0	30	96,8
18,0	<	20,0	19,0	0	0,0	30	96,8
20,0	<	22,0	21,0	1	3,2	31	100,0
				31	100,0		

Interpretación

En el mes de diciembre del 2014, se registró 31 días de lluvia de los cuales el 51.6% de las precipitaciones fueron entre el intervalo de 2 a 4 mm, seguido de cuatro días en que las precipitaciones fueron entre los intervalos de 4 – 6 mm y 8 – 10 mm representando el 12.9% del total de lluvias para dicho mes, la precipitación máxima media para el mes fue de 21 mm y la mínima media fue de 3 mm.

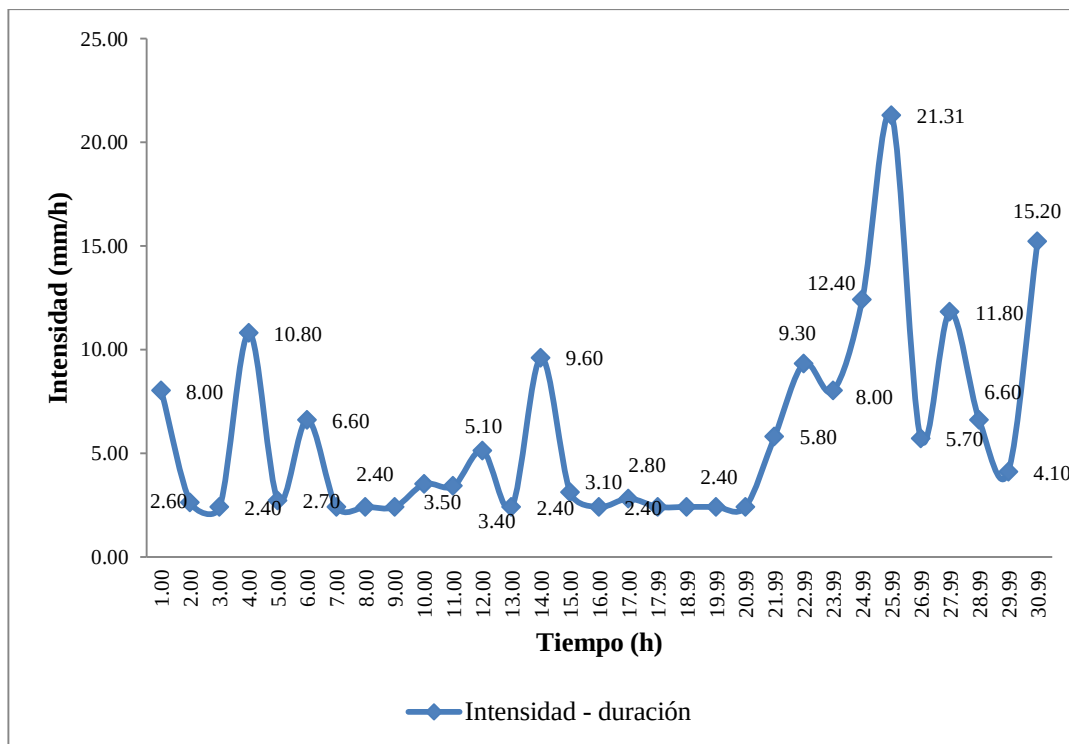


Gráfico 5. Curva de intensidad duración de la precipitación media del mes diciembre 2014 en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.

Interpretación

Para el mes de diciembre del 2014, en los 31 días de lluvia, se registró una intensidad máxima de 21.31 mm/h cuya duración fue de 25 horas, luego se registró una intensidad de 15.20 mm/h y duró 30 h, en dicho mes la intensidad mínima registrada fue de 2.40 mm/h con duraciones de 5 hasta 20 horas.

Mes de enero, 2015

Tabla 10. Análisis de la precipitación media para el mes de enero del 2015 en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.

<i>Inferior</i>		<i>Superior</i>	<i>Punto medio</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>	<i>Acumulativo</i>	
						<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>
0,0	<	4,0	2,0	16	51,6	16	51,6
4,0	<	8,0	6,0	6	19,4	22	71,0
8,0	<	12,0	10,0	6	19,4	28	90,3
12,0	<	16,0	14,0	2	6,5	30	96,8
16,0	<	20,0	18,0	0	0,0	30	96,8
20,0	<	24,0	22,0	1	3,2	31	100,0
				31	100,0		

Interpretación.

En el mes de enero del 2015, se registró 31 días de lluvia de los cuales el 51.6% de las precipitaciones fueron menores que 4 mm, seguido de seis días en que las precipitaciones fueron entre los intervalos de 4 – 8 mm y 8 – 12 mm representando el 19.4% del total de lluvias para dicho mes, la precipitación máxima media para el mes fue de 22 mm y la mínima media fue de 2mm.

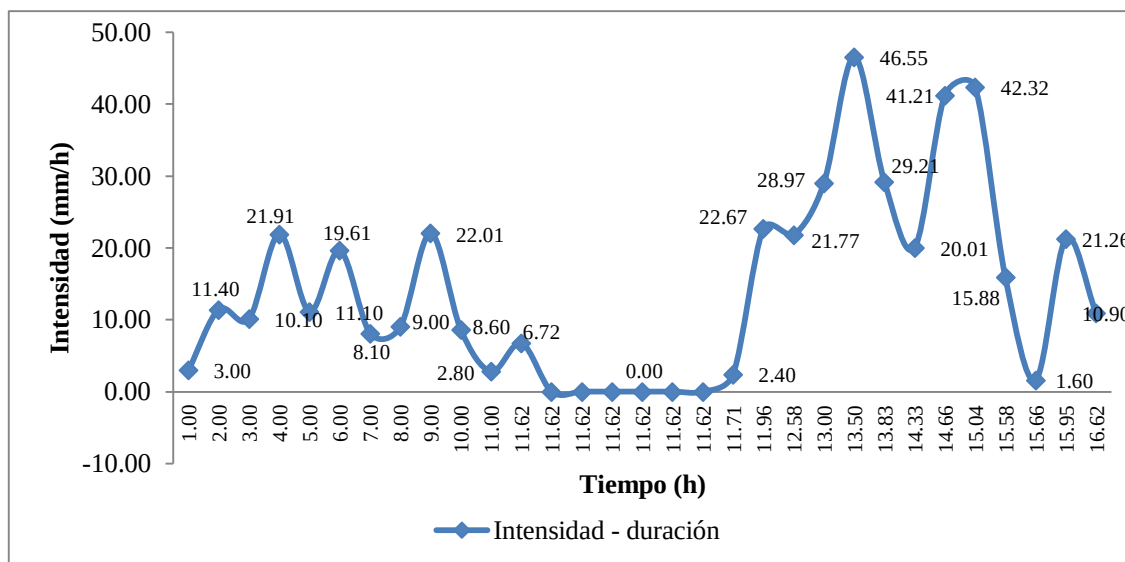


Gráfico 6. Curva de intensidad duración de la precipitación media del mes de enero 2015 en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.

Interpretación

Para el mes de enero del 2015, en los 31 días de lluvia, se registró una intensidad máxima de 46.55 mm/h cuya duración fue de 14 horas, luego se registró una intensidad de 41.21 mm/h y duró 16 h, en dicho mes la intensidad mínima registrada fue de 3 mm/h con duraciones de 3 horas.

Mes de febrero, 2015

Tabla 11. Análisis de la precipitación media para el mes de febrero del 2015 en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.

					<i>Acumulativo</i>		
		<i>Punto</i>					
<i>Inferior</i>	<i>Superior</i>	<i>medio</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>	
0,0	<	4,0	2,0	13	46,4	13	46,4
4,0	<	8,0	6,0	6	21,4	19	67,9
8,0	<	12,0	10,0	0	0,0	19	67,9
12,0	<	16,0	14,0	4	14,3	23	82,1
16,0	<	20,0	18,0	3	10,7	26	92,9
20,0	<	24,0	22,0	1	3,6	27	96,4
24,0	<	28,0	26,0	0	0,0	27	96,4
28,0	<	32,0	30,0	0	0,0	27	96,4
32,0	<	36,0	34,0	1	3,6	28	100,0
				28	100,0		

Interpretación.

En el mes de febrero del 2015, se registró 28 días de lluvia de los cuales el 46.4% de las precipitaciones fueron menores que 4 mm, seguido de seis días en que las precipitaciones fueron entre los intervalos de 4 – 8 mm representando el 21.4% del total de lluvias para dicho mes, 14.3% representado por 4 días llovió entre 12 a 16 mm 3 días precipitó entre 16 a 20 mm. La precipitación máxima media para el mes fue de 34 mm y la mínima media fue de 2mm.

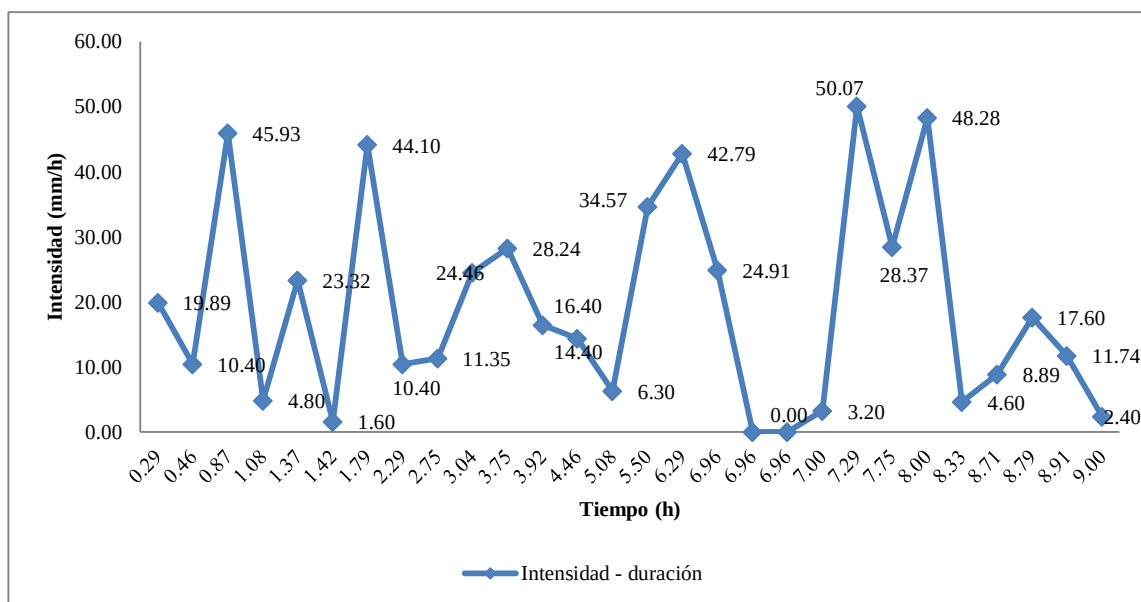


Gráfico 7. Curva de intensidad duración de la precipitación media del mes de febrero 2015 en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.

Interpretación

Para el mes de febrero del 2015, en los 28 días de lluvia, se registró una intensidad máxima de 50.07 mm/h y duró 7.29 horas, luego se registró una intensidad de 48.28 mm/h y duró 8 h, en dicho mes la intensidad mínima registrada fue de 1.60 mm/h con duración de 1.42 horas.

Mes de marzo, 2015

Tabla 12. Análisis de la precipitación media para el mes de marzo del 2015 en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.

<i>Inferior</i>		<i>Superior</i>	<i>Punto medio</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>	<i>Acumulativo</i>	
						<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>
0,0	<	4,0	2,0	12	40,0	12	40,0
4,0	<	8,0	6,0	10	33,3	22	73,3
8,0	<	12,0	10,0	4	13,3	26	86,7
12,0	<	16,0	14,0	0	0,0	26	86,7
16,0	<	20,0	18,0	1	3,3	27	90,0
20,0	<	24,0	22,0	3	10,0	30	100,0
				30	100,0		

Interpretación.

En el mes de marzo del 2015, se registró 30 días de lluvia de los cuales el 40% de las precipitaciones fueron menores que 4 mm, seguido de diez días en que las precipitaciones fueron entre los intervalos de 4 – 8 mm representando el 33.3% del total de lluvias para dicho mes, 13.3% representado por 4 días llovió entre 8 a 12 mm 3 días precipitó entre 20 a 24 mm. La precipitación máxima media para el mes fue de 22 mm y la mínima media fue de 2 mm.

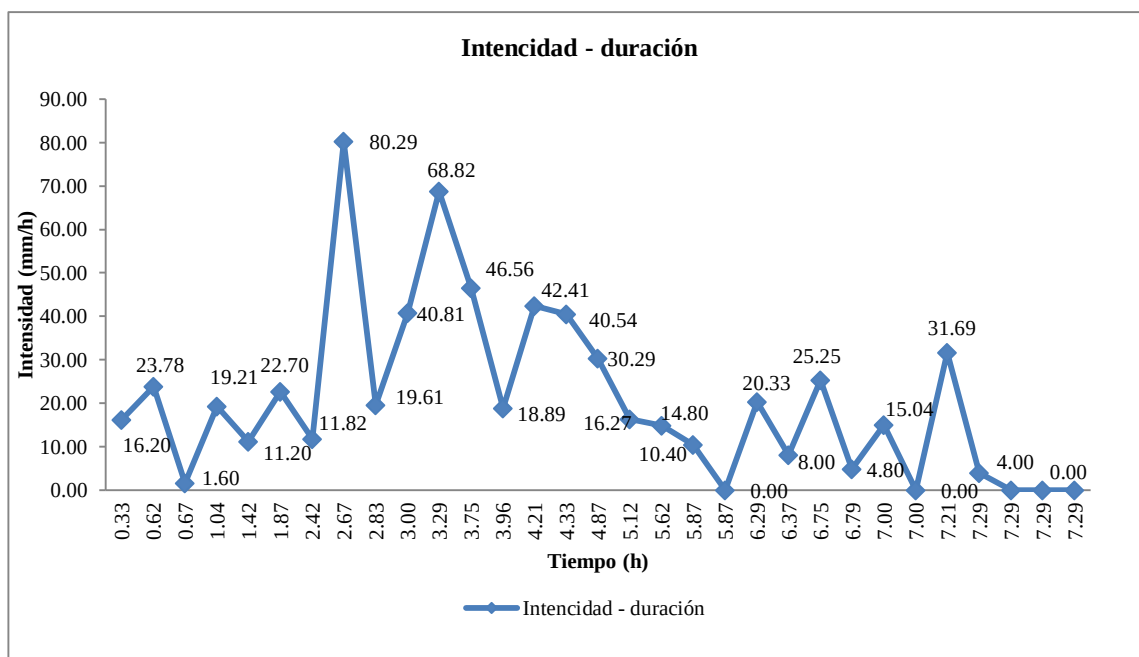


Gráfico 8. Curva de intensidad duración de la precipitación media del mes de marzo 2015 en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.

Interpretación.

Para el mes de marzo del 2015, en los 30 días de lluvia, se registró una intensidad máxima de 80.29 mm/h y duró 2.67 horas, luego se registró una intensidad 68.82 mm/h y duró 3.29 h, luego 46.56 mm/h y duró 3.75 h en general se aprecia que las intensidades menores tienen por lo general mayores tiempos de duración, en dicho mes la intensidad mínima registrada fue de 1.60 mm/h con duración de 0.67 horas.

Mes de abril, 2015

Tabla 13. Análisis de la precipitación media para el mes de abril del 2015 en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.

			<i>Punto</i>		<i>Acumulativo</i>		
<i>Inferior</i>		<i>Superior</i>	<i>medio</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>
0,00	<	0,50	0,25	18	60,0	18	60,0
0,50	<	1,00	0,75	3	10,0	21	70,0
1,00	<	1,50	1,25	1	3,3	22	73,3
1,50	<	2,00	1,75	0	0,0	22	73,3
2,00	<	2,50	2,25	2	6,7	24	80,0
2,50	<	3,00	2,75	1	3,3	25	83,3
3,00	<	3,50	3,25	1	3,3	26	86,7
3,50	<	4,00	3,75	0	0,0	26	86,7
4,00	<	4,50	4,25	1	3,3	27	90,0
4,50	<	5,00	4,75	3	10,0	30	100,0
				30	100,0		

Interpretación.

En el mes de abril del 2015, se registró 30 días de lluvia de los cuales el 60% de las precipitaciones fueron menores que 0.5 mm, seguido de tres días que las precipitaciones fueron entre los intervalos de 0.5 a 1 mm representando el 10% del total de lluvias para dicho mes, 6.7% representado por 2 días llovió entre 2 a 2.5 mm. La precipitación máxima media para el mes fue de 4.75 mm y la mínima media fue de 0.25 mm.

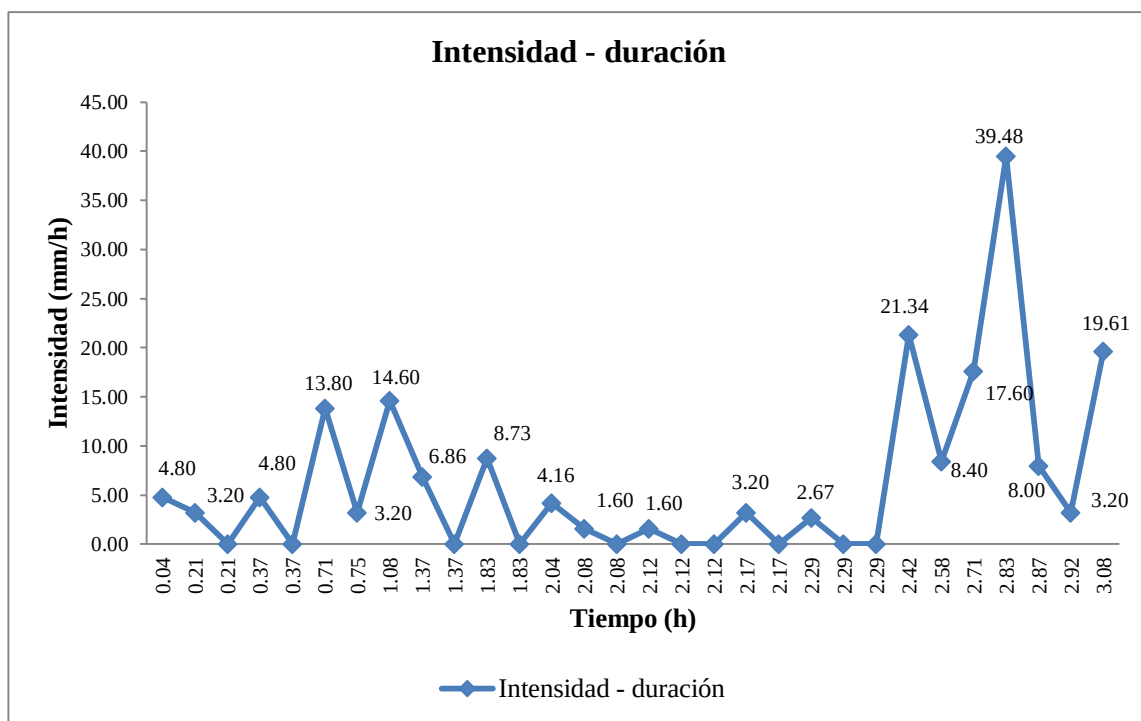


Gráfico 9. Curva de intensidad duración de la precipitación media del mes de abril 2015 en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.

Interpretación

Para el mes de abril del 2015, en los 30 días de lluvia, se registró una intensidad máxima de 39.48 mm/h y duró 2.83 horas, luego se registró una intensidad 21.34 mm/h y duró 2.48 h, luego 19.61 mm/h y duró 3.08 h en general se aprecia que las intensidades menores tienen por lo general mayores tiempos de duración, en dicho mes la intensidad mínima registrada fue de 1.60 mm/h con duración entre 2.08 a 2.12 horas.

Mes de mayo, 2015

Tabla 14. Análisis de la precipitación media para el mes de mayo del 2015 en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.

			<i>Acumulativo</i>				
		<i>Punto</i>					
<i>Inferior</i>	<i>Superior</i>	<i>medio</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>	
0,00	< 0,50	0,25	25	83,3	25	83,3	
0,50	< 1,00	0,75	2	6,7	27	90,0	
1,00	< 1,50	1,25	0	0,0	27	90,0	
1,50	< 2,00	1,75	1	3,3	28	93,3	
2,00	< 2,50	2,25	1	3,3	29	96,7	
2,50	< 3,00	2,75	0	0,0	29	96,7	
3,00	< 3,50	3,25	0	0,0	29	96,7	
3,50	< 4,00	3,75	1	3,3	30	100,0	
			30	100,0			

Interpretación.

En el mes de mayo del 2015, se registró 30 días de lluvia de los cuales el 83.3% de las precipitaciones fueron menores que 0.5 mm, seguido de dos días que las precipitaciones fueron entre los intervalos de 0.5 a 1 mm representando el 6.7% del total de lluvias para dicho mes, el 3.3% de las lluvias fueron registrados con el valor entre 1.5 a 2.5 mm. La precipitación máxima media para el mes fue de 3.75 mm y la mínima media fue de 0.25 mm.

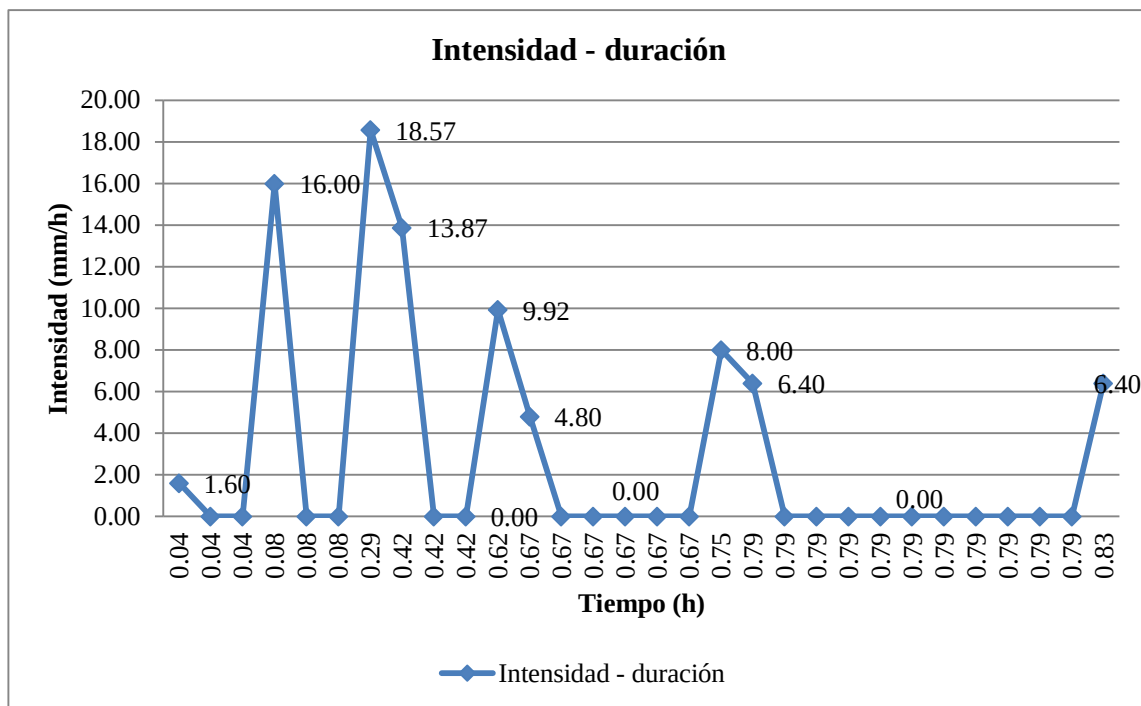


Gráfico 10. Curva de intensidad duración de la precipitación media del mes de mayo 2015 en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.

Interpretación

Para el mes de mayo del 2015, en los 30 días de lluvia, se registró una intensidad máxima de 18.57 mm/h y duró 0.29 horas, luego se registró una intensidad 16 mm/h y duró 0.29 h, luego 1387 mm/h y duró 0.29 h en general se aprecia que las intensidades menores tienen por lo general mayores tiempos de duración, en dicho mes la intensidad mínima registrada fue de 1.60 mm/h con duración de 0.04 horas.

Mes de junio del 2015

Tabla 15. Análisis de la precipitación media para el mes de junio del 2015 en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.

			<i>Punto</i>		<i>Acumulativo</i>		
<i>Inferior</i>		<i>Superior</i>	<i>medio</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>
0,00	<	0,50	0,25	26	86,7	26	86,7
0,50	<	1,00	0,75	0	0,0	26	86,7
1,00	<	1,50	1,25	1	3,3	27	90,0
1,50	<	2,00	1,75	1	3,3	28	93,3
2,00	<	2,50	2,25	0	0,0	28	93,3
2,50	<	3,00	2,75	1	3,3	29	96,7
3,00	<	3,50	3,25	0	0,0	29	96,7
3,50	<	4,00	3,75	0	0,0	29	96,7
4,00	<	4,50	4,25	0	0,0	29	96,7
4,50	<	5,00	4,75	0	0,0	29	96,7
5,00	<	5,50	5,25	1	3,3	30	100,0
				30	100,0		

Interpretación.

De los 30 días del mes de junio, 26 días tuvieron lluvias menores de 0.5 mm. Luego los regímenes de precipitación fueron aislados entre 1 a 2 mm, 2.5 a 3 mm y de 5 hasta 5.5 mm, la precipitación media máxima para el mes fue de 5.25 mm y la mínima de 0.25 mm

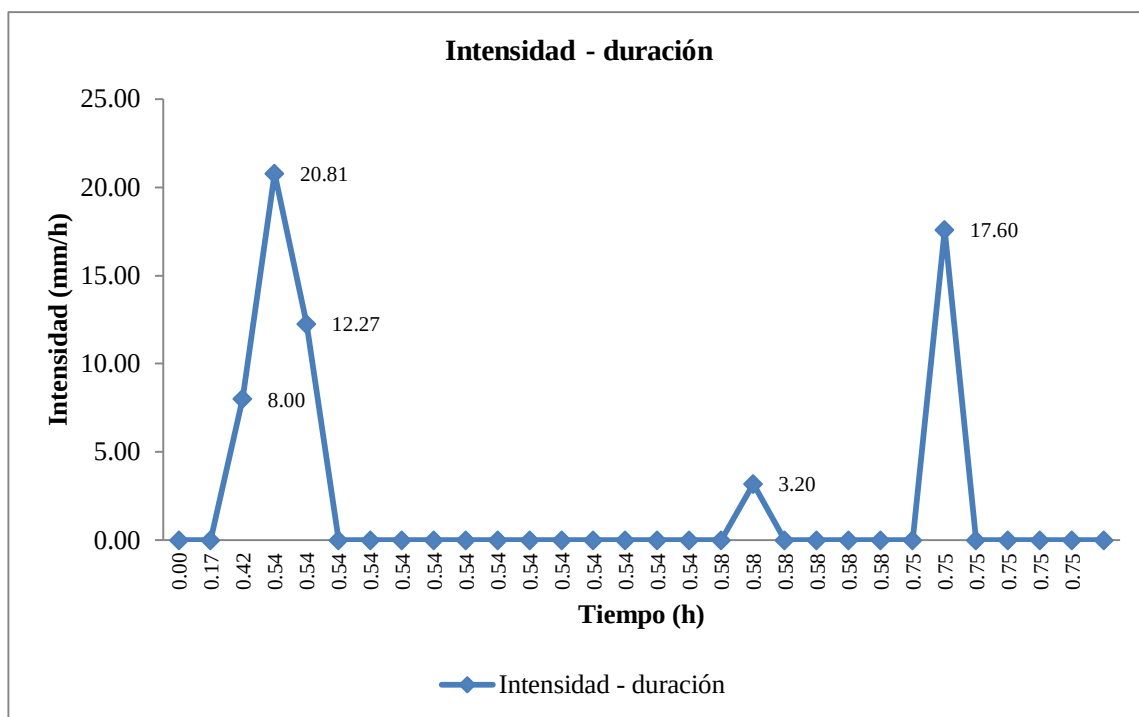


Gráfico 11. Curva de intensidad duración de la precipitación media del mes de junio 2015 en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.

Interpretación

Para el mes de junio del 2015, se registraron lluvias esporádicas en las que la precipitación con mayor intensidad fue de 20.81 mm/h con duración de 0.54 horas, luego una intensidad de 17.60 mm/h con duración de 0.75 horas, seguido de una intensidad de 12.27 mm/h con duración de 0.54 horas, luego una intensidad de 8 mm/h cuya duración fue de 0.42 horas y finalmente una intensidad mínima de 3.20 mm/h con duración de 0.58 horas.

Mes de julio 2015

Tabla 16. Análisis de la precipitación media para el mes de julio del 2015 en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.

					<i>Acumulativo</i>		
<i>Inferior</i>		<i>Superior</i>	<i>Punto medio</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>
0,00	<	1,00	0,50	30	96,8	30	96,8
1,00	<	2,00	1,50	0	0,0	30	96,8
2,00	<	3,00	2,50	0	0,0	30	96,8
3,00	<	4,00	3,50	0	0,0	30	96,8
4,00	<	5,00	4,50	0	0,0	30	96,8
5,00	<	6,00	5,50	0	0,0	30	96,8
6,00	<	7,00	6,50	0	0,0	30	96,8
7,00	<	8,00	7,50	0	0,0	30	96,8
8,00	<	9,00	8,50	1	3,2	31	100,0
				31	100,0		

Interpretación.

En los 30 días del mes de julio, las precipitaciones fueron muy esporádicas siendo el 96.8 % de precipitaciones menores que 1 mm, solo existió un día en que la lluvia máxima promedio fue de 8.5 mm y la mínima de 0.5 mm

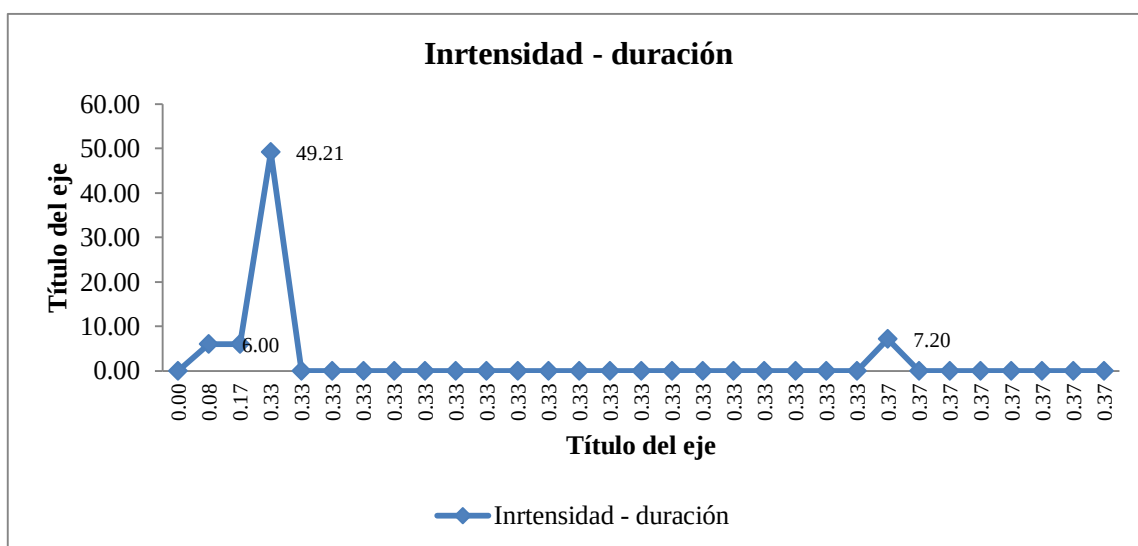


Gráfico 12. Curva de intensidad duración de la precipitación media del mes de julio 2015 en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.

Interpretación

Para el mes de junio del 2015, se registraron lluvias aisladas en total fueron cuatro días en el mes siendo la intensidad máxima de 49.21 mm/h cuya duración fue de 0.33 horas, seguido de 7.20 mm/h con duración de 0.37 horas, luego la intensidad mínima registrada fue de 6 mm/h para un periodo de duración de 0.17 horas.

Mes de agosto del 2015

Tabla 17. Análisis de la precipitación media para el mes de agosto del 2015 en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.

						<i>Acumulativo</i>	
<i>Inferior</i>		<i>Superior</i>	<i>Punto medio</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>
0,0	<	2,0	1,0	26	83,9	26	83,9
2,0	<	4,0	3,0	3	9,7	29	93,5
4,0	<	6,0	5,0	0	0,0	29	93,5
6,0	<	8,0	7,0	0	0,0	29	93,5
8,0	<	10,0	9,0	1	3,2	30	96,8
10,0	<	12,0	11,0	0	0,0	30	96,8
12,0	<	14,0	13,0	1	3,2	31	100,0
				31	100,0		

Interpretación.

En los 31 días del mes de agosto, las precipitaciones fueron muy esporádicas siendo el 83.9 % de precipitaciones menores que 2 mm, solo existió un día en que la lluvia máxima promedio fue de 13 mm y la mínima de 1 mm.

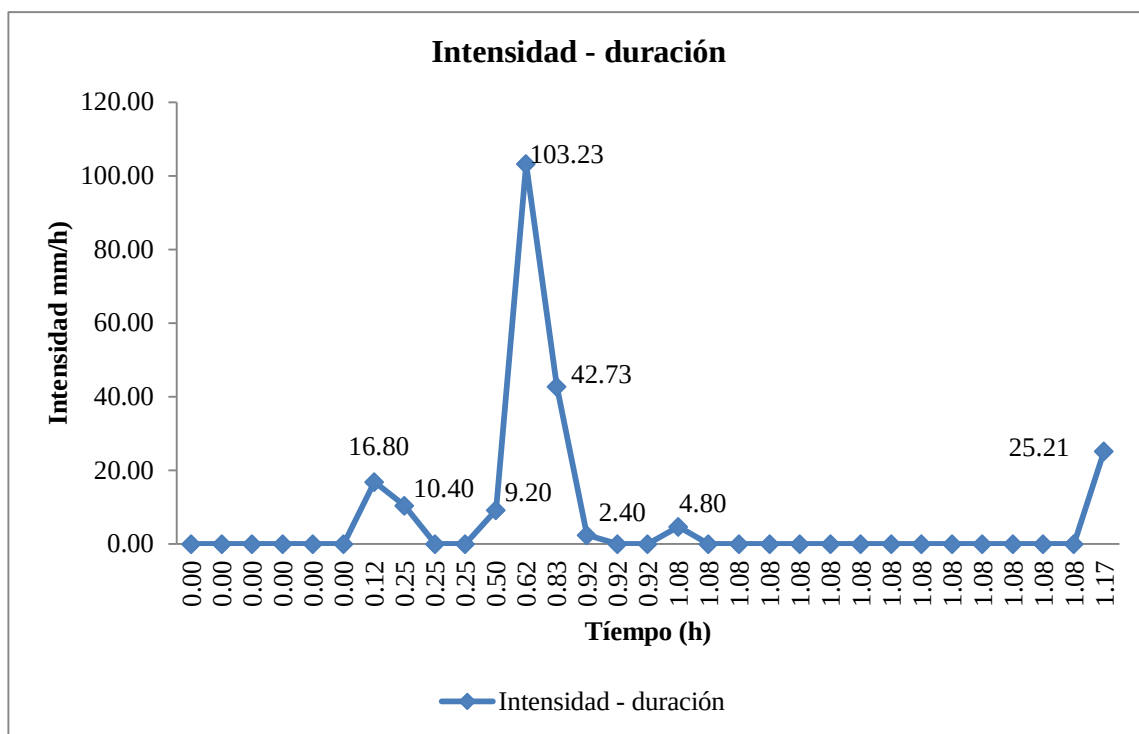


Gráfico 13. Curva de intensidad duración de la precipitación media del mes de agosto 2015 en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.

Interpretación

Para el mes de agosto del 2015, se registraron lluvias aisladas en total fueron ocho días en el mes siendo la intensidad máxima de 103.23 mm/h cuya duración fue de 0.63 horas, seguido de 42.73 mm/h con duración de 0.83 horas, luego la intensidad de 25.21 mm/h para un tiempo de duración de 1.17 h y 16.80 mm/h para una duración de 0.12 horas, la intensidad mínima se registró para un valor de 2.40 mm/h y una duración de 0.92 horas.

Mes de setiembre 2015

Tabla 18. Análisis de la precipitación media para el mes de setiembre del 2015 en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.

						<i>Acumulativo</i>	
<i>Inferior</i>		<i>Superior</i>	<i>Punto medio</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>
0,00	<	1,00	0,50	25	83,3	25	83,3
1,00	<	2,00	1,50	1	3,3	26	86,7
2,00	<	3,00	2,50	0	0,0	26	86,7
3,00	<	4,00	3,50	2	6,7	28	93,3
4,00	<	5,00	4,50	1	3,3	29	96,7
5,00	<	6,00	5,50	1	3,3	30	100,0
				30	100,0		

Interpretación.

En los 30 días del mes de setiembre, se tiene que el 83.3% de las precipitaciones fueron menores que 1 mm, se aprecia que la precipitaciones son aisladas siendo que los valores oscilan entre 1.5 mm, 3.5 mm y 4.5 mm promedio, la precipitación media máxima del mes fue de 5.5 mm y la mínima de 0.5 mm.

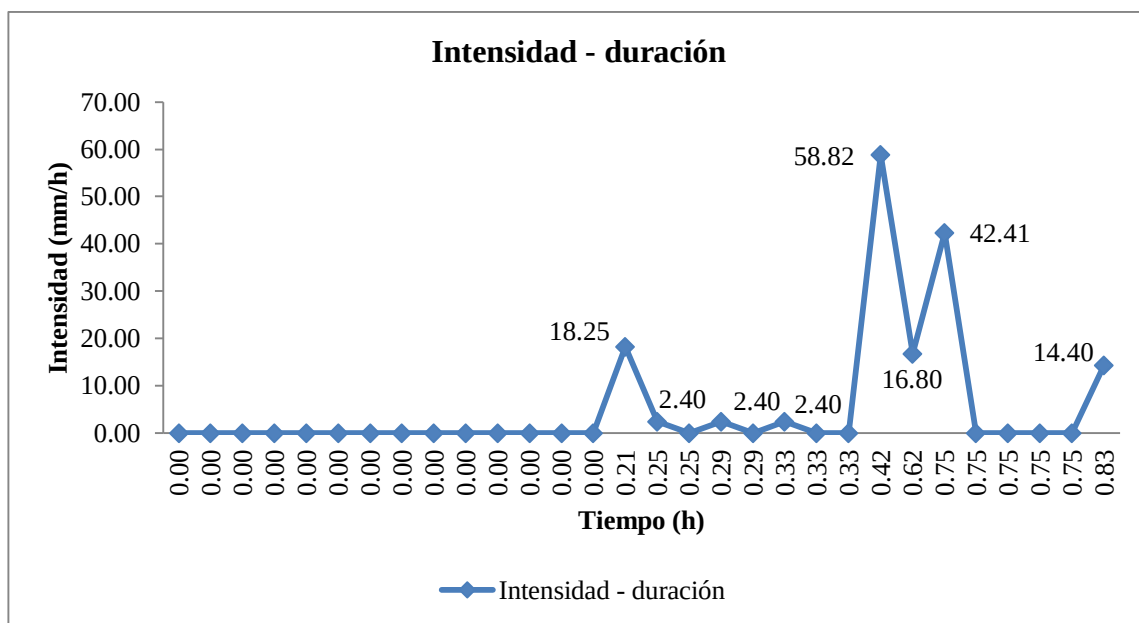


Gráfico 14. Curva de intensidad duración de la precipitación media del mes de setiembre 2015 en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.

Interpretación

Para el mes de setiembre del 2015, se registraron lluvias aisladas en total fueron ocho días en el mes siendo la intensidad máxima de 58.82 mm/h cuya duración fue de 0.42 horas, seguido de 42.41 mm/h con duración de 0.75 horas, luego la intensidad de 18.25 mm/h para un tiempo de duración de 0.21 horas, seguido de 16.80 mm/h para una duración de 0.62 horas, luego 14.40 mm/h y 0.83 horas de duración la intensidad mínima fue de 2.40 mm/h para una duraciones de 0.25, 0.29 y 0.33 horas.

Mes de octubre del 2015

Tabla 19. Análisis de la precipitación media para el mes de octubre del 2015 en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.

						<i>Acumulativo</i>	
<i>Inferior</i>		<i>Superior</i>	<i>Punto medio</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>
0,0	<	2,0	1,0	24	92,3	24	92,3
2,0	<	4,0	3,0	0	0,0	24	92,3
4,0	<	6,0	5,0	1	3,8	25	96,2
6,0	<	8,0	7,0	0	0,0	25	96,2
8,0	<	10,0	9,0	0	0,0	25	96,2
10,0	<	12,0	11,0	1	3,8	26	100,0
				26	100,0		

Interpretación.

Los datos registraron 26 días del mes de octubre del 2015, en la que el 92.3% las precipitaciones son menores que 2 mm, se aprecia que la precipitaciones son aisladas siendo que los valores oscilan entre 5 mm, la precipitación media máxima del mes fue de 11.0 mm y la mínima de 1 mm.

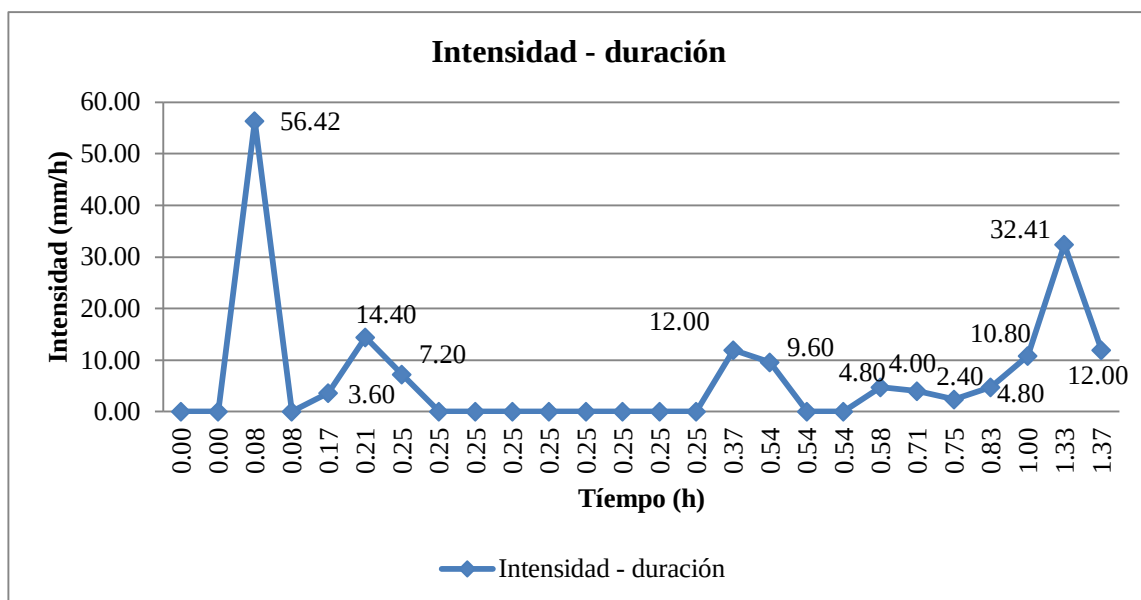


Gráfico 15. Curva de intensidad duración de la precipitación media del mes de octubre 2015 en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.

Interpretación

Para el mes de octubre del 2015, se registraron lluvias aisladas en total fueron 13 días en el mes, siendo la intensidad máxima de 56.42 mm/h cuya duración fue de 0.08 horas, seguido de 32.41 mm/h con duración de 1.33 horas, luego la intensidad de 14.40 mm/h para un tiempo de duración de 0.21 horas, seguido de 12.00 mm/h para una duración de 0.37 horas, luego 80.8 mm/h para una duración de 1 hora, en general se aprecia que cuanto mayor es la intensidad de la lluvia el periodo de duración es menor.

7.3. Comportamiento del caudal de escorrentía superficial

Tiene como propósito contrastar el objetivo específico 2, de la investigación el cual plantea describir el comportamiento del caudal de escorrentía superficial durante un periodo de 12 meses en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha del distrito de Juan Espinoza Medrano – Antabamba. Los resultados luego del análisis de datos se muestran a continuación.

Tabla 20. Estadísticos de caudal de escorrentía superficial en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.

Descripción	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Caudal de escorrentía superficial (l/s)	12	,17	11,05	2,8842	3,91007
N válido (según lista)	12				

Estadísticos descriptivos
Caudal de escorrentía superficial (l/s)

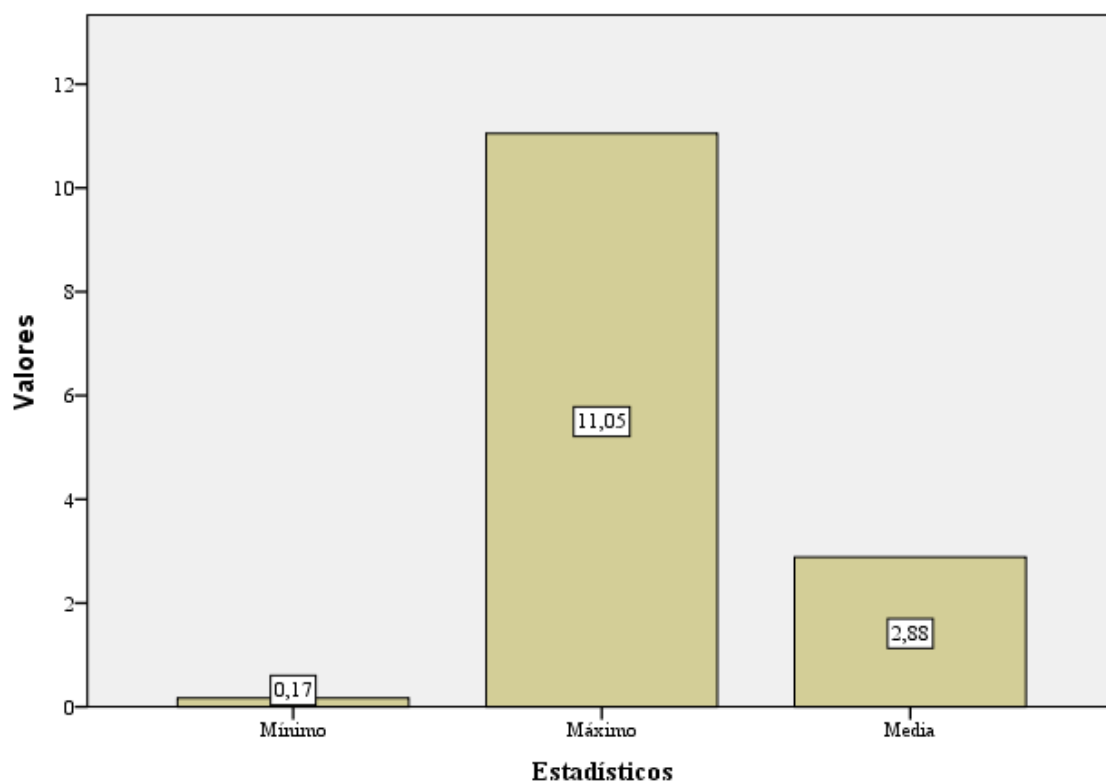


Gráfico 16. Comportamiento del caudal de escorrentía superficial en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.

Interpretación

Del cuadro y gráfico se muestra la evaluación de los doce meses entre setiembre del 2014 a octubre del 2015, se muestra que el caudal instantáneo mínimo promedio para dicho periodo fue de 0.17 l/s, un máximo de 11.05 l/s y un promedio de 2.88 l/s, se aprecia la variabilidad del caudal instantáneo de escorrentía superficial con 3.91 l/s para la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.

Tabla 21. Caudales de escorrentía superficial medios mensuales en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.

Meses	Caudal (l/s)	Caudal específico (l/s/km²)
Nov-14	0,17	0,16
Dic-14	0,4	0,38
Ene-15	1,46	1,39
Feb-15	11,05	10,51
Mar-15	10,61	10,09
Abr-15	4,71	4,48
May-15	1,18	1,12
Jun-15	0,28	0,27
Jul-15	0,57	0,54
Ago-15	0,5	0,48
Sep-15	1,85	1,76
Oct-15	1,83	1,74

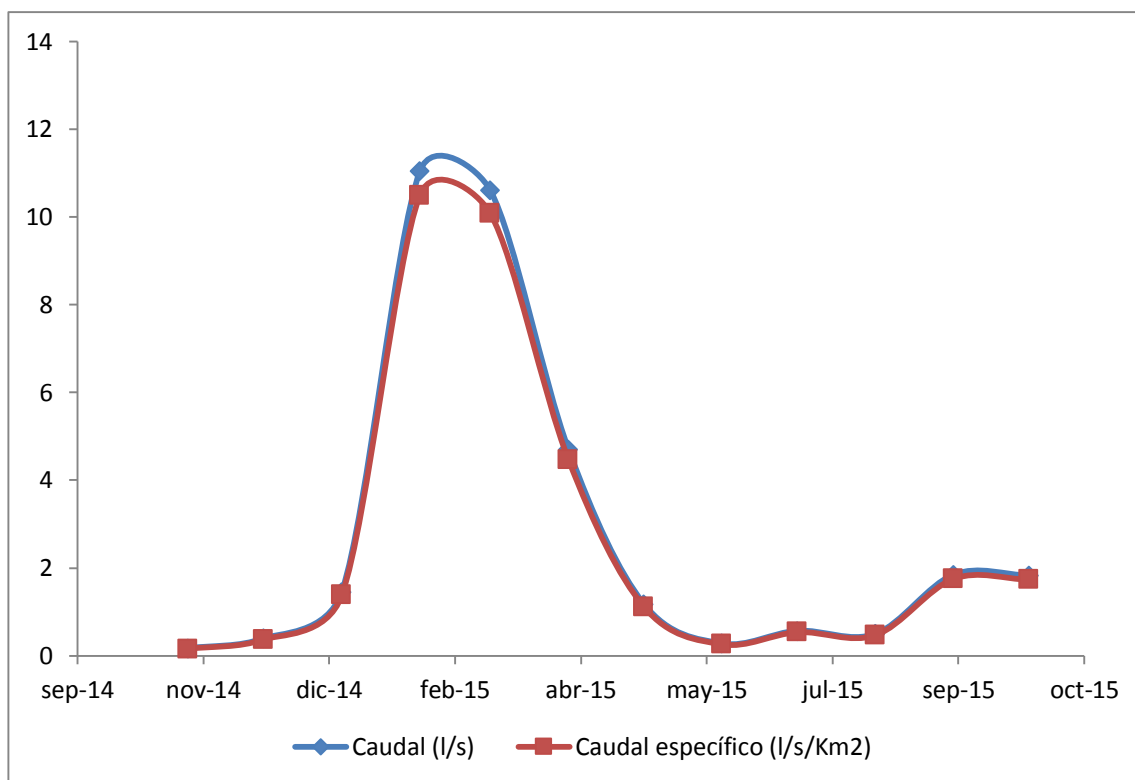


Gráfico 17. Comportamiento mensual del caudal instantáneo y específico de escorrentía superficial en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.

Interpretación

En el cuadro y gráfico se muestra el comportamiento del caudal de escorrentía superficial en el periodo de 12 meses comprendidos entre noviembre del 2014 a octubre del 2015, a aprecia que el caudal de escorrentía superficial mínimo fue registrado en el mes de noviembre del 2014 con un valor de 0.17 l/s, el máximo se registró en el mes de febrero del 2015 con un valor de 11.05 l/s.

El comportamiento del caudal de escorrentía superficial es mayor en los meses de enero, febrero, marzo abril y descende entre los meses de mayo, junio, julio, agosto, setiembre, octubre y noviembre describiendo un patrón similar a las precipitaciones del periodo estudiado en la unidad hidrográfica Qocha-Qocha. Dicho comportamiento a su vez coincide con las épocas de lluvia y sequía marcadamente diferenciada en los andes peruanos.

El módulo de caudal anual en la unidad hidrográfica es de 2.88 l/s.

El caudal específico sigue el mismo patrón que el caudal instantáneo es decir que el aporte de caudal por kilómetro cuadrado en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha no es diferenciado.

7.4. Características fisiográficas de la unidad hidrográfica Qocha-Qocha.

Tiene como propósito contrastar el objetivo específico 3 de la investigación el cual plantea determinar las características fisiográficas más importantes de la unidad hidrográfica de Qocha – Qocha del distrito de Juan Espinoza Medrano – Antabamba. Luego de procesar la información de campo se muestran los resultados.

7.4.1. Área y pendiente de la unidad hidrográfica Qocha-Qocha

Tabla 22. Cuadro de construcción de área y perímetro de la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.

Lado		Rumbo	Distancia (m)	V	Coordenadas	
Est	Pv				Y	X
1	2	N 02°19'27,67" E	151,62	2	8406298	726448
2	3	N 43°58'05,47" E	211,49	3	8406449	726454
3	4	N 08° 58' 45,02" E	303,59	4	8406901	726648
4	5	N 06° 47' 00,79" E	119,15	5	8407020	726662
5	6	N 32° 33' 32,40" E	212,89	6	8407199	726777
6	7	N 01° 02' 06,00" E	274,65	7	8407474	726782
7	8	N 37° 54' 26,28" O	238,84	8	8407662	726635
8	9	N 75° 54' 24,04" O	191,36	9	8407709	726449
9	10	S 72° 39' 34,29" O	598,91	10	8407530	725878
10	11	S 40° 46' 38,53" O	316,67	11	8407290	725671
11	12	S 08° 11' 30,95" E	473,49	12	8406822	725738
12	13	S 43° 11' 09,27" E	278,09	13	8406619	725928
13	14	S 60° 45' 08,23" E	341,12	14	8406452	726226
14	15	S 45° 37' 36,47" E	205,68	15	8406309	726373
15	16	S 81°47' 43,65" E	75,22	16	8406298	726448
Área =1051855.613 m2			Perímetro=3992.78 m			

Interpretación

El cuadro muestra las estaciones y puntos visados del perímetro de la unidad hidrográfica Qocha – Qocha en el que se detalla las coordenadas UTM georeferenciados mediante GPS, y las distancias entre vértices. Luego de realizar los cálculos mediante el método de matrices se determina el área de la unidad hidrográfica con un valor de 1.05 km², y un perímetro de 3.993 km, los planos de construcción se muestran en los anexos.

7.4.2. Pendiente de la unidad hidrográfica Qocha- Qocha

Tabla 23. Cuadro de construcción de la pendiente de unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.

Linea del reticulado	Intersección y tangencias		Longitud de las líneas del reticulado (km)	
	Nx	Ny	Lx	Ly
0				
1	6		0,68	0,17
2	4		0,99	0,64
3	3	1	1,16	0,87
4	2	3	1,39	0,95
5	3	4	1,07	1,09
6		4		1,02
7		2		0,58
Suma	18	14	5,30	5,32
	32		10,62	
Pendiente en la dirección X =		16,99%		
Pendiente en la dirección Y =		13,16%		
Pendiente general de la U. H. =		23,66%		

Interpretación

El cuadro muestra los datos para determinar la pendiente general de la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha por el método de Horton para lo cual previamente se ha trazado las curvas de nivel en una distancia constante de 50 m (0.05 km) luego se trazó siete reticulados en la dirección de los ejes X e Y, analizando el plano así construido por el método de Horton se muestra 18 y 14 intersecciones de las curvas de nivel con los

reticulados en las direcciones X e Y respectivamente, sumando 32 intersecciones en total. Seguidamente se midió las longitudes de los reticulados hasta la intersección del perímetro de la unidad hidrográfica en las direcciones X e Y, de lo cual se tiene como dato 5.3 y 5.32 km respectivamente, sumando un total de 10.62 km.

Finalmente se determinó la pendiente de la unidad hidrográfica Qocha-Qocha en 16.99% en la dirección X, 13.16% en la dirección Y y la pendiente general de 23.66% dicho valor influye en el tiempo de concentración de las aguas en el punto del cauce donde se instaló el vertedero.

7.4.3. Curva hipsométrica de la unidad hidrográfica Qocha-Qocha

Tabla 24. Cuadro de construcción de la curva hipsométrica de unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.

Cota (msnm)		Área sobre cota (km ²)	Área entre cotas (km ²)	Área acumulada (km)	% de área entre cotas al área total
0		1,05	0,00	0,00	0,00%
4300	4350	1,04	0,01	0,01	1,21%
4350	4400	0,97	0,07	0,09	7,01%
4400	4450	0,76	0,21	0,29	19,66%
4450	4500	0,34	0,42	0,71	39,85%
4500	4550	0,14	0,20	0,91	18,57%
4550	4600	0,05	0,09	1,00	8,61%
4600	4650	0,01	0,04	1,04	4,09%
4650	4700	0,00	0,01	1,05	1,02%
Totales			1,05		100,00%

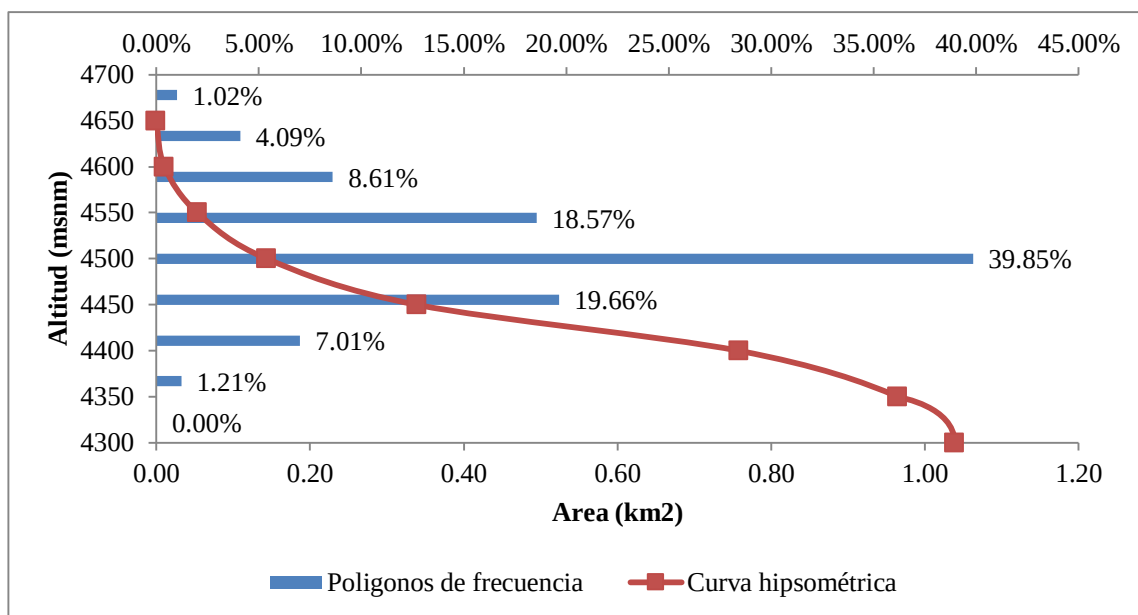


Gráfico 18. Curva hipsométrica y polígonos de frecuencia de la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.

Interpretación

El cuadro y gráfico muestra la distribución de las áreas y su porcentaje según la altitud en la unidad hidrológica de Qocha-Qocha. Las áreas se distribuyen entre la altitud mínima de 4350 msnm y la altitud máxima de 4650 msnm, siendo la altitud más frecuente de 4500 msnm, de otro lado, se aprecia que el 39.85% de las áreas en la unidad hidrográfica Qocha – Qocha están distribuidas entre las altitudes 4450 a 4500 msnm, 19.66% están comprendidas entre 4400 a 4450 msnm, 18.57% se distribuyen entre los 4500 y 4550 msnm, 8.61% se encuentran entre las altitudes de 4550 a 4600 msnm. En consecuencia se puede afirmar que la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha tiene aptitud para la crianza de camélidos sudamericanos al juzgar por la distribución de sus áreas, sin embargo dicha afirmación deberá ser contrastada en función del tipo de suelo de la zona.

7.4.4. Pendiente del curso principal del dren

Tabla 25. Cuadro de construcción para determinar de la pendiente del curso principal del dren 1, de la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.

Progresiva	Incremento (m)	Cota (msnm)	Desnivel (m)	Pendiente parcial (S%)	1/Raíz(S)
0 + 0		4276,24	0,00		
0 + 57,29	57,29	4279,28	3,03	0,05	4,34
0 + 130,91	73,62	4299,13	19,85	0,27	1,93
0 + 186,41	55,5	4320,13	21,00	0,38	1,63
0 + 263,4	76,99	4342,32	22,19	0,29	1,86
0 + 291,23	27,83	4348,85	6,54	0,23	2,06
0 + 378,82	87,59	4380,59	31,74	0,36	1,66
0 + 424,69	45,87	4394,59	14,00	0,31	1,81
0 + 448,4	23,71	4402,19	7,60	0,32	1,77
0 + 495,27	46,87	4411,75	9,56	0,20	2,21
0 + 550,85	55,58	4419,65	7,90	0,14	2,65
0 + 646,75	95,9	4442,00	22,35	0,23	2,07
0 + 710,64	63,89	4457,79	15,79	0,25	2,01
0 + 863,15	152,51	4482,27	24,48	0,16	2,50
				Suma =	28,51
				Pendiente (St) =	21%

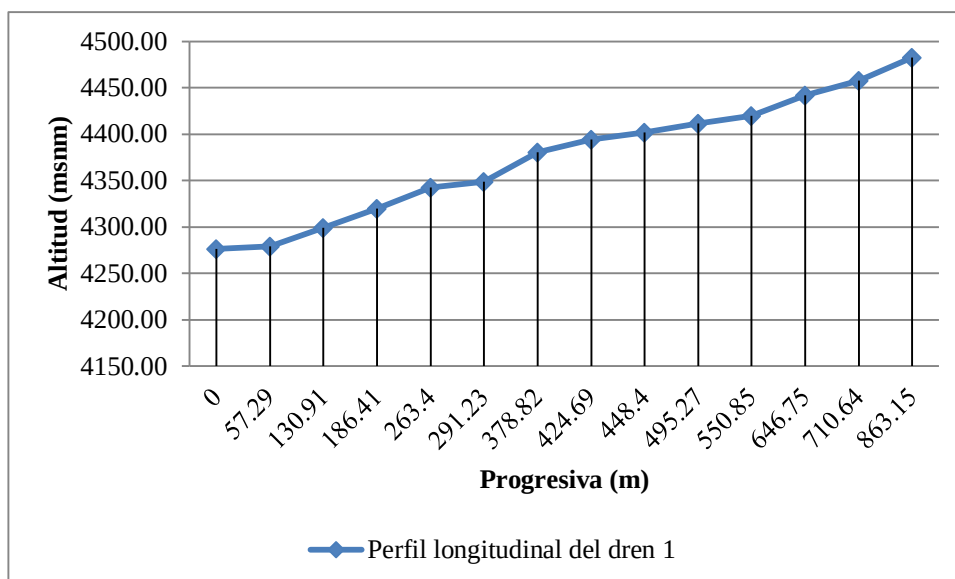


Gráfico 19. Perfil longitudinal del dren principal 1, de la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.

Interpretación.

El cuadro y gráfico muestra el perfil longitudinal del cauce principal 1, de la unidad hidrográfica Qocha-Qocha en el que se aprecia la forma del tránsito del caudal de escorrentía superficial para el aprovechamiento de las aguas provenientes de las precipitaciones, la determinación de la pendiente del curso principal del dren es de 20.80% es decir existe un desnivel de 20.80 metros en una distancia horizontal de 100 metros, también podemos apreciar la longitud total del recorrido de la escorrentía superficial que es de 863.15 m, los planos correspondientes se muestran en los anexos.

Tabla 26. Cuadro de construcción para determinar la pendiente del curso principal del dren 2, de la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.

Progresiva	Longitud (m)	Cota (msnm)	Desnivel (m)	Pendiente parcial (S%)	1/Raíz(S)
0 + 0		4294,15	0,00		
0 + 50,73	50,73	4308,04	13,89	0,27	1,91
0 + 101,72	50,99	4321,89	13,85	0,27	1,92
0 + 322,77	221,05	4364,20	42,31	0,19	2,29
0 + 389,14	66,37	4370,61	6,40	0,10	3,22
0 + 582,63	193,49	4412,13	41,53	0,21	2,16
0 + 609,65	27,02	4414,00	1,87	0,07	3,80
0 + 729,62	119,97	4407,05	6,95	0,06	4,15
0 + 757,24	27,62	4410,50	3,45	0,13	2,83
0 + 976,45	219,21	4488,25	77,75	0,35	1,68
1 + 044,65	68,2	4497,19	8,94	0,13	2,76
				Suma =	26,71
				Pendiente (St) =	23,68%

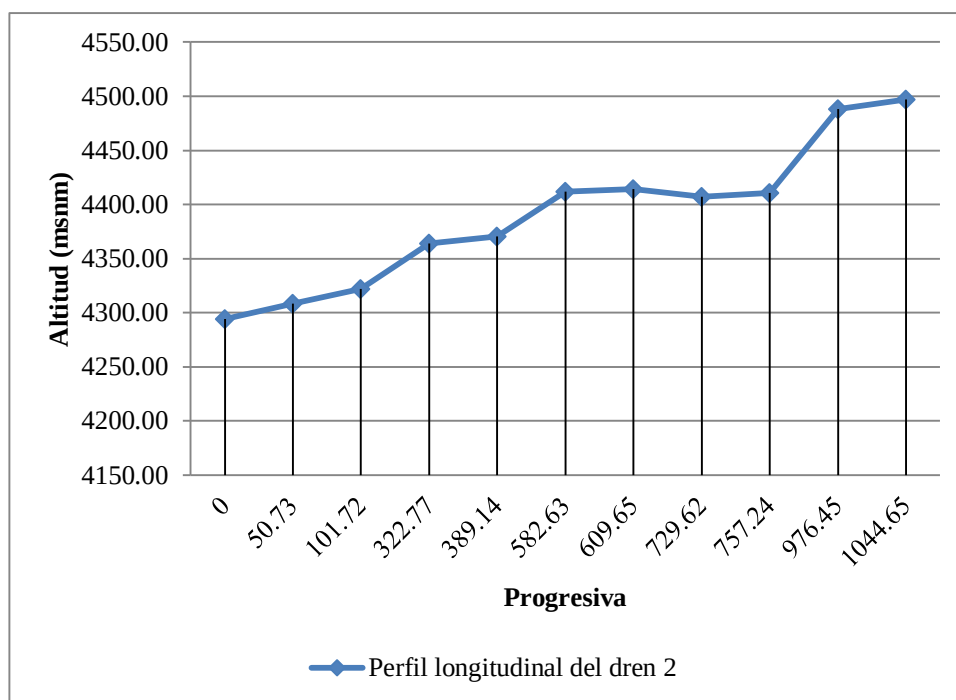


Gráfico 20. Perfil longitudinal del dren principal 2, de la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.

Interpretación

El cuadro y gráfico muestra el perfil longitudinal del cauce principal 2, de la unidad hidrográfica Qocha-Qocha en el que se aprecia la forma del tránsito del caudal de escorrentía superficial para el aprovechamiento de las aguas provenientes de las precipitaciones, la determinación de la pendiente del curso principal del dren 2 se realizó por el método de Taylor Schwarz siendo de 23.68% es decir existe un desnivel de 23.68 metros en una distancia horizontal de 100 metros, también podemos apreciar la longitud total del recorrido de la escorrentía superficial del tramo 2 que es de 1044.65 m, los planos correspondientes se muestran en los anexos.

7.5. Contrastación de hipótesis

Se llama así a una suposición o conjetura; que se formula con el propósito de ser verificada, se ha planteado la hipótesis nula (H_0) afirmando lo contrario de lo que se quiere probar y fue formulada con la intención de rechazarla, de otro lado se ha formulado la hipótesis alternativa expresando lo que realmente es factible, es decir constituye la hipótesis de investigación y fue designada como H_1 , la prueba de hipótesis Los resultados para cada hipótesis se muestra a continuación

Hipótesis general

Tiene como propósito probar el enunciado: Existe una relación directa y significativa entre la precipitación y el caudal de escorrentía superficial en el período de 12 meses en la unidad hidrográfica Qocha – Qocha del distrito de Juan Espinoza Medrano – Antabamba, para lo cual se plantea las siguientes hipótesis.

$$H_0: r = 0$$

$$H_1: r > 0$$

Donde, r = Coeficiente de correlación de r de Pearson

Tabla 27. Prueba de la hipótesis general mediante el estadístico t Student.

Modelo	Coeficiente r de Pearson	Prueba de t calculado (t_c)	Prueba de t teórico (t_t)	Sig.
Precipitación mensual (mm)	,655	2,743	,064	,021

Interpretación

El valor de t calculado ($t_c=2.743$) es mayor que t teórico ($t_t=0.064$) por tanto se rechaza la hipótesis nula y se concluye al 95% de probabilidades que el caudal de escorrentía superficial tiene relación directa y significativa con las precipitaciones durante el periodo de noviembre 2014 a octubre del 2015 en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha, distrito de Juan Espinoza Medrano, Antabamba.

Hipótesis específica 1

Tiene como propósito probar el enunciado: Existen diferencias significativas en el comportamiento de la precipitación registrada en tres fluviómetros para un periodo de 12 meses en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha del distrito de Juan Espinoza Medrano – Antabamba, para lo cual se plantea las siguientes hipótesis estadísticas.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$$

Dónde: μ_1 , μ_2 y μ_3 son los promedios de la precipitaciones en los pluviómetros 1, 2 y 3 respectivamente, los resultados se determina mediante el Análisis de Varianza (ANVA) para promedios múltiples.

Tabla 28. Análisis de varianza para el promedio de las precipitaciones de tres pluviómetros instalados en la unidad hidrográfica Qocha-Qocha.

<i>Source</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p-value</i>
Treatment	3.373,6906	2	1.686,84528	0,20	,8210
Error	280.582,4483	33	8.502,49843		
Total	283.956,1389	35			

Interpretación

El valor de la significancia (valor-p = 0.8210) es menor al nivel de significancia asumida ($\alpha = 0.05$) por lo que concluimos que no existe evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula, y consecuentemente se ratifica que las precipitaciones registradas en tres pluviómetros en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha son iguales estadísticamente.

Hipótesis específica 2

Tiene el propósito de probar el enunciado: Existen diferencias significativas en el comportamiento del caudal de escorrentía superficial según las estaciones del año en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha del distrito de Juan Espinoza Medrano – Antabamba, la prueba se determina mediante el estadístico de t Student para una muestra para lo cual se plantea las siguientes hipótesis estadísticas.

$$H_0: \mu_{cs} = \mu_{cll}$$

$$H_1: \mu_{cs} \neq \mu_{cll}$$

Dónde: μ_{cs} y μ_{cll} son los valores de caudales de escorrentía superficial para la estación seca y de lluvias respectivamente. Los resultados de la prueba se muestran a continuación.

Tabla 29. Prueba de t Student para el comportamiento del caudal de escorrentía superficial en la unidad hidrográfica Qocha-Qocha.

	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
Caudal de escorrentía superficial (l/s)	2,555	11	,027	2,88417	,3998	5,3685

Interpretación

El valor de la significancia (valor-p = 0.027) es menor que el valor de la probabilidad asumida ($\alpha = 0.05$), por tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, concluyendo definitivamente que existen diferencias significativas en el comportamiento del caudal de escorrentía superficial según las estaciones del año en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha del distrito de Juan Espinoza Medrano – Antabamba.

Hipótesis específica 3

Tiene como objetivo probar el enunciado: Las características fisiográficas de la unidad hidrográfica de Qocha – Qocha del distrito de Juan Espinoza Medrano – Antabamba, corresponden a una cuenca pequeña y exorreica, para ello se plantea las siguientes hipótesis estadísticas.

$$H_0: k_c = 1$$

$$H_1: k_c \neq 1$$

Dónde: K_c son las características de forma que tiene la unidad hidrográfica Qocha-Qocha, cuanto más se acerca al valor de 1, la unidad hidrográfica tiende a ser de forma

circular, el análisis se realiza con los datos de los parámetros de la unidad hidrográfica y mediante el estadístico t Student, los resultados se muestran a continuación.

Tabla 30. Prueba de t Student para el comportamiento del caudal de escorrentía superficial en la unidad hidrográfica Qocha-Qocha.

		t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
						Inferior	Superior
Unidad hidrográfica pequeña y exorreica		1,533	8	,065	,11667	,0104	,2229

Interpretación.

El nivel de significancia para la muestra (valor-p = 0.035) es mayor al valor de la probabilidad asumida ($\alpha = 0.05$), por tanto no existe evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula por tanto se concluye definitivamente que los parámetros de la unidad hidrográfica de Qocha-Qoch corresponden a un tamaño pequeño y exorreico.

CAPITULO VIII.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1. Conclusiones

Se ha logrado probar los objetivos e hipótesis planteadas en la investigación y permitirán tener mayores argumentos para la relación que existe entre el caudal de escorrentía superficial y las precipitaciones en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha del distrito Juan Espinoza Medrano – Antabamba, lo cual se traduce en las siguientes conclusiones:

Primera.-El grado de relación entre las variables precipitación mensual (mm) y la escorrentía superficial mensual (l/s) en la unidad hidrológica de Qocha-Qocha del distrito Juan Espinoza Medrano, provincia de Antabamba es de 0,655 es decir a mayor precipitación en la unidad hidrográfica Qocha-Qocha, se espera como respuesta mayor caudal de escorrentía superficial y viceversa validado mediante el coeficiente de correlación de Pearson y prueba de hipótesis de t Student.

De otro lado, el comportamiento de la precipitación para un período de 12 meses en la unidad hidrográfica Qocha-Qocha, se registró 4,80 mm en el pluviómetro 01, instalado a 4371 msnm, 9,50 mm registrado en el pluviómetro 02 a 4394 msnm, y el valor de 9,60 mm registrado en el pluviómetro 03 instalado a 4443 msnm. La precipitación mínima para la zona de estudio es de 7.97 mm/mes, la media de 80.21 mm/mes y la máxima de 250.87mm/mes.

El módulo pluviométrico para el año en la unidad hidrográfica Qocha-Qocha es de 962.58 mm/año

En cuanto a la intensidad se tiene que la mayor intensidad del año fue registrada en el mes de febrero con 50.07 mm/h y duración de 7.75 horas, la mínima se registró en el mes de octubre con 3.6 mm/h para un periodo de duración de 0.21 horas. Así también se concluye que el comportamiento de la precipitación fue abundante entre los meses de enero a marzo y escaso entre los meses de abril a diciembre.

Segunda.-El caudal instantáneo mínimo promedio para el periodo en estudio fue de 0.17 l/s, un máximo de 11.05 l/s y un promedio de 2.88 l/s, la variación del caudal de escorrentía superficial tiene relación directa y significativa con las precipitaciones para la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.

El comportamiento del caudal de escorrentía superficial mínimo fue registrado en el mes de noviembre, el máximo en el mes de febrero, durante los meses de enero, febrero, marzo abril el caudal es abundante y desciende entre los meses de mayo, junio, julio, agosto, setiembre, octubre y noviembre describiendo un patrón similar a las precipitaciones del periodo estudiado en la unidad hidrográfica Qocha-Qocha. Dicho comportamiento a su vez coincide con las épocas de lluvia y sequía marcadamente diferenciada en los andes peruanos.

El módulo de caudal anual en la unidad hidrográfica es de 2.88 l/s.

Tercera.-De las características fisiográficas de la unidad hidrográfica de Qocha – Qocha del distrito de Juan Espinoza Medrano – Antabamba se tiene el área de 1.05 km², perímetro de 3.993 km, pendiente de 16.99% en la dirección X, 13.16% en la dirección Y y la pendiente general de 23.66% dichos valores influye en el tiempo de concentración de las aguas en el punto del cauce donde se instaló el vertedero, siendo esta de tránsito normal.

Las áreas en la unidad hidrográfica Qocha-Qocha se distribuyen entre la altitud mínima de 4350 msnm y la altitud máxima de 4650 msnm, siendo la altitud más frecuente de 4500 msnm, con un 39.85% de las áreas en total. En consecuencia se puede afirmar que la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha tiene aptitud para la crianza de camélidos sudamericanos al juzgar por la distribución de sus áreas, sin embargo dicha afirmación deberá ser contrastada en función del tipo de suelo de la zona.

El área en estudio cuenta con 2 cauces de escorrentía superficial una de 863.15 m con una pendiente de 20.80% y otra de 1044.65 m con pendiente de 23.68%

8.2. Recomendaciones

Se plantea las siguientes recomendaciones:

1. A las instituciones públicas y privadas se recomienda validar procesos metodológicos e implementar sistemas de monitoreo hidrológico en zonas altoandinas de la región Apurímac, haciendo uso de la metodología Iniciativa de Monitoreo Hidrológico en Ecosistemas Andinos – iMHEA, para contar con información científica; cumpliendo las características establecidas en la guía metodológica teniendo en cuenta las cuencas pares, preferentemente en zonas con cobertura vegetal recuperada.

De otro lado se recomienda dar utilidad a la información de la presente investigación con fines de planificación y desarrollo económico y rural a partir de la utilización adecuada y sostenible del agua.

2. A las universidades e investigadores se recomienda realizar investigaciones de tipo experimental para validar modelos hidrológicos para la generación de caudales a partir de las precipitaciones pluviales y validar para los andes peruanos.

También realizar estudios correlacionales causales incorporando variables como: temperatura, evaporación, evapotranspiración e infiltración, esto con el fin de establecer con más certeza el comportamiento de la precipitación, caudal de la región y su relación con los diferentes fenómenos externos que pueden de una u otra forma modificarlo.

3. A la institución Programa de Adaptación al Cambio Climático – PACC PERÚ, se recomienda vincularse aún más con las universidades y/o instituciones interesadas en la implementación de sistemas de monitoreo hidrológico bajo la metodología iMHEA (iniciativa de Monitoreo Hidrológico en Ecosistemas Andinos), para facilitar su comprensión y toma de decisiones para la gestión integral del territorio y los recursos hídricos.

4. A la UTEA, se recomienda difundir sobre los resultados del monitoreo hidrológico y la importancia de realizar e implementar sistemas de monitoreo hidrológico y validación de procesos metodológicos, asimismo capacitar y/o vincular a la población para que presten mayor interés en el proceso de sensibilización al cambio climático en (agua, suelos y cobertura vegetal), en zonas altoandinas.

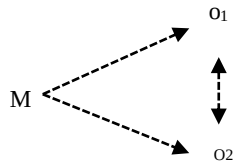
BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, L.; De Bièvre, B.; Medina, G.; Céleri R. (2010). Memorias del Taller de reflexión: iniciativa regional de monitoreo hidrológico de ecosistemas andinos. Cuenca, Ecuador.
- Ataroff, M. y Sánchez, L. (2000). Precipitación, intercepción y escorrentía en cuatro ambientes de la cuenca media del río El Valle, estado de Táchira, Venezuela. Revista Geográfica Venezolana.
- Bachelet, (21 de Mayo 2006). Discurso sobre cuencas “Estrategia Nacional de Gestión de Cuencas”
- Báez, D.; Castro, J.; López, J.; Novoa, R. (2005). Efecto del manejo de praderas dentro de una explotación de ganado vacuno en la evolución de nutrientes en el suelo durante el periodo de drenaje. Estudios de la Zona No Saturada del Suelo 7. 6 p.
- Cervantes Z. & Bustinza U. (2014). Sistemas de afianzamiento hídrico en microcuencas altoandinas del sur del Perú: una tecnología ancestral para la seguridad hídrica en tiempos de cambio climático.
- Chereque Moran Wendor, (1980) Hidrología para estudiantes de ingeniería civil, CONCYTEC, segunda ed. Lima – Perú.
- CONDESAN (Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina), Ochoa. T. (2013). Iniciativa de monitoreo hidrológico en los ecosistemas andinos Piura.
- CONDESAN (Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina), Ochoa. T. (2013). Protocolo de uso del script de agregación y promedio.
- CONDESAN (Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina), Wouter Buytaert, (2013). Hidrología y procesos hidrológicos de los Páramos Andinos.
- Garzón, S. H. (1991). Evaluación de la erosión hídrica y la escorrentía superficial, bajo sistemas agroforestales en tierras de ladera.

- IMA, P. E. (2010). Estudio de Demanda Hídrica Actual y Futura en las Regiones de Cusco y Apurímac en el marco del Programa de Adaptación al Cambio Climático PACC - Fase I Microcuenca Mollebamba.
- iMHEA. (Iniciativa Regional de Monitoreo Hidrológico de Ecosistemas Andinos) (2013). Guía metodológica para el monitoreo hidrológico de ecosistemas andinos.
- INIA-URURI, Villavicencio P. (2010). Método del flotador, Método del correntómetro y el Método del flotador.
- Musy, (2001). Cours "Hydrologie générale". Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne. IATE/HYDRAM. Laboratoire d'Hydrologie et Aménagement. Capítulo 3. La precipitación.
- PACC (Programa de Adaptación al Cambio Climático), componente hidrológica – dirección general de hidrológica y recursos hídricos/SENAMHI. (2013). “estudio hidrológico de la subcuenca del río Mollebamba”.
- PACC (Programa de Adaptación al Cambio Climático), componente hidrológica – dirección general de hidrológica y recursos hídricos/SENAMHI. (2013). “estudio hidrológico de la subcuenca del río Mollebamba”.
- RAUL, A. (s/f). “Estudio de la cuenca altoandina del río Cañete (perú): distribución altitudinal de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y caracterización hidroquímica de sus cabeceras cársticas”
- Rolando Céleri Alvear, Bert De Bièvre, Vicente Iñiguez. Efecto de la cobertura vegetal en la regulación hidrológica de Microcuencas de páramo. Universidad de Cuenca, Av. 12 de Abril s/n, Cuenca, Ecuador.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores	Índice	Método
<u>Problema general.</u> ¿Cuál es la relación entre la precipitación y el caudal de escorrentía superficial en el período de 12 meses en la unidad hidrográfica Qocha – Qocha del distrito de Juan Espinoza Medrano – Antabamba?	<u>Objetivo general.</u> Determinar la relación entre la precipitación y el caudal de escorrentía en el período de 12 meses en la unidad hidrográfica Qocha – Qocha del distrito de Juan Espinoza Medrano – Antabamba.	<u>Hipótesis general.</u> Existe una relación directa y significativa entre la precipitación y el caudal de escorrentía superficial en el período de 12 meses en la unidad hidrográfica Qocha – Qocha del distrito de Juan Espinoza Medrano – Antabamba.	<u>V. Independiente</u> 1. Comportamiento de la precipitación de tres pluviómetros en la unidad hidrográfica Qocha – Qocha.	1.1. Duración de las precipitaciones en la unidad hidrográfica Qocha-Qocha 1.2. Intensidad de las precipitaciones en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha. 1.3. Precipitación promedio en la unidad hidrográfica.	minutos mm/min. mm/mes, mm/año	La investigación es descriptiva correlacional, longitudinal, cuantitativa y básica, es de nivel no experimental, el diseño es:  Dónde: M: Muestra

			2. Características fisiográficas de la unidad hidrográfica Qocha – Qocha.	2.1. Área de la unidad c. 2.2. Perímetro de la unidad hidrológica. 2.3. Pendiente de la unidad hidrográfica. 2.4. Curva hipsométrica. 2.5. Pendiente general del curso principal del dren.	Km2 Km Tanto por ciento Z=f(a) Tanto por ciento	O1: Variable 1 (Comportamiento de la precipitación de tres pluviómetros en la unidad hidrográfica Qocha – Qocha) O2: Variable 2 (Comportamiento del caudal de escorrentía superficial en la unidad hidrográfica Qocha - Qocha) r: Relación de las variables de estudio
<u>Problemas específicos.</u> ¿Cómo es el comportamiento de la precipitación registrada para un periodo de 12 meses en tres pluviómetros instalados en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha del distrito de Juan Espinoza Medrano – Antabamba? ¿Cómo es el comportamiento del caudal de escorrentía superficial durante un periodo de 12 meses en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha del distrito de Juan Espinoza Medrano – Antabamba? ¿Cuáles son las características fisiográficas más importantes de la unidad hidrográfica de Qocha – Qocha del distrito de Juan Espinoza Medrano – Antabamba?	<u>Objetivos específicos.</u> Describir el comportamiento de la precipitación registrada para un periodo de 12 meses en tres pluviómetros instalados en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha del distrito de Juan Espinoza Medrano – Antabamba. Describir el comportamiento del caudal de escorrentía superficial durante un periodo de 12 meses en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha del distrito de Juan Espinoza Medrano – Antabamba. Determinar las características fisiográficas más importantes de la unidad hidrográfica de Qocha – Qocha del distrito de Juan Espinoza Medrano – Antabamba.	<u>Hipótesis específicos.</u> Existen diferencias significativas en el comportamiento de la precipitación registrada en tres pluviómetros para un periodo de 12 meses en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha del distrito de Juan Espinoza Medrano – Antabamba. Existen diferencias significativas en el comportamiento del caudal de escorrentía superficial según las estaciones del año en la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha del distrito de Juan Espinoza Medrano – Antabamba. Las características fisiográficas de la unidad hidrográfica de Qocha – Qocha del distrito de Juan Espinoza Medrano – Antabamba, corresponden a una cuenca pequeña y exorreica.	<u>V. Dependiente</u> 3. Comportamiento del caudal de escorrentía superficial en la unidad hidrográfica Qocha – Qocha.	3.1. Caudal de escorrentía superficial 3.2. Caudal específico	l/s. l/s/Km ²	La metodología utilizada fue iMHEA, la cual es una red de organizaciones interesadas en incrementar y fortalecer el conocimiento sobre la hidrología de ecosistemas andinos para mejorar la toma de decisiones en cuanto a la gestión integral de recursos hídricos a nivel de la región andina, es coordinada a nivel regional por el Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina – CONDESAN y a nivel técnico por el Grupo de Ciencias de la Tierra y del Ambiente – GCTA de la Universidad de Cuenca.

Anexo 2. Datos de precipitación horario como ejemplo se muestra el mes de diciembre 2014 del pluviómetro 1.

Hora Inicio	Agregado	Hora Inicio	Agregado	Hora Inicio	Agregado	Hora Inicio	Agregado	Hora Inicio	Agregado
01/12/2014 00:00	0	02/12/2014 08:00	0	03/12/2014 16:00	0	05/12/2014 00:00	0.2	06/12/2014 08:00	0
01/12/2014 01:00	0	02/12/2014 09:00	0	03/12/2014 17:00	0	05/12/2014 01:00	0	06/12/2014 09:00	0
01/12/2014 02:00	0	02/12/2014 10:00	0	03/12/2014 18:00	0	05/12/2014 02:00	0	06/12/2014 10:00	0
01/12/2014 03:00	0	02/12/2014 11:00	0	03/12/2014 19:00	0	05/12/2014 03:00	0	06/12/2014 11:00	0
01/12/2014 04:00	0	02/12/2014 12:00	0	03/12/2014 20:00	0	05/12/2014 04:00	0	06/12/2014 12:00	0.2
01/12/2014 05:00	0	02/12/2014 13:00	0	03/12/2014 21:00	0	05/12/2014 05:00	0	06/12/2014 13:00	0
01/12/2014 06:00	0	02/12/2014 14:00	0.2	03/12/2014 22:00	0	05/12/2014 06:00	0	06/12/2014 14:00	0
01/12/2014 07:00	0	02/12/2014 15:00	0	03/12/2014 23:00	0	05/12/2014 07:00	0	06/12/2014 15:00	0
01/12/2014 08:00	0	02/12/2014 16:00	0	04/12/2014 00:00	0	05/12/2014 08:00	0	06/12/2014 16:00	0
01/12/2014 09:00	0	02/12/2014 17:00	0	04/12/2014 01:00	0	05/12/2014 09:00	0	06/12/2014 17:00	0.6
01/12/2014 10:00	0	02/12/2014 18:00	0	04/12/2014 02:00	0	05/12/2014 10:00	0	06/12/2014 18:00	3.8
01/12/2014 11:00	0	02/12/2014 19:00	0	04/12/2014 03:00	0	05/12/2014 11:00	0	06/12/2014 19:00	0
01/12/2014 12:00	0	02/12/2014 20:00	0	04/12/2014 04:00	0	05/12/2014 12:00	0	06/12/2014 20:00	0
01/12/2014 13:00	0	02/12/2014 21:00	0	04/12/2014 05:00	0	05/12/2014 13:00	0	06/12/2014 21:00	0
01/12/2014 14:00	0	02/12/2014 22:00	0	04/12/2014 06:00	0	05/12/2014 14:00	0	06/12/2014 22:00	0
01/12/2014 15:00	0	02/12/2014 23:00	0	04/12/2014 07:00	0	05/12/2014 15:00	0	06/12/2014 23:00	0
01/12/2014 16:00	4.4	03/12/2014 00:00	0	04/12/2014 08:00	0	05/12/2014 16:00	0	07/12/2014 00:00	0
01/12/2014 17:00	1.4	03/12/2014 01:00	0	04/12/2014 09:00	0	05/12/2014 17:00	0.2	07/12/2014 01:00	0

01/12/2014 18:00	0	03/12/2014 02:00	0	04/12/2014 10:00	0	05/12/2014 18:00	0	07/12/2014 02:00	0
01/12/2014 19:00	0	03/12/2014 03:00	0	04/12/2014 11:00	0	05/12/2014 19:00	0	07/12/2014 03:00	0
01/12/2014 20:00	0	03/12/2014 04:00	0	04/12/2014 12:00	0	05/12/2014 20:00	0	07/12/2014 04:00	0
01/12/2014 21:00	0	03/12/2014 05:00	0	04/12/2014 13:00	0	05/12/2014 21:00	0	07/12/2014 05:00	0
01/12/2014 22:00	0	03/12/2014 06:00	0	04/12/2014 14:00	0	05/12/2014 22:00	0	07/12/2014 06:00	0
01/12/2014 23:00	0	03/12/2014 07:00	0	04/12/2014 15:00	0	05/12/2014 23:00	0	07/12/2014 07:00	0
02/12/2014 00:00	0	03/12/2014 08:00	0	04/12/2014 16:00	0	06/12/2014 00:00	0	07/12/2014 08:00	0
02/12/2014 01:00	0	03/12/2014 09:00	0	04/12/2014 17:00	0.4	06/12/2014 01:00	0	07/12/2014 09:00	0
02/12/2014 02:00	0	03/12/2014 10:00	0	04/12/2014 18:00	2.8	06/12/2014 02:00	0	07/12/2014 10:00	0
02/12/2014 03:00	0	03/12/2014 11:00	0	04/12/2014 19:00	2.8	06/12/2014 03:00	0	07/12/2014 11:00	0
02/12/2014 04:00	0	03/12/2014 12:00	0	04/12/2014 20:00	2.4	06/12/2014 04:00	0	07/12/2014 12:00	0
02/12/2014 05:00	0	03/12/2014 13:00	0	04/12/2014 21:00	0	06/12/2014 05:00	0	07/12/2014 13:00	0
02/12/2014 06:00	0	03/12/2014 14:00	0	04/12/2014 22:00	0	06/12/2014 06:00	0	07/12/2014 14:00	0
02/12/2014 07:00	0	03/12/2014 15:00	0	04/12/2014 23:00	0	06/12/2014 07:00	0		

Anexo 3. Cuadro de datos de precipitación diario en la unidad hidrográfica Qocha-Qocha, fueron tomados como ejemplo el mes de diciembre 2014 del pluviómetro 1.

Hora Inicio	Agregado	Hora Inicio	Agregado
01/12/2014 00:00	5.8	17/12/2014 00:00	0.4
02/12/2014 00:00	0.2	18/12/2014 00:00	0
03/12/2014 00:00	0	19/12/2014 00:00	0
04/12/2014 00:00	8.4	20/12/2014 00:00	0
05/12/2014 00:00	0.4	21/12/2014 00:00	0
06/12/2014 00:00	4.6	22/12/2014 00:00	3.6
07/12/2014 00:00	0	23/12/2014 00:00	7.2
08/12/2014 00:00	0	24/12/2014 00:00	5.6
09/12/2014 00:00	0	25/12/2014 00:00	9.8
10/12/2014 00:00	0.8	26/12/2014 00:00	20
11/12/2014 00:00	1	27/12/2014 00:00	3.4
12/12/2014 00:00	3.2	28/12/2014 00:00	10
13/12/2014 00:00	0	29/12/2014 00:00	4
14/12/2014 00:00	8	30/12/2014 00:00	2.2
15/12/2014 00:00	0.6	31/12/2014 00:00	13.4

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4. Cuadro de datos de caudales cada 60 minutos en la unidad hidrográfica Qocha-Qocha, fueron tomados como ejemplo el mes de noviembre del 2014.

Hora Inicio	Promedio	Hora Inicio	Promedio	Hora Inicio	Promedio	Hora Inicio	Promedio	Hora Inicio	Promedio
01/11/2014 00:00	0.1305	05/11/2014 05:00	0.1264	09/11/2014 10:00	0.1016	13/11/2014 15:00	0.0550	18/11/2014 04:00	0.1118
01/11/2014 01:00	0.1305	05/11/2014 06:00	0.1267	09/11/2014 11:00	0.0863	13/11/2014 16:00	0.0609	18/11/2014 05:00	0.1113
01/11/2014 02:00	0.1301	05/11/2014 07:00	0.1276	09/11/2014 12:00	0.0744	13/11/2014 17:00	0.0778	18/11/2014 06:00	0.1098
01/11/2014 03:00	0.1310	05/11/2014 08:00	0.1288	09/11/2014 13:00	0.0590	13/11/2014 18:00	0.0831	18/11/2014 07:00	0.1117
01/11/2014 04:00	0.1303	05/11/2014 09:00	0.1240	09/11/2014 14:00	0.1409	13/11/2014 19:00	0.0947	18/11/2014 08:00	0.1093
01/11/2014 05:00	0.1325	05/11/2014 10:00	0.1225	09/11/2014 15:00	0.1283	13/11/2014 20:00	0.0996	18/11/2014 09:00	0.1063
01/11/2014 06:00	0.1331	05/11/2014 11:00	0.1093	09/11/2014 16:00	0.1115	13/11/2014 21:00	0.1019	18/11/2014 10:00	0.0958
01/11/2014 07:00	0.1387	05/11/2014 12:00	0.0920	09/11/2014 17:00	0.1108	13/11/2014 22:00	0.1030	18/11/2014 11:00	0.0852
01/11/2014 08:00	0.1374	05/11/2014 13:00	0.0793	09/11/2014 18:00	0.1171	13/11/2014 23:00	0.1066	18/11/2014 12:00	0.0764
01/11/2014 09:00	0.1372	05/11/2014 14:00	0.0917	09/11/2014 19:00	0.1699	14/11/2014 00:00	0.1080	18/11/2014 13:00	0.0755
01/11/2014 10:00	0.1351	05/11/2014 15:00	0.0728	09/11/2014 20:00	0.1313	14/11/2014 01:00	0.1089	18/11/2014 14:00	0.0785
01/11/2014 11:00	0.1228	05/11/2014 16:00	0.0743	09/11/2014 21:00	0.1217	14/11/2014 02:00	0.1089	18/11/2014 15:00	0.0811
01/11/2014 12:00	0.1207	05/11/2014 17:00	0.0879	09/11/2014 22:00	0.1185	14/11/2014 03:00	0.1091	18/11/2014 16:00	0.0727
01/11/2014 13:00	0.1112	05/11/2014 18:00	0.1015	09/11/2014 23:00	0.1184	14/11/2014 04:00	0.1096	18/11/2014 17:00	0.0816

01/11/2014 14:00	0.0984	05/11/2014 19:00	0.1077	10/11/2014 00:00	0.1183	14/11/2014 05:00	0.1118	18/11/2014 18:00	0.0782
01/11/2014 15:00	0.0942	05/11/2014 20:00	0.1137	10/11/2014 01:00	0.1173	14/11/2014 06:00	0.1123	18/11/2014 19:00	0.0849
01/11/2014 16:00	0.1057	05/11/2014 21:00	0.1160	10/11/2014 02:00	0.1174	14/11/2014 07:00	0.1138	18/11/2014 20:00	0.0865
01/11/2014 17:00	0.1911	05/11/2014 22:00	0.1183	10/11/2014 03:00	0.1169	14/11/2014 08:00	0.1110	18/11/2014 21:00	0.0902
01/11/2014 18:00	0.1770	05/11/2014 23:00	0.1188	10/11/2014 04:00	0.1183	14/11/2014 09:00	0.1055	18/11/2014 22:00	0.0937
01/11/2014 19:00	0.1420	06/11/2014 00:00	0.1198	10/11/2014 05:00	0.1191	14/11/2014 10:00	0.1030	18/11/2014 23:00	0.0958
01/11/2014 20:00	0.1370	06/11/2014 01:00	0.1215	10/11/2014 06:00	0.1190	14/11/2014 11:00	0.0873	19/11/2014 00:00	0.0986
01/11/2014 21:00	0.1372	06/11/2014 02:00	0.1216	10/11/2014 07:00	0.1214	14/11/2014 12:00	0.0880	19/11/2014 01:00	0.0993
01/11/2014 22:00	0.1365	06/11/2014 03:00	0.1208	10/11/2014 08:00	0.1218	14/11/2014 13:00	0.0871	19/11/2014 02:00	0.0999
01/11/2014 23:00	0.1345	06/11/2014 04:00	0.1207	10/11/2014 09:00	0.1142	14/11/2014 14:00	0.1064	19/11/2014 03:00	0.0987
02/11/2014 00:00	0.1348	06/11/2014 05:00	0.1227	10/11/2014 10:00	0.1063	14/11/2014 15:00	0.0774	19/11/2014 04:00	0.0985
02/11/2014 01:00	0.1363	06/11/2014 06:00	0.1236	10/11/2014 11:00	0.1005	14/11/2014 16:00	0.0799	19/11/2014 05:00	0.0991
02/11/2014 02:00	0.1358	06/11/2014 07:00	0.1281	10/11/2014 12:00	0.0940	14/11/2014 17:00	0.0923	19/11/2014 06:00	0.0952
02/11/2014 03:00	0.1364	06/11/2014 08:00	0.1190	10/11/2014 13:00	0.0985	14/11/2014 18:00	0.0971	19/11/2014 07:00	0.0968
02/11/2014 04:00	0.1358	06/11/2014 09:00	0.1205	10/11/2014 14:00	0.1183	14/11/2014 19:00	0.0986	19/11/2014 08:00	0.1049
02/11/2014 05:00	0.1364	06/11/2014 10:00	0.1109	10/11/2014 15:00	0.1128	14/11/2014 20:00	0.1045	19/11/2014 09:00	0.0931
02/11/2014 06:00	0.1365	06/11/2014 11:00	0.0981	10/11/2014 16:00	0.1148	14/11/2014 21:00	0.1070	19/11/2014 10:00	0.0850
02/11/2014 07:00	0.1377	06/11/2014 12:00	0.0801	10/11/2014 17:00	0.1138	14/11/2014 22:00	0.1096	19/11/2014 11:00	0.0745

02/11/2014 08:00	0.1327	06/11/2014 13:00	0.0733	10/11/2014 18:00	0.1214	14/11/2014 23:00	0.1073	19/11/2014 12:00	0.0671
02/11/2014 09:00	0.1276	06/11/2014 14:00	0.0835	10/11/2014 19:00	0.2380	15/11/2014 00:00	0.1081	19/11/2014 13:00	0.0532
02/11/2014 10:00	0.1269	06/11/2014 15:00	0.0838	10/11/2014 20:00	0.1837	15/11/2014 01:00	0.1104	19/11/2014 14:00	0.0511
02/11/2014 11:00	0.1213	06/11/2014 16:00	0.0833	10/11/2014 21:00	0.1369	15/11/2014 02:00	0.1112	19/11/2014 15:00	0.0488
02/11/2014 12:00	0.1057	06/11/2014 17:00	0.0925	10/11/2014 22:00	0.1314	15/11/2014 03:00	0.1117	19/11/2014 16:00	0.0547
02/11/2014 13:00	0.1131	06/11/2014 18:00	0.0996	10/11/2014 23:00	0.1270	15/11/2014 04:00	0.1113	19/11/2014 17:00	0.0577
02/11/2014 14:00	0.1142	06/11/2014 19:00	0.1065	11/11/2014 00:00	0.1262	15/11/2014 05:00	0.0933	19/11/2014 18:00	0.0608
02/11/2014 15:00	0.1072	06/11/2014 20:00	0.1110	11/11/2014 01:00	0.1245	15/11/2014 06:00	0.0949	19/11/2014 19:00	0.0748
02/11/2014 16:00	0.1223	06/11/2014 21:00	0.1152	11/11/2014 02:00	0.1246	15/11/2014 07:00	0.0967	19/11/2014 20:00	0.0826
02/11/2014 17:00	0.1256	06/11/2014 22:00	0.1160	11/11/2014 03:00	0.1228	15/11/2014 08:00	0.1003	19/11/2014 21:00	0.0842
02/11/2014 18:00	0.1240	06/11/2014 23:00	0.1173	11/11/2014 04:00	0.1220	15/11/2014 09:00	0.1038	19/11/2014 22:00	0.0863
02/11/2014 19:00	0.1290	07/11/2014 00:00	0.1185	11/11/2014 05:00	0.1241	15/11/2014 10:00	0.1080	20/11/2014 03:00	0.0919
02/11/2014 20:00	0.1303	07/11/2014 01:00	0.1178	11/11/2014 06:00	0.1237	15/11/2014 11:00	0.1141	20/11/2014 04:00	0.0898
02/11/2014 21:00	0.1293	07/11/2014 02:00	0.1219	11/11/2014 07:00	0.1260	15/11/2014 12:00	0.1149	20/11/2014 05:00	0.0910
02/11/2014 22:00	0.1282	07/11/2014 03:00	0.1249	11/11/2014 08:00	0.1273	15/11/2014 13:00	0.1130	20/11/2014 06:00	0.0914
02/11/2014 23:00	0.1281	07/11/2014 04:00	0.1261	11/11/2014 09:00	0.1240	15/11/2014 18:00	0.0969	20/11/2014 07:00	0.0973
03/11/2014 00:00	0.1274	07/11/2014 05:00	0.1256	11/11/2014 10:00	0.1147	15/11/2014 19:00	0.1021	20/11/2014 08:00	0.1005
03/11/2014 01:00	0.1278	07/11/2014 06:00	0.1244	11/11/2014 11:00	0.1052	15/11/2014 20:00	0.1064	20/11/2014 09:00	0.0890

03/11/2014 02:00	0.1294	07/11/2014 07:00	0.1212	11/11/2014 12:00	0.0943	15/11/2014 21:00	0.1085	20/11/2014 10:00	0.0840
03/11/2014 03:00	0.1110	07/11/2014 08:00	0.1245	11/11/2014 13:00	0.1025	15/11/2014 22:00	0.1198	20/11/2014 11:00	0.0694
03/11/2014 04:00	0.1056	07/11/2014 09:00	0.1198	11/11/2014 14:00	0.1511	15/11/2014 23:00	0.1182	20/11/2014 12:00	0.0587
03/11/2014 05:00	0.1038	07/11/2014 10:00	0.1112	11/11/2014 15:00	0.1383	16/11/2014 00:00	0.1118	20/11/2014 13:00	0.0500
03/11/2014 06:00	0.1051	07/11/2014 11:00	0.0982	11/11/2014 16:00	0.1227	16/11/2014 01:00	0.1107	20/11/2014 14:00	0.0476
03/11/2014 07:00	0.1097	07/11/2014 12:00	0.0865	11/11/2014 17:00	0.1225	16/11/2014 02:00	0.1110	20/11/2014 15:00	0.0476
03/11/2014 08:00	0.1139	07/11/2014 13:00	0.0826	11/11/2014 18:00	0.1203	16/11/2014 03:00	0.1163	20/11/2014 16:00	0.0451
03/11/2014 09:00	0.1169	07/11/2014 14:00	0.0881	11/11/2014 19:00	0.1205	16/11/2014 04:00	0.1123	20/11/2014 17:00	0.0466
03/11/2014 10:00	0.1189	07/11/2014 15:00	0.0900	11/11/2014 20:00	0.1215	16/11/2014 05:00	0.1124	20/11/2014 18:00	0.0641
03/11/2014 11:00	0.1204	07/11/2014 16:00	0.0876	11/11/2014 21:00	0.1206	16/11/2014 06:00	0.1118	20/11/2014 19:00	0.0717
03/11/2014 12:00	0.1216	07/11/2014 17:00	0.0999	11/11/2014 22:00	0.1196	16/11/2014 07:00	0.1130	20/11/2014 20:00	0.0778
03/11/2014 13:00	0.1220	07/11/2014 18:00	0.1048	11/11/2014 23:00	0.1193	16/11/2014 08:00	0.1108	20/11/2014 21:00	0.0814
03/11/2014 14:00	0.1215	07/11/2014 19:00	0.1069	12/11/2014 00:00	0.1188	16/11/2014 09:00	0.1124	20/11/2014 22:00	0.0852
03/11/2014 15:00	0.0848	07/11/2014 20:00	0.1069	12/11/2014 01:00	0.1181	16/11/2014 10:00	0.1051	20/11/2014 23:00	0.0861
03/11/2014 16:00	0.0979	07/11/2014 21:00	0.1082	12/11/2014 02:00	0.1183	16/11/2014 11:00	0.1050	21/11/2014 00:00	0.0886
03/11/2014 17:00	0.1022	07/11/2014 22:00	0.1116	12/11/2014 03:00	0.1191	16/11/2014 12:00	0.0941	21/11/2014 01:00	0.0886
03/11/2014 18:00	0.1031	07/11/2014 23:00	0.1127	12/11/2014 04:00	0.1163	16/11/2014 13:00	0.0825	21/11/2014 02:00	0.0891
03/11/2014 19:00	0.1113	08/11/2014 00:00	0.1155	12/11/2014 05:00	0.1151	16/11/2014 14:00	0.1238	21/11/2014 03:00	0.0895

03/11/2014 20:00	0.1171	08/11/2014 01:00	0.1166	12/11/2014 06:00	0.1143	16/11/2014 15:00	0.0829	21/11/2014 04:00	0.0892
03/11/2014 21:00	0.1190	08/11/2014 02:00	0.1170	12/11/2014 07:00	0.1182	16/11/2014 16:00	0.0886	21/11/2014 05:00	0.0896
03/11/2014 22:00	0.1205	08/11/2014 03:00	0.1172	12/11/2014 08:00	0.1186	16/11/2014 17:00	0.0953	21/11/2014 06:00	0.0884
03/11/2014 23:00	0.1212	08/11/2014 04:00	0.1187	12/11/2014 09:00	0.1098	16/11/2014 18:00	0.1242	21/11/2014 07:00	0.0965
04/11/2014 00:00	0.1228	08/11/2014 05:00	0.1234	12/11/2014 10:00	0.1079	16/11/2014 19:00	0.1610	21/11/2014 08:00	0.1004
04/11/2014 01:00	0.1229	08/11/2014 06:00	0.1217	12/11/2014 11:00	0.0941	16/11/2014 20:00	0.1394	21/11/2014 09:00	0.0859
04/11/2014 02:00	0.1215	08/11/2014 07:00	0.1237	12/11/2014 12:00	0.0803	16/11/2014 21:00	0.1138	21/11/2014 14:00	0.0454
04/11/2014 03:00	0.1200	08/11/2014 08:00	0.1250	12/11/2014 13:00	0.0747	16/11/2014 22:00	0.1124	21/11/2014 15:00	0.0588
04/11/2014 04:00	0.1205	08/11/2014 09:00	0.1219	12/11/2014 14:00	0.0862	16/11/2014 23:00	0.1143	21/11/2014 16:00	0.0471
04/11/2014 05:00	0.1208	08/11/2014 10:00	0.1073	12/11/2014 15:00	0.0861	17/11/2014 00:00	0.1319	21/11/2014 17:00	0.0531
04/11/2014 06:00	0.1218	08/11/2014 11:00	0.0912	12/11/2014 16:00	0.0939	17/11/2014 05:00	0.1125	21/11/2014 18:00	0.0622
04/11/2014 07:00	0.1287	08/11/2014 12:00	0.0700	12/11/2014 17:00	0.0998	17/11/2014 06:00	0.1111	21/11/2014 19:00	0.0698
04/11/2014 08:00	0.1313	08/11/2014 13:00	0.0611	12/11/2014 18:00	0.0992	17/11/2014 07:00	0.1113	21/11/2014 20:00	0.0746
04/11/2014 09:00	0.1266	08/11/2014 14:00	0.0603	12/11/2014 19:00	0.1017	17/11/2014 08:00	0.1081	21/11/2014 21:00	0.0785
04/11/2014 10:00	0.1143	08/11/2014 15:00	0.0739	12/11/2014 20:00	0.1079	17/11/2014 09:00	0.1066	21/11/2014 22:00	0.0807
04/11/2014 11:00	0.1016	08/11/2014 16:00	0.0934	12/11/2014 21:00	0.1088	17/11/2014 10:00	0.1026	21/11/2014 23:00	0.0828
04/11/2014 12:00	0.0912	08/11/2014 17:00	0.0970	12/11/2014 22:00	0.1108	17/11/2014 11:00	0.0906	22/11/2014 00:00	0.0849
04/11/2014 13:00	0.0751	08/11/2014 18:00	0.1000	12/11/2014 23:00	0.1108	17/11/2014 12:00	0.0806	22/11/2014 01:00	0.0854

04/11/2014 14:00	0.0745	08/11/2014 19:00	0.1029	13/11/2014 00:00	0.1108	17/11/2014 13:00	0.0758	22/11/2014 02:00	0.0870
04/11/2014 15:00	0.1078	08/11/2014 20:00	0.1060	13/11/2014 01:00	0.1113	17/11/2014 14:00	0.0698	22/11/2014 03:00	0.0866
04/11/2014 16:00	0.0848	08/11/2014 21:00	0.1075	13/11/2014 02:00	0.1120	17/11/2014 15:00	0.0781	22/11/2014 04:00	0.0863
04/11/2014 17:00	0.0951	08/11/2014 22:00	0.1088	13/11/2014 03:00	0.1103	17/11/2014 16:00	0.0963	22/11/2014 05:00	0.0887
04/11/2014 18:00	0.1004	08/11/2014 23:00	0.1087	13/11/2014 04:00	0.1106	17/11/2014 17:00	0.1727	22/11/2014 06:00	0.0902
04/11/2014 19:00	0.1065	09/11/2014 00:00	0.1105	13/11/2014 05:00	0.1121	17/11/2014 18:00	0.1539	22/11/2014 07:00	0.0929
04/11/2014 20:00	0.1150	09/11/2014 01:00	0.1105	13/11/2014 06:00	0.1113	17/11/2014 19:00	0.1181	22/11/2014 08:00	0.0928
04/11/2014 21:00	0.1168	09/11/2014 02:00	0.1121	13/11/2014 07:00	0.1167	17/11/2014 20:00	0.1133	22/11/2014 09:00	0.0881
04/11/2014 22:00	0.1169	09/11/2014 03:00	0.1124	13/11/2014 08:00	0.1256	17/11/2014 21:00	0.1111	22/11/2014 10:00	0.0873
04/11/2014 23:00	0.1185	09/11/2014 04:00	0.1133	13/11/2014 09:00	0.1282	17/11/2014 22:00	0.1103	22/11/2014 11:00	0.0818
05/11/2014 00:00	0.1193	09/11/2014 05:00	0.1141	13/11/2014 10:00	0.1105	17/11/2014 23:00	0.1101	22/11/2014 12:00	0.0727
05/11/2014 01:00	0.1217	09/11/2014 06:00	0.1152	13/11/2014 11:00	0.0928	18/11/2014 00:00	0.1099	22/11/2014 13:00	0.0615
05/11/2014 02:00	0.1254	09/11/2014 07:00	0.1118	13/11/2014 12:00	0.0818	18/11/2014 01:00	0.1098		
05/11/2014 03:00	0.1250	09/11/2014 08:00	0.1160	13/11/2014 13:00	0.0738	18/11/2014 02:00	0.1098		
05/11/2014 04:00	0.1246	09/11/2014 09:00	0.1114	13/11/2014 14:00	0.0888	18/11/2014 03:00	0.1105		

Fuente: Elaboración propia

Anexo 5. Cuadro de datos de caudales diario en la unidad hidrográfica Qocha-Qocha, fueron tomados como ejemplo el mes de noviembre del 2014.

Hora Inicio	Promedio
01/11/2014 10:00	0.1331
02/11/2014 10:00	0.1190
03/11/2014 10:00	0.1174
04/11/2014 10:00	0.1112
05/11/2014 10:00	0.1093
06/11/2014 10:00	0.1082
07/11/2014 10:00	0.1082
08/11/2014 10:00	0.1007
09/11/2014 10:00	0.1156
10/11/2014 10:00	0.1268
11/11/2014 10:00	0.1183
12/11/2014 10:00	0.1046
13/11/2014 10:00	0.0971
14/11/2014 10:00	0.0995
15/11/2014 10:00	0.1084
16/11/2014 10:00	0.1116
17/11/2014 10:00	0.1077
18/11/2014 10:00	0.0900
19/11/2014 10:00	0.0791
20/11/2014 10:00	0.0759
21/11/2014 10:00	0.0747
22/11/2014 10:00	0.0779

Fuente: Elaboración propia

Anexo 6.Cuadro de niveles de aforo superficial de la unidad hidrográfica de Qocha-Qocha.

AFOROS VOLUMÉTRICOS				
VARIABLE	COLUMNA DE AGUA (cm)	AÑOS	MESES	CAUDAL (l/s)
Caudal	3.5	2014	Agosto	0.68143101
	3.5		Setiembre	0.54785455
	3.0		Octubre	0.39666799
	2.8		Noviembre	0.23917723
	7.0	2015	Enero	1.459640928
	29		Febrero	11.04972376
	29		Marzo	11.7430673
	5.2		Junio	0.275103164
	3.5		Agosto	0.50000000
	3.4		Setiembre	0.440683941
	3.5		Octubre	0.45672528

Fuente: Elaboración propia

Anexo 7. Ficha de aforo volumétrico. Como ejemplo se muestra del mes de octubre del 2015.

AFORO VOLUMÉTRICO		
Sitio:		
Fecha:		
Hora:		
Coordenadas:		
Altitud:		
Tiempo (s)	Litros (L)	
T1		L1
T2		L2
T3		L3
T4		L4
T5		L5
LP		LP
V(L/s)		

Fuente: Programa de Adaptación al Cambio Climático PACC-PERÚ

Anexo 8. Ficha de descarga de datos para la estación hidrométrica y ficha de muestreo de datos para la estación pluviométrica.

FICHA DE CAMPO DESCARGA DE DATOS - MONITOREO HIDROLÓGICO

ESTACIÓN HIDROMÉTRICA		
Sitio		
Código del equipo/sensor		
Responsable		
Fecha – Hora		
Clima		
Equipo: Sensor/Marca/Modelo		
Coordenadas (X,Y)		
Registro de niveles manuales		
Descripción	Variable	Valor (cm)
Altura desde sensor al nivel de agua		
Altura desde hormigón al nivel de agua		
Altura desde el vértice de la platina al nivel del agua		
Altura libre de la platina		
Observaciones		
Precisión en el registro manual de las alturas		
Velocidades de flujo preferenciales		
Sedimentación sobre el sensor		
Condiciones de la estructura (vertedero)		
Otras:		

Fuente: Programa de Adaptación al Cambio Climático PACC-PERÚ

FICHA DE CAMPO DESCARGA DE DATOS - MONITOREO HIDROLÓGICO

ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA		
Sitio	Qocha-Qocha	
Código del equipo/sensor	Molle_01_PO_01 / (10477546)	
Responsable	Lisbeth Juarez Torvisco	
Fecha – Hora	26/10/15 – 10:55 a.m.	
Clima	Cielo despejado con presencia de nubes	
Equipo: Sensor/Marca/Modelo	INW PT 2X	
Coordenadas (X,Y)	0725967	UTM: 8407063
Observaciones		
Cambio de las baterías	No	
Porcentaje de batería al descargar e iniciar el sensor	76%	
Limpieza del balancín	No	
Condiciones del equipo	Buena	
Tips del balancín generados manualmente	No	
Otras: - Se calibró el ojo de pollo		

Fuente: Programa de Adaptación al Cambio Climático PACC-PERÚ

Anexo 9. Galería de fotos



Curso de Taller en el Departamento de Cusco Procesamiento de datos de las descargas Hidrológicas de la unidad hidrográfica Qocha-Qocha.



Descarga de datos de pluviométricos en la unidad hidrográfica Qocha-Qocha.



Descarga de la información en el vertedero y lanzamiento de datos para que el sensor continúe con el registro de la información. Se realizó el aforo manual, se midió la columna de agua, altura desde hormigón al nivel de agua y altura desde sensor al nivel de agua. Descarga de la información en los pluviómetros, lanzamiento de datos para que el sensor continúe con el registro de la información y revisión del estado de los equipos.

