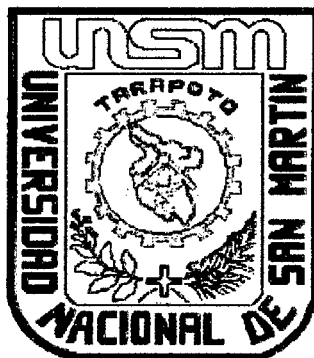


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO

FACULTAD DE ECOLOGIA.

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE
INGENIERIA AMBIENTAL.**



**ANÁLISIS DE DISPONIBILIDAD HIDRICA DE LA
MICROCUCUENCA CURIYACU DEL DISTRITO DE SAN ANTONIO
PROVINCIA DE SAN MARTÍN, DEPARTAMENTO DE SAN
MARTÍN**

TESIS

**PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL**

AUTORES:

Bach. ALEX DARWIN MEJIA BARDALÉZ.

Bach. SILVIA ISABEL GARCÍA SAAVEDRA

ASESOR:

ING.MSC. SANTIAGO ALBERTO CASAS LUNA

MOYOBAMBA, NOVIEMBRE 2013

N° DE REGISTRO: 06050412



ACTA DE SUSTENTACION PARA OBTENER EL TITULO
PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL

En la sala de conferencia de la Facultad de Ecología de la Universidad Nacional de San Martín-T sede Moyobamba y siendo las **Tres de la tarde del día miércoles 03 de Julio del Dos Mil Trece**, se reunió el Jurado de Tesis integrado por:

Ing. ALFONSO ROJAS BARDÁLEZ
Ing. MARCOS AQUILES AYALA DÍAZ
Lic. RONALD JULCA URQUIZA

PRESIDENTE
SECRETARIO
MIEMBRO

Ing. M.Sc. SANTIAGO ALBERTO CASAS LUNA ASESOR

Para evaluar la Sustentación de la Tesis Titulado “**ANÁLISIS DE DISPONIBILIDAD HÍDRICA DE LA MICROCUENCA CURIYACU DEL DISTRITO DE SAN ANTONIO, PROVINCIA DE SAN MARTÍN, DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN**”, presentado por los Bachilleres en Ingeniería Ambiental **SILVIA ISABEL GARCÍA SAAVEDRA y ALEX DARWIN MEJÍA BARDALEZ**; según Resolución N° 0062-2012-UNSM-T-COFE-MOY de fecha **20 de Abril del 2012**.

Los señores miembros del Jurado, después de haber escuchado la sustentación, las respuestas a las preguntas formuladas y terminada la réplica; luego de debatir entre sí, reservada y libremente lo declaran: **APROBADO** por **UNANIMIDAD** con el calificativo de **BUENO** y nota **QUINCE (15)**.

En fe de la cual se firma la presente acta, siendo las **15:56 horas** del mismo día, con lo cual se dio por terminado el presente acto de sustentación.

Ing. ALFONSO ROJAS BARDÁLEZ
Presidente

Ing. MARCOS AQUILES AYALA DÍAZ
Secretario

Lic. RONALD JULCA URQUIZA
Miembro

Ing. M.Sc. SANTIAGO ALBERTO CASAS LUNA
Asesor

DEDICATORIA

A Dios por estar con nosotros en cada paso que damos, por fortalecer nuestro corazón e iluminar nuestra mente y por haber puesto en nuestro camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A nuestros padres, que con sus sabias palabras, fruto de la experiencia vivida supieron conducirnos por un buen camino, y hoy dar fe y tributo a este sacrificio que es nuestra profesion y que siempre estaremos agradecidos.

A nuestros docentes, que gracias a sus sabias enseñanzas que nos supieron brindar sus conocimientos, y el sentido de la carrera Profesional de Ingeniería Ambiental.

AGRADECIMIENTO.

A la Municipalidad Distrital de San Antonio, que nos dieron las facilidades para las visitas en campo de la Microcuenca Curiyacu; al Ing Winder Tony Ayapi Ríos, consultor del proyecto de inversión pública “Mejoramiento del Sistema de Agua Potable, del Distrito de San Antonio, Provincia y Departamento de San Martín”, por habernos brindado su apoyo en la orientación técnica del proyecto de inversión.

A la Universidad Nacional de San Martín, y toda la plana docente y administrativa, por que mas que ser un centro de enseñanza universal, nos extendió su espíritu formador humanista y la dicha de ser parte de ella.

Con mucho cariño principalmente a nuestros padres que me dieron la vida y han estado con nosotros en todo momento. Se les agradece de todo corazón el que estén con nosotros por el camino de la vida.

INDICE.

| | |
|--|------------|
| DEDICATORIA | i |
| AGRADECIMIENTO..... | ii |
| RESUMEN..... | iii |
| ABSTRACT..... | iv |
| I. CAPÍTULO I (Problema de la Investigación) | 1 |
| 1.2. Objetivos..... | 3 |
| 1.3. Fundamentación Teórica..... | 3 |
| 1.3.1. Antecedentes de la Investigación..... | 3 |
| 1.3.2. Bases teóricas..... | 5 |
| 1.4. Variables..... | 26 |
| 1.5. Hipótesis | 26 |
| II. CAPÍTULO II (Marco Metodológico) | 27 |
| 2.1.1 Población y Muestra | 28 |
| 2.1.2 Técnicas e instrumentos Para la Recolección de Datos..... | 28 |
| 2.2 Técnicas de procesamiento y Análisis de Datos | 29 |
| III. CAPÍTULO III (RESULTADOS) | 55 |
| 3.1. Resultados | 56 |
| 3.2. Discusiones | 95 |
| 3.3. Conclusiones..... | 96 |
| 3.4. Recomendaciones..... | 98 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS..... | 99 |
| ANEXOS | 101 |

RESUMEN

En el presente informe de estudio, esta referido al estudio realizado para determinar la disponibilidad del recurso hídrico para el abastecimiento de agua para la población del Distrito de San Antonio.

El desarrollo que requieren hoy los países en vías de desarrollo esta asociado a la concepción de sostenibilidad. Con estos estudios hoy en día permiten la optimizacion de la inversión publica en nuestro país y la sostenibilidad de los recursos naturales, en este caso el aprovechamiento sostenible del recurso hídrico de la Micro Cuenca Curiyacu.

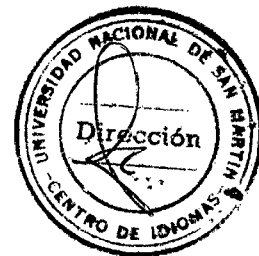
Para cumplir o tratar de lograr la concepción se ha trabajado con datos historicos de precipitación, para posterior estudiarlos estadisticamente, así como la visita a campo de la Microcuenca Curiyacu y la medición insitu del caudal, trabajando estos datos para poder determinar la Disponibilidad Hídrica y realizar el Balance Hidrológico de la Microcuenca en estudio.

ABSTRACT.

The following report is based on the study conducted to determine the availability of water resources for water supply for the population of the District of San Antonio.

Nowadays the attention that requires developing countries is associated with the sustainability concept. Currently these studies allow optimization of public investment in our country and the natural resources sustainability, in this case the sustainable use of water resources of the Micro watershed of Curiyacu.

To comply or try to achieve conception has worked with historical precipitation data for subsequent statistical study and the field visit Curiyacu Micro watershed and on-site measurement of flow, working these data to determine the Water Availability and perform Hydrological Balance Micro watershed study.



CAPITULO I:
EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente en la región de San Martín, se viene padeciendo la falta de abastecimiento de agua para sus diferentes usos (uso domiciliario, agrícola, pecuario, etc.) de las cuencas, subcuencas y microcuencas de todas las provincias de la región; este problema de abastecimiento no es ocasionado por otras razones; sino por la creciente demanda hídrica por parte de las poblaciones urbanas y rurales (crecimiento demográfico acelerado), y por la demanda agrícola (crecimiento de la frontera agrícola acelerado), además las acentuaciones de las poblaciones rurales y comunidades agrícolas en lugares que no son óptimos para su desarrollo, a falta de conocimientos y dispersión de conocimientos por parte de las autoridades en cuanto a los temas de Ordenamiento Territorial.

El calentamiento global, también conocido como cambio climático, es un fenómeno que preocupa cada vez más al mundo, ya que su avance está modificando cada uno de los aspectos naturales del planeta Tierra, con nefastas consecuencias a corto y largo plazo.

ECOLOGISMO 2009, calentamiento global (en línea)

(www.ecologismo.com/2009/02/23/que-es-el-calentamiento-global/)

El efecto del calentamiento global es la alteración del ciclo natural de nuestro planeta, el cual se manifiesta con mayor intensidad en la alteración del ciclo hidrológico; donde es notable que en partes del planeta existen sequías, inundaciones, diluvios, etc.

El problema de la falta de abastecimiento de agua para sus diversos usos es también ocasionada por; los proyectos de abastecimiento a las poblaciones, debido a que en estos proyectos no se realizaron este tipo de estudios previo a la ejecución del proyecto; es por esto que actualmente en todas la ciudades, provincias de nuestra región tenemos serios problemas con el abastecimiento de agua.

Por los motivos expuestos el problema queda formulado o planteado de la siguiente manera **¿Cuál sería disponibilidad del recurso hídrico de la Microcuenca a estudiar hasta el año 2022?**

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

- Analizar la disponibilidad hídrica de la Microcuenca Curiyacu, en el Distrito de San Antonio.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Estimar la oferta hídrica de la Microcuenca en estudio (balance hídrico superficial), en el nivel anual, y las distribuciones mensuales correspondientes, proyectándolas hasta el año 2022.
- A través de la relación demanda-oferta, determinar el índice de escasez de agua tanto en el nivel anual como mensual.
- Determinar la vulnerabilidad por disponibilidad de agua.
- Estimar la disponibilidad hídrica de la microcuenca en estudio.

1.3. FUNDAMENTACION TEÓRICA.

1.3.1. Antecedentes de la investigación.

Actualmente existe en el Distrito de San Antonio, un sistema de agua Potable con una antigüedad de 15 años, el cual viene abasteciendo de agua a toda la localidad y es insuficiente debido a que la fuente de abastecimiento de la quebrada, ya no cuenta con la cantidad de agua demandada y debido a la mala calidad de este líquido elemento que resulta estar contaminada con agentes causantes de enfermedades de caracteres endémico.

El crecimiento de las poblaciones en la región como producto de las migraciones, data de la década de los 70, con la construcción de la carretera marginal de la Selva, la región San Martín se convirtió en una

zona prospera vista por muchos como potencial para las actividades agrícolas y de extracción.

Es así como la población migrante proveniente en su gran mayoría de la Sierra de Cajamarca, Alto Amazonas, Lambayeque, Piura, se asentaron en el Distrito de San Antonio y demás distritos de la provincia con el objeto de cultivar la tierra, visto por ellos como un potencial para actividades agropecuarias y forestales que hoy en día es el sustento económico, lo que motivo el asentamiento del distrito de San Antonio, entonces se hizo necesario la construcción de obras de infraestructura básica como caminos vecinales, agua, infraestructura educativa, de salud y otros, que permitiera conectarse entre pueblos y mejorar los servicios básicos que permiten elevar el nivel de vida de la población, creando un ambiente alentador para el desarrollo.

Ante la necesidad de contar con el servicio de agua Potable en óptimas condiciones, la población de la localidad de San Antonio con sus autoridades locales han efectuado múltiple reuniones, obteniéndose como resultado la ejecución del proyecto del Mejoramiento del Sistema de Agua Potable, el cual ha sido priorizado dentro del proceso de planeamiento concertado y presupuesto participativo del distrito de San Antonio-2011.

Ante la necesidad de contar con el servicio de agua Potable en óptimas condiciones, la población de la localidad de San Antonio con sus autoridades locales han efectuado múltiple reuniones, obteniéndose como resultado la ejecución del proyecto del Mejoramiento del Sistema de Agua Potable, el cual ha sido priorizado dentro del proceso de planeamiento concertado y presupuesto participativo del distrito de San Antonio-2011.

La población considerando la importancia que merece el presente proyecto en el aspecto “socioeconómico” de su desarrollo, se encuentra comprometida con las actividades necesarias para la ejecución del

proyecto, habiéndose formado un comité Pro Agua Potable para la gestión respectiva.

Existe la necesidad de atender el requerimiento de agua Potable en dicha Localidad, para garantizar la salubridad de la población, más aun teniendo en cuenta que el gobierno dentro de su política de estado está invirtiendo en proyectos de saneamiento básico.

1.3.2. Bases teóricas.

Una cuenca hidrográfica, en su acepción más simple, se conoce como cuenca hidrográfica al área drenada por un río. La cuenca es una unidad natural hidrológica y geofísica, con límites definidos que facilitan la planificación y el aprovechamiento de sus recursos. Los límites de la cuenca dependen de su topografía y están determinados por la línea divisoria de aguas. En la cuenca es posible efectuar un balance del ciclo hidrológico, cuantificando con mayor precisión el agua disponible. Asimismo, las cuencas hidrográficas facilitan la percepción del efecto negativo de las acciones del hombre sobre su entorno, evidenciándolas en la contaminación y en la calidad del agua evacuada por la cuenca, quedando claro, por cierto, que el agua es el recurso integrador y el producto resultante de la cuenca.

El movimiento del agua en la cuenca conecta e integra sus partes, presentando a esta unidad natural como un arquetipo de sistema. Es decir, como una entidad en la cual sus componentes están dispuestos en una agrupación de elementos ligados y mutuamente dependientes, de manera que conforman una unidad y actúan como tal. Esta figura se da muy claramente en las cuencas hidrográficas, en su arreglo jerárquico como cuencas, subcuencas y microcuencas, y en la respuesta de conjunto de los procesos biofísicos, naturales o alterados por la actividad humana, que tienen lugar dentro de sus límites.

MARIO TAPIA, cuencas hidrográfica, CEPES.

(www.cepes.org.pe/pdf/OCR/Partidos/metodologia_planes_maestros/metodologia_planes_maestros1.pdf 14 Oct. 2010)

RECURSO HÍDRICO.

El agua es un recurso esencial para la vida. Aun cuando la disponibilidad del agua potable varía enormemente de acuerdo con la localización geográfica, el ciclo del agua de la Tierra es un proveedor abundante. Tanto las condiciones naturales como las actividades humanas afectan la cantidad y la calidad del agua disponible.

Los recursos acuíferos son aquellos que pueden utilizar las personas. Incluyen prácticamente toda el agua de la tierra: ríos, lagos, mares, aguas subterráneas, humedad del suelo, hielo glacial y vapor atmosférico, pueden ser dulces o mineralización (salinización).

La cantidad de agua dulce en la tierra, relativamente pequeña, se recicla y purifica de manera constante en el ciclo hidrológico. Esta agua dulce es un recurso vital para la agricultura, la industria, el transporte y muchas otras actividades humanas.

(ROLANDO REÁTEGUI L. 1997).

El agua es un recurso natural renovable, indispensable para la vida, vulnerable y estratégico para el desarrollo sostenible, el mantenimiento de los sistemas y ciclos naturales que la sustentan, y la seguridad de la Nación. **(LEY N° 29338 - Ley de Recursos Hídricos, congreso de la Republica).**

LA CUENCA HIDROGRÁFICA.

La cuenca hidrográfica está constituida por el territorio que delimita el curso de un río y el espacio donde se colecta el agua que converge hacia un mismo cauce.

La Cuenca Hidrográfica, sus recursos naturales y habitantes poseen condiciones físicas, biológicas, económicas, sociales y culturales que les confieren características particulares a cada una, importantes para considerarlas como unidades de planificación.

MARIO TAPIA, cuencas hidrográfica, CEPES.

(www.cepes.org.pe/pdf/OCR/Partidos/manejo_integral_microcuencas/manejo_integral_microcuencas2.pdf 14 Oct. 2010)

Es el área natural o unidad de territorio, delimitado por una divisoria topográfica (*divortium aquarum*), que capta la precipitación y drena el agua de escorrentía hasta un colector común, denominado río principal.

Es el área o ámbito geográfico delimitado por el “*divortium aquarum*”, donde ocurre el ciclo hidrológico e interactúan los factores naturales, sociales, económicos, políticos e institucionales y que son variables en el tiempo

(ABSALON VASQUEZ, 2000).

La cuenca de drenaje de una corriente, es el área de terreno donde todas las aguas caídas por precipitación, se unen para formar un solo curso de agua. Cada curso de agua tiene una cuenca bien definida, para cada punto de su recorrido.

(MAXIMO VILLON, 2002).

Se define cuenca el área de terreno donde todas las aguas caídas por precipitación se unen para formar un solo curso. Cada curso de agua tiene una cuenca bien definida para cada punto de su recorrido.

(GERMAN MONSALVE, 1999)

LAS CUENCAS HIDROGRAFICAS DE LA SELVA.

Los ríos sin excepción tienen un área de influencia geográfica de donde provienen sus aguas que se denomina cuenca. Ejemplo La cuenca del río Amazonas que comprende cerca de 7.5 millones de Km cuadrados. La cuenca es una unidad integral e interrelacionada en forma de un sistema donde los bosques, las aguas, la flora y la fauna interactúan en forma integral.

Las intervenciones humanas en la cuenca alta influyen en todo el resto de la misma, si se tala en las partes altas de la cuenca de un río de relieve abrupto y muy erosionable, las tierras bajas del valle sufrirán por inundaciones y se afectarán las poblaciones de peces y la navegabilidad.

USAID 2000, cuencas hidrográficas de la selva.

(www.usaid.gov/pa/Information/Documents/Diagnostico.pdf 11 Oct. 2011)

Divisiones de la cuenca hidrográfica

La cuenca puede subdividirse de varias formas, siendo común el uso del término subcuenca para denominar a las unidades de menor jerarquía, drenadas por un tributario del río principal. El término microcuenca se emplea para definir las unidades hidrográficas más pequeñas dentro de una cuenca principal. Esta subdivisión de las cuencas permite una mejor priorización de las unidades de intervención o tratamiento.

USAID 2000, cuencas hidrográficas de la selva.

(www.usaid.gov/pa/Information/Documents/Diagnostico.pdf 11 Oct. 2011)

La cuenca hidrográfica puede dividirse en espacios definidos por la relación entre el drenaje superficial y la importancia que tiene con el curso principal. El trazo de la red hídrica es fundamental para delimitar los espacios en que se puede dividir la cuenca. A un curso principal llega un afluente secundario, este comprende una subcuenca. Luego al curso principal de una subcuenca, llega un afluente terciario, este comprende una microcuenca, además están las quebradas que son cauces menores.

WORLD VISION 2002, conceptos básicos de cuencas

(www.pnuma.org/deramb/actividades/gobernanza/cd/Biblioteca/Capacitacion%20cuencas/Modulo1.pdf 11 Oct. 2011)

SUB CUENCA.

Como el concepto de subcuenca es de uso reciente, es necesario indicar que significa: “una subcuenca es aquel territorio limitado por elevaciones del terreno donde se recogen las aguas de un arroyo, quebrada o río menor, las cuales desembocan en un cuerpo de agua mayor”.

EDUARDO 2008, la planificación hidrológica y características hídricas del Perú, Escuela de Postgrado – Universidad nacional Agraria la Molina.

(tarwi.lamolina.edu.pe/~echavarri/clase_i_met_problematika_y_recursos_hidricos_del_peru_def.pdf 11/10/2011)

MICRO CUENCA

Las microcuencas son unidades geográficas que se apoyan principalmente en el concepto hidrológico de división del suelo. Los procesos asociados al recurso agua tales como escorrentía, calidad, erosión hídrica, producción de sedimentos, etc., normalmente se analizan sobre esas unidades geográficas.

L. RAYMONDO 2004, microcuencas, Panamá

(www.pancanal.com/esp/cuenca/piota/12.pdf 11 Oct. 2011)

Otra forma conocida de dividir las cuencas hidrográficas, de clara aplicación en las cuencas andinas y basada en la elevación relativa de sus partes, da lugar a los tipos de cuenca alta, media y baja. La primera es conocida también como cabecera de la cuenca, cuenca de recepción, cuenca húmeda o imbrífera y se considera, en general, la parte de la cuenca que, por su posición, capta y almacena en los nevados y glaciares de sus cumbres y en las lagunas y represamientos de sus altiplanicies la mayor parte de los aportes de la precipitación y tiene una cobertura vegetal típica de pastos o bosques y menor presión demográfica. A la parte media de la cuenca, de mayor pendiente relativa, con un caudal caracterizado por torrentes turbulentos, se le denomina también zona de transporte de sedimentos o de escurrimiento. La parte baja de la cuenca, de menor pendiente relativa, con un caudal de flujo continuo, cauce definido y amplia planicie de inundación, suele llamarse cono de deyección o zona de depósito. En esta parte, el uso de la tierra es predominantemente agrícola, con gran presión poblacional, extensas áreas urbanas e importante de manda de agua. La relación entre la parte alta y la baja de las cuencas es generalmente conflictiva por los efectos negativos que suele tener el uso de los recursos en las zonas elevadas sobre las áreas bajas.

MARIO TAPIA 2003, Cuencas hidrográficas, CEPES.

(www.cepes.org.pe/pdf/OCR/Partidos/metodologia_planes_maestros/metodologia_planes_maestros1.pdf 14 Oct. 2010)

Por consideraciones prácticas se puede dar una definición para un trabajo de manejo de cuencas, rangos de área para cada unidad hidrográfica. Los rangos de área se determinan en función del grado de ramificación de los cursos de agua. Corresponden a microcuencas los cursos de agua de 1°, 2° y 3° orden; a sub-cuencas los cursos de agua de 4° y 5° orden, y a cuencas los cursos de agua de 6° o más orden. El número de orden de un curso de agua o río se inicia a partir del cauce más pequeño y teniendo como punto de referencia los límites definidos por el *divortium aquarum*. Los rangos de área referenciales para las diferentes unidades hidrográficas, se pueden observar en el siguiente cuadro.

(ABSALON VÁSQUEZ, 2002)

| Unidad Hidrológica | Área (ha) |
|---------------------------|------------------|
| Cuenca | >50 000 |
| Subcuenca | 5 000 – 50 000 |
| Microcuenca | < 5 000 |

Fuente: Manejo de Cuencas Altoandinas 2000

ELEMENTOS BASICOS DE UNA CUENCA HIDROGRÁFICA.

Una cuenca hidrográfica tiene elementos identificables, por un lado los recursos naturales: agua, suelo, cobertura vegetal, fauna, recursos ictiológicos, recursos mineros; y, por otro lado, el factor antrópico (acción humana), que comprende a los reservorios, canales de riego, relaves contaminantes, plantaciones forestales, cultivos, pastizales cultivados, etc. Asimismo, dentro del factor antrópico se considera a la organización institucional, la coordinación interinstitucional y el marco normativo que se puede tener o dar para el manejo o tratamiento de las cuencas hidrográficas.

(ABSALON VÁSQUEZ, 2000)

Los elementos más importantes de una cuenca son:

- **El agua.** elemento fundamental de la cuenca y de la vida, ya que permite potenciar o disminuir la capacidad productiva de los suelos. La forma ocurre y se traslada dentro de la cuenca, puede producir grandes beneficios (riego, agua potable, pesca, electricidad, insumo industrial, navegación, etc.) o grandes desastres (erosión, huaycos, inundaciones, etc.). Si se usa adecuadamente, permite cubrir diversas necesidades de la población humana y animal.

(ABSALON VÁSQUEZ, 2000)

- **El suelo.** Otro de los elementos importantes de una cuenca, ya que si se relaciona adecuadamente con el agua de buena calidad, favorece la vida humana, animal, vegetal; en caso contrario pueden producirse fenómenos nocivos como la erosión, huaycos, contaminación, deslizamientos, sedimentación de reservorios, salinización, problemas de drenaje, etc.

(ABSALON VÁSQUEZ, 2000)

Los suelos van a influir en el fenómeno de la escorrentía. Son importantes su naturaleza, su color y su tipo de vegetación. Entre más impermeable es el suelo más rápida es la escorrentía. Sin embargo, no se puede hablar de un suelo 100% impermeable; el suelo no es totalmente homogéneo, sino se encuentra mezclado.

(GERMAN MONSALVE, 1999)

- **El clima.** Otro elemento que actúa en la cuenca y que define el nivel de la temperatura, precipitación, nubosidad y otros fenómenos favorables o adversos para la actividad biológica.

(ABSALON VÁSQUEZ, 2000)

La palabra clima deriva de una voz griega que significa inclinación, aludiendo seguramente a la inclinación del eje terrestre. Como se sabe las estaciones tienen lugar debido al movimiento de traslación de la tierra alrededor del sol, con su eje de rotación inclinado con respecto al plano de traslación.

Para la organización meteorológica mundial, clima es el “conjunto fluctuante de condiciones atmosféricas caracterizado por los estados y la evolución del tiempo, en el curso de un periodo suficientemente largo en un dominio espacial determinado”.

(WENDOR CHEREQUE, 1990).

- **La vegetación.** Muy importante en el ciclo hidrológico debido a la evapotranspiración que origina y a la acción de amortiguamiento y protección del impacto directo del agua sobre el suelo.

(ABSALON VÁSQUEZ, 2000)

- **La topografía.** La pendiente y la topografía de la superficie del terreno permiten que el agua, al discurrir, adquiera determinadas velocidades. Para lograr un aprovechamiento racional del agua y el suelo es indispensable la aplicación de prácticas conservacionistas adecuadas, ya sea tanto en zonas planas como en laderas.

(ABSALON VÁSQUEZ, 2000)

Otro criterio muy similar al anterior es la relación con el relieve y la forma del terreno, las partes accidentadas forman las montañas y laderas, las partes onduladas y planas, forman los valles; y finalmente otra parte es la zona por donde discurre el río principal y sus afluentes, a esta se le denomina cauce.

WORLD VISION 2002, conceptos básicos de cuencas

(www.pnuma.org/deramb/actividades/gobernanza/cd/Biblioteca/Capacitacion%20cuencas/Modulo1.pdf 11 Oct. 2011)

- **La fauna.** La población animal que habita en una cuenca no solo proporciona posibilidades de vida humana, sino que otorga condiciones para que la cuenca mantenga un equilibrio con respecto a sus recursos naturales. En casos excepcionales de sobrepoblación (“sobrecarga”), puede ocasionar el deterioro de la misma por la excesiva utilización de los pastizales o sobrepastoreo. **(ABSALON VÁSQUEZ, 2000)**

- **Recursos naturales que sirven para la actividad no agropecuaria.** Existen diversos recursos naturales que no necesariamente sirven a la actividad agropecuaria y que son parte significativa de las cuencas. El agua sirve para generar electricidad para las ciudades, se puede convertir en agua potable para el consumo poblacional o para sustentar la pesca. El suelo sirve como parte del hábitat de las ciudades, construcción de carreteras y centros de recreación. Asimismo existen recursos mineros que sirven para la industria y que son básicos para la generación del Producto Bruto Interno (PBI) y las Divisas de un país. **(ABSALON VÁSQUEZ, 2000)**
- **El hombre.** Es el elemento más importante de la cuenca, porque es el único que puede planificar el uso racional de los recursos naturales para su aprovechamiento y conservación. **(ABSALON VÁSQUEZ, 2000).**

LOS COMPONENTES DE LA CUENCA

Los componentes principales que determinan el funcionamiento de una cuenca son los elementos naturales y los de generación Antrópica. Dentro de los naturales tenemos los componentes bióticos como el hombre, la flora y la fauna; y los componentes abióticos como el agua, el suelo, el aire, los minerales, la energía y el clima. Los elementos de generación antrópica, o generados por el hombre; pueden ser de carácter socioeconómico y jurídico-institucional. Entre los primeros tenemos la tecnología, la organización social, la cultura y las tradiciones, la calidad de vida y la infraestructura desarrollada. Entre los elementos jurídico-institucionales tenemos las políticas, las leyes, la administración de los recursos y las instituciones involucradas en la cuenca. Los componentes abióticos y bióticos están condicionados por las características geográficas (latitud, altitud), geomorfológicas (tamaño, forma, relieve, densidad y tipo de drenaje), geológicas (orogénicas, volcánicas y sísmicas) y demográficas

En su evolución y búsqueda de la satisfacción de sus necesidades, el hombre origina los elementos antrópicos al reconocer y aprovechar los

elementos de la oferta ambiental para satisfacer sus necesidades; aquellos elementos se vuelven recursos. Consecuentemente, el aprovechamiento de estos recursos produce impactos que pueden ser benéficos o nocivos.

MARIO TAPIA 2003, Cuencas Hidrográficas, CEPES

(www.cepes.org.pe/pdf/OCR/Partidos/metodologia_planes_maestros/metodologia_planes_maestros1.pdf 14 Oct. 2010)

PARTES DE UNA CUENCA

Partes altas. Estas comprenden altitudes superiores a los 3000 msnm, llegando en algunos casos hasta los 6000 msnm. En tales áreas se concentra el mayor volumen de agua, dado que allí la precipitación pluvial es intensa y abundante; es frecuente así mismo la formación de nevados. La topografía de estas zonas es sumamente accidentada y escarpada; en consecuencia, su potencial erosivo es sumamente alto. La precipitación total anual promedio alcanza los 1000 – 2000 mm/año. En esta parte, es frecuente observar lagos y lagunas con abundante actividad biológica. Aquí se ubican los pastores y campesinos pobres de una economía de auto consumo.

(ABSALON VÁSQUEZ, 2000).

Partes medias. Son las comprendidas entre los 800 y 3000 msnm. La precipitación promedio que caen en estas zonas varían entre los 100 – 1000 mm/año variado. La función de este sector de la cuenca está relacionada fundamentalmente con el descubrimiento del agua, siendo frecuente en dicho ámbito la presencia de pequeñas ciudades que la circundan, dándose además como característica una gran actividad económica.

(ABSALON VÁSQUEZ, 2000).

Partes bajas. Abarcan desde el nivel del mar hasta los 800 msnm. La precipitación promedio que cae en la zona es muy escasa (menor a 100 mm/año), su pendiente es igualmente baja. En este ámbito están los amplios valles costeros, donde se desarrolla una intensa actividad agropecuaria como las medianas y grandes ciudades consumidoras. Allí

también se ubican los grandes proyectos de irrigación con importantes sistemas de embalses. Potencial de aguas subterráneas de estas zonas es alto. (ABSALON VÁSQUEZ, 2000).

Es factible diferenciar las tres partes, si ésta diferencia es menor, por ejemplo de 0 a 1000 msnm, posiblemente sólo se distingan dos partes, y si la cuenca es casi plana será menos probable establecer partes. Generalmente este criterio de la altura, se relaciona con el clima y puede ser una forma de establecer las partes de una cuenca.

WORLD VISION 2002, conceptos básicos de cuencas

(www.pnuma.org/deramb/actividades/gobernanza/cd/Biblioteca/Capacitacion%20cuencas/Modulo1.pdf 11 Oct. 2011)

CICLO HIDROLÓGICO.

Se denomina ciclo hidrológico, al conjunto de cambios que experimenta el agua en la naturaleza, tanto en su estado (sólido, líquido y gaseoso), como en su forma (agua superficial, agua subterránea, etc.).

(MÁXIMO VILLON, 2002).

Es la sucesión de cambios que sufre el agua en la hidrosfera y que obedece a leyes físicas. El ciclo hidrológico no tiene principios ni fin y es un proceso continuo. Es el aspecto más importante de la hidrología. De su conocimiento depende la correcta aplicación de las técnicas hidrológicas en la solución de los problemas de ingeniería hidráulica.

(ABSALON VÁSQUEZ, 2000)

El ciclo hidrológico es un medio apropiado para describir el alcance de la hidrología, la cual se limita a la parte del ciclo que cubre desde la precipitación del agua sobre la tierra hasta el regreso de ésta bien sea a la atmósfera o a los océanos. El ciclo hidrológico sirve para destacar cuatro fases básicas de interés para el hidrólogo: precipitación, evaporación y transpiración; escorrentía superficial y agua subterránea.

(LINSLEY KOHLER, 1986)

Como todo ciclo, el hidrológico no tiene ni principio ni fin, y su descripción puede comenzar en cualquier punto. El agua que se encuentra sobre la superficie terrestre, ríos, lagos y mares se evapora bajo el efecto de la radiación solar y el viento. El vapor resultante es transportado por las masas de aire en movimiento. En determinadas condiciones, el vapor se condensa formando las nubes, que a su vez, pueden ocasionar precipitaciones que caen a la tierra. Durante su trayecto a la superficie de la tierra, el agua precipitada puede volver a evaporarse o ser interceptada por las plantas o las construcciones, luego fluye por la superficie hasta las corrientes, o se infiltran. El agua interceptada y una parte de la infiltrada y de la que corre por las superficies se evapora nuevamente. De la precipitación que llega a las corrientes una parte se infiltra y otra llega hasta los océanos, otras forman grandes masas de agua como los lagos. El agua que se infiltra satisface la humedad del suelo y abastece los depósitos subterráneos, de donde puede fluir hacia las corrientes de los ríos, o bien descargar en los océanos; la que queda detenida en la capa vegetal del suelo es regresada a la atmósfera por transpiración. **(MÁXIMO VILLON, 2002)**

El ciclo hidrológico se asume que este comienza con la evaporación de la superficies libres de agua, que asciende hasta cierta altura de la atmósfera donde se condensa para formar las nubes, las mismas que darán origen a la precipitación; una parte de estas caen al océano pero la mayor cantidad cae sobre la superficie terrestre, donde sigue diferentes cambios: una parte es interceptada por la vegetación, otra se convierte en flujo superficial para formar los ríos y quebradas que van a desembocar a lagos y océanos, y otra se infiltra en el suelo donde puede percolar profundamente para recargar el agua subterránea. **(ABSALON VÁSQUEZ, 2000)**

Se denomina ciclo hidrológico 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, agua subterránea, etc.). **(WENDOR CHEREQUE MORAN, 1986)**

El ciclo hidrológico es de suma importancia básica para delimitar el campo de la hidrología, la cual comprende la fase entre la precipitación sobre el terreno y su retorno a la atmósfera o al océano; corresponde el análisis de la atmósfera a la meteorología y el estudio del océano a la oceanografía.

(MÁXIMO VILLON, 2002)

Del análisis del ciclo hidrológico, los científicos han estimado que cerca del 96.5% del agua del planeta se encuentra en los océanos y el 3.5% en la tierra. De esta última parte, el 1.7% se encuentra en los hielos polares, el 1,7% en manantiales y acuíferos y solamente el 0.1% como agua superficial y agua atmosférica. De estas cifras se pueden deducir que claramente en realidad se dispone, si la comparamos con la cantidad total que existe en la tierra, de una pequeña cantidad de agua para el uso directo del ser humano. Razón por la cual es muy importante la preservación de este recurso.

(ABSALON VÁSQUEZ, 2000).

PRECIPITACIÓN.

Es toda forma de humedad que originándose en las nubes, llega hasta la superficie del suelo; de acuerdo a esta definición la precipitación puede ser en forma de: lluvias, granizadas, garúas y nevadas.

(MÁXIMO VILLON, 2002).

La precipitación es toda forma de agua cuyo origen está en las nubes, y cae a la superficie terrestre en forma de lluvia, granizo, garúa o nieve. En hidrología el tipo de precipitación de mayor importancia es la lluvia por lo cual es la variable de entrada más significativa en el sistema hidrológico.

(ABSALON VÁSQUEZ, 2000).

Para que ocurra la precipitación, se requiere algún mecanismo que enfríe el aire lo suficiente para que llegue de esta manera a, o cerca del punto de saturación. Los enfriamientos de grandes masas, necesarios para que se

produzcan cantidades significativas de precipitación, se logran cuando ascienden las masas de aire.

(LINSLEY KOHLER, 1986).

Precipitación es, en general, el término que se refiere a todas la formas de humedad emanadas de la atmósfera y depositadas en la superficie terrestre, tales como lluvia, granizo, rocío, neblina, nieve o helada.

(GERMAN MONSALVE, 1999).

Se define precipitación a toda forma de humedad, que, originándose en las nubes, llega hasta la superficie terrestre. De acuerdo a esta definición, las lluvias, las granizadas, las garúas y las nevadas son formas distintas del mismo fenómeno de la precipitación.

(WENDOR CHEREQUE, 1990)

EVAPORACIÓN.

Es una etapa permanente en el ciclo hidrológico. Hay evaporación en todo momento y en toda superficie húmeda. Considerada un fenómeno puramente físico, la evaporación es el paso del agua del estado líquido al estado gaseoso; sin embargo hay otra evaporación provocada por la actividad de las plantas, el cual recibe el nombre de transpiración.

Dentro de los factores meteorológicos que afecta la evaporación se tiene a la radiación solar, temperatura del aire, presión de vapor y viento.

(MÁXIMO VILLON, 2002).

La evaporación en un elemento importante es un sistema hidrológico; pues es un fenómeno físico que consiste en el paso del agua del estado líquido al estado vapor. Depende de una serie de factores como la radiación solar y la velocidad del viento que influyen directamente sobre la superficie evaporante para originar la evaporación y transportarla fuera de la superficie.

(ABSALON VASQUEZ, 2000).

La definición hidrológica de evaporación está restringida a la tasa neta de transporte de vapor hacia la atmósfera. Este cambio de estado necesita de un intercambio de calor de aproximadamente 600 calorías por cada gramo de agua evaporada. Para que se mantenga la temperatura de la superficie estas grandes cantidades de calor deben ser suministradas por radiación y conducción de la capa de aire en contacto, o a costa de la energía almacenada por debajo de la superficie.

(LINSLEY KOHLER, 1986).

La evaporación es una etapa permanente del ciclo hidrológico. Hay evaporación en todo momento y desde toda superficie húmeda. Considerada como un fenómeno puramente físico, la evaporación es el pasaje del agua al estado de vapor.

(WENDOR CHEREQUE, 1990)

La evaporación es el proceso por el cual el agua líquida pasa al estado de vapor en condiciones naturales.

(GERMAN MONSALVE, 1999)

EVAPOTRANSPIRACIÓN.

La evapotranspiración está constituida por las pérdidas totales, es decir: evaporación de la superficie evaporante (del suelo y agua) mas transpiración de las plantas.

(MÁXIMO VILLON, 2002).

La evapotranspiración resulta de la combinación de la evaporación de la superficie del suelo y la transpiración de las plantas.

(ABSALON VÁSQUEZ, 2000).

Es el conjunto de los fenómenos de evaporación y transpiración.

(GERMAN MONSALVE, 1999).

ESCURRIMIENTO.

El escurrimiento es otro componente del ciclo hidrológico, y se define como el agua proveniente de la precipitación, que circula sobre o bajo de la superficie terrestre, y que llega a una corriente para finalmente ser drenada hasta la salida de la cuenca (estación de aforo).

(MÁXIMO VILLON, 2002)

TIPOS DE ESCURRIMIENTO:

Escorrimento superficial (Q), es aquel que proviene de la precipitación no infiltrada y que escurre sobre la superficie del suelo. El efecto sobre escurrimiento total es inmediato, y existirá durante la tormenta e inmediatamente después de que esta termine. La parte de la precipitación total que da lugar a este escurrimiento, se denomina precipitación en exceso (hp).

(MÁXIMO VILLON, 2002)

Escorrimento sub superficial (Qs), es aquel que proviene de una parte de la precipitación infiltrada. El efecto sobre el escurrimiento total, puede ser inmediato o retardado. Si es inmediato se le da el mismo tratamiento que al escurrimiento superficial, en caso contrario, como escurrimiento subterráneo.

(MÁXIMO VILLON, 2002).

Escorrimento subterráneo (Qg), es aquel que proviene del agua subterránea, la cual es recargada por la parte de la precipitación que se infiltra, una vez que el suelo se ha saturado.

(MÁXIMO VILLON, 2002).

COEFICIENTE DE ESCORRENTIA.

Es la relación entre la escorrentía directa y la intensidad promedio de lluvia. Se entiende como escorrentía directa el exceso de precipitación que se obtiene luego que el agua fluye por toda la cuenca. El coeficiente de escorrentía también se puede expresar como la relación entre la escorrentía y la precipitación en un periodo.

El coeficiente de escorrentía depende, además, de la intensidad de lluvia, de las características del suelo, la vegetación y la pendiente del suelo. (ABSALON VÁSQUEZ, 2000).

La escorrentía superficial comprende el exceso de la precipitación que ocurre después de una lluvia intensa y se mueve libremente por la superficie del terreno, y la escorrentía de una corriente de agua, que puede ser alimentada tanto por el exceso de precipitación como por las aguas subterráneas.

(GERMAN MONSALVE, 1999)

DISPONIBILIDAD HÍDRICA.

Desde el punto de vista hidrológico se entiende como disponibilidad de agua, a la cantidad de agua que se dispone en un sistema hidrológico, para abastecer la demanda de un usuario del agua. Esta cantidad puede provenir directamente de la lluvia o estar disponible en ríos, quebradas o lagunas. La demanda puede ser poblacional (para agua potable), agrícola, pecuaria, para piscigranjas, hidroeléctrica, etc. Como se puede apreciar, el uso del agua es múltiple dentro de una cuenca; por esta razón es muy importante una buena evaluación de la disponibilidad del agua cuando se está efectuando planes de desarrollo y manejo de cuencas.

(ABSALON VÁSQUEZ, 2000)

BALANCE HÍDRICO.

El Balance Hidrológico relaciona las variables que intervienen en el ciclo hidrológico. Se aplica en todos los casos que tienen que ver con la distribución de los recursos hidráulicos a nivel global, o en cuencas particulares. Es imprescindible en los estudios de regulación de embalses

y en los proyectos de suministro de agua para acueducto, riego y generación hidroeléctrica.

En general podemos afirmar que del agua que cae en un determinado sitio (precipitación = P), una parte vuelve a la atmósfera ya sea por evaporación directa o por transpiración de la vegetación (evapotranspiración = ETR); otra parte escurre por la superficie (escorrentía superficial = ES) confluyendo a través de la red de drenaje hasta alcanzar los cauces principales y finalmente el mar, y el resto se infiltra en el terreno y se incorpora al sistema de aguas subterráneas o acuífero (infiltración = I).

Estas magnitudes deben cumplir con la siguiente ecuación que se conoce con el nombre de balance hidrológico: $P = ETR + ES + I$

SOKOLOV, ALEKSEI ALEKSANDROVICH, CHAPMAN, 2005, Métodos de cálculos del Balance Hídrico.

(unesdoc.unesco.org/images/0013/001377/137771so.pdf 11 Oct. 2011)

Para el balance hídrico su cálculo se puede realizar a partir de los valores de la evapotranspiración corregida haciendo intervenir además la precipitación media mensual.

(MÁXIMO VILLON, 2002).

El estudio de abastecimiento de agua de un proyecto de aprovechamiento de agua, principalmente con fines de riego y/o energéticos (hidroeléctricos) implica fundamentalmente el estudio del esquema hidráulico visto como un sistema hidrológico.

La relación entre la entrada, salida y almacenamiento de agua está dada por la ecuación de conservación de masas ($ds/dt = xt - yt$); donde: xt = entrada en el sistema; yt = salida o demanda del sistema; s = almacenamiento del sistema; t = tiempo.

(ABSALON VÁSQUEZ, 2000).

Este método consiste en escribir la ecuación de balance hídrico en términos de volúmenes.

$$S_1 + I + P - O - O_g - E = S_2$$

S → Almacenamiento.

I → Volumen de entrada

P → Precipitación

O → Volumen de salida

O_g → Infiltración

E → Evaporación.

Se trata de un método simple, en teoría, porque en la práctica rara vez da resultados confiables. La razón está en que los errores en la medición de los volúmenes que intervienen y de los almacenamientos repercuten directamente en el cálculo de la evaporación. De todos los términos que entran en la ecuación, el más difícil de evaluar es la infiltración, porque debe ser estimada indirectamente a partir de los niveles de agua subterránea, permeabilidad, etc.

(WENDOR CHEREQUE, 1990)

EL SISTEMA HÍDRICO

También a la cuenca hidrográfica se le reconoce como un área de terreno conformada por un sistema hídrico, el cual tiene un río principal, sus afluentes secundarios, terciarios, de cuarto orden o más. El sistema hídrico refleja un comportamiento de acuerdo a cómo se están manejando los recursos agua, suelo y bosque; y qué actividades o infraestructuras afectan su funcionamiento.

Todo punto de la tierra puede relacionarse con el espacio de una cuenca hidrográfica, a veces corresponde a las partes altas, laderas, lugares ondulados, sitios planos y zonas bajas, que pueden localizarse hasta en las zonas costeras, cuando la cuenca conduce su drenaje a un océano o mar.

Algunos lugares que pertenecen a pequeños cauces o drenajes y que no forman un río mayor, que pueden desembocar directamente al océano o a otro cauce mayor, se denomina zonas de "intercuencas" y pueden asociarse físicamente con la cuenca, subcuenca o microcuenca limítrofe.

En las zonas planas o "llanura", es difícil configurar el límite de las cuencas. Allí los ríos meándricos pueden formar cauces erráticos, de zonas inundables, a veces muy sedimentada que dificultan la delimitación de la cuenca. La orientación del drenaje será determinante o por medio de una carta topográfica con curvas de nivel de menor equidistancia.

Por el sistema de drenaje y su conducción final, las cuencas hidrográficas se denominan arréicas, exorréicas, criptorréicas y endorréicas:

- a) *Son arréicas* cuando no logran drenar a un río, mar o lago. Sus aguas se pierden por evaporación o infiltración sin llegar a formar escurrimiento subterráneo.
- b) *Son criptorréicas* cuando sus redes de drenaje superficial no tienen un sistema organizado o aparente y corren como ríos subterráneos (caso de zonas cársticas).
- c) *Son endorréicas* cuando sus aguas drenan a un embalse o lago sin llegar al mar.
- d) *Son exorréicas* cuando las vertientes conducen las aguas a un sistema mayor de drenaje como un gran río o mar.

WORLD VISION 2002, Conceptos básicos de Cuencas

(www.pnuma.org/deramb/actividades/gobernanza/cd/Biblioteca/Capacitacion%20cuencas/Modulo1.pdf 10 Oct. 2011)

CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS DE LA SELVA.

En nuestra selva se distinguen: ríos, lagunas, cochas y pantanos.

- **Los ríos.**

Presentan características físicas y químicas muy diferenciadas tanto en la selva alta como en la selva baja.

Las características físicas de los ríos incluyen variaciones de temperatura, sedimentos y torrencialidad por el desnivel. En la selva alta por el pronunciado desnivel existente entre los 800 y los 3000 m.s.n.m. los ríos son de corriente violenta con rápidos y cascadas, además en las partes más altas sus aguas son de temperatura fría que

va cambiando a medida que llega a las zonas más bajas y cálidas, estas características impiden la navegabilidad y las especies acuáticas son escasas y propias o sea distintas a los de la selva baja.

En la selva bajo los ríos son muy diferentes, son de aguas cálidas y tranquilas debajo de los 800 m.s.n.m. los rápidos son raros y son navegables con embarcaciones pequeñas, medianas y grandes, según su caudal. La flora y fauna es muy rica y variada con especies de mamíferos.

Por sus características químicas se clasifican en ríos blancos y negros: los primeros contienen en disolución sustancias minerales y sedimentos provenientes de la zona andina por efecto de la erosión y sus aguas son de color claro en época de vaciante y turbias en épocas de crecientes, estas son oscuras por la cantidad de ácido húmico que contiene, nace en la misma selva baja y sus características se debe a la disolución de la materia orgánica del bosque.

(ROLANDO REÁTEGUI, 1997)

1.4. VARIABLES.

2.1.1 Independiente (X)

| Variable | Indicadores | Unidades. |
|--|--|----------------------|
| Disponibilidad hídrica de la Microcuenca | Precipitación promedio mensual/subcuenca/15 años | Mm |
| | Oferta Hídrica | mm |
| | Demanda Hídrica | m ³ /Hab. |
| | Descargas de los cursos principales | m ³ /seg |

Fuente: Elaboración propia

1.5. HIPOTESIS.

Hipótesis alternativa: La disponibilidad hídrica es mayor a la demanda hídrica en las cuencas de estudio

Hipótesis nula: La disponibilidad hídrica es igual a la demanda hídrica en las Microcuencas de estudio.

CAPITULO II:
MARCO METODOLOGICO

2.1.2 POBLACIÓN Y MUESTRA.

Población: la Microcuenca Curiyacu.

Debido a que los sucesos, acontecimientos y los parámetros a medir tienen ocurrencia en el espacio hidrogeográfico de la Microcuenca.

Muestra: es cada parámetro que será medido dentro del espacio hidrogeográfico, como son: la geomorfología de la Microcuenca, la precipitación, escorrentía, Factor de Escorrentía (Infiltración, evaporación, otros pérdidas), caudal de salida, consumo o Humano.

2.1.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.

a. Para la geomorfología de la microcuenca, se tomarán datos de campo la información geográfica con el apoyo del GPS, también con la ayuda de base de datos digitales SIG de la Microcuenca a estudiar.

b. Para datos de Precipitación, se tomó en cuenta los datos Históricos de Precipitación total mensual (10 años) registrados por SENAMHI, de tres estaciones:

- LAMAS – 000383 (Lat. 6°25'25", Long. 76°31'31")
- SAN ANTONIO – 153314(Lat. 6°25'25", Long. 76°25'25")
- PONGO DE CAYNARACHI-003317(Lat. 6°20'1", Long. 76°18'1")

c. Por tal motivo es necesario saber que el nuestro país, la cantidad necesaria de agua para consumo humano, se puede fijar en 35 litros por persona y por día para las zonas marginales de las ciudades de la costa y selva

DIGESA 2004, Agua y Saneamiento, Dirección General de Salud. (Documentos Técnicos de riesgo de Salud Ambiental – Agua y Saneamiento)

2.2 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.

A. Para los datos geomorfológicos, se procederá a realizar los cálculos de la información colectada en campo y por la base de datos SIG; calculándose el área, perímetro, longitud del curso principal, longitud de cursos secundarios, número de cursos intermitentes, número de cursos permanentes, densidad de drenaje, densidad de corriente, pendiente, factor forma, coeficiente de compacidad.

Delimitación de la microcuenca.

El procedimiento consiste en tomar la hoja de la carta nacional que contenga la microcuenca, en este caso se empleará los planos del Área de Conservación Regional, se ejecutan los siguientes pasos:

- Colocar en una lámina de papel transparente sobre el plano que contenga la cuenca.
- Trazar sobre el papel la línea divisoria de aguas, uniendo las proyecciones de los puntos de máximas alturas, manteniendo el criterio que el agua que cae en ellos estaría en la disyuntiva de escurrir en la cuenca y llegar al dren o bien dirigirse hacia la cuenca vecina.
- Es recomendable dibujar en este estudio las curvas de nivel, el dren principal, y todos los drenes secundarios contenidos dentro de la cuenca ya delimitada.

(LUIS REYES, 1992)

También para la delimitación de la cuenca, con el uso de la tecnología y los avances en el sistema de información geográfica, existen software como el ArcGis 9.3 que permiten el modelamiento de cuencas, siguiendo el mismo criterio que en lo anterior solo que en este caso se procede de forma digital.

Área de la cuenca.

Del plano transparente que ha servido para la delimitación de la cuenca se sacan copias en papel ozalid o milimetrado, y sobre esas copias usando planímetros se determinan las áreas comprendidas entre las curvas de nivel y la demarcatoria de la cuenca. La suma de todas estas áreas será igual al área de la cuenca en proyección horizontal. Esta área deberá comprobarse con un planimetrado general de la cuenca.

(LUIS REYES, 1992)

Como en el caso anterior también es posible emplear los software SIG como el ArcGis 9.3 el cual dentro de sus aplicaciones nos permite determinar el área de la cuenca delimitada con anterioridad.

Cálculo del perímetro de una cuenca.

Debido a que la forma de la cuenca es muy irregular, el cálculo del perímetro de de la cuenca no se puede realizar con fórmulas geométricas, sin embargo existen los siguientes métodos para su cálculo:

- **Uso de un mecate (hilo):**

- Con un mecate (hilo) se bordea el perímetro de la cuenca, y se obtienes Lc (longitud de la cuenca medida en una regla), el cual corresponde al perímetro de la cuenca Pc.
- Con la misma escala que esta dibujada la cuenca, se dibuja una línea de divisiones conocidas y se obtiene Ll (Longitud medida con regla), el cual tiene un Pl.
- Aplicar la regla de tres:

Pc ----- Lc

Pl ----- Ll

Luego:

$$Pc = \frac{Pl \times Lc}{Ll}$$

Donde:

Pc = perímetro de la cuenca a calcular.

Pl = perímetro de la línea conocida.

Lc = longitud de la cuenca medida con mecate.

Ll = longitud de la línea medida con mecate

(MÁXIMO VILLON, 2002)

- **Uso del curvómetro.**

Es un instrumento que consta de una rueda móvil, y que permite medir longitudes de forma irregular, como son perímetro de una cuenca, longitudes de cauce de un río, sus tributarios, y longitudes de curvas de nivel. El uso del curvómetro es muy similar al del mecate, en vez de bordear el perímetro con un mecate, lo hacemos con el curvómetro, la ecuación para su cálculo es:

$$Pc = \frac{Pl \times Lc}{Ll}$$

Donde:

Pc = perímetro de la cuenca a calcular.

Pl = perímetro de la línea conocida.

Lc = longitud de la cuenca medida con el curvómetro.

Ll = longitud de la línea medida con curvómetro.

(MÁXIMO VILLON, 2002)

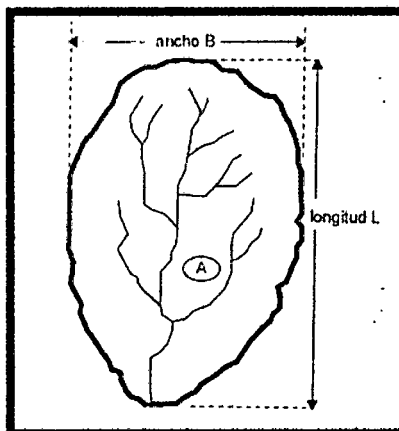
En este factor también es posible emplear el software ArcGis 9.3, que dentro de sus herramientas nos permite calcular el perímetro de la cuenca en estudio.

Índice o factor forma de una cuenca (F)

Expresa la relación, entre el ancho promedio de la cuenca y su longitud, es decir:

$$F = \frac{\text{Ancho}}{\text{Longitud}} = \frac{B}{L}$$

Figura 01



Suponiendo la cuenca de forma rectangular:

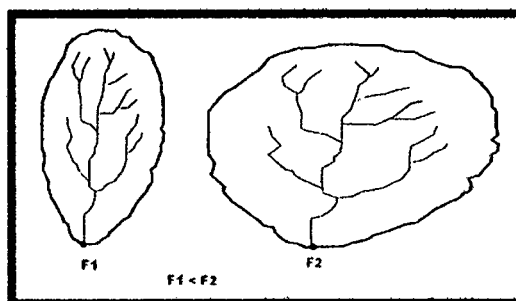
$$F = \frac{B \times L}{L \times L} = \frac{A}{L^2}$$

$$F = \frac{A}{L^2}$$

Si una cuenca tiene un F mayor que otra (tal es el caso de F2 en la figura 2), existe mayor posibilidad de tener una tormenta intensa simultánea, sobre todo la extensión de la cuenca.

Por el contrario, si la cuenca si la cuenca tiene un F menor, tiene menos tendencia a concentrar las intensidades de lluvias, que una cuenca de igual área pero con un F mayor.

Figura 02



(MÁXIMO VILLON, 2002).

Índice de compacidad (índice de Gravelious)

El índice de compacidad de una cuenca, definida por Gravelious, expresa la relación entre el perímetro de la cuenca, y el perímetro equivalente de una circunferencia, que tiene la misma área de la cuenca es decir:

$$K = \frac{\text{perímetro de la cuenca}}{\text{perímetro de un círculo de igual área}}$$

$$K = \frac{P}{P_0} \dots\dots (*)$$

$$K = \frac{P}{2r^2\pi} \dots\dots (**)$$

$$A = 2r^2\pi \rightarrow r = \sqrt{\frac{A}{2\pi}} \dots\dots (***)$$

Sustituyendo *** en **

$$K = \frac{P}{2\pi \sqrt{\frac{A}{2\pi}}} \rightarrow K = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}}$$

$$K = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}} \dots\dots (****)$$

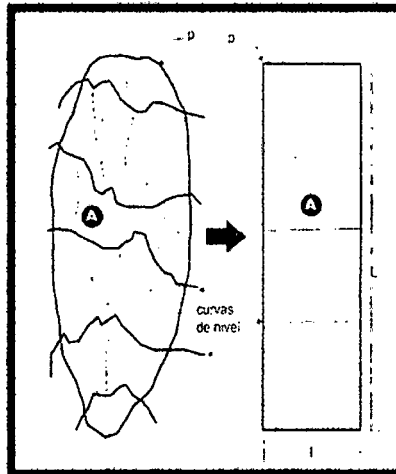
El índice de compacidad, trata de expresar la influencia del perímetro y el área de una cuenca en la escorrentía, particularmente en las características del hidrograma. Si $K=1$, la cuenca será de forma circular; por lo general, para cuencas alargadas se espera que $K > 1$. Las cuencas de forma alargada,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

(MÁXIMO VILLÓN, 2002)

Rectángulo equivalente.

El rectángulo equivalente es una transformación geométrica, que permite representar a la cuenca, de su forma heterogénea, con la forma de un rectángulo, que tiene la misma área y perímetro (y por lo tanto el mismo de compacidad o índice de Gravelious), igual distribución de alturas (y por lo tanto igual curva hipsométrica), e igual distribución de terreno en cuanto a sus condiciones de cobertura. En este rectángulo, las curvas de nivel se convierten en rectas paralelas al lado menor, siendo estos lados, la primera y última curvas de nivel, ver en la siguiente figura.

Figura 03



Si l y L son las dimensiones del rectángulo equivalente se cumple:

$$\text{Área: } A=l \times L \dots (1)$$

$$\text{Perímetro: } P=2(l+L)\dots (2)$$

El índice de Gravelious es:

$$K=0,28 \frac{P}{\sqrt{A}} \dots (***)$$

Sustituyendo 2 en ***

$$K=0,28 \frac{2(l+L)}{\sqrt{A}}$$

$$K=0,56 \frac{l+L}{\sqrt{A}} \rightarrow \frac{K\sqrt{A}}{0,56} = l+L \dots (2.1)$$

De (1) se tiene:

$$l = \frac{A}{L} \dots (1.1)$$

Sustituyendo (1.1) en (2.1)

$$\frac{K\sqrt{A}}{0,56} = \frac{A}{L} + L = \frac{A+L^2}{L}$$

$$\frac{K\sqrt{A}}{0,56} L = A + L^2$$

$$L^2 - \frac{K\sqrt{A}}{0,56} L + A = 0$$

De donde, aplicando la ecuación de segundo grado, resulta:

$$L = \frac{\frac{K\sqrt{A}}{0,56} \pm \sqrt{\frac{K^2}{0,56^2} - 4A}}{2}$$

$$L = \frac{1}{2} \left(\frac{k\sqrt{A}}{0,56} \pm \sqrt{\frac{K^2}{0,56^2} \left(1 - \frac{4A}{K^2 A} \times 0,56^2 \right)} \right)$$

$$L = \frac{1}{2} \left(\frac{k\sqrt{A}}{0,56} \pm \frac{k\sqrt{A}}{0,56} \sqrt{\left(1 - \left(\frac{1,12}{K} \right)^2 \right)} \right)$$

$$L = \frac{k\sqrt{A}}{1,12} \left(1 \pm \sqrt{\left(1 - \left(\frac{1,12}{K} \right)^2 \right)} \right)$$

Si se trata del lado mayor L, se toma el signo (+):

$$L = \frac{k\sqrt{A}}{1,12} \left(1 + \sqrt{\left(1 - \left(\frac{1,12}{K} \right)^2 \right)} \right) \dots (2.3)$$

Si se trata del lado menor l, se toma el signo (-):

$$L = \frac{k\sqrt{A}}{1,12} \left(1 - \sqrt{\left(1 - \left(\frac{1,12}{K} \right)^2 \right)} \right) \dots (2.4)$$

Donde:

L = Longitud del lado mayor del rectángulo.

l = Longitud del lado menor del rectángulo.

K = índice de Gravelious.

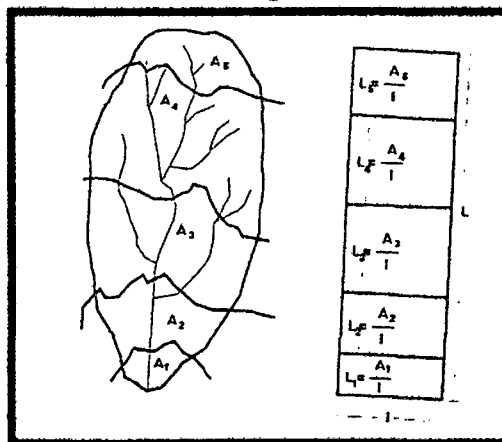
A = área de la cuenca.

Con los resultados de las ecuaciones (2.3) y (2.4) se dibuja un rectángulo de base l y de altura L, después se hallan los cocientes,

$L_1 = \frac{A_1}{l}, L_2 = \frac{A_2}{l}, L_3 = \frac{A_3}{l}, L_4 = \frac{A_4}{l}, L_5 = \frac{A_5}{l}$, y de estas magnitudes se

llevan en el lado mayor del rectángulo como lo muestra la siguiente.

Figura 04



Índice de pendiente.

El índice de pendiente, es una ponderación que se establece entre las pendientes y el tramo recorrido por el río. Con este valor se puede establecer el tipo de granulometría que se encuentra en el cauce. Además, expresa en cierto modo, el relieve de la cuenca. Se obtiene utilizando el rectángulo equivalente, con la siguiente ecuación:

$$I_p = \sum_{i=2}^n \sqrt{\beta_i (a_i - a_{i-1}) \cdot \frac{1}{\sqrt{L}}}$$

Donde:

I_p = índice de pendiente.

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

$a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ = cotas de las n curvas de nivel consideradas (Km)

β_i = fracción de la superficie total de la cuenca comprendida entre las cotas $a_i - a_{i-1}$

$$\beta_i = \frac{A_i}{A_T}$$

L = Longitud del mayor lado del rectángulo equivalente (km)

Pendiente de la cuenca.

La pendiente de una cuenca, es un parámetro muy importante en el estudio de toda cuenca, tiene una relación importante y compleja con la infiltración, la escorrentía superficial, la humedad del suelo, y la contribución del agua subterránea a la escorrentía. Es uno de los factores, que controlan el tiempo de escurrimiento y concentración de la lluvia en los canales de drenaje, tiene una importan directa en relación a la magnitud de las crecidas.

Existen también diversos criterios para evaluar la pendiente entre las cuales se pueden citar:

Criterio de Alvord.

Este criterio está basado, en la obtención previa de pendientes existentes entre las curvas de nivel. Dividiendo el área de la cuenca, en áreas parciales por medio de sus curvas de nivel, y las líneas medias de las curvas de nivel.

La pendiente de una porción del área de una cuenca es:

$$S_i = \frac{D}{W_i}$$

Donde:

S_i = pendiente media de la faja.

D = desnivel entre las líneas medias. Como son líneas intermedias entre curvas de nivel, se puede aceptar que es el desnivel entre dichas curvas.

$$W_i = \frac{a_i}{L_i}$$

a_i = área de la faja ($a_i = W_i \times L_i$).

L_i = longitud de la curva de nivel.

Luego, la pendiente ponderada de toda la cuenca es:

$$S = \frac{S_1 a_1 + S_2 a_2 + S_3 a_3 + \dots + S_n a_n}{a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n} \dots \dots \dots (5)$$

Como:

$$S_i = \frac{D}{W_i} = \frac{D}{\frac{a_i}{L_i}} = \frac{D L_i}{a_i} \dots \dots \dots (6)$$

Sustituyendo 6 en 5, resulta:

$$S = \frac{\frac{D L_1}{a_1} a_1 + \frac{D L_2}{a_2} a_2 + \frac{D L_3}{a_3} a_3 + \dots + \frac{D L_n}{a_n} a_n}{A}$$
$$S = \frac{D L_1 + D L_2 + D L_3 + \dots + D L_n}{A} \dots \dots \dots (7)$$

Para $D = \text{cte.}$

$$S = \frac{D(L_1 + L_2 + L_3 + \dots + L_n)}{A}$$

Haciendo $L = \sum l$ longitud total de las curvas de nivel de la cuenca se tiene:

$$S = \frac{DL}{A}$$

Donde:

S = pendiente de la cuenca.

D = desnivel constante entre curvas de nivel en Km

L = longitud total de las curvas de nivel dentro de la cuenca, en Km^2
 Para el caso en que D no sea constante (eso puede suceder en la parte más alta y más baja de la cuenca, de la ecuación 6), se tiene:

$$S = \frac{D_1 l_1 + D_2 l_2 + D_3 l_3 + \dots + D_{n-1} l_{n-1} + D_n l_n}{A}$$

Donde:

S = pendiente de la cuenca.

D_1 = desnivel en la parte más baja, en Km

D_n = desnivel en la parte más alta, en km

D = desnivel constante entre curvas de nivel, en km

A = Área de la cuenca, en Km^2 .

Criterio del rectángulo equivalente.

Con este criterio, para hallar la pendiente de la cuenca, se toma la pendiente media del rectángulo equivalente, es decir:

$$S = \frac{H}{L}$$

Donde:

S = pendiente de la cuenca

H = desnivel total (cota en la parte más alta – cota en la estación de aforo), en Km.

L = lado mayor del rectángulo equivalente, en Km.

Este criterio no proporciona un valor significativo de la pendiente de la cuenca, pero puede tomarse como una aproximación. **(MÁXIMO VILLON, 2002)**

Criterio de Horton.

En una copia del plano de delimitación de la cuenca que contiene curvas de nivel se procede de la siguiente manera:

- a. Siguiendo la orientación del dren principal se traza un reticulado de acuerdo al siguiente criterio:
 - Si la cuenca tiene un área menos o igual a 250 Km²., es necesario formar un reticulado de por los menos 4 cuadrados por lado.
 - Si la cuenca tiene un área mayor de 250 Km²., es necesario aumentar el número de cuadrados del reticulado para mejorar la precisión del cálculo.
- b. Se asocia, el reticulado así formado, un sistema de ejes rectangulares x, e y acotándose cada eje, correspondiéndole una coordenada a cada línea del rectángulo.
- c. A continuación se mide la longitud de cada línea del rectángulo en las direcciones x, e y, contándose además el número de intersecciones y tangencias de cada línea con las curvas de nivel de desnivel constante en las direcciones x, e y.
- d. Se evalúa las pendientes de la cuenca en las direcciones x, e y, según las siguientes formulas:

$$S_x = \frac{N_x D}{L_x} \quad ; \quad S_y = \frac{N_y}{L_y}$$

En las que:

S_x = pendiente de la cuenca en la dirección x

S_y = pendiente de la cuenca 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 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.

- e. Se determina el ángulo θ entre las líneas del reticulado y las curvas de nivel para aplicar la ecuación de Horton y obtener la pendiente media "S" de la cuenca.

$$S_c = N \cdot D \frac{\sec \theta}{L}$$

En la que:

$$L = L_x + L_y$$

$$N = N_x + N_y$$

La determinación de $\sec \theta$ de cada intersección es muy laboriosa, por lo que el mismo Horton sugiere tomar un valor promedio de 1.57.

Cuando se requiere comparar cuencas es práctica usual no considerar el valor de la $\sec \theta$, o también considerar como pendiente de la cuenca, el promedio aritmético o geométrico de las pendientes S_x y S_y .

El número de las intersecciones y tangencias así como las longitudes de las líneas del reticulado pueden presentarse como se indica en el cuadro siguiente:

| Determinación de la pendiente de la cuenca del Río: | | | | |
|---|---------------------------|-------|---|-------|
| | | | | |
| - Según el criterio de Horton. | | | | |
| Desnivel constante entre las curvas de nivel: | | | | |
| Línea del reticulado | Intersección y tangencias | | Long. líneas reticulares (Km ²) | |
| | N_x | N_y | L_x | L_y |
| 0 | | | | |
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| Suma | A | B | c | d |
| Suma total | a+b | | c+d | |

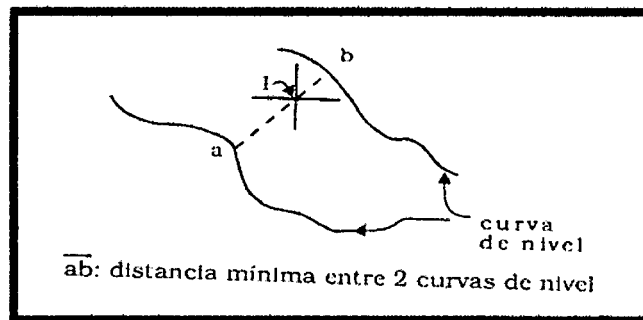
(DR. ING. LUIS V. REYES, 1992)

Criterio de Nash.

Es una copia del plano de delimitación de la cuenca que contiene curvas de nivel se procede de la siguiente forma:

- a. Siguiendo la orientación del dren principal se traza un reticulado de tal forma que se obtengan aproximadamente 100 intersecciones dentro de la cuenca.
- b. Se asocia a este reticulado un sistema de ejes rectangulares x, e y.
- c. A cada intersección se le asigna un numero y se anotan las coordenadas x, e y correspondientes.
- d. En cada intersección se mide la distancia mínima entre las curvas de nivel, según se indica en la figura siguiente:

Figura 05



- e. Se calcula la pendiente en cada intersección dividiendo el desnivel entre las 2 curvas de nivel y la mínima distancia medida.
- f. Se calcula la medida de las pendientes de las intersecciones y este valor, según Nash, se puede considerar como la pendiente de la cuenca.
- g. Cuando una intersección se ubica entre dos curvas de nivel de la misma cota, la pendiente se considera nula y esa intersección no se toma en cuenta para el cálculo de la media.

Los datos así obtenidos pueden ordenarse según el cuadro siguiente para facilitar los cálculos.

CUADRO N°01

| Determinación de la pendiente de la cuenca del Rio:..... Según el criterio de Nash. | | | | | |
|---|-------------|---|------------------------|--------------------------|----------------------|
| Desnivel constante entre las curvas de nivel: | | | | | |
| Intersección N° | Coordenadas | | Distancia mínima Km | Pendiente S intersec. | Elevación m.s.n.m |
| | x | y | | | |
| 0 | | | | | |
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| . | | | | | |
| . | | | | | |
| . | | | | | |
| N | | | | | |
| N-m | | | | $\Sigma S =$ | $\Sigma =$ |

(DR. ING. LUIS V. REYES, 1992)

Según este cuadro la pendiente de la cuenca, de acuerdo al criterio Nash será:

$$S_c = \frac{\Sigma S}{(N-m)}$$

Los datos obtenidos pueden analizarse estadísticamente considerando las pendientes calculadas en cada intersección a fin de trazar una grafica de distribución de frecuencias y objetivizar mejor la variación de las pendientes de la cuenca.

Para ellos se escoge un intervalo de clase de pendientes, por ejemplo 0.010 y se considera que todas las pendientes con valores comprendidos entre 0.3450 y 0.3549 pueden tomarse como 0.3500; aquellas entre 0.3550 y 0.3649 como 0.3600 y así sucesivamente, anotándose las veces en que se cumple cada intervalo.

La precisión de los resultados de este análisis estadístico dependerá, como es lógico, del valor del intervalo de clase seleccionado.

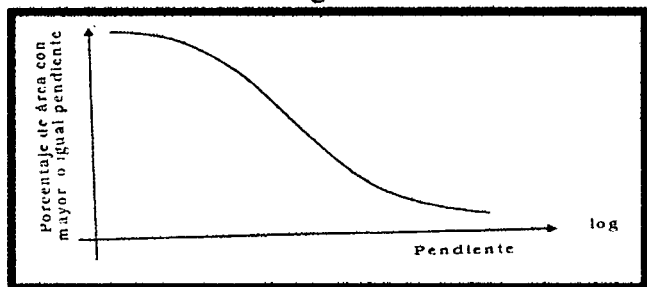
Los cálculos pueden ordenarse con la ayuda del cuadro que se muestra a continuación:

CUADRO N°02

| Análisis estadístico de las pendientes de la cuenca del río..... Según el criterio de Nash. | | | | |
|--|--|---|--------------------------|-------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Intervalo de clasificación de pendientes | Numero n de veces que se cumple cada intervalo | Frecuencia con que se cumple cada pendiente $\frac{N}{n}$ | $\frac{N}{n} \times 100$ | $\frac{\sum N}{n} \times 100$ |
| 0.4500 | . | . | . | . |
| 0.4400 | . | . | . | . |
| . | . | . | . | . |
| . | . | . | . | . |
| . | . | . | . | . |
| . | . | . | . | . |
| . | . | . | . | . |
| 0 | . | . | . | 100.00 |
| Suma | N | 1.0000 | 100.00 | |

Si los valores de la columna 1 lo llevamos a la escala logarítmica de un papel semilog, y los valores de la columna 5 a la escala aritmética (que corresponderá al porcentaje del área con mayor o igual pendiente) obtenemos la distribución de frecuencias de las pendientes de la cuenca en estudio.

Figura 06



(DR. ING. LUIS V. REYES, 1992)

Estudios de caudales.

Caudal Q.

El caudal, definido como el volumen de escorrentía superficial por unidad de tiempo, $Q=V/t$, es la principal variable que caracteriza la escorrentía, se expresa en m^3/S o L/S .

Método racional.

Es aplicable en general a pequeñas cuencas, mediante este método, se puede calcular el caudal Q de escurrimiento con la aplicación de la ecuación de la simple forma:

$$Q = C.I.A$$

En la que:

C = coeficiente de escorrentía.

I = intensidad de la lluvia generadora, cuya duración debe conocerse.

A = Área interesada de la cuenca.

Ahora bien, para ser consecuente con las unidades que voy a utilizar, la expresión queda como:

$$Q=(C.I.A)/360$$

Donde:

C = el coeficiente de escorrentía

I = la intensidad de lluvia máxima (mm/h) para una duración igual al tiempo de concentración y un periodo de retorno T

A = el área de la cuenca (Ha)

Q = el caudal de lluvia (m3/s)

CUADRO N°03 COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA.

| Características de la superficie de la cuenca. | Tiempo de retorno (años) | | |
|--|--------------------------|------|------|
| | 50 | 100 | 500 |
| Bosque plano | 0,35 | 0,39 | 0,48 |
| Bosque 2 – 7% | 0,43 | 0,47 | 0,56 |
| Bosque > 7% | 0,48 | 0,52 | 0,58 |
| Pastizales planos | 0,37 | 0,41 | 0,53 |
| Pastizales 2 – 7% | 0,45 | 0,49 | 0,58 |
| Pastizales > 7% | 0,49 | 0,53 | 0,60 |
| Áreas de cultivo plano | 0,43 | 0,47 | 0,57 |
| Áreas de cultivo 2 – 7% | 0,48 | 0,51 | 0,60 |
| Áreas > 7% | 0,51 | 0,54 | 0,61 |
| Asfáltico | 0,90 | 0,95 | 1,00 |
| Concreto | 0,92 | 0,97 | 1,00 |

Fuente: Manual de Cuencas Altoandinas - Absalón Vásquez

Métodos probabilísticos.

Consiste en efectuar el análisis de frecuencia utilizando funciones de distribución de probabilidad, siendo las más utilizadas las distribuciones **NORMAL**, **LOG – NORMAL** y **LOG – PEARSON TIPO III**. Estudios hidrológicos realizados en zonas montañosas como la sierra del Perú han demostrado que la distribución Log - Pearson tipo III da buenos resultados en la predicción de caudales máximos. Esta distribución tiene la siguiente forma:

$$\text{Log } Q = \bar{X} + KS$$

Donde:

Q = caudal máximo

\bar{X} = media de los LogQ

S = desviación estándar de los LogQ

K = factor de frecuencia. Está en función del sesgo G y la probabilidad de excedencia.

CUADRO N° 04
VALORES DEL COEFICIENTE DE SESGO.

| Sesgo G ^z | Periodo de retorno (años) | | | | | | | |
|-------------------------|---------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1,0101 | 2 | 5 | 10 | 25 | 50 | 100 | 200 |
| | Probabilidad (%) | | | | | | | |
| | 99 | 50 | 20 | 10 | 4 | 2 | 1 | 0,5 |
| 3,0 | -0,667 | -0,396 | 0,420 | 1,180 | 2,278 | 3,152 | 4,051 | 4,970 |
| 2,9 | -0,690 | -0,390 | 0,440 | 1,195 | 2,277 | 3,134 | 4,013 | 4,904 |
| 2,8 | -0,714 | -0,384 | 0,460 | 1,210 | 2,275 | 3,114 | 3,973 | 4,847 |
| 2,7 | -0,740 | -0,376 | 0,479 | 1,224 | 2,272 | 3,093 | 3,932 | 4,783 |
| 2,6 | -0,769 | -0,368 | 0,499 | 1,238 | 2,267 | 3,071 | 3,889 | 4,718 |
| 2,5 | -0,799 | -0,360 | 0,518 | 1,250 | 2,262 | 3,048 | 3,845 | 4,652 |
| 2,4 | -0,832 | -0,351 | 0,537 | 1,262 | 2,256 | 3,023 | 3,800 | 4,584 |
| 2,3 | -0,867 | -0,341 | 0,555 | 1,274 | 2,248 | 2,970 | 3,753 | 4,515 |
| 2,2 | -0,905 | -0,330 | 0,574 | 1,284 | 2,240 | 2,970 | 3,705 | 4,444 |
| 2,1 | -0,946 | -0,319 | 0,592 | 1,294 | 2,230 | 2,942 | 3,656 | 4,372 |
| 2,0 | -0,990 | -0,307 | 0,609 | 1,302 | 2,219 | 2,912 | 3,605 | 4,298 |
| 1,9 | -1,037 | -0,294 | 0,627 | 1,310 | 2,207 | 2,881 | 3,553 | 4,223 |

| | | | | | | | | |
|-----|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1,8 | -1,087 | -0,282 | 0,643 | 1,318 | 2,193 | 2,848 | 3,499 | 4,147 |
| 1,7 | -1,140 | -0,268 | 0,660 | 1,324 | 2,179 | 2,815 | 3,444 | 4,069 |
| 1,6 | -1,197 | -0,254 | 0,675 | 1,329 | 2,163 | 2,780 | 3,388 | 3,990 |
| 1,5 | -1,256 | -0,240 | 0,690 | 1,333 | 2,146 | 2,743 | 3,330 | 3,910 |
| 1,4 | -1,318 | -0,225 | 0,705 | 1,337 | 2,128 | 2,706 | 3,271 | 3,828 |
| 1,3 | -1,383 | -0,210 | 0,719 | 1,339 | 2,108 | 2,666 | 3,211 | 3,745 |
| 1,2 | -1,449 | -0,195 | 0,732 | 1,340 | 2,087 | 2,626 | 3,149 | 3,661 |
| 1,1 | -1,518 | -0,180 | 0,745 | 1,341 | 2,066 | 2,585 | 3,087 | 3,575 |
| 1,0 | -1,588 | -0,164 | 0,758 | 1,340 | 2,043 | 2,542 | 3,022 | 3,489 |
| 0,9 | -1,660 | -0,148 | 0,769 | 1,339 | 2,018 | 2,498 | 2,957 | 3,401 |
| 0,8 | -1,733 | -0,132 | 0,780 | 1,336 | 1,993 | 2,453 | 2,891 | 3,312 |
| 0,7 | -1,806 | -0,116 | 0,790 | 1,333 | 1,967 | 2,407 | 2,824 | 3,223 |
| 0,6 | -1,880 | -0,099 | 0,800 | 1,328 | 1,939 | 2,359 | 2,755 | 3,132 |
| 0,5 | -1,955 | -0,083 | 0,808 | 1,323 | 1,910 | 2,311 | 2,686 | 3,041 |
| 0,4 | -2,029 | -0,066 | 0,816 | 1,317 | 1,880 | 2,261 | 2,615 | 2,949 |
| 0,3 | -2,104 | -0,050 | 0,824 | 1,309 | 1,849 | 2,211 | 2,544 | 2,856 |
| 0,2 | -2,178 | -0,033 | 0,830 | 1,301 | 1,818 | 2,159 | 2,472 | 2,763 |
| 0,1 | -2,252 | -0,017 | 0,836 | 1,292 | 1,785 | 2,107 | 2,400 | 2,670 |
| 0,0 | -2,326 | -0,000 | 0,842 | 1,282 | 1,751 | 2,054 | 2,326 | 2,576 |

Fuente: Manejo de Cuencas Altoandinas – Absalón Vásquez

CUADRO N° 05
VALORES DEL COEFICIENTE DE SESGO

| Sesgo G ^z | Periodo de retorno (años) | | | | | | | |
|-------------------------|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1,0101 | 2 | 5 | 10 | 25 | 50 | 100 | 200 |
| | Probabilidad (%) | | | | | | | |
| | 99 | 50 | 20 | 10 | 4 | 2 | 1 | 0,5 |
| 0 | -2,326 | 0,0 | 0,842 | 1,282 | 1,751 | 2,054 | 2,326 | 2,576 |
| -0,1 | -2,400 | 0,017 | 0,846 | 1,270 | 1,716 | 2,000 | 2,252 | 2,482 |
| -0,2 | -2,472 | 0,033 | 0,850 | 1,258 | 1,680 | 1,945 | 2,178 | 2,388 |
| -0,3 | -2,544 | 0,050 | 0,853 | 1,245 | 1,643 | 1,890 | 2,104 | 2,294 |
| -0,4 | -2,615 | 0,066 | 0,855 | 1,231 | 1,606 | 1,834 | 2,029 | 2,201 |
| -0,5 | -2,680 | 0,083 | 0,856 | 1,216 | 1,567 | 1,777 | 1,955 | 2,108 |
| -0,6 | -2,755 | 0,099 | 0,857 | 1,200 | 1,528 | 1,720 | 1,880 | 2,016 |
| -0,7 | -2,824 | 0,116 | 0,857 | 1,183 | 1,488 | 1,663 | 1,806 | 1,926 |
| -0,8 | -2,891 | 0,132 | 0,856 | 1,166 | 1,448 | 1,606 | 1,733 | 1,837 |
| -0,9 | -2,957 | 0,148 | 0,854 | 1,147 | 1,407 | 1,549 | 1,660 | 1,749 |
| -1,0 | -3,022 | 0,164 | 0,852 | 1,128 | 1,366 | 1,492 | 1,588 | 1,664 |
| -1,1 | -3,087 | 0,180 | 0,848 | 1,107 | 1,324 | 1,435 | 1,518 | 1,581 |
| -1,2 | -3,149 | 0,195 | 0,844 | 1,086 | 1,282 | 1,379 | 1,449 | 1,501 |
| -1,3 | -3,211 | 0,210 | 0,838 | 1,064 | 1,240 | 1,324 | 1,383 | 1,424 |
| -1,4 | -3,271 | 0,225 | 0,832 | 1,041 | 1,198 | 1,270 | 1,318 | 1,351 |
| -1,5 | -3,330 | 0,240 | 0,825 | 1,018 | 1,157 | 1,217 | 1,256 | 1,282 |
| -1,6 | -3,388 | 0,254 | 0,817 | 0,994 | 1,116 | 1,166 | 1,197 | 1,216 |
| -1,7 | -3,444 | 0,268 | 0,808 | 0,970 | 1,075 | 1,116 | 1,140 | 1,155 |

| | | | | | | | | |
|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| -1,8 | -3,499 | 0,282 | 0,799 | 0,945 | 1,035 | 1,069 | 1,087 | 1,097 |
| -1,9 | -3,553 | 0,294 | 0,788 | 0,920 | 0,996 | 1,023 | 1,037 | 1,044 |
| -2,00 | -3,605 | 0,307 | 0,777 | 0,895 | 0,959 | 0,980 | 0,990 | 0,995 |
| -2,1 | -3,656 | 0,319 | 0,765 | 0,869 | 0,923 | 0,939 | 0,946 | 0,949 |
| -2,2 | -3,705 | 0,330 | 0,752 | 0,844 | 0,888 | 0,900 | 0,905 | 0,907 |
| -2,3 | -3,753 | 0,341 | 0,739 | 0,819 | 0,855 | 0,864 | 0,867 | 0,869 |
| -2,4 | -3,800 | 0,351 | 0,725 | 0,795 | 0,823 | 0,830 | 0,832 | 0,833 |
| -2,5 | -3,845 | 0,360 | 0,711 | 0,771 | 0,793 | 0,798 | 0,799 | 0,800 |
| -2,6 | -3,889 | 0,368 | 0,696 | 0,747 | 0,764 | 0,768 | 0,769 | 0,769 |
| -2,7 | -3,932 | 0,376 | 0,681 | 0,724 | 0,738 | 0,740 | 0,740 | 0,741 |
| -2,8 | -3,973 | 0,384 | 0,666 | 0,702 | 0,712 | 0,714 | 0,714 | 0,714 |
| -2,9 | -4,013 | 0,390 | 0,651 | 0,681 | 0,683 | 0,689 | 0,690 | 0,680 |
| -3,00 | -4,051 | 0,396 | 0,636 | 0,660 | 0,666 | 0,666 | 0,667 | 0,667 |

Fuente: Manejo de Cuencas Altoandinas – Absalón Vásquez

B. Luego de calcular los datos que se obtienen en campo se aplicara el procesamiento estadístico en hidrología, para lo cual se tendrá que realizar los siguientes procedimientos:

- Procesamiento para las distribuciones de frecuencia.
- Distribuciones de frecuencias absolutas y relativas.
- Distribuciones de frecuencias absolutas acumuladas.
- Distribuciones de frecuencias relativas acumuladas.
- Calculo de la media muestral.
- Determinación del Rango, Varianza, desviación estándar y Coeficiente de variación.
- Probabilidad aplicada en hidrología.
 - Probabilidad de un evento.

Se requiere asignar alguna medida de cuantificación que representa la posibilidad o probabilidad de que ese evento ocurra, esta medida es la probabilidad. Si una muestra de n observaciones (datos) tienen n_A valores en el rango del evento A , entonces la frecuencia relativa A es:

$$fr_A = \frac{n_A}{n} \dots \dots (8)$$

(ABELARDO DÍAZ, 2010)

- C. Para la obtención del balance Hídrico y el cálculo de la disponibilidad hídrica, se realizara el siguiente procedimiento:

Cálculo de precipitación media sobre una zona de la cuenca.

Polígono de Thiessen.

Para este método es necesario conocer la localización de las estaciones en la zona bajo estudio, ya que para su aplicación se requiere delimitar la zona de influencia de cada estación dentro del conjunto de estaciones.

El método consiste en:

1. Ubicar las estaciones dentro y fuera de la cuenca.
2. Unir las estaciones formando triángulos procurando en lo posible que estos sean acutángulos (ángulos menores de 90°)
3. Trazar las mediatrices de los lados de los triángulos formando polígonos (por geometría elemental, las mediatrices corresponden a cada triángulo, convergen en un solo punto. En un triángulo acutángulo, el centro de las mediatrices, está ubicada dentro del triángulo, mientras que en un obtusángulo, está ubicado fuera del triángulo).
4. Definir el área de influencia de cada estación, cada estación quedara rodeada por las líneas del polígono (en algunos casos, en parte por el parte aguas de la cuenca). El área encerrada por los polígonos de Thiessen y el parte aguas será el área de influencia de las estaciones correspondientes.
5. Calcular el área de cada estación.

6. Calcular la precipitación media como el promedio pesado de las precipitaciones de cada estación usando como peso el área de influencia correspondiente, es decir

$$P_{med} = \frac{1}{A_t} \times \sum_{i=1}^n A_i P_i \dots\dots\dots(4)$$

Donde:

P_{med} = precipitación media

A_t = área total de la cuenca.

A_i = área de influencia parcial del polígono de Thiessen correspondiente a la estación i.

P_i = precipitación en la estación i

n = número de estaciones tomadas en cuenta.

(MÁXIMO VILLON, 2002)

Cálculo de la disponibilidad hídrica.

En el cálculo de la disponibilidad hídrica nos encontramos generalmente frente a dos situaciones:

- Caso en el que el río o fuente de agua tiene datos históricos de caudales.
- Caso en el que la fuente de agua no tiene datos históricos de caudales (en que se aplicará para el presente estudio).

a) Uso de la fórmula racional.

En este caso, si se trata de cuencas pequeñas, es posible utilizar la fórmula racional, aunque esto no es estricto, porque esta fórmula fue desarrollada para el cálculo de crecienta, sin embargo, en la práctica da buenos resultados. Cuando se trata de cuencas pequeñas; la precipitación utilizada, es la total anual. La fórmula modificada es:

$$V=1000 C \times P \times A$$

Donde:

V = volumen de agua de escorrentía (m³)

C = coeficiente de escorrentía.

P = precipitación total anual media (mm)

A = área de la cuenca (Km²)

Este método debe usarse únicamente para calcular volúmenes anuales de escorrentía superficial.

b) Uso de modelo precipitación (Lluvia – escorrentía)

Cuando se requiere obtener datos mensuales de caudales, la fórmula vista en el punto anterior ya no es suficiente. En este caso es necesario utilizar un modelo que posea las características de autocorrelación que presentan los caudales mensuales. Esto se puede conseguir mediante el uso de un modelo “Precipitación – escorrentía” como el siguiente:

$$Q_t = a_1 + a_2 Q_{t-1} + a_3 P_t + a_4 E_t$$

Donde:

Q_t = caudal del mes t (generado)

Q_{t-1} = caudal del mes anterior (t - 1)

a_1, a_2, a_3, a_4 = parámetros del modelo.

E_t = variable aleatoria normal.

P_t = precipitación total del mes.

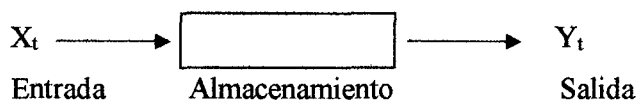
Este método da buenos resultados en la sierra peruana, y también en zonas de selva alta. Es práctico, porque utiliza datos de precipitación mensual que se encuentra disponible en todas las estaciones meteorológicas del país.

(ABSALON VASQUEZ).

Se aplicará, el análisis estadístico y de probabilidades de datos de precipitación y caudales, considerando la técnica del Polígono de Thiessen para la regionalización de datos de precipitación, el análisis de la relación precipitación-escorrentía en, entorno del Arc Gis.

ESTUDIO DE BALANCE HÍDRICO.

El estudio de abastecimiento de agua de un proyecto de aprovechamiento de agua, principalmente con fines de riego y/o energéticos (hidroeléctricas) implica fundamentalmente el estudio del esquema hidráulico visto como un sistema hidrológico.



La relación entre la entrada, salida y almacenamiento de agua está dada por la ecuación de conservación de la masa.

$$\frac{\Delta s}{\Delta t} = X_t - Y_t$$

$$\frac{ds}{dt} = X_t - Y_t$$

Donde:

X_t = entrada del sistema.

Y_t = salida o demanda del sistema

S_t = almacenamiento del sistema

$$ds = (X_t - Y_t) dt$$

$$\int_{S_{t-1}}^{S_t} ds = (X_t - Y_t) \int_0^1 dt$$

$$\begin{array}{ll} \text{Límites:} & t = 0 \quad S = S_{t-1} \\ & t = 1 \quad S = S_t \end{array}$$

Para un incremento de tiempo $dt = 1$

La ecuación (1) se puede escribir así:

$$S_t - S_{t-1} = X_t - Y_t \quad \text{ó}$$

$$S_t = S_{t-1} + (X_t - Y_t)$$

Que constituye una Ecuación General de Almacenamiento.

Esta es la ecuación fundamental para el estudio de Operación de Embalses que se utiliza en proyectos de Riego y/o Hidroeléctricas, donde:

X_t = Volumen disponible (m^3).

Y_t = Demanda del Proyecto (m^3).

S_t = Almacenamiento del mes (m^3).

S_{t-1} = Almacenamiento del mes anterior (m^3).

X_t e Y_t = Son las variables con datos disponibles.

S_{t-1} = Es un valor inicial.

Por lo tanto, la variable cuya magnitud es S_t , es decir, S_t es el almacenamiento requerido para abastecer al proyecto.

(ABSALON VÁSQUEZ, 2000)

CAPITULO III:
RESULTADOS.

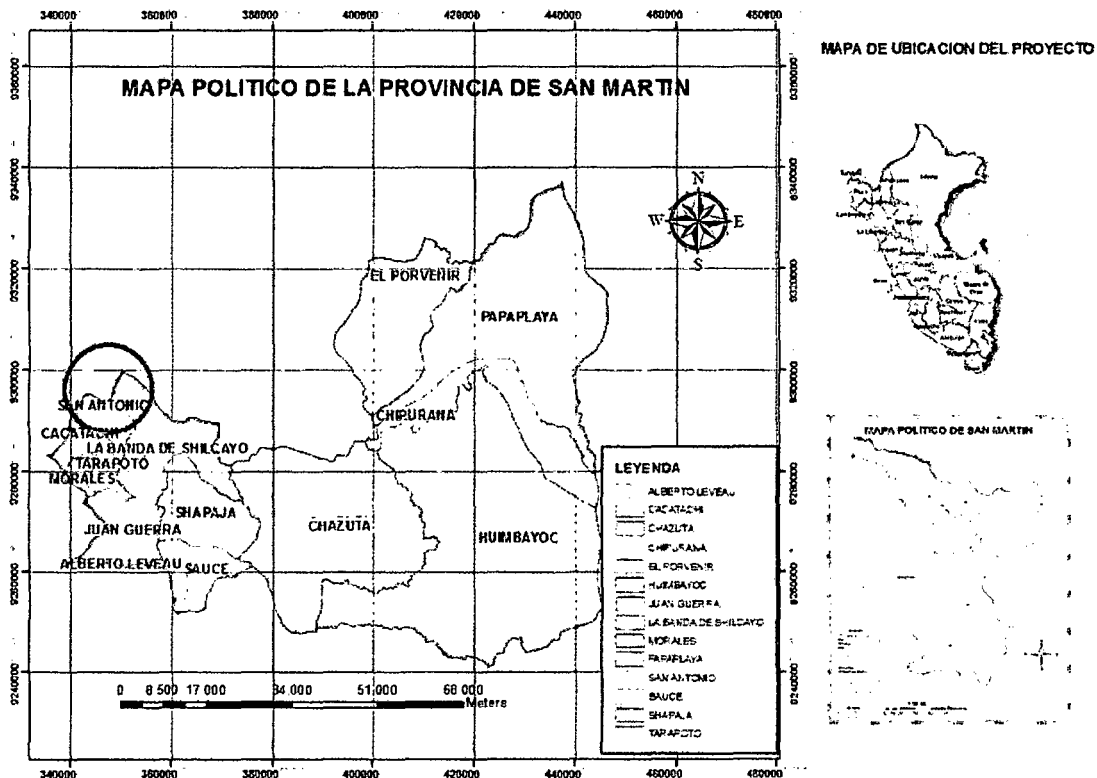
3.1. RESULTADOS.

A. SITUACION ACTUAL.

a. Ubicación de la microcuenca.

La microcuenca Curiyacu se encuentra dentro de los límites políticos y territoriales del Distrito de San Antonio, Provincia y Departamento de San Martín, así mismo esta se encuentra dentro del Área de Conservación Regional Cerro Escalera.

GRAFICO 01. UBICACIÓN POLITICA



La Microcuenca Curiyacu es afluente de la Sub cuenca del Cumbaza, la cual se ilustra a continuación.

b. Descripción de la población.

El Distrito de San Antonio de Cumbaza, Provincia de san Martín, fue creado el 31 de octubre de 1932. Se ubica en los 450 y 700 msnm y su jurisdicción abarca una extensión de 387.76 km², entre las coordenadas geográficas 6° 25' 25" latitud sur y 70 24' 50" longitud este, cuyos límites políticos son:

- Por el norte con el distrito de San Roque de Cumbaza, con el oeste con la provincia de Lamas, por el sur con los distritos de Cacatachi y Morales, por el este con los distritos de Tarapoto y la Banda de Shilcayo.

El área de influencia del proyecto de investigación es, la población del caserío de San Pedro, La Banda del Cumbaza, San Antonio, y el ámbito hidrográfico de la Microcuenca Curiyacu.

Siendo la población del Distrito de San Antonio:

Cuadro N° 06: Población.

| UBICACIÓN | DESCRIPCIÓN | AÑOS | | | |
|------------------------|-------------|-------|-------|-------|-------|
| | | 2000 | 2002 | 2007 | 2011 |
| SAN ANTONIO DE CUMBAZA | POBLACIÓN | 1 693 | 1 819 | 2 151 | 2 478 |
| | VIVIENDA | 273 | 293 | 529 | 609 |

Fuente: almanaque San Martín. INEI 2002 – 2007.

Censo poblacional Municipalidad distrital de San Antonio de Cumbaza 2007.

Ámbito Socioeconómico.

a) Infraestructura de servicios básicos.

- Agua potable.
- Electricidad con grupo electrógeno.

b) Educación.

- Educación Inicial.
- Primaria y Secundaria.

La infraestructura de los Centros Educativos se encuentra en buen estado de conservación.

c) Otros servicios.

- Municipalidades distritales
- Puesto de salud.
- Agentes Municipales.
- Rondas Campesinas.
- Asociación de vinicultores.
- Asociaciones de padres familia APAFA.
- Comité de vaso de leche.
- Clubes deportivos.

d) Características de las viviendas y del entorno urbano.

Los materiales predominantes de las viviendas son de tapial, el techo de calamina, adobe, madera aserrada y en cantidades menores de material noble.

Actualmente el Distrito de San Antonio cuenta con un sistema de agua insuficiente, en cuanto a abastecimiento y calidad del agua para la población, siendo esta la causa de enfermedades:

Cuadro N° 07: Morbilidad Etapa Niño.

| MORBILIDAD ETAPA NIÑO (0-9 AÑOS) | | | |
|----------------------------------|--------|---|-------|
| NP | CODIGO | MORBILIDAD | TOTAL |
| 1 | 167 | Otras infecciones agudas de las vías respiratorias superiores | 557 |
| 2 | 268 | Fiebre de origen desconocido | 122 |
| 3 | 170 | Bronquitis aguda y bronquiolitis aguda | 95 |
| 4 | 5 | Diarrea y gastroenteritis de presunto origen infeccioso | 92 |
| 5 | 199 | Otras enfermedades de la piel y del TCSC | 52 |
| 6 | 53 | Otras helmintiasis | 48 |
| 7 | 165 | Faringitis aguda y amigdalitis aguda | 44 |
| 8 | 97 | Anemias por deficiencia de hierro | 42 |
| 9 | 217 | Otras enfermedades del sistema urinario | 38 |
| 10 | 281 | Otros traumatismos de regiones especificadas, de regiones no especificadas y de multiples regio | 37 |

Fuente: Dirección Regional De Salud San Martín - Oficina De Inteligencia Sanitaria.

Cuadro N° 08: Morbilidad Etapa Adolescente.

| MORBILIDAD ETAPA ADOLESCENTE (10-19 AÑOS) | | | |
|---|--------|---|-------|
| N° | CODIGO | MORBILIDAD | TOTAL |
| 1 | 167 | Otras infecciones agudas de las vías respiratorias superiores | 179 |
| 2 | 97 | Anemias por deficiencia de hierro | 78 |
| 3 | 125 | Migraña y otros síndromes de cefalea | 66 |
| 4 | 268 | Fiebre de origen desconocido | 49 |
| 5 | 165 | Faringitis aguda y amigdalitis aguda | 37 |
| 6 | 42 | Micosis | 37 |
| 7 | 267 | Dolor abdominal y p.ívico | 27 |
| 8 | 53 | Otras helmintiasis | 27 |
| 9 | 270 | Otros síntomas, signos y hallazgos anormales clínicos y de laboratorio, no clasificados en otra | 25 |
| 10 | 217 | Otras enfermedades del sistema urinario | 20 |

Fuente: Dirección Regional De Salud San Martín - Oficina De Inteligencia Sanitaria

Cuadro N° 09: Morbilidad Etapa Adulto.

| MORBILIDAD ETAPA ADULTO (20-59 AÑOS) | | | |
|--------------------------------------|--------|---|-------|
| N° | CODIGO | MORBILIDAD | TOTAL |
| 1 | 167 | Otras infecciones agudas de las vías respiratorias superiores | 383 |
| 2 | 125 | Migraña y otros síndromes de cefalea | 195 |
| 3 | 206 | Otras dorsopatías | 171 |
| 4 | 217 | Otras enfermedades del sistema urinario | 138 |
| 5 | 268 | Fiebre de origen desconocido | 114 |
| 6 | 24 | Otras infecciones con un modo de transmisión predominantemente sexual | 105 |
| 7 | 199 | Otras enfermedades de la piel y del TCSC | 95 |
| 8 | 267 | Dolor abdominal y pélvico | 82 |
| 9 | 281 | Otros traumatismos de regiones especificadas, de regiones no especificadas y de múltiples regio | 74 |
| 10 | 42 | Micosis | 73 |

Fuente: Dirección Regional De Salud San Martín - Oficina De Inteligencia Sanitaria

Cuadro N° 10: Morbilidad Etapa Adulto Mayor.

| MORBILIDAD ETAPA ADULTO MAYOR (60 Y MAS AÑOS) | | | |
|---|--------|---|-------|
| N° | CODIGO | MORBILIDAD | TOTAL |
| 1 | 206 | Otras dorsopatías | 94 |
| 2 | 167 | Otras infecciones agudas de las vías respiratorias superiores | 75 |
| 3 | 125 | Migraña y otros síndromes de cefalea | 49 |
| 4 | 145 | Hipertensión esencial (primaria) | 44 |
| 5 | 97 | Anemias por deficiencia de hierro | 39 |
| 6 | 200 | Artritis reumatoide y otras poliartropatías inflamatorias | 33 |
| 7 | 217 | Otras enfermedades del sistema urinario | 28 |
| 8 | 281 | Otros traumatismos de regiones especificadas, de regiones no especificadas y de múltiples regio | 25 |
| 9 | 176 | Asma | 23 |
| 10 | 6 | Otras enfermedades infecciosas intestinales | 23 |

Fuente: Dirección Regional De Salud San Martín - Oficina De Inteligencia Sanitaria.

Cuadro N° 11: Resumen General de Morbilidad.

| CUADRO RESUMEN | | | |
|----------------|--------|---|-------|
| Nº | CODIGO | MORBILIDAD | TOTAL |
| 1 | 167 | Otras infecciones agudas de las vías respiratorias superiores | 1194 |
| 2 | 125 | Migraña y otros síndromes de cefalea | 333 |
| 3 | 268 | Fiebre de origen desconocido | 302 |
| 4 | 206 | Otras dorsopatías | 286 |
| 5 | 217 | Otras enfermedades del sistema urinario | 224 |
| 6 | 97 | Anemias por deficiencia de hierro | 217 |
| 7 | 199 | Otras enfermedades de la piel y del TCSC | 184 |
| 8 | 42 | Micosis | 167 |
| 9 | 5 | Diarrea y gastroenteritis de presunto origen infeccioso | 165 |
| 10 | 165 | Faringitis aguda y amigdalitis aguda | 163 |

Fuente: Dirección Regional De Salud San Martín - Oficina De Inteligencia Sanitaria.

B. DESCRIPCIÓN DE LA MICRO CUENCA.

A). Zonificación Ambiental del Área de Influencia.

La microcuenca Curiyacu se encuentra dentro del área de conservación regional Cerro Escalera y es afluente del Río Cumbaza en la parte alta. Se ha identificado la zona de vida según el sistema de clasificación de Holdridge, siendo esta de un Bosque Muy Húmedo Premontano Tropical (Transicional a Bosque Húmedo)

B). Parámetros físicos.

a) Clima

Climáticamente, la zona de estudios se caracteriza por presentar precipitaciones promedio anuales que fluctúan entre los 1,500 mm. y 2,000 mm. La temperatura, es mayormente “isohipertérmica”, con una media anual que supera los 26°C.

b) Hidrografía

En el área por donde discurre el trazo del proyecto se enmarca en la cuenca media de la quebrada de CURIYACU, vértebra el padrón hidrológico del área de estudio y su ámbito de influencia, el que recibe a su paso las aguas de muchos afluentes de pequeñas quebradas que nacen en la misma Micro-cuenca, siendo esta quebrada uno de los afluentes del río Cumbaza.

Quebrada "CURIYACU"



C). Parámetros bióticos.

► Vegetación.

Entre las variedades más representativas de especies arbóreas, arbustivas, pastos entre otras identificadas en el ámbito del estudio, son las siguientes:

CUADRO N° 12: ESPECIES ARBOREAS IMPORTANTES.

| NOMBRE COMÚN | NOMBRE CIENTIFICO | USO |
|---------------------|---------------------------------------|-----------------|
| Cético | <i>Cecropia sp.</i> | Madera |
| Lagarto Caspi | <i>Calophyllum brassliense Camb</i> | Madera |
| Quinilla | <i>Manilkara bidentata</i> | Madera |
| Bolaina | <i>Guasuma crinita</i> | Madera |
| Machinga | <i>Brosimun alicastrum S.W</i> | Madera |
| Renaco | <i>Ficus sp.</i> | Madera |
| Cachimbo | <i>Cariniana domesticata Mart</i> | Madera |
| Cedro | <i>Cedrela odorata L.</i> | Madera |
| Tornillo | <i>Cedrelinga catenaeformis Ducke</i> | Madera |
| Moena | <i>Nectandra sp</i> | Madera |
| Shimbillo | <i>Inga sp</i> | Medicinal |
| Oje | <i>Ficus anthelmintica</i> | Medicinal |
| Sanango | <i>Abuta grandifolia</i> | Medicinal |
| Tangarana | <i>Triplaris pavoni.</i> | Polygonaceae. |
| Quillosisa | <i>Cochlospermum oroginocense</i> | ochlsopermaceae |
| Guayaba | <i>Psidium guajaba.</i> | Myrtaceae. |

| | | |
|---------------|------------------------------------|-----------------|
| Cetico | <i>Cecropia latifolia.</i> | Moraceae. |
| Caimito | <i>Pouteria caimito.</i> | Sapotaceae. |
| Braquiaria | <i>Brachiaria decumbens.</i> | Poaceae. |
| B. brizanta | <i>Brachiaria brizantha.</i> | Poaceae. |
| Shaina | <i>Columbrina glandulosa.</i> | Ramnaceae. |
| Siamba | <i>Oenocarpus multicaulis</i> | Arecaceae |
| Mullaca | <i>Muehlenbeckia volcanica</i> | Poligonácea. |
| Níspero | <i>Mespilus germanica</i> | Rosáceae |
| Tiñaquiro | <i>Hyeronima alchorneoides</i> | Euphorbiaceae |
| Anacspi | <i>Cynosetra sp.</i> | Caesalpinacea |
| Canela Moena | <i>Ootea sp</i> | Lauraceae |
| Cetico | <i>Cecropia latifolia</i> | Cecropiaceae |
| Espintana | <i>Anaxagorea pachypetala</i> | Annonaceae |
| Ingaina | <i>Roupula complicata</i> | Protaceae |
| Moena | <i>Nectandra mararonensis</i> | Lauraceae |
| Moena blanca | <i>Ocotea opifera</i> | Lauraceae |
| Lagarto caspi | <i>Callophyllum brasiliense</i> | Clusaceae |
| Quinilla | <i>Manilkara bidentata</i> | Sapotaceae |
| Renaco | <i>Coussapoa tessmanii</i> | Moraceae |
| Rifari | <i>Miconia longifolia</i> | Milastomataceae |
| Shimbillo | <i>Inga marginata</i> | Mimosaceae |

► Fauna.

Las especies de importancia se encuentran dentro la zona del proyecto y la Micro cuenca Curiyacu.

CUADRO N° 13: PRINCIPALES ESPECIES DE ANIMALES EN EL AREA DE ESTUDIO.

| NOMBRE COMÚN | NOMBRE CIENTIFICO | UBICACION | CITES |
|--------------|------------------------------|----------------------|-------|
| Añuje | <i>Sasyprocta Kalinoeski</i> | Microcuenca Curiyacu | 1 |
| Picuró | <i>Aguti Sp.</i> | " | 2 |
| Carachupa | <i>Sasyprus Sp.</i> | " | 2 |
| Manacaraco | <i>Ortalis guttata</i> | " | 2 |
| Gavilán | <i>Falco ruficularis</i> | " | 1 |
| Intuto | <i>Didelphys azarae</i> | " | 2 |
| Sajino | <i>Tayassu tajacu</i> | " | 2 |
| Conejo | <i>Sylvilagus</i> | " | 2 |
| Pava | <i>Pipile cumanensis</i> | " | 1 |
| Mono negro | <i>Lagothrix lagothricha</i> | " | 1 |
| Coto | <i>Allouatta seniculus</i> | " | 2 |
| Ardilla | <i>Sciurus atramineus</i> | " | 2 |
| Achuni | <i>Nasua Nasua</i> | " | 2 |
| Carachupa | <i>Dasyprus novemcintus</i> | " | 2 |
| Zorro negro | <i>Eira barbara.</i> | " | 2 |
| Ratón | <i>Chironetes minimus.</i> | " | 2 |
| Zorillo | <i>Didelphys marsupialis</i> | " | 2 |

Según citas:

- Especies en peligro de extinción (1)
- No se encuentran en peligro de extinción (2) pero en el futuro puede estarlo.

| REPTILES | |
|--------------|--------------------------------------|
| Rana cohete | <i>Colostethus eleutherodactylus</i> |
| Sapo | <i>Bufo murinus</i> |
| Loro machaco | <i>Bothrops bilineatus.</i> |
| Jergón | <i>Bothrops spp.</i> |
| Mantona | <i>Boa constrictor constrictor</i> |
| Lagartija | <i>Ameiba ameiba</i> |

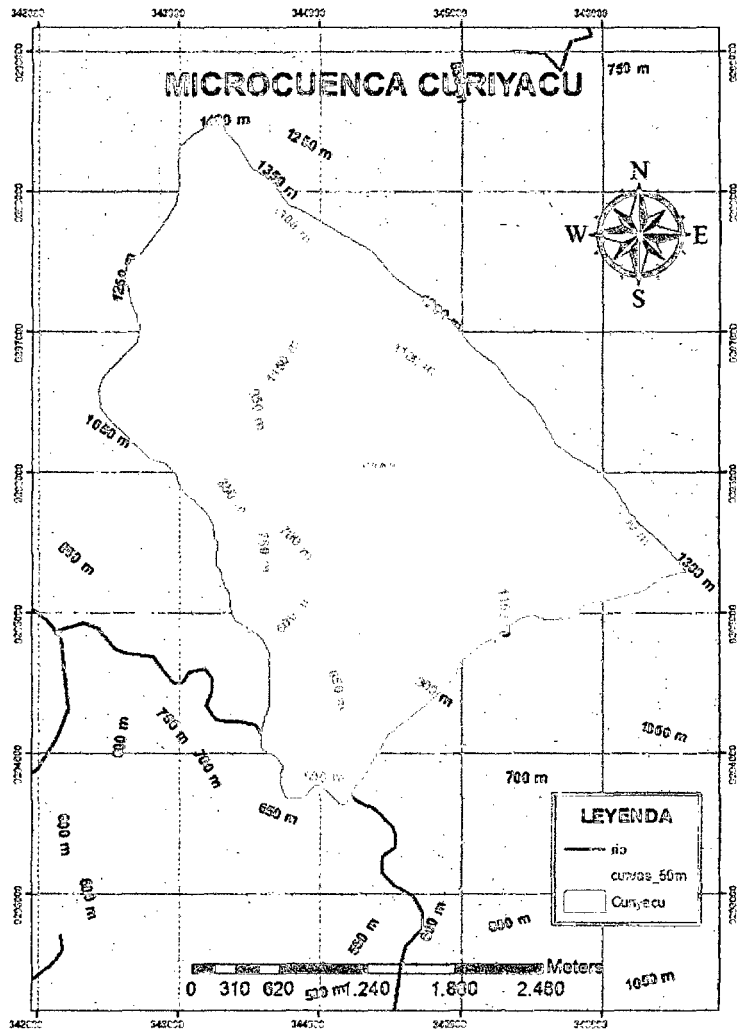
| AVES | |
|--------------|---------------------------------------|
| Gallinazo | <i>Ortalis erythroptera.</i> |
| Picaflor | <i>Loddagesia miabilis</i> |
| Gavilán | <i>Chondrohierax uncinatus</i> |
| Tijera chupa | <i>Elenoides forficatus.</i> |
| Paucar | <i>Cacicas spp.</i> |
| Suy suy | <i>Trhaupis episcopus.</i> |
| Paloma | <i>Columba canops.</i> |
| Lechuza | <i>Leucoglaui lowery.</i> |
| Loro | <i>Amazona spp.</i> |
| Pihuicho | <i>Saguinus Forpus coelestis spp.</i> |
| Manacaraco | <i>Ortalis erythroptera</i> |

C. GEOMORFOLOGIA:

a) Delimitación de la Microcuenca

Mediante el procesamiento de datos del sistema de información geográfica recopilada en campo y de la base de datos del Proyecto Especial Huallaga Central y Bajo Mayo/Área de Medio Ambiente, se procedió a demarcar la microcuenca Curiyacu.

GRAFICO N° 02: PLANO MICROCUENCA CURIYACU



b) Área de la Microcuenca

Mediante la sistematización de la información de Curiyacu tenemos que el área de Curiyacu es 9.09 Km² ó 909 Has; por lo tanto de acuerdo al cuadro de áreas, se puede afirmar que Curiyacu es una **Micro Cuenca**.

c) Perímetro de la Microcuenca

El perímetro de la cuenca o la longitud de la línea divisoria de aguas es un parámetro importante, pues en conexión con el área nos puede decir algo sobre la forma de la cuenca. Usualmente este parámetro físico es simbolizado por la mayúscula P.

El perímetro de la microcuenca 14.1933 km

d) Longitud de curso principal: 4.2398 km ó 4 239.80 m.

La longitud, L, de la cuenca puede estar definida como la distancia horizontal del río principal entre un punto aguas abajo (estación de aforo) y otro punto aguas arriba donde la tendencia general del río principal corte la línea de contorno de la cuenca

e) Longitud de cursos secundarios.

La longitud, de la cuenca puede estar definida como la distancia horizontal de cursos secundarios entre un punto aguas abajo (estación de aforo) y otro punto aguas arriba.

En este caso la quebrada Curiyacú no presenta, solamente en presencia de precipitación continua.

f) Número de cursos intermitentes (NCI). Son los cursos de agua que aparecen con la presencia de la precipitación pluvial, además gracias a la escorrentía aportan al curso principal, pero desaparecen en tiempos de estiaje.

Según la topografía del terreno es posible notarse 04 cursos intermitentes.

g) Número de cursos permanentes (NCP). Son los cursos de agua que están permanentes en tiempo de precipitación y estiaje.

Es notable solo un (01) cursos permanentes, el principal.

h) Factor Forma de la Microcuenca.

Es un índice que permite establecer la tendencia morfológica general en función de la longitud axial de la cuenca, y de su ancho promedio. Una cuenca tiende a ser alargada si el factor de forma tiende a cero, mientras que su forma es redonda, en la medida que el factor forma tiende a uno. Este factor, como los otros que se utilizan en este trabajo, es un referente para establecer la dinámica esperada de la escorrentía superficial en una cuenca, teniendo en cuenta que aquellas cuencas con formas alargadas, tienden a presentar un flujo de agua más veloz, a comparación de las cuencas redondeadas, logrando una evacuación de la cuenca más rápida,

mayor desarrollo de energía cinética en el arrastre de sedimentos hacia el nivel de base, principalmente.

$$Kf = \frac{A}{L^2}$$

$$Kf = \frac{9.09 \text{ Km}^2}{(4.24 \text{ Km})^2} \implies Kf = 0.51$$

i) Índice de Compacidad.

El coeficiente de compacidad es una relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de una circunferencia con la misma superficie de la cuenca.

Este coeficiente define la forma de la cuenca, respecto a la similaridad con formas redondas, dentro de rangos que se muestran a continuación (FAO, 1985):

- **Clase Kc1:** Rango entre 1 y 1.25. Corresponde a forma redonda a oval redonda
- **Clase Kc2:** Rango entre 1.25 y 1.5 Corresponde a forma oval redonda a oval oblonga
- **Clase Kc3:** Rango entre 1.5 y 1.75 Corresponde a forma oval oblonga a rectangular oblonga.

$$Kc = \frac{P}{2(\pi * A)^{\frac{1}{2}}}$$

Remplazando:

$$Kc = \frac{13.92 \text{ km}}{2(\pi * 9.09 \text{ KM}^2)^{\frac{1}{2}}} \implies KC = 1.30$$

Con el resultado obtenido contrastamos que la forma de la Microcuenca Curiyacu es de forma Oval Redonda a Oval Oblonga.

j) Rectángulo Equivalente.

Transformación geométrica, que permite representar a la cuenca, de su forma heterogénea, con la forma de un rectángulo, que tiene la misma área y el mismo perímetro.

Para el cálculo del Rectángulo a partir de las siguientes Formulas:
(MÁXIMO VILLÓN BÉJAR).

El índice de Gravelious es:

$$K=0,28 \frac{P}{\sqrt{A}} \dots (***)$$

Sustituyendo 2 en ***

$$K=0,28 \frac{2(l+L)}{\sqrt{A}}$$

$$K=0,56 \frac{l+L}{\sqrt{A}} \rightarrow \frac{K\sqrt{A}}{0,56} = l+L \dots (2.1)$$

De (1) se tiene:

$$l = \frac{A}{L} \dots (1.1)$$

Sustituyendo (1.1) en (2.1)

$$\frac{K\sqrt{A}}{0,56} = \frac{A}{L} + L = \frac{A+L^2}{L}$$

$$\frac{K\sqrt{A}}{0,56} L = A + L^2$$

$$L^2 - \frac{K\sqrt{A}}{0,56} L + A = 0$$

De donde, aplicando la ecuación de segundo grado, resulta:

$$L = \frac{\frac{K\sqrt{A}}{0,56} \pm \sqrt{\frac{K^2}{0,56^2} - 4A}}{2}$$

$$L = \frac{1}{2} \left(\frac{K\sqrt{A}}{0,56} \pm \sqrt{\frac{K^2}{0,56^2} \left(1 - \frac{4A}{K^2} \times 0,56^2 \right)} \right)$$

$$L = \frac{1}{2} \left(\frac{K\sqrt{A}}{0,56} \pm \frac{K\sqrt{A}}{0,56} \sqrt{\left(1 - \left(\frac{1,12}{K} \right)^2 \right)} \right)$$

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

Si se trata del lado mayor L, se toma el signo (+):

$$L = \frac{k\sqrt{A}}{1.12} \left(1 + \sqrt{\left(1 - \left(\frac{1.12}{K} \right)^2 \right)} \right) \dots (2.3)$$

Si se trata del lado menor l, se toma el signo (-):

$$l = \frac{k\sqrt{A}}{1.12} \left(1 - \sqrt{\left(1 - \left(\frac{1.12}{K} \right)^2 \right)} \right) \dots (2.4)$$

Donde:

L = Longitud del lado mayor del rectángulo.

l = Longitud del lado menor del rectángulo.

K = índice de Gravelious.

A = área de la cuenca.

Remplazando datos en (*):**

$$K = 0,28 \frac{14.1933 \text{ km}}{\sqrt{9.09 \text{ KM}^2}} \rightarrow \rightarrow K = 1.318$$

Encontrando "L" y "l" en (2.3) y (2.4)

$$L = \frac{k\sqrt{A}}{1.12} \left(1 + \sqrt{\left(1 - \left(\frac{1.12}{K} \right)^2 \right)} \right) \dots (2.3)$$

$$L = \frac{1.318 \sqrt{9.09 \text{ KM}^2}}{1.12} \left(1 + \sqrt{\left(1 - \left(\frac{1.12}{1.318} \right)^2 \right)} \right)$$

$$L = 5.433 \text{ km}$$

$$l = \frac{k\sqrt{A}}{1.12} \left(1 - \sqrt{\left(1 - \left(\frac{1.12}{K} \right)^2 \right)} \right) \dots (2.4)$$

$$l = \frac{1.318 \sqrt{9.09 \text{ KM}^2}}{1.12} \left(1 - \sqrt{\left(1 - \left(\frac{1.12}{1.318} \right)^2 \right)} \right)$$

$$l = 1.673 \text{ KM}$$

k) Pendiente de la Cuenca.

La pendiente es la inclinación de una superficie con respecto a la horizontal. Suele definirse como un ángulo o como un porcentaje, para

encontrar la pendiente de la Microcuenca Curiyacu se trabajo con el Rectángulo Equivalente

Cota mayor: 1 670msnm.

Cota menor: 800msnm.

H = cota mayor – cota menor

H = 1 400 – 500 ==> H = 900m \cong 0,90km

$$Sc = \frac{H}{L} \rightarrow Sc = \frac{0.90km}{5.433km} \rightarrow Sc = 0,1656$$

\cong 16.56% de pendiente.

D. ESTUDIOS DE CAUDALES

a) Caudal de la Microcuenca.

- Teniendo dato antecedente al estudio, se tiene que el caudal medido para la elaboración del Expediente Técnico del Proyecto de Agua Potable en el Distrito de San Antonio es de 1.05m³/seg en épocas de estiaje y 1.75m³/seg en épocas de avenidas.
- Para corroborar el dato se procedió a medir el caudal en campo, ubicando una sección homogénea de la quebrada Curiyacu, tomando medidas como son ancho de la sección, largo profundidades laterales y profundidades en las partes medias del curso de la quebrada, obteniendo como caudal medido es de 0.65m³, dato tomado el 18/08/2012. Datos obtenidos:
 - H = 0,40; 1,76; 0,54; 0,38; 0,61; 0,24; 0,61; 0,52; 0,49 m.
 - Base mayor (Ancho de la superficie)= 7.50m
 - Base menor (ancho superficie)= 7.00m
 - Largo Derecha= 12.9m
 - Largo Izquierda= 10.9m

b) Coeficiente de Escorrentía.

El coeficiente de escorrentía se toma del cuadro que nos presenta el autor Absalón Vásquez, y según las características de la superficie de la Microcuenca, teniendo en cuenta la topografía, la cobertura vegetal, pendiente de la Microcuenca, en este caso para la Microcuenca Curiyacu el coeficiente de escorrentía es de 0,48.

CUADRO N° 14: COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA.

| Características de la superficie de la cuenca. | Tiempo de retorno (años) | | |
|--|--------------------------|------|------|
| | 50 | 100 | 500 |
| Bosque plano | 0,35 | 0,39 | 0,48 |
| Bosque 2 – 7% | 0,43 | 0,47 | 0,56 |
| Bosque > 7% | 0,48 | 0,52 | 0,58 |
| Pastizales planos | 0,37 | 0,41 | 0,53 |
| Pastizales 2 – 7% | 0,45 | 0,49 | 0,58 |
| Pastizales > 7% | 0,49 | 0,53 | 0,60 |
| Áreas de cultivo plano | 0,43 | 0,47 | 0,57 |
| Áreas de cultivo 2 – 7% | 0,48 | 0,51 | 0,60 |
| Áreas > 7% | 0,51 | 0,54 | 0,61 |
| Asfáltico | 0,90 | 0,95 | 1,00 |
| Concreto | 0,92 | 0,97 | 1,00 |

Fuente: Manual de Cuencas Altoandinas - Absalón Vásquez

c) Precipitación promedio en la Microcuenca.

Para proceder a calcular la precipitación en la Microcuenca, es preciso contar con datos históricos de precipitación pluvial, en este caso se cuenta con los datos de las siguientes estaciones meteorológicas:

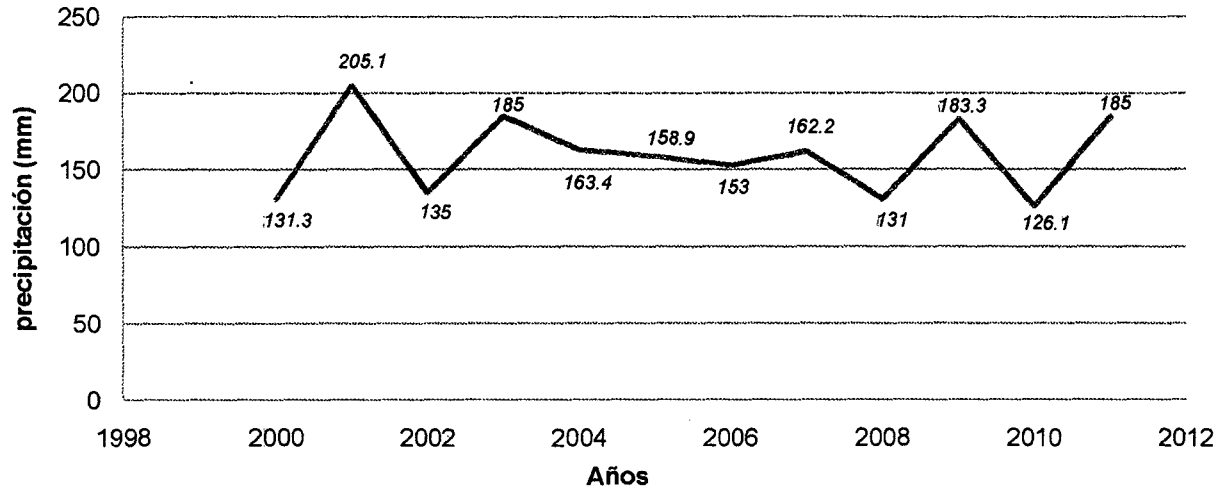
- Estación CO San Antonio: Latitud: 06° 25'
longitud: 76° 25'
- Estación CO Lamas: Latitud: 06° 25'
Longitud: 76° 31'

**CUADRO N° 15:
DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION EN LA ESTACION CO – SAN ANTONIO**

| AÑO | PRECIPITACION MENSUAL (en mm.) | | | | | | | | | | | | PROMEDIO | DESVIACION |
|-------------------|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|------------|
| | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DIC | | |
| 2000 | 103.4 | 140.0 | 193.6 | 172.6 | 63.0 | 152.4 | 68.5 | 76.0 | 201.5 | 82.3 | 60.2 | 261.5 | 131.3 | 66.0 |
| 2001 | 133.5 | 147.7 | 235.0 | 417.1 | 316.7 | 106.7 | 231.1 | 77.8 | 167.0 | 232.4 | 109.1 | 286.8 | 205.1 | 100.6 |
| 2002 | 54.5 | 182.5 | 136.5 | 183.9 | 135.4 | 59.1 | 269.1 | 36.1 | 49.8 | 190.0 | 144.3 | 178.6 | 135.0 | 71.9 |
| 2003 | 179.9 | 173.4 | 358.0 | 244.8 | 174.3 | 178.9 | 90.1 | 86.7 | 120.8 | 133.7 | 158.6 | 321.0 | 185.0 | 84.4 |
| 2004 | 76.1 | 205.5 | 203.5 | 92.5 | 187.0 | 185.7 | 187.3 | 171.1 | 109.6 | 252.7 | 210.0 | 79.5 | 163.4 | 58.6 |
| 2005 | 76.0 | 354.5 | 250.5 | 268.9 | 91.6 | 131.4 | 88.7 | 19.0 | 117.1 | 224.1 | 221.9 | 63.6 | 158.9 | 102.0 |
| 2006 | 246.7 | 178.1 | 191.3 | 150.1 | 119.3 | 189.1 | 112.8 | 81.9 | 110.1 | 216.3 | 140.7 | 99.3 | 153.0 | 51.2 |
| 2007 | 185.0 | 12.5 | 280.6 | 373.4 | 243.7 | 26.2 | 138.5 | 63.3 | 166.6 | 153.4 | 209.4 | 93.9 | 162.2 | 106.2 |
| 2008 | 87.8 | 197.8 | 154.6 | 105.8 | 117.1 | 164.3 | 78.3 | 75.6 | 248.9 | 152.0 | 114.9 | 75.2 | 131.0 | 54.3 |
| 2009 | 178.7 | 243.1 | 189.3 | 321.2 | 218.1 | 157.5 | 83.3 | 194.4 | 158.7 | 118.7 | 175.7 | 160.5 | 183.3 | 60.3 |
| 2010 | 99.7 | 171.0 | 127.8 | 299.1 | 144.1 | 111.4 | 45.7 | 55.8 | 50.8 | 140.0 | 135.3 | 133.0 | 126.1 | 67.8 |
| 2011 | 117.6 | 72.4 | 259.1 | 167.8 | 214.3 | 223.8 | 137.2 | 65.6 | 165.0 | 230.0 | 390.5 | 176.7 | 185.0 | 88.7 |
| PROMEDIO | 128.2 | 173.2 | 215.0 | 233.1 | 168.7 | 140.5 | 127.6 | 83.6 | 138.8 | 177.1 | 172.6 | 160.8 | 159.9 | 76.0 |
| DESVIACION | 57.6 | 83.8 | 65.8 | 104.6 | 71.6 | 56.9 | 68.9 | 50.5 | 57.9 | 54.2 | 83.2 | 83.7 | | |

Fuente: SENAMHI – elaboración propia.

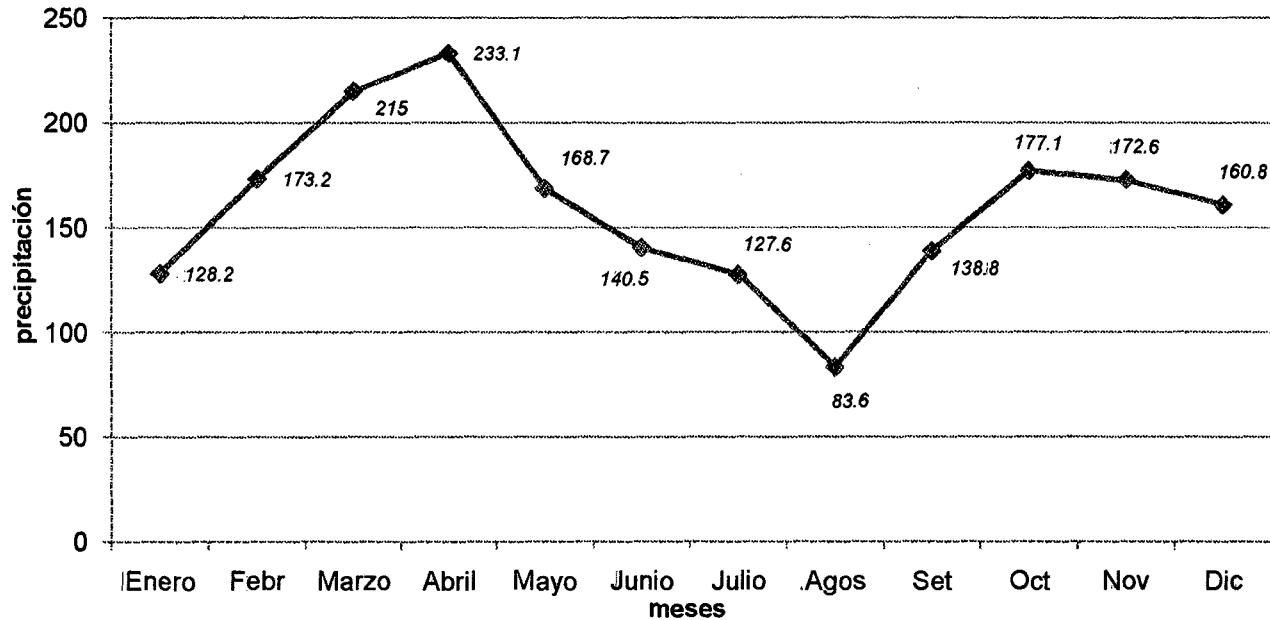
GRAFICO N°: 03
DISTRIBUCION GRAFICA DE LA PRECIPITACION ANUAL
EN LA ESTACION CO – SAN ANTONIO



Interpretación:

Según los resultados del cuadro 1 y grafico 1, la mayor precipitación promedio se dio en los años 2001, 2003 y 2011 (215.0; 185 y 185 mm respectivamente), siendo el año 2010 donde se produjo la menor precipitación (126.1 mm). Se observa también que durante los años 2001, 2005 y 2007 se produjo la mayor variación en cuanto a la intensidad con que se presentaban las precipitaciones; es decir, hubo meses de estos años en que las lluvias se presentaban con mayor o menor intensidad. Finalmente, según los datos proporcionados por la estación San Antonio, la precipitación promedio durante los años del 2000 al 2011 fue de 159.9 mm

GRAFICO N° 04:
DISTRIBUCION GRAFICA DE LA PRECIPITACION MENSUAL
EN LA ESTACION CO - SAN ANTONIO



Interpretación:

Según los resultados del grafico 2, la mayor precipitación promedio se presentó en los meses de marzo y abril (215.0 y 233.1 mm respectivamente), siendo el mes de agosto donde se da la menor precipitación (83.6 mm). Asimismo, se observa que durante los meses de abril se produjo la mayor variación en cuanto a la intensidad con que se presentaban las precipitaciones; es decir, hubo días de este mes en que las lluvias se presentaban con mayor o menor intensidad.

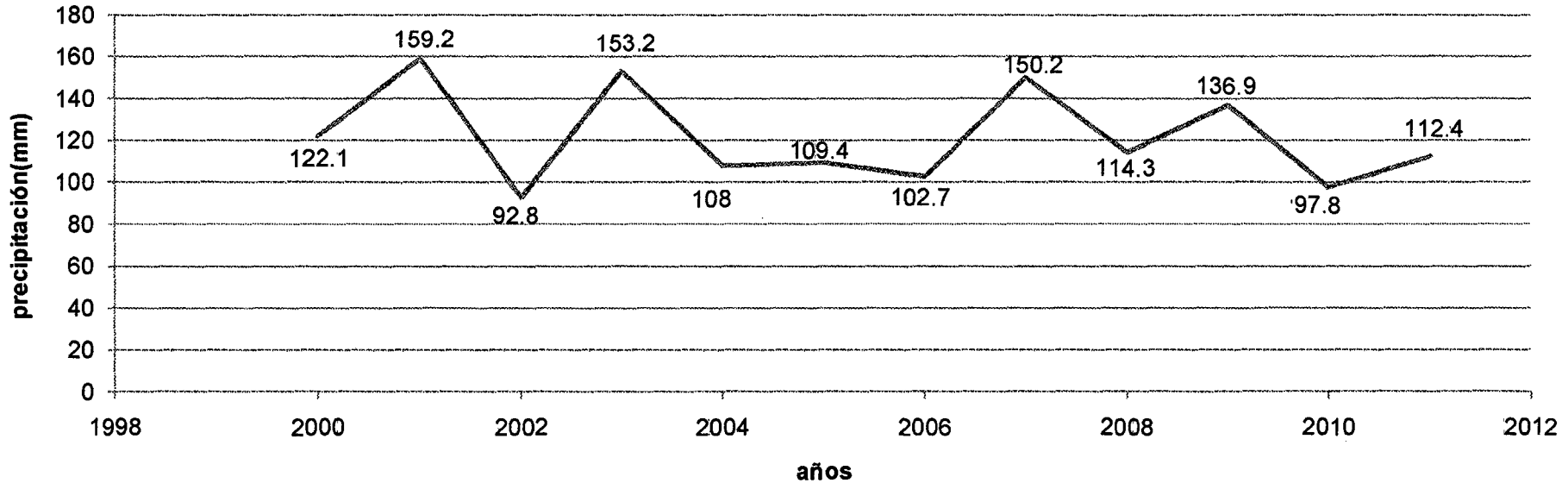
**CUADRO N° 16:
DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION EN LA ESTACION CO – LAMAS**

| AÑOS | PRECIPITACION MENSUAL (en mm.) | | | | | | | | | | | | PROMEDIO | DESVIACION |
|------------|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|------------|
| | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DIC | | |
| 2000 | 130.9 | 216.7 | 126.0 | 147.8 | 69.4 | 107.9 | 81.2 | 86.2 | 177.9 | 98.4 | 55.3 | 167.4 | 122.1 | 48.5 |
| 2001 | 83.3 | 145.7 | 170.5 | 220.8 | 184.5 | 63.1 | 221.4 | 73.6 | 122.1 | 148.6 | 143.1 | 333.3 | 159.2 | 75.7 |
| 2002 | 80.2 | 139.0 | 75.0 | 113.2 | 103.2 | 43.5 | 142.1 | 55.5 | 70.9 | 164.2 | 90.4 | 36.5 | 92.8 | 40.6 |
| 2003 | 110.6 | 80.2 | 171.4 | 320.1 | 125.2 | 117.7 | 83.5 | 64.5 | 130.9 | 161.1 | 185.5 | 287.5 | 153.2 | 79.6 |
| 2004 | 100.9 | 84.8 | 119.4 | 48.7 | 141.4 | 98.4 | 119.0 | 119.4 | 113.2 | 119.3 | 97.4 | 133.8 | 108.0 | 24.5 |
| 2005 | 87.3 | 202.3 | 141.0 | 216.8 | 52.7 | 108.1 | 69.5 | 41.1 | 98.2 | 116.8 | 149.9 | 29.6 | 109.4 | 59.8 |
| 2006 | 124.1 | 146.2 | 113.5 | 78.2 | 108.3 | 52.4 | 104.3 | 25.0 | 86.5 | 115.8 | 192.9 | 85.4 | 102.7 | 43.2 |
| 2007 | 171.7 | 29.4 | 357.4 | 274.0 | 312.9 | 3.5 | 163.5 | 35.2 | 85.2 | 135.1 | 168.0 | 65.9 | 150.2 | 115.4 |
| 2008 | 85.3 | 239.0 | 238.2 | 110.8 | 43.6 | 142.9 | 96.9 | 22.9 | 141.7 | 92.7 | 106.4 | 51.2 | 114.3 | 68.4 |
| 2009 | 185.9 | 118.0 | 160.4 | 281.5 | 133.9 | 164.7 | 85.8 | 104.3 | 164.7 | 125.0 | 57.2 | 61.9 | 136.9 | 61.5 |
| 2010 | 37.3 | 145.7 | 112.4 | 198.5 | 124.3 | 60.9 | 55.2 | 45.1 | 44.4 | 56.3 | 147.8 | 145.2 | 97.8 | 54.2 |
| 2011 | 54.4 | 54.4 | 183.7 | 169.3 | 144.9 | 101.9 | 79.7 | 18.5 | 103.9 | 112.9 | 185.3 | 140.1 | 112.4 | 54.2 |
| PROMEDIO | 104.3 | 133.5 | 164.1 | 181.6 | 128.7 | 88.8 | 108.5 | 57.6 | 111.6 | 120.5 | 131.6 | 128.2 | 121.6 | 60.5 |
| DESVIACION | 43.7 | 64.5 | 74.2 | 85.3 | 70.8 | 45.3 | 46.9 | 32.8 | 38.5 | 30.2 | 49.1 | 97.1 | | |

Fuente: SENAMHI – elaboración propia.

GRAFICO N° 05:

**DISTRIBUCION GRAFICA DE LA PRECIPITACION ANUAL
EN LA ESTACION CO - LAMAS**

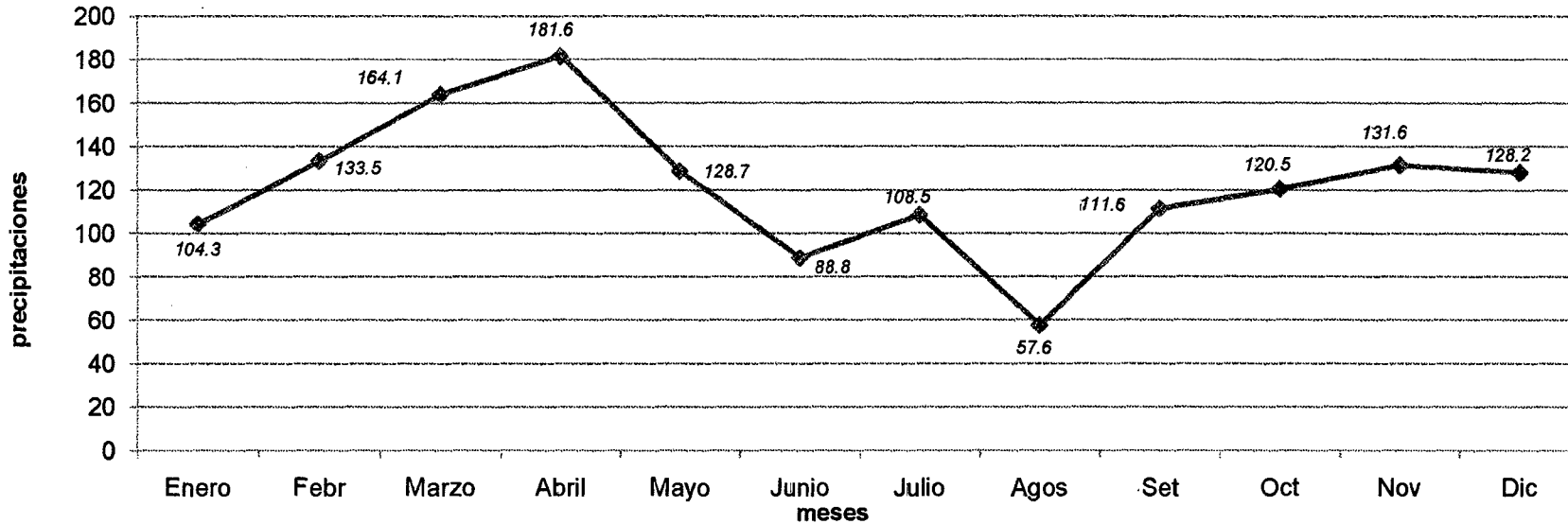


Interpretación:

Según los resultados del cuadro 4 y grafico 3, la mayor precipitación promedio se dio en los años 2001 y 2003 (159.2 y 153.2 mm respectivamente), siendo el año 2002 donde se produjo la menor precipitación (92.8 mm). Se observa también que durante el año 2007 se produjo la mayor variación en cuanto a la intensidad con que se presentaban las precipitaciones; es decir, hubo meses de este año en que las lluvias se presentaban con mayor o menor intensidad. Finalmente, según los datos proporcionados por la estación de Lamas, la precipitación promedio durante los años del 2000 al 2011 fue de 121.6 mm

GRAFICO N° 06:

**DISTRIBUCION GRAFICA DE LA PRECIPITACION MENSUAL
EN LA ESTACION CO – LAMAS**



Interpretación:

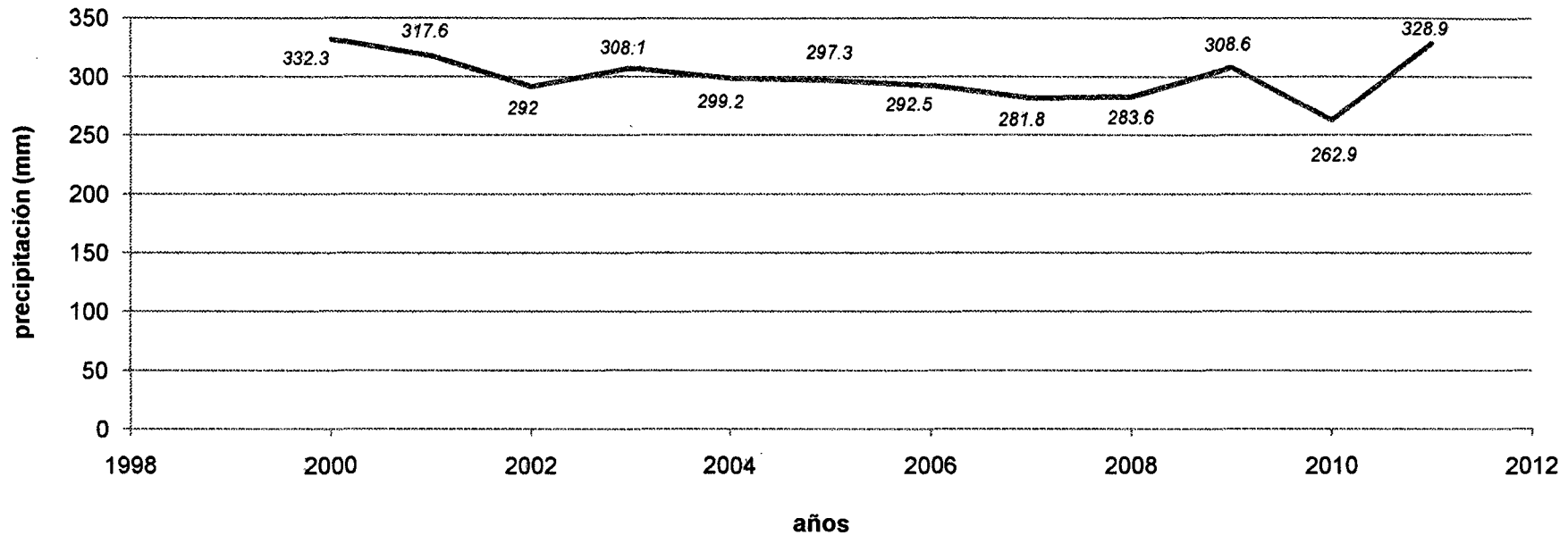
Según los resultados del cuadro 4 y grafico 4, la mayor precipitación promedio se presentó en los meses de marzo y abril (164.1. y 181.6 mm respectivamente), siendo el mes de agosto donde se da la menor precipitación (57.6 mm). Asimismo, se observa que durante el mes de abril se produjo la mayor variación en cuanto a la intensidad con que se presentaban las precipitaciones; es decir, hubo días de este mes en que las lluvias se presentaban con mayor o menor intensidad.

**CUADRO N° 17:
DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION EN LA ESTACION CO – PONGO DE CAYNARACHI**

| AÑOS | PRECIPITACION MENSUAL (en mm.) | | | | | | | | | | | | PROMEDIO | DESVIACION |
|------------|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|------------|
| | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DIC | | |
| 2000 | 328.6 | 428.9 | 481.9 | 541.7 | 297.5 | 369.7 | 168.5 | 171.7 | 269.7 | 237.6 | 243.9 | 447.3 | 332.3 | 122.4 |
| 2001 | 303.5 | 426.0 | 495.9 | 387.5 | 340.9 | 204.7 | 249.2 | 92.5 | 176.3 | 433.3 | 292.0 | 409.1 | 317.6 | 120.5 |
| 2002 | 156.3 | 507.1 | 397.1 | 366.0 | 283.5 | 63.8 | 291.8 | 160.9 | 234.1 | 391.9 | 305.1 | 346.0 | 292.0 | 123.2 |
| 2003 | 198.9 | 274.9 | 309.8 | 390.8 | 470.8 | 367.6 | 138.1 | 88.3 | 325.4 | 343.9 | 333.2 | 455.0 | 308.1 | 117.1 |
| 2004 | 204.3 | 273.8 | 496.4 | 308.8 | 328.4 | 205.1 | 175.5 | 232.9 | 195.8 | 325.1 | 459.5 | 384.9 | 299.2 | 105.5 |
| 2005 | 303.3 | 385.0 | 526.9 | 430.2 | 247.7 | 216.2 | 65.5 | 106.5 | 91.4 | 393.7 | 409.5 | 391.7 | 297.3 | 150.9 |
| 2006 | 456.6 | 276.5 | 445.9 | 327.4 | 122.3 | 252.6 | 105.8 | 163.1 | 171.4 | 328.9 | 349.7 | 509.3 | 292.5 | 135.0 |
| 2007 | 265.7 | 211.0 | 417.2 | 330.3 | 279.7 | 124.8 | 171.8 | 127.4 | 260.3 | 457.7 | 391.5 | 344.7 | 281.8 | 110.4 |
| 2008 | 262.7 | 310.3 | 497.3 | 374.0 | 212.4 | 238.3 | 127.1 | 87.4 | 290.3 | 421.1 | 257.5 | 324.7 | 283.6 | 115.4 |
| 2009 | 488.3 | 349.3 | 444.6 | 374.2 | 383.5 | 218.2 | 231.0 | 87.0 | 293.5 | 319.7 | 249.0 | 264.7 | 308.6 | 109.3 |
| 2010 | 165.6 | 435.3 | 360.1 | 394.9 | 138.5 | 372.1 | 162.3 | 34.9 | 121.3 | 325.7 | 231.1 | 412.9 | 262.9 | 135.9 |
| 2011 | 274.7 | 374.5 | 657.9 | 244.5 | 282.6 | 287.0 | 212.3 | 158.1 | 195.4 | 226.9 | 440.4 | 592.6 | 328.9 | 158.8 |
| PROMEDIO | 284.0 | 354.4 | 460.9 | 372.5 | 282.3 | 243.3 | 174.9 | 125.9 | 218.7 | 350.5 | 330.2 | 406.9 | 300.4 | 125.4 |
| DESVIACION | 104.0 | 87.0 | 88.9 | 72.2 | 97.2 | 95.6 | 63.5 | 53.4 | 72.3 | 72.4 | 80.1 | 87.5 | | |

Fuente: SENAMHI – elaboración propia.

GRAFICO N°: 07
DISTRIBUCION GRAFICA DE LA PRECIPITACION ANUAL
EN LA ESTACION CO – CAYNARACHI

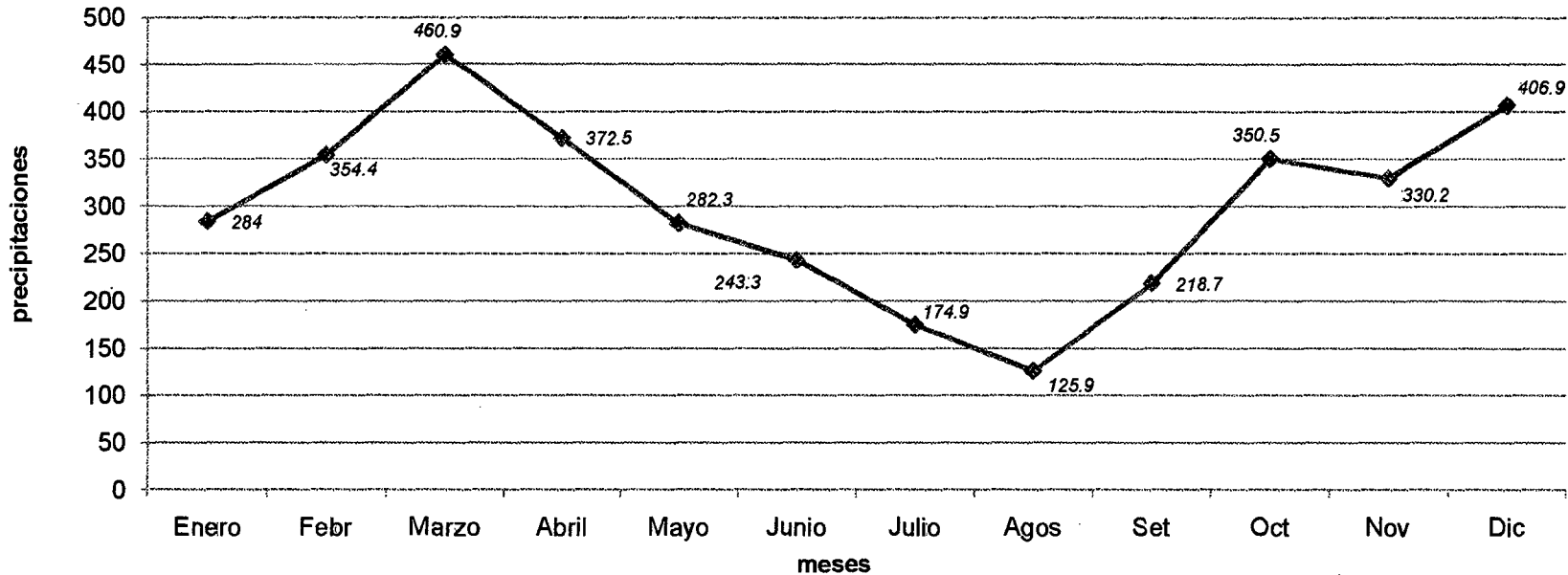


Interpretación:

Según los resultados del cuadro 7 y grafico 5, la mayor precipitación promedio se dio en los años 2001 y 2011 (317.6 y 328.9 mm respectivamente), siendo el año 2010 donde se produjo la menor precipitación (262.9 mm). Se observa también que durante el año 2011 se produjo la mayor variación en cuanto a la intensidad con que se presentaban las precipitaciones; es decir, hubo meses de este año en que las lluvias se presentaban con mayor o menor intensidad.

Finalmente, según los datos proporcionados por la estación de Caynarachi, la precipitación promedio durante los años del 2000 al 2011 fue de 300.4 mm

**GRAFICO N° 08:
DISTRIBUCION GRAFICA DE LA PRECIPITACION MENSUAL
EN LA ESTACION CO - CAYNARACHI**



Interpretación:

Según los resultados del cuadro 7 y grafico 6, la mayor precipitación promedio se presentó en los meses de marzo y diciembre (460.9 y 406.9 mm respectivamente), siendo el mes de agosto donde se da la menor precipitación (125.9 mm). Asimismo, se observa que durante el mes de enero se produjo la mayor variación en cuanto a la intensidad con que se presentaban las precipitaciones; es decir, hubo días de este mes en que las lluvias se presentaban con mayor o menor intensidad.

**CUADRO N° 18:
DISTRIBUCION ANUAL DE LA PRECIPITACION SEGÚN LAS
ESTACIONES
CO – SAN ANTONIO, LAMAS Y CAYNARACHI**

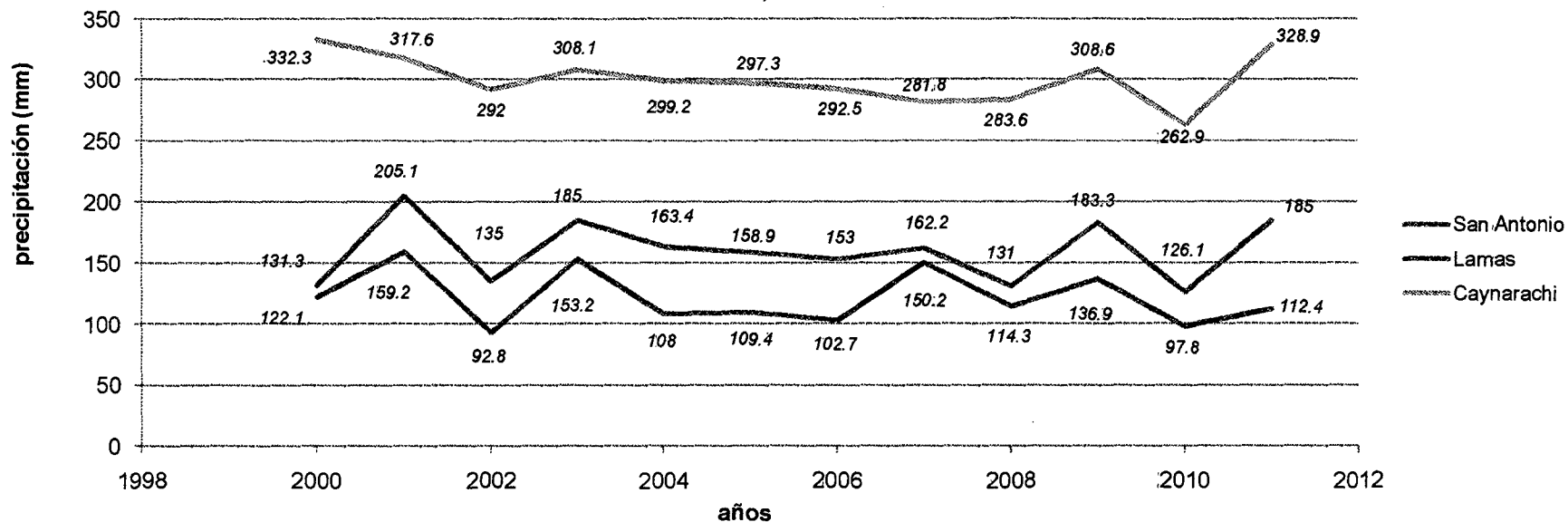
| AÑOS | ESTACIONES | | | PROMEDIO |
|-----------------|-------------|-------|------------|----------|
| | SAN ANTONIO | LAMAS | CAYNARACHI | |
| 2000 | 131.3 | 122.1 | 332.3 | 195.2 |
| 2001 | 205.1 | 159.2 | 317.6 | 227.3 |
| 2002 | 135.0 | 92.8 | 292.0 | 173.3 |
| 2003 | 185.0 | 153.2 | 308.1 | 215.4 |
| 2004 | 163.4 | 108.0 | 299.2 | 190.2 |
| 2005 | 158.9 | 109.4 | 297.3 | 188.5 |
| 2006 | 153.0 | 102.7 | 292.5 | 182.7 |
| 2007 | 162.2 | 150.2 | 281.8 | 198.1 |
| 2008 | 131.0 | 114.3 | 283.6 | 176.3 |
| 2009 | 183.3 | 136.9 | 308.6 | 209.6 |
| 2010 | 126.1 | 97.8 | 262.9 | 162.3 |
| 2011 | 185.0 | 112.4 | 328.9 | 208.8 |
| PROMEDIO | 159.9 | 121.6 | 300.4 | 194.0 |

Interpretación:

Según los resultados del cuadro 10, se puede determinar que según la estación San Antonio la precipitación promedio para los años del 2000 al 2011 fue de 159.9 mm, según la estación Lamas 121.6 mm y según la estación Caynarachi 300.4 mm.

Asimismo se evidenció que el año más lluvioso fue el 2003 (215.4 mm en promedio), siendo el año 2010 el que presenta la menor precipitación promedio.

GRAFICO N° 09:
DISTRIBUCION ANUAL DE LA PRECIPITACION SEGÚN LAS ESTACIONES
CO – SAN ANTONIO, LAMAS Y CAYNARACHI



Interpretación:

Los resultados del gráfico 7, corroboran los resultados del cuadro 10 y muestra la distribución gráfica conjunta de las precipitaciones según las tres estaciones consideradas en el presente estudio.

Polígono De Thiessen

Para realizar la proyección de la precipitación pluvial, es necesario haber construido el polígono de Thiessen, la cual permite determinar cuál es la estación meteorológica influyente en la Microcuenca Curiyacu, en este caso es la estación de San Antonio.

Debido a la cercanía de la microcuenca con la estación meteorológica (4 km. Aprox.), se asume que el registro obtenido es el mismo, a razón de que la fórmula del polígono de Thiessen no es aplicable con una estación de influencia y que esta abarque más que el área de la cuenca en estudio.

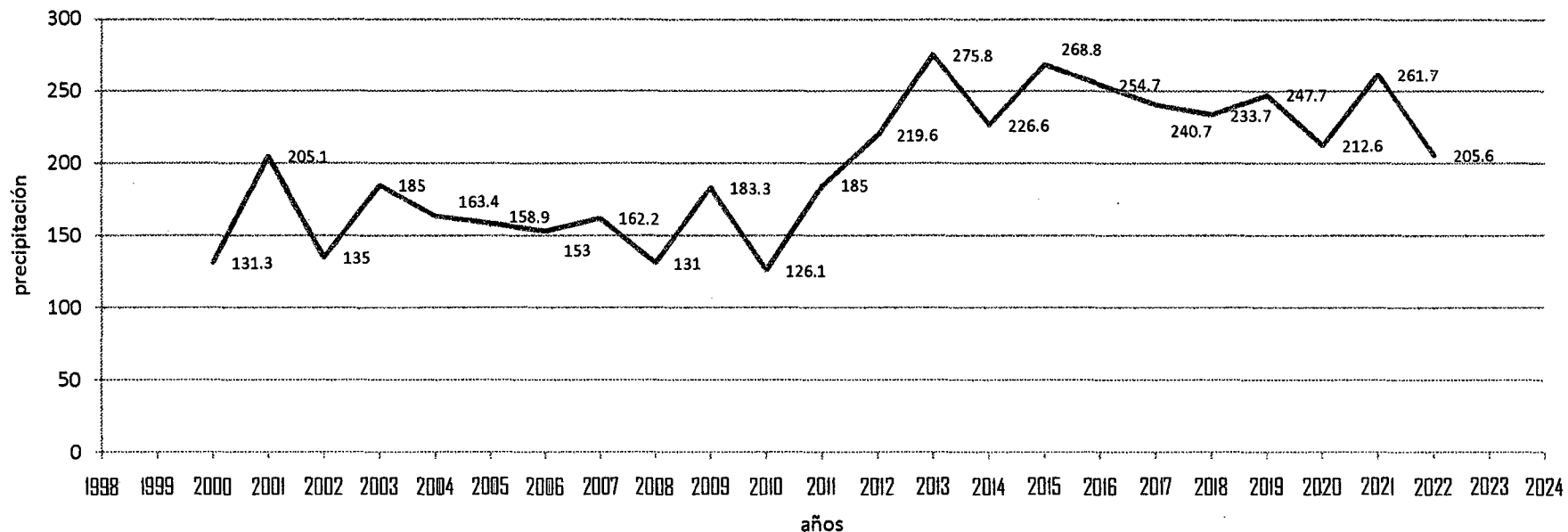
PROYECCIÓN DE PRECIPITACIÓN PLUVIAL.

A partir de los datos históricos de precipitación de la estación meteorológica convencional de San Antonio, estación con influencia dentro de la Microcuenca de Curiyacu, es que se proyecta hasta el año 2022, mediante la aplicación de la ecuación de regresión lineal, resultando de la siguiente manera.

**CUADRO N° 19: PROYECCION ANUAL DE LAS
PRECIPITACIONES SEGÚN EL CO – SAN ANTONIO**

| AÑOS | PONDERACIÓN (X) | PRECIPITACIÓN PROMEDIO(Y) |
|-------------|----------------------------|--------------------------------------|
| 2000 | 3 | 131.3 |
| 2001 | 12 | 205.1 |
| 2002 | 4 | 135.0 |
| 2003 | 11 | 185.0 |
| 2004 | 8 | 163.4 |
| 2005 | 6 | 158.9 |
| 2006 | 5 | 153.0 |
| 2007 | 7 | 162.2 |
| 2008 | 2 | 131.0 |
| 2009 | 9 | 183.3 |
| 2010 | 1 | 126.1 |
| 2011 | 10 | 185.0 |
| 2012 | 15 | 219.6 |
| 2013 | 23 | 275.8 |
| 2014 | 16 | 226.6 |
| 2015 | 22 | 268.8 |
| 2016 | 20 | 254.7 |
| 2017 | 18 | 240.7 |
| 2018 | 17 | 233.7 |
| 2019 | 19 | 247.7 |
| 2020 | 14 | 212.6 |
| 2021 | 21 | 261.7 |
| 2022 | 13 | 205.6 |

**GRAFICO Nº 10:
PROYECCION ANUAL DE LAS PRECIPITACIONES
SEGÚN EL CO - SAN ANTONIO**



Dado que la tendencia es lineal, para determinar el modelo matemático de estimación se trabajó con la fórmula de la Regresión Lineal, cuyos parámetros fueron obtenidos mediante el método de los mínimos cuadrados, siendo la ecuación $y = 114.33 + 7.02x$. Según los cálculos realizados, se estima que a partir del 2012, la mayor precipitación se dará en el año 2013 (275,8 mm), siendo la menor el año 2020 con 212.6 mm.

**CUADRO N° 20:
PROYECCION MENSUAL DE LAS PRECIPITACIONES
SEGÚN EL CO – SAN ANTONIO**

| MESES | MODELO MATEMATICO | PRECIPITACION MENSUAL | | | | | | | | | | | |
|-----------|--------------------|-----------------------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|----------|
| | | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | Promedio |
| Enero | $y=28.43 + 13.36x$ | 215.4 | 322.4 | 228.7 | 308.9 | 282.2 | 255.5 | 242.1 | 268.8 | 255.5 | 295.5 | 188.7 | 260.34 |
| Febrero | $y=35.87 + 19.13x$ | 303.7 | 456.7 | 322.8 | 437.5 | 399.2 | 361.1 | 341.9 | 380.2 | 284.5 | 438.5 | 265.4 | 362.86 |
| Marzo | $y=101.17+ 15.50x$ | 318.1 | 442.2 | 333.6 | 426.6 | 395.6 | 264.6 | 349.1 | 380.1 | 302.6 | 411.1 | 287.1 | 355.52 |
| Abril | $y=47.12 + 24.61x$ | 391.6 | 588.5 | 416.2 | 563.8 | 514.6 | 465.5 | 440.8 | 490.1 | 367.0 | 539.3 | 342.4 | 465.44 |
| Mayo | $y=43.11 + 17.33x$ | 285.7 | 424.4 | 303.0 | 406.9 | 372.3 | 337.7 | 320.4 | 355.0 | 268.4 | 389.7 | 251.1 | 337.69 |
| Junio | $y=41.95 + 13.17x$ | 289.8 | 331.7 | 239.4 | 318.4 | 292.1 | 265.8 | 252.6 | 278.9 | 213.1 | 305.3 | 199.9 | 271.55 |
| Julio | $y=11.01 + 15.93x$ | 234.0 | 361.5 | 249.9 | 111.5 | 313.6 | 281.8 | 265.9 | 297.7 | 218.1 | 329.6 | 202.2 | 260.53 |
| Agosto | $y=4.27 + 10.20x$ | 247.0 | 228.7 | 157.2 | 218.4 | 198.0 | 177.6 | 167.4 | 187.8 | 136.8 | 208.2 | 126.6 | 186.70 |
| Setiembre | $y=38.54 + 13.43x$ | 226.5 | 327.4 | 240.0 | 320.5 | 293.6 | 266.8 | 253.4 | 380.3 | 213.1 | 217.1 | 199.7 | 267.13 |
| Octubre | $y=81.18 + 12.76x$ | 259.7 | 361.9 | 272.5 | 349.1 | 323.5 | 298.0 | 285.3 | 310.8 | 247.0 | 336.3 | 234.2 | 298.03 |
| Noviembre | $y=64.88 + 12.00x$ | 232.8 | 328.9 | 245.0 | 316.8 | 292.8 | 268.8 | 256.8 | 280.8 | 220.8 | 304.8 | 208.8 | 268.83 |
| Diciembre | $y=8.62 + 21.41x$ | 308.2 | 479.6 | 329.7 | 458.1 | 415.4 | 372.6 | 351.1 | 394.0 | 286.9 | 436.8 | 265.5 | 372.54 |

Interpretación:

Siguiendo una tendencia lineal, para determinar el modelo matemático de estimación se trabajó con la fórmula de la Regresión Lineal, cuyos parámetros fueron obtenidos para cada mes mediante el método de los mínimos cuadrados. En este sentido, según los datos proporcionados por la estación San Antonio, se pudo determinar que la mayor precipitación promedio se presentará durante el mes de abril del 2013 (588.5mm), siendo el mes de agosto de 2022 el menos lluvioso con 126.6 mm de precipitación.

Proyección de caudal de la microcuenca.

Para determinar el caudal de la microcuenca se emplea el método racional para caudales, el cual es aplicable en general a pequeñas cuencas, mediante este método, se puede calcular el caudal Q de escurrimiento con la aplicación de la ecuación de la simple forma:

$$Q = C.I.A$$

En la que:

C = coeficiente de escorrentía.

I = intensidad de la lluvia generadora, cuya duración debe conocerse.

A = Área interesada de la cuenca.

En conformidad a la teoría para uniformizar unidades se emplea la siguiente fórmula para la proyección de los caudales en base a los datos históricos de precipitación.

$$Q=(C.I.A)/360$$

Donde:

C = el coef. de escorrentía

I = la intensidad de lluvia máxima (mm/h) para una duración igual al tiempo de concentración y un periodo de retorno T

A = el área de la cuenca (Ha)

Q = el caudal de lluvia (m³/s)

Empleando como coeficiente escorrentía ($C = 0.48$, Bosque > 7%), reemplazando como intensidad de lluvia la precipitación mensual por cada año, obtenemos el siguiente resultado.

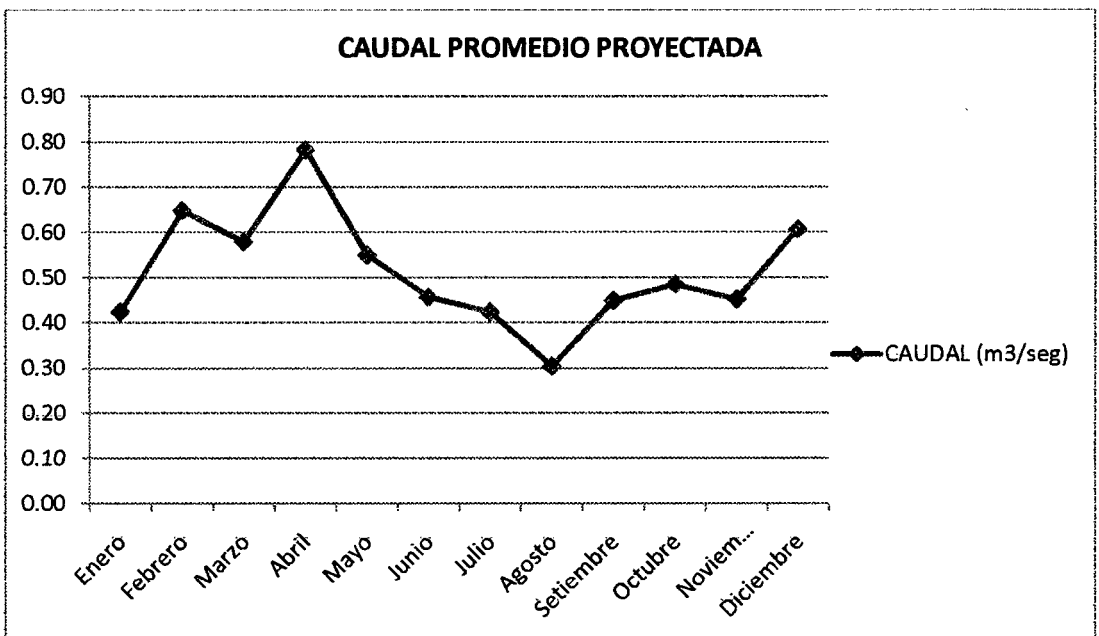
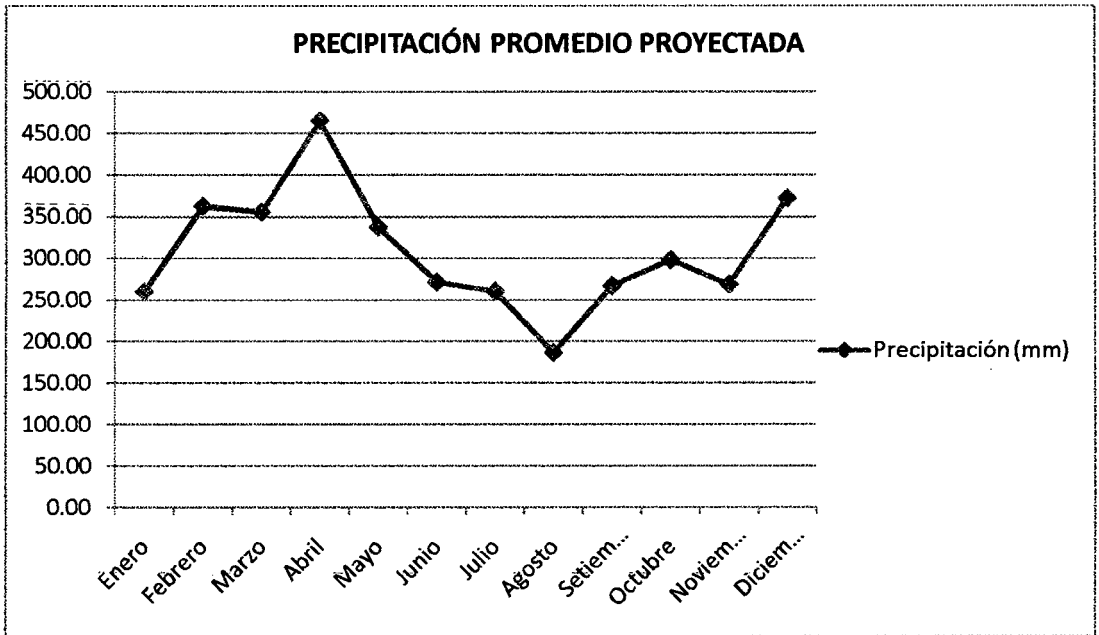
CUADRO N° 20: PROYECCION DE CAUDAL.

| MESES | AÑOS / CAUDAL DE LA QUEBRADA (m3/seg) | | | | | | | | | | | |
|-----------|---------------------------------------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------------|----------|
| | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | Promedio |
| Enero | 0.35 | 0.53 | 0.37 | 0.50 | 0.46 | 0.42 | 0.39 | 0.44 | 0.42 | 0.48 | 0.31 | 0.42 |
| Febrero | 0.53 | 0.82 | 0.58 | 0.79 | 0.70 | 0.65 | 0.62 | 0.69 | 0.50 | 0.79 | 0.48 | 0.65 |
| Marzo | 0.52 | 0.72 | 0.54 | 0.69 | 0.64 | 0.43 | 0.57 | 0.62 | 0.49 | 0.67 | 0.47 | 0.58 |
| Abril | 0.66 | 0.99 | 0.70 | 0.95 | 0.87 | 0.78 | 0.74 | 0.83 | 0.62 | 0.91 | 0.58 | 0.78 |
| Mayo | 0.47 | 0.69 | 0.49 | 0.66 | 0.61 | 0.55 | 0.52 | 0.58 | 0.44 | 0.63 | 0.41 | 0.55 |
| Junio | 0.49 | 0.56 | 0.40 | 0.54 | 0.49 | 0.45 | 0.43 | 0.47 | 0.36 | 0.51 | 0.34 | 0.46 |
| Julio | 0.38 | 0.59 | 0.41 | 0.18 | 0.51 | 0.46 | 0.43 | 0.48 | 0.36 | 0.54 | 0.33 | 0.42 |
| Agosto | 0.40 | 0.37 | 0.26 | 0.36 | 0.32 | 0.29 | 0.27 | 0.31 | 0.22 | 0.34 | 0.21 | 0.30 |
| Setiembre | 0.38 | 0.55 | 0.40 | 0.54 | 0.49 | 0.45 | 0.43 | 0.64 | 0.36 | 0.37 | 0.34 | 0.45 |
| Octubre | 0.42 | 0.59 | 0.44 | 0.57 | 0.53 | 0.49 | 0.46 | 0.51 | 0.40 | 0.55 | 0.38 | 0.49 |
| Noviembre | 0.39 | 0.55 | 0.41 | 0.53 | 0.49 | 0.45 | 0.43 | 0.47 | 0.37 | 0.51 | 0.35 | 0.45 |
| Diciembre | 0.50 | 0.78 | 0.54 | 0.75 | 0.68 | 0.61 | 0.57 | 0.64 | 0.47 | 0.71 | 0.43 | 0.61 |

Interpretación:

Con los resultados obtenidos del caudal , podemos afirmar mientras mayor sea la precipitación, mayor será el caudal de la micro cuenca, es decir, en términos matemáticos son directamente proporcionales, así mismo según los datos calculados del registro histórico de precipitación de la estación San Antonio, se pudo determinar que el mayor caudal promedio se presentará durante el mes de abril del 2013 (Q = 0,99m3/seg), siendo el mes de agosto de 2022 el de menor caudal con 0.21 m3/seg.

CUADRO N° 21.
RELACIÓN PRECIPITACIÓN – CAUDAL



Con los gráficos presentados se demuestra la estrecha relación que existe entre la precipitación pluvial y el caudal, siendo el caudal una variable dependiente de la precipitación, es decir, a mayor precipitación mayor será el caudal, a menor precipitación menor caudal.

E. DISPONIBILIDAD HÍDRICA

Para el cálculo de la disponibilidad hídrica de la microcuenca “Curiyacu” se ha visto conveniente utilizar el método de la fórmula racional.

Uso de la fórmula racional.

En este caso, si se trata de cuencas pequeñas, es posible utilizar la fórmula racional, aunque esto no es estricto, porque esta fórmula fue desarrollada para el cálculo de crecientes, sin embargo, en la práctica da buenos resultados. Cuando se trata de cuencas pequeñas; la precipitación utilizada, es la total anual. La fórmula modificada es:

$$V=1000 C \times P \times A$$

Donde:

V = volumen de agua de escorrentía (m³)

C = coeficiente de escorrentía.

P = precipitación total anual media (mm)

A = área de la cuenca (Km²)

Este método debe usarse únicamente para calcular volúmenes anuales de escorrentía superficial.

Aplicando la fórmula obtenemos lo siguiente:

CUADRO N° 22: Disponibilidad hídrica anual de la microcuenca

| Año | Disponibilidad Hídrica |
|------------|-------------------------------|
| 2012 | 14453100.00 |
| 2013 | 20305896.48 |
| 2014 | 14564361.60 |
| 2015 | 18484696.80 |
| 2016 | 17858141.28 |
| 2017 | 15776458.56 |
| 2018 | 15388133.76 |
| 2019 | 17472434.40 |
| 2020 | 13149812.16 |
| 2021 | 18378671.04 |
| 2022 | 12093045.12 |

La disponibilidad hídrica resultante es el volumen en metros cúbicos de agua anual aportante de la quebrada Curiyacu, siendo la mayor en el año 2013 de 20305896.48 m³ y la menor en el año 2020 de 13149812.16 m³.

F. BALANCE HÍDRICO.

Para calcular la demanda hídrica que necesita la población del distrito de san Antonio se ha tomando como fuente lo siguiente.

Por tal motivo es necesario saber que en nuestro país, la cantidad necesaria de agua para consumo humano, se puede fijar en 35 litros por persona y por día para las zonas marginales de las ciudades de la costa y selva.

(Documentos Técnicos de Riesgo de Salud Ambiental - Agua Y Saneamiento - DIGESA).

CUADRO CUADRO N° 23: BALANCE HIDRICO

| Año | Habitantes | Consumo per cápita (m³/día - hab) | Demanda (m³/día) | Demanda (m³/año) | Oferta Hídrica (m³/año) | Escorrentía (m³/año) |
|------------|-------------------|---|--|--|---|--|
| 2012 | 2,960.00 | 0.035 | 103.6 | 37814 | 14453100.00 | 14415286.00 |
| 2013 | 3,066.56 | 0.035 | 107.3296 | 39175.304 | 20305896.48 | 20266721.18 |
| 2014 | 3,176.96 | 0.035 | 111.1934656 | 40585.61494 | 14564361.60 | 14523775.99 |
| 2015 | 3,291.33 | 0.035 | 115.1964304 | 42046.69708 | 18484696.80 | 18442650.10 |
| 2016 | 3,409.81 | 0.035 | 119.3435019 | 43560.37818 | 17858141.28 | 17814580.90 |
| 2017 | 3,532.57 | 0.035 | 123.6398679 | 45128.55179 | 15776458.56 | 15731330.01 |
| 2018 | 3,659.74 | 0.035 | 128.0909032 | 46753.17966 | 15388133.76 | 15341380.58 |
| 2019 | 3,791.49 | 0.035 | 132.7021757 | 48436.29412 | 17472434.40 | 17423998.11 |
| 2020 | 4,367.66 | 0.035 | 152.8681694 | 55796.88183 | 13149812.16 | 13094015.28 |
| 2021 | 4,069.39 | 0.035 | 142.4287143 | 51986.48074 | 18378671.04 | 18326684.56 |
| 2022 | 4,215.89 | 0.035 | 147.5561481 | 53857.99404 | 12093045.12 | 12039187.13 |

Fuente: elaboración propia.

Interpretación: al realizar el balance hídrico de la microcuenca Curiyacu, es notable que esta puede satisfacer las demandas de agua para la población de San Antonio, teniendo como único usuario o demandante del recurso hídrico a la población y tratando de mantener las condiciones naturales en las que se encuentra hoy en día la Micro cuenca Curiyacu.

* Con la demanda requerida por parte de la población de San Antonio es posible determinar el caudal requerido para el abastecimiento de agua, teniendo en cuenta que el caudal de captación del proyecto a ejecutarse es de 0,099 m³/seg.

CUADRO N° 24: DISPONIBILIDAD HIDRICA GENERAL

| Año | Habitantes | Consumo per cápita (m ³ /día - hab) | caudal requerido/demandante (m ³ /seg) | caudal de captación (m ³ /seg) | Diferencia. Captación vs demanda | Caudal de la microcuenca | Caudal ecológico | Caudal ecológico % |
|------|------------|--|---|---|----------------------------------|--------------------------|------------------|--------------------|
| 2012 | 2,960.00 | 0.035 | 0.0012 | 0.099 | 0.09780093 | 0.46 | 0.36 | 78% |
| 2013 | 3,066.56 | 0.035 | 0.0012 | 0.099 | 0.09775776 | 0.65 | 0.55 | 85% |
| 2014 | 3,176.96 | 0.035 | 0.0013 | 0.099 | 0.09771304 | 0.46 | 0.36 | 79% |
| 2015 | 3,291.33 | 0.035 | 0.0013 | 0.099 | 0.09766671 | 0.59 | 0.49 | 83% |
| 2016 | 3,409.81 | 0.035 | 0.0014 | 0.099 | 0.09761871 | 0.57 | 0.47 | 82% |
| 2017 | 3,532.57 | 0.035 | 0.0014 | 0.099 | 0.09756898 | 0.50 | 0.40 | 80% |
| 2018 | 3,659.74 | 0.035 | 0.0015 | 0.099 | 0.09751747 | 0.49 | 0.39 | 80% |
| 2019 | 3,791.49 | 0.035 | 0.0015 | 0.099 | 0.0974641 | 0.56 | 0.46 | 82% |
| 2020 | 4,367.66 | 0.035 | 0.0018 | 0.099 | 0.09723069 | 0.42 | 0.32 | 76% |
| 2021 | 4,069.39 | 0.035 | 0.0016 | 0.099 | 0.09735152 | 0.58 | 0.49 | 83% |
| 2022 | 4,215.89 | 0.035 | 0.0017 | 0.099 | 0.09729217 | 0.38 | 0.29 | 74% |

Fuente: elaboración propia.

3.2 DISCUSIONES.

Los resultados obtenidos en la disponibilidad del recurso hídrico en la Microcuenca de la Quebrada Curiyacu, han abarcado más de lo que se esperaba, esto es resultante del grado de conservación en la que se encuentra la Microcuenca, la cobertura vegetal, que actúa como esponja captando el agua precipitada, la topografía del terreno con una pendiente de 16,56% que no presenta amenaza de erosión de los suelos.

Por tales motivos es que la Microcuenca Curiyacu es la adecuada para abastecer a la población del distrito de San Antonio, teniendo esta un caudal promedio de $0,51 \text{ m}^3/\text{seg}$, demandando la población solo $0,0015\text{m}^3/\text{seg}$, y teniendo por parte del proyecto la captación que se necesita $0,099\text{m}^3/\text{seg}$, resultando de esto un caudal ecológico de un 78%, el cual no afecta a las condiciones del entorno natural.

3.3. CONCLUSIONES.

A continuación se presentan las conclusiones elaboradas a partir del análisis de los resultados obtenidos:

- Del análisis se reconoce la susceptibilidad ambiental y social de la microcuenca “Curiyacu”, debido a su situación hidrográfica, biofísica y social de lo cual se desprende la necesidad de proteger el recurso bosque.
- La metodología utilizada en la determinación de la disponibilidad hídrica es la más apropiada para la zona, ya que las variables físicas (como, cobertura vegetal, topografía de la microcuenca)
- Hidrológicamente el curso principal de la Microcuenca de la Qda. Curiyacu, es un afluente de la parte alta de la Subcuenca del Río Cumbaza; la Microcuenca de la quebrada Curiyacu, se encuentra en la parte alta del Distrito de San Antonio y su extensión total se encuentra dentro de Área de Conservación Regional Cerro Escalera, con pendiente superior al 16,56%, con una temperatura ambiental que varía de 15 °C a 25 °C y una precipitación media anual de 3398.21 mm.
- La Microcuenca Curiyacu, tiene una extensión de 909 há., un perímetro de 14.1933 Km., un coeficiente de compacidad de 1,30, es decir de oval redonda a oval oblonga, una longitud del curso principiapl de 4.2398 Km., una altitud media de 1800 msnm y su altitud varía entre 500 msnm a 1400 msnm. No existe ninguna estación meteorológica al interior de la microcuenca, sin embargo por el criterio de Thiessen se ha determinado la precipitación de diseño con respecto a la estación meteorológica San Antonio, adquiriendo estos datos independientemente.
- El punto de la captación de agua, se encuentra aproximadamente a 5 Km del Distrito de San Antonio.
- A la fecha, no existen usuarios directos del agua de la microcuenca, los beneficiarios del proyecto de agua, serán los primeros usuarios. La

calidad de física, química y bacteriológica del agua, es de alta calidad, toda vez que la escorrentía superficial proviene de bosques naturales montañosos y no existe actividades económicas, ni domésticas que afecte la calidad del agua.

- La oferta hídrica, del curso principal de la Qda. Curiyacu, en el punto de la captación de agua, es de 0.51 m³/seg promedio, con demanda promedio por parte de la población 0.0015 m³/seg, con una probabilidad del 100% del horizonte del proyecto.
- Respecto al Proyecto, la demanda hídrica actual es de 0.0012 m³/seg. y la demanda hídrica futuro es de 0.0017 m³/seg.

3.4 RECOMENDACIONES.

- Que la Municipalidad Distrital de San Antonio, gestione la implementación de una estación meteorológica para el registro de información pluviométrica e hidrométrica en la Microcuenca de la Qda. Curiyacu. Esta recomendación va a permitir generar información clave para el monitoreo hidrológico a nivel local.
- Por las características geomorfológicas de la microcuenca, se debe conservar de manera estricta la cobertura vegetal en toda la Microcuenca de la Qda. Curiyacu.
- Las autoridades competentes, deben optimizar el uso y aprovechamiento hídrico de la Microcuenca Qda. Curiyacu, toda vez que la oferta hídrica es muy abundante en la fuente y de muy buena calidad.
- En caso de aparentes conflictos sociales y/o ambientales respecto al uso del agua del proyecto en referencia, se debe informar y sensibilizar a las partes, en base a los resultados del presente estudio.
- Tomar en cuenta las características geomorfológicas en la parte baja de la microcuenca (relieve encañado), respecto a posibles descargas máximas y riesgos sobre las condiciones de seguridad de la infraestructura civil de la captación, almacenamiento y línea de aducción, entre otros, del proyecto a ejecutarse.
- Coordinar estrechamente, las acciones de vigilancia, control y conservación de la fuente de agua entre la Municipalidad Distrital de San Antonio, Proyecto Especial Huallaga Central y Bajo Mayo - ACR y Administración Local del Agua (ALA) tarapoto – San Martín.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ECOLOGISMO 2009, Calentamiento Global.
www.ecologismo.com/2009/02/23/que-es-el-calentamiento-global
- MARIO TAPIA 2003, Cuencas Hidrográficas, CEPES.
www.cepes.org.pe/pdf/OCR/Partidos/metodologia_planes_maestros/metodologia_planes_maestros1.pdf 14/10/2010)
- USAID 2000, Cuencas Hidrográficas de la Selva.
www.usaid.gov/pa/Information/Documents/Diagnostico.pdf 11/10/2011
- WORLD VISION 2002, Conceptos Básicos de Cuencas.
www.pancanal.com/esp/cuenca/piota/12.pdf 11/10/2011
- EDUARDO 2008, La Planificación Hidrológica y características Hídricas del Perú, Escuela de Postgrado – Universidad nacional Agraria la Molina.
tarwi.lamolina.edu.pe/~echavarri/clase_i_met_problematika_y_recursos_hidricos_del_peru_def.pdf 11/10/2011
- SOKOLOV, ALEKSEI ALEKSANDROVICH, CHAPMAN, 2005, Metodos de cálculos del Balance Hidrico.
(unesdoc.unesco.org/images/0013/001377/137771so.pdf 11 Oct. 2011)
- L. RAYMONDO 2004, Microcuencas, Panamá
(www.pancanal.com/esp/cuenca/piota/12.pdf 11 Oct. 2011)
- DIGESA 2004, AGUA Y SANEAMIENTO. DIRECCION TECNICA GENERAL DE SALUD.
(Documentos Técnicos de Riesgo de Salud Ambiental – Agua y Saneamiento)
- ABSALON VÁSQUEZ VILLANUEVA; 2000 MANEJO DE CUENCAS ALTOANDINAS, PERÚ.
- MÁXIMO VILLON BEJAR; 2002 HIDROLOGIA; LIMA – PERÚ
- ROLANDO REÁTEGUI 1997; RECURSOS NATURALES Y BIODIVERSIDAD, UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA - ESPAÑA
- LUIS V. REYES CARRASCO, 1992 HIDROLOGIA BASICA.
- LINSLEY KOHLER PAULUS, 1986 HIDROLOGIA PARA INGENIEROS.
- WENDOR CHEREQUE MORÁN HIDROLOGIA.

- GERMAN MONSALVE SÁENZ, 1995 HIDROLOGIA EN LA INGENIERIA.
- ABELARDO M. DÍAZ SALAS, 2010 ESTADISTICA Y PROBABILIDAD EN LA HIDROLOGIA.

ANEXOS.

Imagen 01:



Ubicación de lugar de aforo.

Imagen 02:



Quebrada Curiyacu.