

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA**



**"VALORACIÓN ECONÓMICA DE LOS RECURSOS  
HÍDRICOS DE LA MICROCUENCA DEL RIO CUYO  
GRANDE Y CHAHUAYTIRE – CUSCO"**

**TESIS**

**PRESENTADA POR LA BACHILLER:  
MELANIA MABEL ZAPANA QUISPE**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO AGRICOLA**



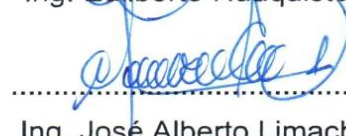

**PUNO - PERU  
2013**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**  
**"VALORACIÓN ECONÓMICA DE LOS RECURSOS**  
**HÍDRICOS DE LA MICROCUENCA DEL RIO CUYO**  
**GRANDE Y CHAHUAYTIRE – CUSCO"**

TESIS PRESENTADA POR LA BACHILLER:  
**MELANIA MABEL ZAPANA QUISPE**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
**INGENIERO AGRÍCOLA**

APROBADO POR EL JURADO CONFORMADO POR:

|                          |   |  |
|--------------------------|---|--|
| <b>PRESIDENTE</b>        | : | <br>.....<br>Dr. Eduardo Flores Condori      |
| <b>PRIMER MIEMBRO</b>    | : | <br>.....<br>Ing. Edilberto Huaquisto Ramos  |
| <b>SEGUNDO MIEMBRO</b>   | : | <br>.....<br>Ing. José Alberto Limache Rivas |
| <b>DIRECTOR DE TESIS</b> | : | <br>.....<br>Ing. Teófilo Chirinos Ortiz     |

Puno – Perú

2013

ÁREA : Ingeniería y Tecnología

TEMA: Valorización económica ambiental de los recursos naturales

LÍNEA: Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente

## DEDICATORIA

*A mi padre Daniel por darme la dicha de la vida, estar siempre a mi lado y alentarme para superarme y ser una persona de bien. Por todo su amor, comprensión y esfuerzo.*

*A mi familia, que siempre ha estado a mi lado apoyándome, incentivando de esta forma mi crecimiento personal y profesional*

*A Angel por ser parte de mi inspiración, por su apoyo incondicional y desinteresado, por sus palabras de aliento, por todos los momentos que compartimos y por ser una persona muy especial en mi vida.*

*Con cariño y admiración  
Meli.*

## AGRADECIMIENTO

*Mi eterna gratitud a mi Señor y salvador Jesucristo que es el autor de todo, y me ha permitido vivir al lado de personas tan maravillosas, por estar siempre en mí y permitirme ser mejor cada día.*

*A mi Alma Mater la Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ingeniería Agrícola, Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola, a cada uno de los docentes por orientarme y compartir sus amplias experiencias académicas e investigativas.*

*Al Ing. Teófilo Chirinos Ortiz, por su predisposición y apoyo como director en la elaboración y culminación de mi trabajo de investigación.*

*A los miembros del jurado calificador Dr. Eduardo Flores Condori, Ing. Edilberto Huaquisto Ramos e Ing. José Alberto Limache Rivas por la predisposición y apoyo brindado.*

*A mis amigos y demás personas queridas por su apoyo constante, brindándome una amistad verdadera y desinteresada que yo siempre tendré presente.*

*Una vez más, gracias a todos.  
Melania*

**INDICE GENERAL**

**LISTA DE CUADROS**

**LISTA DE FIGURAS**

**LISTA DE GRAFICOS**

**RESUMEN**

|   |    |
|---|----|
| <b>I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>              | 1  |
| 1.1.Planteamiento del problema                    | 1  |
| 1.2.Antecedentes                                  | 3  |
| 1.3.Justificación                                 | 5  |
| 1.4.Objetivos del Estudio                         | 6  |
| <b>II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b>                 | 7  |
| 2.1. Marco Conceptual                             | 7  |
| 2.1.1. Valor                                      | 7  |
| 2.1.2. Valor económico total                      | 8  |
| 2.1.3. Valoración económica del agua              | 9  |
| 2.1.4. Pago por servicios hidrográficos           | 9  |
| 2.1.5. Costo del agua                             | 9  |
| 2.1.6. Demandantes                                | 10 |
| 2.1.7. Oferentes                                  | 11 |
| 2.1.8. Economía ambiental                         | 11 |
| 2.1.9. Bien ambiental                             | 11 |
| 2.1.10. Servicios ambiental                       | 11 |
| 2.1.11. Recursos naturales                        | 12 |
| 2.1.12. Costo de oportunidad                      | 13 |
| 2.1.13. Hidrología                                | 13 |
| 2.1.14. Cuenca hidrográfica                       | 13 |
| 2.1.15. Manejo integral de cuencas                | 14 |
| 2.1.16. Demanda hídrica                           | 14 |
| 2.1.17. Oferta hídrica                            | 15 |
| 2.1.18. Red de drenaje                            | 15 |
| 2.1.19. Balance hídrico                           | 16 |
| 2.1.20. Sistema de información geográfica (sig)   | 17 |
| 2.1.21. Mapa base                                 | 18 |
| 2.2. Marco Teórico                                | 18 |
| 2.2.1. Parámetros geomorfológicos                 | 18 |
| 2.2.2. Análisis de información hidrometeorológica | 24 |
| 2.2.3. Métodos de valoración económica            | 39 |
| 2.3. Hipótesis                                    | 44 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b>                     | 45  |
| 3.1. Características Generales de la Zona de Estudio | 45  |
| 3.1.1. Ubicación Política                            | 45  |
| 3.1.2. Ubicación Geográfica                          | 45  |
| 3.1.3. Ubicación Hidrográfica                        | 45  |
| 3.1.4. Vías de Acceso                                | 46  |
| 3.2. Equipos y Materiales                            | 46  |
| 3.2.1. Materiales y Equipos de Gabinete              | 46  |
| 3.2.2. Materiales y Equipos de Campo                 | 47  |
| 3.2.3. Materiales Cartográficos e Hidrológicos       | 47  |
| 3.2.4. Servicios                                     | 47  |
| 3.3. Metodología                                     | 48  |
| 3.3.1. Elaboración del mapa base                     | 48  |
| 3.3.2. Caracterización de la microcuenca             | 48  |
| 3.3.2.1. Geomorfología de la microcuenca             | 48  |
| 3.3.3. Generación de mapas                           | 50  |
| 3.3.4. Cálculo del análisis hidrológico              | 50  |
| 3.3.5. Valoración económica del recurso hídrico      | 51  |
| <b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>                    | 54  |
| 4.1. Caracterización de la microcuenca.              | 54  |
| 4.1.1. Geología                                      | 68  |
| 4.1.2. Hidrogeología                                 | 75  |
| 4.1.3. Vegetación                                    | 79  |
| 4.2. Cálculo del análisis hidrológico                | 80  |
| 4.2.1. Cálculo de la oferta del recurso hídrico      | 80  |
| 4.2.2. Cálculo de la demanda del recurso hídrico     | 116 |
| 4.3. Valoración económica del recurso hídrico        | 121 |
| <b>CONCLUSIONES</b>                                  | 129 |
| <b>RECOMENDACIONES</b>                               | 130 |
| <b>BIBLIOGRAFÍA</b>                                  | 131 |
| <b>ANEXOS</b>  | 135 |

**LISTA DE CUADROS**

|   |     |
|---|-----|
| Cuadro 1: Recorrido Hasta la Zona de Estudio  | 46  |
| Cuadro N° 2: Parámetros de relieve  | 58  |
| Cuadro N° 3: Cantidad total de corrientes   | 63  |
| Cuadro N° 4: Pendiente media del curso principal  | 65  |
| Cuadro N° 5: Relación de bifurcación  | 66  |
| Cuadro N° 6: Frecuencia de ríos   | 67  |
| Cuadro N° 7: Cobertura Vegetal  | 79  |
| Cuadro N°8: Selección de Periodos a comparar por la media   | 83  |
| Cuadro N° 9: Datos meteorológicos del primer periodo corregido.   | 88  |
| Cuadro N° 10: Comprobación de Pruebas de Bondad al 95 % confianza   | 89  |
| Cuadro N° 11: Precipitación de datos pluviométricos corregidos  | 90  |
| Cuadro N° 12: Valores de t, y; para la ecuación de regresión lineal en la media y desviación estándar.  | 91  |
| Cuadro N° 13: Variables para la corrección por Tendencias.  | 92  |
| Cuadro N°14: Variables para la corrección por Tendencias  | 94  |
| Cuadro N° 15: Datos meteorológicos corregidos por Tendencias.   | 95  |
| Cuadro N° 16: Registro de precipitación mensual (mm) para la estación meteorológica de Caycay. Libre de Saltos, Tendencias, completo y extendido. | 98  |
| Cuadro N° 17: Precipitación media mensual (mm) para las estaciones en estudio.  | 99  |
| Cuadro N° 18: Proceso de regionalización polinómica de la Precipitación anual   | 100 |
| Cuadro N° 19: Parámetros de corrección por influencia Altitudinal, Geográfica y por Distancia.  | 102 |
| Cuadro N° 20: Ecuaciones de Regionalización mensual de la Precipitación, por corrección Altitudinal, Geográfica y por Distancia Para cada zona.   | 102 |
| Cuadro N° 21: Precipitación mensual Regionalizada para 40 años de observación para la Altitud media de la zona.                                   | 103 |
| Cuadro N° 22: Precipitación media mensual resumen por zona.   | 104 |
| Cuadro N° 23: Registro de la precipitación generado para periodos extendidos de 40 años.  | 105 |
| Cuadro N° 24: Resumen de la calibración del modelo Lutz Scholz  | 109 |
| Cuadro N° 25: Resumen de los cálculos de la regresión simple  | 111 |
| Cuadro N° 26: Precipitación efectiva generada PE III y IV (mm) del río Cuyo Grande y Chahuaytire periodo 1971 – 2010                              | 112 |

|   |     |
|---|-----|
| Cuadro N° 27: Caudales medios mensuales generados (mm) del río Cuyo Grande y Chahuaytire periodo 1971 – 2010                | 113 |
| Cuadro N° 28: Caudales medios mensuales generados (m <sup>3</sup> /s) del río Cuyo Grande y Chahuaytire periodo 1971 – 2010 | 114 |
| Cuadro N° 29: Caudales medios mensuales generados a distintos niveles de persistencia (m <sup>3</sup> /s)                   | 115 |
| Cuadro N° 30: Caudales medios mensuales generados al 75% de persistencia.   | 116 |
| Cuadro N° 31: Tasa de crecimiento poblacional para Cusco rural.   | 117 |
| Cuadro N° 32: Consumo de agua anual poblacional actual  | 118 |
| Cuadro N° 33: Consumo de agua anual poblacional futura  | 118 |
| Cuadro N° 34: Total de la población pecuaria  | 118 |
| Cuadro N° 35: Consumo per-cápita por especie animal   | 119 |
| Cuadro N° 36: Consumo de agua anual pecuaria  | 119 |
| Cuadro N° 37: Cedula de cultivo   | 120 |
| Cuadro N° 38: Calculo del Kc ponderado  | 120 |
| Cuadro N° 39: Calculo de la demanda   | 120 |
| Cuadro N° 40: Capacidad de producción de los viveros por año  | 124 |
| Cuadro N° 41: Requerimiento real de plantones para la reforestación   | 125 |
| Cuadro N° 42: Metas de producción de plantones por años en la Microcuenca   | 125 |
| Cuadro N° 43: Demanda de plantones de la Microcuenca, según el área de plantación   | 126 |
| Cuadro N° 44: Resumen Costos de Actividades de Reforestación - Cuyo Grande y Chahuaytire – Región Cusco.                    | 126 |

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura N° 1: Clasificación de Valores                                    | 7  |
| Figura N° 2: Valor Económico Total                                       | 8  |
| Figura N° 3: Factor de forma para dos cuencas                            | 20 |
| Figura N° 4: Serie con componente transitoria en la forma de saltos      | 26 |
| Figura N° 5: Serie con componente transitoria en la forma de tendencia   | 26 |
| Figura N° 6: Análisis doble masa para seleccionar la estación base       | 27 |
| Figura N° 7: Análisis de doble masa para obtener los periodos de estudio | 27 |
| Figura N° 8: Delimitación de la microcuenca                              | 55 |
| Figura N° 9: Red hidrográfica  | 64 |
| Figura N° 10: Formación Cabanillas : Siluro-Devónico                     | 69 |
| Figura N° 11: Formación Pisac: Pérmico Superior                          | 70 |
| Figura N° 12: Formación Pachatusan: Triásico Inferior a medio            | 71 |
| Figura N° 13: Formación Paucartambo                                      | 71 |



|   |    |
|---|----|
| Figura N° 14: Depósitos Morrénicos                                | 72 |
| Figura N° 15: Flujo Glaciales                                     | 72 |
| Figura N° 16: Depósitos lacustres                                 | 73 |
| Figura N° 17: Colubio Aluviales                                   | 73 |
| Figura N° 18: Mapa Geológico                                      | 74 |
| Figura N° 19: Mapa Hidrogeológico                                 | 78 |
| Figura N° 20: Proceso para el tratamiento de datos meteorológicos | 81 |

### LISTA DE GRÁFICOS

|  |     |
|--|-----|
| Gráfico N° 1: Curva Hipsométrica   | 59  |
| Gráfico N° 2: Polígono de Frecuencia   | 59  |
| Gráfico N° 3: Perfil longitudinal del drenaje                                    | 68  |
| Gráfico N° 4: Unidades geológicas  | 68  |
| Grafica N° 5: Distribución de unidades hidrogeológicas                           | 75  |
| Grafica N° 6: Distribución espacial por la Naturaleza de Acuífero                | 77  |
| Grafica N° 7: Distribución espacial por el grado de productividad del Acuífero   | 77  |
| Gráfico N° 8: Vegetación   | 79  |
| Gráfico N° 9: Histograma de Precipitación de la Estación de Caycay.              | 82  |
| Gráfico N° 10: Distribución regional de las estaciones Meteorológicas            | 101 |
| Grafica N° 11: Precipitación Mensual   | 106 |
| Grafica N° 12: Tendencia histórica de la precipitación anual                     | 106 |
| Gráfico N° 13: Generación de caudales mensuales generados en (m <sup>3</sup> /s) | 110 |
| Gráfico N° 14: Disponibilidad hídrica a distintos niveles de persistencia        | 115 |

## RESUMEN

El presente estudio, se ha enfocado desde el punto de vista de la economía ambiental, en el cual se determina la importancia del recurso hídrico que tiene desde el punto de vista del uso y no uso del agua. Se ha planteado como objetivo determinar el valor económico del Recurso Hídrico de la Microcuenca del río Cuyo Grande y Chahuaytire, para ello se recurrió al método de valoración del promedio de los costos, la metodología contemplara el desarrollo, sistematización y análisis de la información de los siguientes aspectos: i) análisis y caracterización de la situación biofísica de la microcuenca, el cálculo de la oferta y demanda de agua para la construcción del presupuesto de aguas; ii) la valoración económica ecológica del valor de captación (servicio ambiental del bosque) y de los costos ambientales asociados (protección y recuperación de la microcuenca) y valor del agua como insumo de la producción. Se ha realizado la valoración de los recursos hidrológicos del Río Cuyo Grande y Chahuaytire el valor promedio de los recursos hídricos dentro de la microcuenca es de S/. 41,332.487/km<sup>2</sup> lo que nos da un valor total del área boscosa de la microcuenca para la generación de los recursos hídricos que es de S/. 245,101.649/km<sup>2</sup> y fue estimado a partir de otros valores como el valor de captación hídrica del bosque dentro de la microcuenca que es de S/. 119,359.2674/km<sup>2</sup>; el valor de protección de la microcuenca que es de S/. 4,612.434/km<sup>2</sup> y el valor del agua como insumo de la producción para la microcuenca que resultó de S/. 25.760/km<sup>2</sup>. Es importante mencionar que el valor usado para obtener lo anterior es el costo de oportunidad dentro de la microcuenca que es de S/. 1, 805,557.50/km<sup>2</sup>, que lo definió la extracción de madera de Eucalipto y Pino.

## I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Nuestro país en los últimos años, el cambio climático se configura como una temática que viene cobrando protagonismo ya que el agua es uno de los recursos naturales que impone mejorar condiciones para la habitabilidad, competitividad y sustentabilidad de la configuración urbana y rural, es así que toma importancia valorar el recurso hídrico dentro de la unidad básica de manejo de recursos naturales como lo es la cuenca. Por tanto, resulta importante determinar qué valor adquiere el recurso hidrográfico dentro de los bienes y servicios que se aportan desde un punto de vista social.

La escasez del recurso hídrico para la actividad agropecuaria en las cuencas y microcuencas de la Región Cusco es cada vez mayor, lo que se manifiesta en el aumento de la demanda de las reservas hídricas naturales: ríos, riachuelos, lagunas, bofedales y nevados, esto se debe a la alteración de regímenes de lluvia que aumentan la brecha del déficit entre la oferta y la demanda de agua. Las prácticas que contribuyen a la baja retención hídrica son entre otras la deforestación, el sobrepastoreo, la quema de pastos y prácticas agrícolas inapropiadas entre otros.

La microcuenca del río Cuyo Grande y Chahuaytire tiene una demanda creciente de bienes y servicios hidrográficos que proporciona la microcuenca, esto debido a que el agua ocupa el primer lugar dentro de la problemática de la zona, ya que es un recurso fuertemente demandado por ser el sustento de vida y de toda actividad económica existente en la zona. Recurso que en la actualidad se encuentra amenazado por actividades extractivas y/o de explotación como son la minería, industria, deforestación entre otras, además de no existir una cultura adecuada para conservar sus áreas de vegetación y fuentes de agua (lagunas, ríos, riachuelos, manantes, y otros) asumiendo muchas veces que el agua carece de valor alguno por no pagar por su uso como bien o servicio que provee, debido a la complejidad que existe al tratar de medir o valorar este recurso en la naturaleza.

## 1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Para esto se plantean las siguientes interrogantes:

### PREGUNTA GENERAL

¿Cuál es el estimación del valor económico del recurso hídrico en la microcuenca Cuyo Grande y Chahuaytire como bien y servicio ambiental?

### PREGUNTAS ESPECÍFICAS

¿Cuál es la caracterización del recurso hídrico en la microcuenca del rio Cuyo Grande y Chahuaytire?

¿Cuál es la oferta y demanda del agua en la microcuenca del rio Cuyo Grande y Chahuaytire?

¿Cuál es el valor económico del recurso hídrico en función de sus principales usos dentro de la microcuenca del rio Cuyo Grande y Chahuaytire?.

### 1.3. ANTECEDENTES

La investigación titulada *Valoración económica de los recursos hidrológicos en la microcuenca del río Calnali, México*, donde utilizo el método de costo de oportunidad y el promedio de costos. Tuvo como objetivo estimar el valor económico del recurso hídrico en la microcuenca para la recomendación de mecanismos efectivos de pago de los servicios ambientales hidrológicos. La conclusión fue que el papel del agua dentro del desarrollo de los pueblos es evidente desde la perspectiva de la producción de bienes y el nivel de bienestar que proporciona a sus beneficiarios, como al mismo desarrollo y mantenimiento de los ecosistemas que se beneficia de la producción hídrica de los bosques de la parte alta de la microcuenca. La recomendación fue que la microcuenca como productor de bienes y servicios debe ser considerada como parte primordial en el desarrollo de los pueblos que se encuentren dentro de ella, por lo que se deben reducir las intervenciones humanas con el fin de aprovechamiento de sus recursos y en cambio, se lleven a cabo prácticas de conservación y de recuperación de áreas perturbadas. Para lo cual, esta investigación nos ayudó en el método utilizado para nuestro trabajo y la revisión documental entre otros. (Aguilar, 2010).

También se realizó una investigación titulada *Valoración económica de servicios hidrográficos en la cuenca del río Apipilhuasco, México y alternativas para su restauración y manejo*, para lo cual utilizo el método de costo de oportunidad y el promedio de costos. El objetivo era valorar los recursos hidrográficos de la cuenca para lo cual recomienda efectuar una corrección de las condiciones que disminuyen la productividad del suelo y la vegetación además de otros elementos del ecosistema esto se debe realizar integralmente y mediante una estrategia de restauración específica y mediante la implementación de actividades productivas sustentables y para realizar una valoración económica de los servicios ambientales en general de mayor precisión, se deben tener también métodos cuantitativos de los recursos naturales más precisos y actuales. Por lo tanto, esta investigación nos ayudó en el método para la valoración económica del recurso agua. (Cuenca, 2005).

Así también se ha tenido en cuenta el trabajo de investigación titulada *Valoración económica preliminar de los servicios hidrográficos en la cuenca alta del río Zahuapan Tlaxco*,

*Tlaxcala, México*, para lo cual utilizo métodos de mercados y no mercados. El objetivo era establecer una valoración económica preliminar de los recursos hidrográficos de la cuenca. La conclusión era que cualquiera que sea el uso del agua este será un generador de bienes y servicios que satisfacen las necesidades de los usuarios, en consecuencia, estos deben corresponder con la disponibilidad a pagar para seguir obteniendo el recurso; es por ello que el recurso hídrico no debe solo tomarse como un bien que genera la naturaleza y que debe ser consumido por su disponibilidad sino que debe valorarse por su importancia ecológico – económica. La recomendación fue que se deben desarrollar métodos de medición más precisos para la valoración de los recursos hídricos. Este trabajo nos ayudó a conocer las metodologías y técnicas empleadas y de esta manera sustentar metodológicamente esta investigación. (Orosco, 2003).

#### 1.4. JUSTIFICACIÓN

La necesidad de valorar económicamente el recurso hídrico se debe que el sistema de mercado no refleja el verdadero valor que este tiene para la actividad humana, lo que lleva que este no tenga un valor significativo y hace que se genere su sobreexplotación. Esto hace que sea imprescindible emplear metodologías que permitan valorar el recurso hídrico a fin de generar parte de la información necesaria para tomar decisiones y asignar recursos de la mejor forma, además de diseñar e implementar políticas ambientales que permitan asegurar su uso sustentable y políticas de precio que tengan en consideración los beneficios que dicho recurso proporciona a la población. Este interés es mayor en la medida que aumenta la escasez relativa del recurso, por lo que la estimación del valor es un requisito esencial para el diseño de estrategias de incentivos que promuevan su uso eficiente.

Sin embargo, para la conservación de la microcuenca, se puede capacitar principalmente a los productores agrícolas, en prácticas degradantes por prácticas conservadoras de suelo y agua. Por tanto, las actividades de protección y recuperación, se plantean como una posible alternativa, para el aumento de la disponibilidad hídrica, de forma que esto contribuya en el mediano y largo plazo a la adopción de sistemas productivos más acordes con la función productora de agua, y que al mismo tiempo beneficie no solo a los productores, sino también a los usuarios del agua, al ofrecerles una mejor disponibilidad y calidad del agua en el futuro. Teniendo en cuenta lo antes mencionado, este trabajo pretende plantear la necesidad de la valoración económica de los recursos hídricos a través de los diferentes enfoques de mercado en la búsqueda del establecimiento de un desarrollo sustentable para las comunidades dentro de la microcuenca por lo tanto podrá proporcionar las herramientas adecuadas para tomar decisiones entre alternativas, lo cual será requerido como documento de consulta a autoridades, investigadores, estudiantes entre otros.

## 1.5. OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

- Determinar el valor económico del Recurso Hídrico de la Microcuenca del rio Cuyo Grande y Chahuaytire.

### OBJETIVO ESPECÍFICOS

1. Conocer el comportamiento de la microcuenca mediante su caracterización hidromorfológica de la Microcuenca del rio Cuyo Grande y Chahuaytire.
2. Determinar la oferta y demanda de agua en la Microcuenca del rio Cuyo Grande y Chahuaytire.
3. Determinar el valor económico del recurso hídrico en función de sus principales usos de la Microcuenca del rio Cuyo Grande y Chahuaytire.



## II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 MARCO CONCEPTUAL

#### 2.1.1 Valor

ANDRADE (2005), lo define como; medida de la importancia que se concede a los bienes que satisfacen las necesidades humanas. Se suele distinguirse entre el valor de uso y el valor en cambio por otro bien o por dinero.

TORRES (2001), define como la suma de los bienes naturales dentro de un ecosistema y los procesos necesarios para reponer el bien natural desgastado y empleado, dado a la realización del potencial productivo del ecosistema.

**Figura N° 1: Clasificación de Valores**

| Valor de uso   |  | Valor de no uso   |  |  |
|--|--|---|--|--|
| directo  | indirecto  | De opción   | De herencia  | De existencia  |
| Productos de consumo o servicios directos  | Beneficios funcionales   | Uso directo o indirecto futuro  | Valor de legar valores a los descendientes                 | Valores éticos   |
| <b>Usos extractivos:</b><br>- Materia prima<br>- Alimentos<br>- Biomasa<br>- Cultivo y pastoreo<br>- Colecta de especímenes y material genético<br>- Conversión a otro uso<br>- Habitación humano<br><b>Usos no extractivos:</b><br>- Salud<br>- Recreación<br>- Actividades culturales y religiosas<br>- Navegación<br>- Producción audiovisual | <b>Ecosistemicas:</b><br>- Autopreservacion y evolución del sistema<br>- Ciclaje de nutrientes<br>- Conocimiento e investigación científica actual<br>- Habitación migratorio<br>- Fijación de nitrógeno<br><b>Ambientales:</b><br>- Protección y generación de suelos<br>- Captación y purificación de agua<br>- Protección de cuencas<br>- Protección de plagas<br>- Regulación climática<br>- Retención de carbono<br>- Estabilidad costera | - Continuidad del sistema<br>- Obtención de nueva materia prima<br>- Nuevos conocimientos | - Protección del hábitad<br>- Evitar cambios irreversibles | - Conocimiento de la existencia<br>- Protección del hábitad<br>- Evitar cambios irreversibles<br>- Culturales estéticos y religiosos |

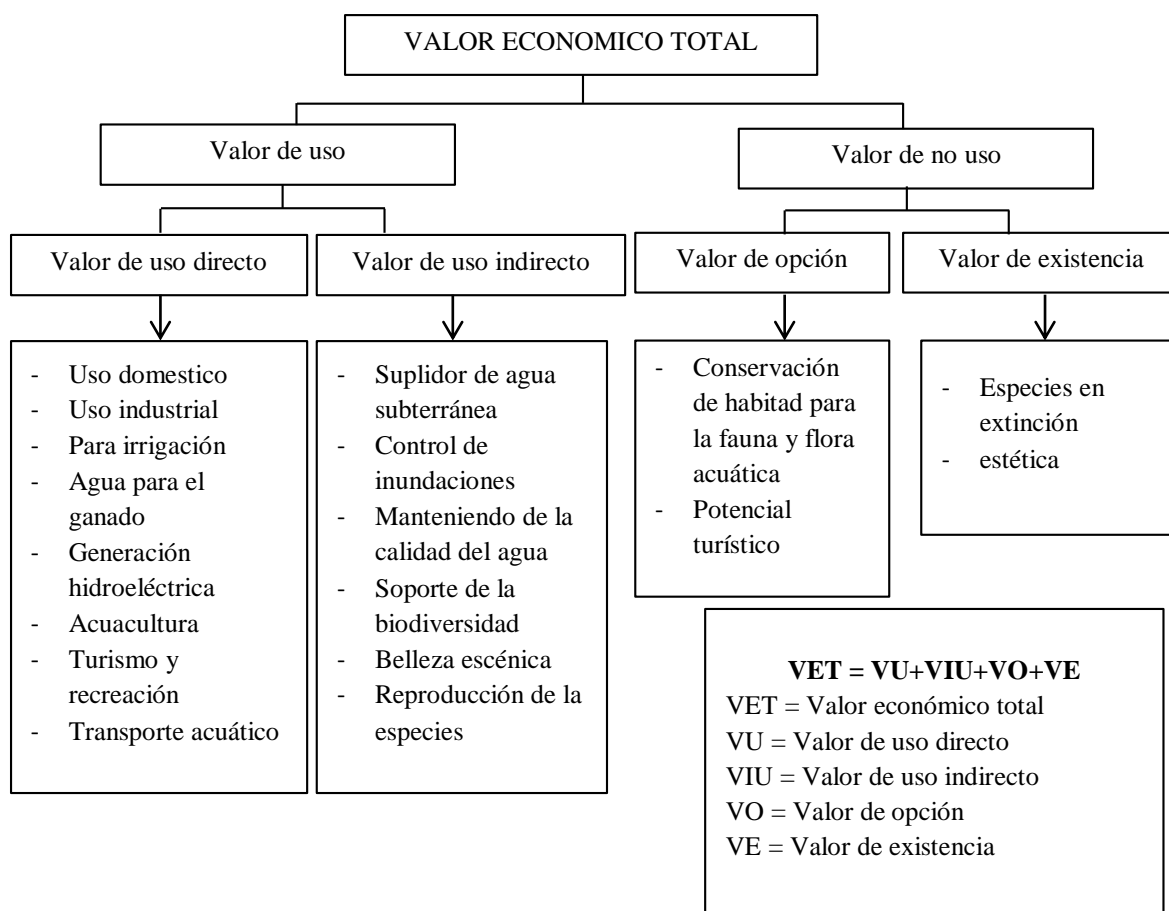
Fuente: de Alba E. (1999). Valoración económica de los recursos biológicos del país.

### 2.1.2 Valor Económico Total

EDWARDS y JONES (2000), definen al valor económico total como; el resultado de sumar los valores de uso y los de no uso, que ya fueron definidos. Es importante para delimitar un valor total confiable, conocer el mayor número de rangos posibles de los beneficios que proporcionan los bienes ambientales y sus efectos o impactos sobre el bienestar del hombre.

Este parámetro nos permite conocer los bienes y servicios tangibles de un recurso, así como las funciones ecológicas y el valor asociado por el uso del mismo. En el caso de los servicios hidrográficos que puede proporcionar una cuenca, se clasifican según el valor que se les puede otorgar a los beneficios que proporcionan para la sociedad.

**Figura N° 2: Valor Económico Total**



Fuente: Pérez A., Barzev R. y Herlant P. 2000. Pagos por servicios ambientales. Conceptos y principios. (Octubre, 2003).

### **2.1.3 Valoración Económica del Agua**

CASTRO y BARRANTES citado por OROZCO (2003), definen que la valoración de los recursos hidrológicos es concebida como el inicio de un proceso de negociación entre oferentes y demandantes y mediante el cual se le otorgará un valor al agua que la sociedad estará dispuesta a pagar en el futuro.

Las dificultades que se presentan a la hora de hacer una valoración de servicios ambientales es que no se tienen valores de mercado definidos y el que los datos sobre los costos sean hipotéticos. El agua como un servicio puede valorarse por su utilización directa o como insumo mediante precios de mercado, como punto de partida o a través de una valoración directa no comercial por sus diferentes atributos como la calidad.

### **2.1.4 Pago por Servicios Hidrográficos**

CONAFOR (2003). Dice que; el pago por servicios ambientales (PSA) en general es la retribución a los dueños y poseedores de las áreas naturales o a sus usufructuarios, que asegure su conservación para una producción continua y sostenida de los beneficios ambientales.

PÉREZ J (2002). Menciona que; el pago por servicios ambientales propone generar nuevas formas organizativas de mercados para los servicios ambientales, pero siempre a partir de la demanda de bienes y servicios por parte de los usuarios y la oferta de estos mismos bienes y servicios obtenidos de los sistemas ambientales. Se escoge entonces un modelo económico para la gestión ambiental y bajo un marco institucional adecuado, donde la oferta y la demanda se implementen de manera que permitan expresar los compromisos sociales.

### **2.1.5 Costo del Agua**

PÉREZ (2002), define qué; el uso del agua tratada tiene un costo; el costo de dicho servicio se compone de los costos de capital, costos de operación, mantenimiento y administración,

costos de confiabilidad del abastecimiento en calidad y cantidad, costo de oportunidad y los costos de las externalidades impuestas a la sociedad.

También dice que; los costos de capital corresponden a los costos de las inversiones, reposiciones y rehabilitaciones para aprovechar el recurso. Los costos de operación, mantenimiento y administración son aquellos relativos a operar, mantener y administrar las obras de aprovechamiento realizadas con los costos de capital. El costo de confiabilidad de abastecimiento en calidad y cantidad corresponden a los costos que garanticen una adecuada gestión de la cuenca aguas arriba o provincia hidrogeológica, de la cual se abastece el sitio de aprovechamiento, haciendo confiable el mismo. El costo de oportunidad está presente en las zonas y períodos donde existe escasez de agua, se refiere al costo de usar el agua, o al costo de privar a otro usuario potencial del recurso debido al uso que va a realizar quien aprovecha al agua. Los costos de las externalidades se refieren al costo que le impone a la sociedad el usuario del agua. Este será un costo si la externalidad es negativa como es el caso de usar el agua y devolverla al ambiente en una cantidad y/o calidad menor a la que originalmente tenía.

### **2.1.6 Demandantes**

PÉREZ J (2002), dice que todos los seres humanos son demandantes de servicios ambientales de alguna forma, pero si nos situamos en el marco del pago por servicios ambientales los demandantes pueden ser variados según sea el recurso del que se habla, pero todos son contributarios financieros potenciales para el mantenimiento y protección del recurso. En el caso del recurso hídrico, los demandantes son aquellos usuarios del recurso agua como pueden ser:

- Empresas generadoras de energía hidroeléctrica
- Empresas distribuidoras de agua potable para usos domésticos
- Empresas que utilizan el agua en procesos industriales
- Industrias pesqueras
- Usuarios del agua con fines recreativos
- Productores que utilizan el agua para fines agropecuarios

### **2.1.7 Oferentes**

PÉREZ J (2002), define como un oferente de servicios ambientales a todo aquel actor social propietario del recurso natural aprovechable que genera beneficios ambientales y que pueden ser canjeables y están relacionados con una transferencia del derecho de manejo hacia otros actores sociales. Por lo general los oferentes de los servicios hidrográficos son los productores y habitantes de las partes altas de una cuenca, pero también es frecuente que las fuentes de agua se encuentren en propiedad privada

### **2.1.8 Economía Ambiental**

FIELD (1995), indica que, la economía ambiental desempeña un papel importante en el diseño de políticas públicas para el mejoramiento de la calidad ambiental y del uso adecuado de los recursos naturales, de manera tal que se asegure el bienestar de la población actual y futura.

### **2.1.9 Bien Ambiental**

BARZEV (2002), define que los bienes ambientales son los recursos ambientales tangibles utilizados por el ser humano como insumos en la producción o en el consumo final, y que se gastan y transforman durante este proceso, por ejemplo, el uso del agua para el consumo directo.

### **2.1.10 Servicios Ambiental**

BARZEV (2002), define qué; los servicios ambientales, por otra parte, son definidos como aquellos cuya principal característica es que no se gastan ni transforman en el proceso, pero generan indirectamente utilidad al consumidor de tales servicios; por ejemplo, el paisaje que ofrece un ecosistema le genera satisfacción al turista que paga por disfrutarlo. Los impactos ambientales (también conocidos como externalidades) son el resultado o el efecto de la actividad económica de algunas personas sobre el bienestar de otras.

LARQUE (2003), define qué; los servicios ambientales suelen ser considerados como bienes públicos o recursos comunes, que al no tener un precio no tienen propietario, aunque esto no quiere decir que carezcan de valor, por consiguiente no hay un mercado para su venta o adquisición. Los servicios ambientales han sido clasificados tomando diversos parámetros según considere el autor que lo menciona. La mayoría de estas clasificaciones hacen una referencia común y pueden ser similares, las que aquí se presentan, tienen la peculiaridad de ir de lo general a lo particular en el entorno que nos interesa.

### **Clasificación de servicios ambientales**

La FAO (1999). Menciona como servicios ambientales e incluso sociales ofrecidos por bosques y árboles son los siguientes:

- Conservación de diversidad biológica
- Captación y almacenamiento del carbono para mitigar el cambio climático mundial
- Conservación de suelos y agua
- Generación de oportunidades de empleo y de actividades recreativas
- Mejora de las condiciones de vida en núcleos urbanos y periurbanos
- Protección del patrimonio natural y cultural

#### **2.1.11 Recursos Naturales**

CAMP y DAUGHERTY (2000), lo definen como todas aquellas cosas con las que las personas entran en contacto y se pueden usar para realizar cualquier actividad útil. Esto incluye cualquier forma de energía que pueda ser aprovechada por el ingenio humano”. Además se menciona que estos elementos pueden ser transportados, transformados, contruidos, rehechos o manipulados, contando también todas aquellas cosas que inspiran, relajan o fortalecen a los seres humanos ya sea individual o colectivamente.

BASSOLS (1997). Dice que; cuando se habla de recursos naturales enfatiza que estos ayudan a la subsistencia del hombre.

CAMP & DAUGHERTY (2000) y BASSOLS (1997). Refieren que; los recursos naturales se clasifican, de la siguiente manera:

- **Recursos renovables:** Son recursos naturales que se pueden reemplazar mediante la intervención del hombre. Como ejemplo se tienen los suelos fértiles, la vegetación natural y la fauna útil al hombre.
- **Recursos no renovables o agotables:** Son aquellos que no pueden ser sustituidos o regenerados y no se renuevan por sí mismos, como los minerales.
- **Recursos inagotables:** Así se considera a los recursos naturales que perduran, con independencia de las actividades humanas y se renuevan constantemente. Los recursos inagotables son el agua y los recursos climáticos.

#### 2.1.12 Costo de Oportunidad

ANDRADE (2005), lo define como; aquel valor o monto de dinero que se adquiere de la mejor alternativa económica posible a que se renuncie al dedicar ciertos recursos financieros a otra oportunidad o actividad concreta.

#### 2.1.13 Hidrología

VILLÓN B. (2002), define la hidrología como; una materia de gran importancia para el ser humano y su ambiente, porque las aplicaciones de la hidrología se encuentran en labores como el diseño y operación de estructuras hidráulicas, control de inundaciones, disminución de contaminación, etc. El papel de la hidrología es ayudar a analizar los problemas relacionados con estas labores y proveer una guía para el planteamiento y el manejo de los recursos hídricos.

#### 2.1.14 Cuenca Hidrográfica

SÁNCHEZ (1987), define la cuenca hidrográfica como; el área surcada por un sistema de corrientes formadas por los escurrimientos producto de la precipitación que fluyen hacia un cauce común, obedeciendo a las variaciones topográficas del terreno. Las partes constitutivas de la cuenca que señala este mismo autor son: parteaguas, vertientes, valle o cuenca baja y red de avenamiento o drenaje.

ARIAS (1993), Menciona que; el balance dentro de una cuenca hidrológica está dada por procesos que pueden ser medidos como: la precipitación (entradas), los escurrimientos (salidas) y la acumulación de humedad en el suelo y subsuelo (almacenamiento), pero también existen los movimientos de agua subterránea cuya medición es un tanto difícil de calcular y la realización del balance hidrológico no es preciso. Por lo cual, es más usado el término “cuenca hidrográfica” ya que éste no considera estos movimientos de agua subterránea y solo enmarca lo que puede describirse visualmente.

### **2.1.15 Manejo Integral de Cuencas**

OROZCO (2003), define al manejo integrado de cuencas; como un proceso en el cual es necesaria la toma de decisiones sobre los usos y las modificaciones que pueden sufrir los recursos naturales dentro de una cuenca. Además, considera que para su manejo es necesaria la aplicación de conocimientos sobre las ciencias sociales y naturales, además de poner a la población como uno de los elementos más importantes para poder llevar a cabo la toma de decisiones, planificación y concertación de las actividades encaminadas al manejo de una cuenca. Por otro lado, para poder comprender el funcionamiento y manejo adecuado del recurso hídrico en las cuencas, es necesario primero entender el comportamiento del ciclo hidrológico, de igual manera y no menos importante, es necesario considerar a la vegetación, las condiciones físicas del terreno, las características del suelo, los problemas del uso del suelo y del agua, ya que sin esto no sería posible que el ciclo hidrológico pudiera concluir, pues la recarga de acuíferos y la intercepción del agua de lluvia es realizada en primera instancia por la vegetación presente en la zona.

### **2.1.16 Demanda Hídrica**

(IDEM, 2006). Indica que; los seres humanos utilizan intensivamente el recurso hídrico, tanto para sus necesidades biológicas y culturales básicas, como para las diferentes actividades económicas. Cada uno de los diferentes usos tiene unos requerimientos de calidad o características físico-químicas y biológicas particulares, por lo cual el análisis de oferta y demanda no puede realizarse exclusivamente en términos cuantitativos de rendimientos o caudales.



Por lo anterior, la demanda del recurso hídrico se calcula a partir de los diferentes usos que se le dan al agua, como son las actividades productivas y humanas (uso agrícola, doméstico, industria, etc.), así como de la demanda ecológica con lo cual funcionan los ecosistemas. Aunque el mayor uso de agua tiene lugar en las actividades agropecuarias, los aspectos más críticos de disponibilidad tienen relación con sus usos para el abastecimiento de agua potable para la población, para los procesos industriales y para la generación de servicios.

### **2.1.17 Oferta Hídrica**

(IDEM, 2006). Dice que; la oferta hídrica se basa fundamentalmente en el balance hídrico y está determinada principalmente por la cantidad de agua precipitada dentro del sistema. Sin embargo, no toda el agua que se capta en la microcuenca puede ser aprovechable directamente, una gran parte de ésta regresa a la atmósfera en forma de vapor a causa de la intercepción, otra parte se infiltra o escurre superficialmente; lo restante es el agua de la cual se puede hacer uso.

(FAO, 2009). Menciona que; debido a las diferentes actividades del hombre dentro del bosque, gran parte de ésta agua disponible no presenta la calidad suficiente para algunos usos. El suelo no es el único material que puede perjudicar la calidad del agua. De acuerdo con el tipo de uso de la tierra, diversas concentraciones de otros contaminantes como fertilizantes, plaguicidas o combustibles también disminuyen la calidad de agua.

### **2.1.18 Red de Drenaje**

VILLÓN B. (2002), lo define como; sistema de drenaje de una cuenca, que está compuesto por el cauce principal y sus tributarios. El estudio del sistema de drenaje es importante porque indica la rapidez con que desaloja la cantidad de agua que recibe, proveniente de las lluvias; asimismo la eficiencia del funcionamiento del sistema de drenaje en el escurrimiento resultante, dentro de las principales características de un sistema de drenaje se considera:

- **Tipo de corriente.**

Se clasifica en base a la permanencia del flujo en el cauce del río, que pueden ser:

- Efímeras, es aquel que sólo lleva agua cuando llueve e inmediatamente después.
- Intermitente, es aquel que lleva agua la mayor parte del tiempo, principalmente en las en las épocas de avenida hasta que descienda el nivel freático.
- Perenne, es aquel que lleva agua todo el tiempo.

- **Orden de corriente.**

El Orden de corrientes, sirve para determinar en forma directa el grado de ramificación del sistema de drenaje de una cuenca basado en el orden del cauce principal. Asimismo se obtiene asignándole orden uno a cada cauce que no tiene tributario, orden dos a los que tienen tributarios de orden uno, orden tres a los que tienen los dos tributarios de orden dos mas no en casos distintos y así sucesivamente hasta el cauce principal que desemboca.

#### **2.1.19 Balance Hídrico**

SOKOLOV (1981), define el balance hídrico como; una forma de hacer una evaluación cuantitativa de los recursos de agua y sus modificaciones por influencia de las actividades del hombre. La importancia del balance hídrico es que al ser conocido es posible dar un uso racional al agua en el espacio y en el tiempo, además de que se puede mejorar la distribución del recurso basándose en predicciones. También es pertinente mencionar que se puede hacer la comparación de recursos hídricos específicos para diferentes periodos de tiempo y con ello conocer el grado de influencia en las variaciones del régimen natural del agua.

OROZCO (2003), define el balance hídrico como; la relación entre la oferta y la demanda del recurso agua, la oferta es definida por los componentes ya mencionados por Sokolov (1981), sean estos precipitación, escurrimientos superficiales y subterráneos y evaporación. Este autor menciona que la oferta hídrica es toda aquella agua que llega a la cuenca aunque solo una parte de ésta se encuentra disponible para aprovecharse en las diversas actividades realizadas por el hombre.

También dice que existen ciertos componentes que intervienen en este proceso como la textura del suelo y su profundidad, la pendiente del terreno y la evapotranspiración causada por la cobertura vegetal. Este último componente es importante retomarlo, ya que se ha observado que la cobertura vegetal densa, interviene en el régimen del agua y como ejemplo se tienen los bosques que ayudan a evitar los problemas de erosión y arrastre de sedimentos a los cauces y generan un drenado constante y continuo de agua, además de mejorar su calidad. En cuanto a la demanda hídrica, ésta puede ser calculada basándose en la cantidad de agua empleada para cubrir las necesidades de los ecosistemas presentes y de las actividades humanas realizadas en la zona.

ARTEAGA y VÁZQUEZ (1999), dice que algunas de las aplicaciones del balance hídrico mencionadas son:

- a. Planeación de los recursos hidráulicos
- b. Manejo de suelos
- c. Pronósticos de inundaciones y sequías
- d. Zonificación de cultivos
- e. Estimación del consumo de agua por los cultivos
- f. Pronósticos de rendimientos

### **2.1.20 Sistema de Información Geográfica (SIG)**

CHUVIECO E. (1992), menciona que; en los últimos momentos, la denominada revolución informática, con las nuevas herramientas nos permite aprovechar la vasta cantidad de información, entre estas se tiene los sistemas de información geográfica y la teledetección que surgen como alternativa casi imprescindibles, a los métodos tradicionales de recopilación y procesamiento de información espacial.

BERRY J. (1986), menciona que; con el ingreso de las computadoras y el desarrollo de los programas, el SIG, es definido como un sistema de hardware, software y procedimientos analíticos que integra modernas técnicas de mapeo computarizado con potentes operadores analíticos de bases de datos geográficos o espaciales, capaces de efectuar consultas y transformaciones sobre el espacio constituyéndose en una herramienta versátil, eficiente y

oportuna para el planeamiento regional urbano-rural y la toma de decisiones, cuyas principales funciones se resumen: entrada, manejo, análisis y salida de datos.

### **2.1.21 Mapa Base**

HERRERA (1983), define qué; el mapa base es el control topográfico, cartográfico y/o fotogramétrico que permite dar a todos los detalles representados en las fotografías aéreas su verdadera posición absoluta, así como la uniformidad en la escala de ellos.

PALMA (1989), lo define como; un mapa que sirve para recopilar e imprimir nuevos detalles, información fundamental obtenida de las fotografías aéreas por medio de la interpretación fotográfica. Además el mapa base está dado por la ubicación relativa y absoluta de los puntos principales y puntos auxiliares centrales o de enlace de las fotografías aéreas en la cuadrícula plana, además de los puntos de apoyo o de control terrestre.

## **2.2 MARCO TEÓRICO**

### **2.2.1 PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS**

Según VILLÓN B. (2002), menciona que los procesos geomorfológicos dentro del sistema de una cuenca son sumamente complejos y están en función de las características climáticas y fisiográficas que inciden directamente en la conducta de la cuenca, por lo tanto es importante cuantificar los parámetros geomorfológicos de la cuenca para establecer su efecto en el comportamiento de la misma de los cuales son:

#### **Índice de compacidad.**

Según VILLÓN B. (2002), dice que también es llamado como índice de Gravelious o coeficiente de compacidad, está definido como la relación entre el perímetro de la cuenca, y el perímetro equivalente de una circunferencia que representa la misma área de la cuenca.

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

$$K = \frac{P}{P_0}$$

$$K = 0.282 * \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Donde:

K=índice de compacidad

P=perímetro de la cuenca (km)

A=área de la cuenca (km<sup>2</sup>)

El índice de compacidad nos expresa la influencia del perímetro y el área de una cuenca en la escorrentía, asimismo las características del hidrograma.

- Si  $K \approx 1$ ; la cuenca se aproxima a una forma circular.
- Si  $K=1$ ; la cuenca será de forma circular, entonces implica que los tiempos de concentración en cualquier punto de la cuenca son iguales, lo que indica que habrá mayores oportunidades de creciente en la cuenca.
- Si  $K \gg 1$ ; la cuenca será de forma alargada, que por lo general se espera.

### **Factor de forma (F)**

Según VILLÓN B. (2002), dice que es la relación, entre el ancho medio de la cuenca y la longitud del río principal; el ancho medio se obtiene de la relación, entre el área de la cuenca y la longitud del río principal, la longitud se obtiene midiendo la cuenca desde la desembocadura hasta la cabecera más distante de la cuenca, es decir la longitud del río principal en la cuenca.

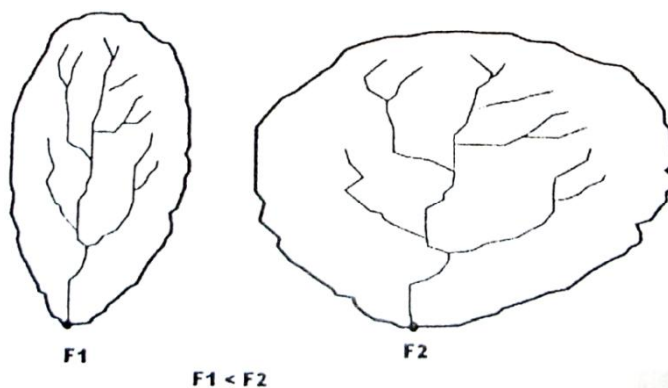
$$F = \frac{A}{L^2}$$

Donde:

L=Longitud del cauce principal (Km).

A =Área de la cuenca (Km).

**Figura N° 3: Factor de forma para dos cuencas**



Este factor nos indica que para F mayor, existe mayor posibilidad de tener una tormenta intensa sobre toda la cuenca, caso contrario cuando F es menor, en comparación de dos cuencas con igual área, pero con F diferentes.

### Red de drenaje

Según VILLÓN B. (2002), menciona los siguientes:

- **Frecuencia de densidad de ríos (Dr)**

Llamado también como densidad de corriente, que nos proporciona una información relativa de la eficiencia de drenaje de una cuenca. Se obtiene de la relación entre el número de ríos perennes e intermitentes y el área drenada, es decir:

$$Dr = \frac{Nr}{A}$$

Donde:

A =Área de la cuenca (Km).

Nr =Número de ríos en la cuenca.

- **Densidad de drenaje (Dd)**

Esta característica nos proporciona una información real de la eficiencia de drenaje de una cuenca, ya que se expresa en longitud de ríos tanto perennes e intermitentes por unidad de área drenada, es decir:

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

Donde:

A =Área de la cuenca (Km).

Lr =Longitud de ríos en la cuenca (Km).

- **Extensión media del escurrimiento superficial (E)**

Es la distancia promedio en línea recta que el agua precipitada no infiltrada tendría que recorrer para llegar al lecho de un curso de agua durante y después de una tormenta, se obtiene de la relación entre el área de la cuenca y la longitud total de la red hídrica de la misma cuenca.

$$E = \frac{A}{Lt}$$

Donde:

A =Área de la cuenca (Km).

Lt =Longitud de ríos de la cuenca (Km).

### **Relieve de la cuenca.**

Según VILLÓN B. (2002), menciona que son muy importantes ya que el relieve de una cuenca puede tener más influencia sobre la respuesta hidrológica que la forma misma de la cuenca. Los parámetros relacionados al relieve son:

- **Pendiente de la cuenca (Ip).**

Es una ponderación que se establece entre la pendiente y el tramo recorrido por el río. Sirve para establecer el tipo de granulometría que se encuentra en el cauce, en cierto modo indica el relieve de la cuenca. Así mismo algunos autores recomiendan para su obtención utilizar datos del rectángulo equivalente.

$$I_p = \frac{L_c * \Delta h}{A}$$

Donde:

A =Área de la cuenca (Km).

$\Delta h$  =Distancia de cotas entre curvas de nivel (Km).

$L_c$  =Longitud total de curvas de nivel de la cuenca (Km).

$I_p$ = Índice de pendiente.

- **Elevación media de la cuenca ( $H_m$ )**

Es la media ponderada de las alturas medias correspondientes a las áreas parciales comprendidas entre curvas de nivel y consecutivas.

$$H_m = \frac{\sum(a_n * \bar{h})}{A}$$

Donde:

$n=1, 2, 3, \dots$

A =Área de la cuenca (Km).

$\bar{h}$  =Altitud promedio entre curvas de nivel (m.s.n.m.).

$a_n$  =Áreas parciales entre curvas de nivel (Km).

$H_m$  =Altitud media de la cuenca (m.s.n.m.).

### **Pendiente del río principal**

Según VILLÓN B. (2002), la determinación de la pendiente del cauce principal es muy importante ya que influye en los valores de su descarga, para solución de problemas de inundación, transporte de sedimentos, infiltraciones, etc.

- **Pendiente media del curso principal.**

La pendiente del cauce se puede considerar como el cociente, que resulta de dividir, el desnivel de los extremos del tramo, entre la longitud horizontal de dicho tramo.



Se obtiene dividiendo la diferencia total de la altitud mayor del cauce y la altitud menor del cauce entre la longitud horizontal del curso entre esos dos puntos.

$$I_p = \frac{h. \max - h. \min}{L_{rp}}$$

Donde:

$L_{rp}$  = Longitud del río principal (m).

$h. \min$  = Cota mínima del extremo del cauce principal aguas abajo (m.s.n.m.).

$h. \max$  = Cota máxima del extremo del cauce principal aguas arriba (m.s.n.m.).

$S_m$  = Pendiente media del cauce principal.

- **Altura media del cauce principal ( $H_r$ )**

Es el promedio de las alturas del extremo del cauce principal.

$$H_r = \frac{h. \max - h. \min}{2}$$

Donde:

$h. \min$  = Cota mínima del extremo del cauce principal aguas abajo (m.s.n.m.).

$h. \max$  = Cota máxima del extremo del cauce principal aguas arriba (m.s.n.m.).

$H_r$  = Altitud media del cauce principal (m.s.n.m.).

### **Coefficiente de masividad ( $C_m$ )**

Según VILLÓN B. (2002), es la relación entre la elevación media de la cuenca y el área de la cuenca.

$$C_m = \frac{H_m}{A}$$

Donde:

$A$  = Área de la cuenca (Km).

$H_m$  = Elevación media de la cuenca (m.s.n.m.).

$C_m$  = Coeficiente de masividad (m/ km).

**Coefficiente orográfico (Co)**

Según VILLÓN B. (2002), es la relación del coeficiente de pasividad y la elevación media de la cuenca, este valor permite determinar el relieve en distintos puntos de la cuenca.

$$Co = Cm * Hm$$

Donde:

Hm= Elevación media de la cuenca (m.s.n.m.).

Cm= Coeficiente de masividad (m/ km).

Co = Coeficiente orográfico (m<sup>2</sup>/ km).

**Coefficiente de torrencialidad (Ct)**

Según VILLÓN B. (2002), parámetro que nos indica la relación entre el número de ríos de primer orden con el área de la cuenca.

$$Ct = \frac{N^{\circ}R1}{A}$$

Donde:

A =Área de la cuenca (Km).

N°R1 =Número de ríos de primer orden.

**2.2.2 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA**

Según VILLÓN B. (2002), menciona que una vez obtenido las informaciones para una cuenca en estudio, el hidrólogo o el analista debe preguntarse si esta información disponible es confiable y suficiente o no.

La respuesta a esta pregunta, solamente se obtiene realizando tres procesos siguientes:

- Análisis de consistencia de la información.
- Completación de datos faltantes.
- Extensión de registros.

Por lo general se encuentran periodos no uniformes e incompletos de informaciones hidrometeorológicas, por lo tanto es necesario la información del periodo base, utilizándose

el procedimiento de correlación cruzada con grupos de comportamiento hidrológico homogéneo, permitiendo seleccionar estaciones de mejor comportamiento y efectuar la clasificación de las estaciones adecuadas y convenientes.

### **ANÁLISIS DE CONSISTENCIA**

Según VILLÓN B. (2002), dice que la inconsistencia y la no homogeneidad se hacen notar con la presencia de saltos y/o tendencias en las series hidrológicas, afectando las características estadísticas de dichas series así como la media, desviación estándar y correlación serial, por lo que la inconsistencia y la no homogeneidad se deben corregir.

Se realizan tres importantes procedimientos para realizar el análisis de consistencia de una información hidrológica.

- Análisis visual gráfico.
- Análisis de doble masa.
- Análisis estadístico.

#### **A. Análisis visual gráfico.**

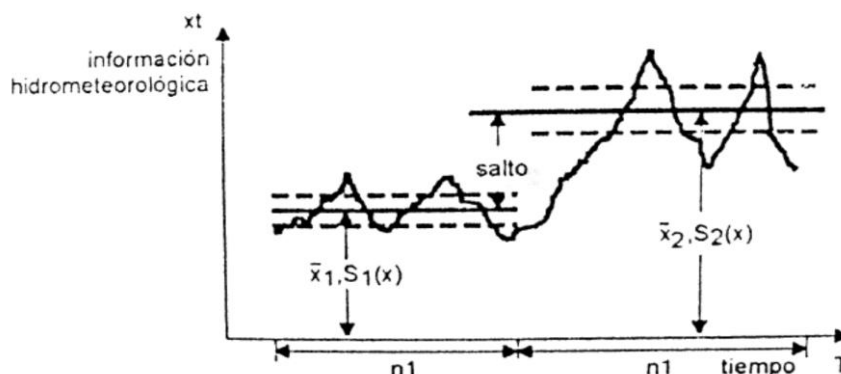
Según VILLÓN B. (2002), menciona que en las coordenadas (x, y) se plotea la información hidrológica histórica, ubicados en el eje x los valores de serie (precipitación, caudal, escorrentía, etc.) y en el eje y el tiempo (años, meses, días, etc.).

Este gráfico sirve para analizar la consistencia de la información en forma visual e indicar el periodo o periodos en los cuales la información es dudosa, lo cual se puede reflejar en forma de:

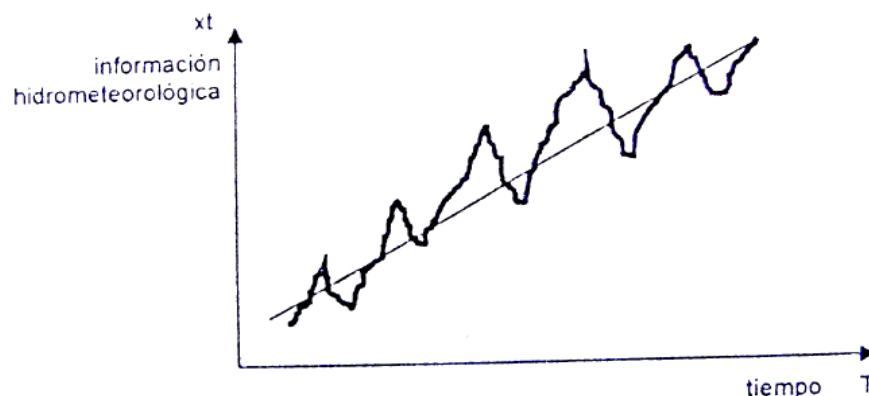
- Picos, que corresponde a valores muy altos o valores muy bajos.
- Saltos, lo que no se quiere.
- Tendencias, lo que se espera por lo menos.

Los tres casos podemos apreciar en las figuras (2) y (3).

**Figura N° 4: Serie con componente transitoria en la forma de saltos**



**Figura N° 5: Serie con componente transitoria en la forma de tendencia**

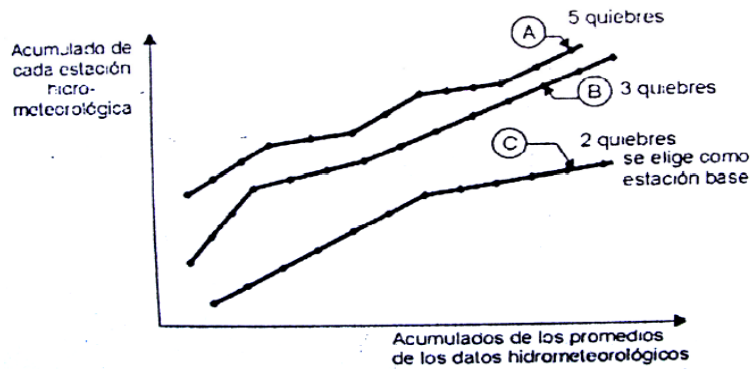


### **B. Análisis de doble masa.**

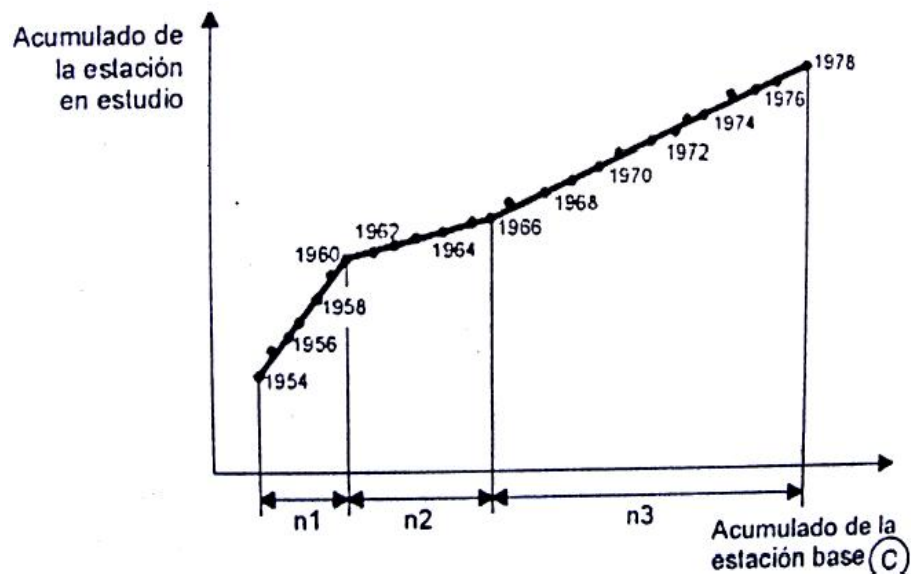
Según VILLÓN B. (2002), dice que este análisis se utiliza para tener una cierta confiabilidad en la información, asimismo para poder ver los posibles errores que se hayan producido durante el registro de información.

Se procede el análisis de doble masa, ploteando en las coordenadas (x,y) en el eje x los acumulados de todas las estaciones de la cuenca, mientras que en el eje y los acumulados de cada estación en estudio, lo que se aprecia en la figura (4).

Seguidamente se procede a seleccionar como estación base al que presenta menos quiebres, en este caso la estaciona C. Seguidamente se procede a plotear en el eje x la precipitación acumulada de la estación base, en el eje y los acumulados de las estaciones en estudio.

**Figura N° 6: Análisis doble masa para seleccionar la estación base**

Una vez realizado la segunda fase se puede determinar los periodos a estudiar con el análisis estadístico, estos periodos son como el  $n_1$ ,  $n_2$ , y  $n_3$  como se ve en la figura (5).

**Figura N° 7: Análisis de doble masa para obtener los periodos de estudio**

### C. Análisis estadístico.

Según VILLÓN B. (2002), dice que una vez que hechos los gráficos visuales, de doble masa, los periodos posibles de corrección y los periodos de datos que se mantendrán con sus valores originales, se proceden al análisis estadístico de saltos y tendencias, tanto en la media y en la desviación estándar.

### A) ANÁLISIS DE SALTOS.

Consiste en probar tanto en la media como en la desviación estándar, seguidamente su corrección si el caso requiera.

#### Consistencia en la media.

Consiste en probar estadísticamente utilizando la prueba “t” (prueba de hipótesis), si los valores medios ( $X_1$ ;  $X_2$ ) de las submuestras, son estadísticamente iguales o diferentes con un nivel de significación de 5% dicho de otro modo con una probabilidad de 95% de precisión. Se debe seguir el siguiente procedimiento para obtener los resultados:

#### - **La media y la desviación estándar:**

Se obtiene para cada periodo a comparar.

$$\bar{X}_1 = \frac{\sum_{i=1}^{N_1} X_i}{N_1}$$

$$S_1(X) = \sqrt{\left(\frac{1}{N_1 - 1}\right) \sum_{i=1}^{N_1} (X_i - \bar{X}_1)^2}$$

$$\bar{X}_2 = \frac{\sum_{j=1}^{N_2} X_j}{N_2}$$

$$S_2(X) = \sqrt{\left(\frac{1}{N_2 - 1}\right) \sum_{j=1}^{N_2} (X_j - \bar{X}_2)^2}$$

Donde:

$\bar{X}_1$  y  $\bar{X}_2$  = Medias de los 2 periodos.

$X_i$  y  $X_j$  = Valores de la serie del periodo 1 y 2 (caudal, precipitación, etc.)

$S_1(x)$  y  $S_2(x)$  = Desviación estándar de los dos periodos.

$N_1$  y  $N_2$  = N° de años de los periodos.

- **Calcular el t calculado (tc):**

$$t_c = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{S_d}$$

Como la hipótesis dice que las medias son iguales entonces  $(\mu_1 - \mu_2) = 0$

$$t_c = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{S_d}$$

Donde:

$$S_d = S_p * \left[ \frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2} \right]^{1/2}$$

$$S_p = \left[ \frac{(N_1 - 1) * S_1^2 + (N_2 - 1) * S_2^2}{N_1 + N_2 - 2} \right]^{1/2}$$

Donde:

Sd = Desviación de las diferencias de los promedios.

Sp = Desviación estándar ponderada.

- **Calcular el t tabulado (tt):**

El valor crítico de t se obtiene de la tabla t de student (M. VILLÓN B.; (Pág. 364), hidrología estadística), entrando con una probabilidad al 95% y grados de libertad de:

$$v = N_1 + N_2 - 2$$

- **Comparación de (tc) y (tt):**

Si:  $t_c \leq t_t(95\%) \rightarrow \bar{X}_1 = \bar{X}_2$  (estadísticamente), se realiza la corrección.

Si:  $t_c > t_t(95\%) \rightarrow \bar{X}_1 \neq \bar{X}_2$  (estadísticamente), no se realiza la corrección.

**Consistencia de la desviación estándar**

Consiste en probar mediante la prueba F, si los valores de las desviaciones estándar de las submuestras son estadísticamente iguales o diferentes con una probabilidad de 95% de la siguiente forma.

**Cálculo de la varianza en los dos periodos.**

$$S_1^2(X) = \left[ \frac{1}{N_1 - 1} \right] \sum_{i=1}^{N_1} (X_i - \bar{X}_1)^2$$

$$S_2^2(X) = \left[ \frac{1}{N_2 - 1} \right] \sum_{j=1}^{N_2} (X_j - \bar{X}_2)^2$$

Donde:

$$S_1^2(X) \text{ y } S_2^2(X) = \text{varianzas}$$

**a) Cálculo de F calculado (F<sub>c</sub>).**

$$F_c = \frac{S_1^2(X)}{S_2^2(X)}; \text{ si } S_1^2(X) > S_2^2(X)$$

$$F_c = \frac{S_2^2(X)}{S_1^2(X)}; \text{ si } S_1^2(X) < S_2^2(X)$$

**b) Cálculo de F tabulado (F<sub>t</sub>).**

Este parámetro se determina utilizando la tabla F (M. Villón; Pág. 362) para una probabilidad del 95% y con un determinado de grados de libertad en el numerador y en el denominador:

$$GLN = N_1 - 1 ; \text{ si } S_1^2(X) > S_2^2(X)$$

$$GLD = N_2 - 1$$

$$GLN = N_2 - 1 ; \text{ si } S_2^2(X) > S_1^2(X)$$

$$GLD = N_1 - 1$$

GLN = Grados de libertad en el numerador

GLD = Grados de libertad en el denominador.



**c) Comparación de F tabulado y el F calculado (Ft) y (Fc).**

Si:  $F_c \leq F_t(95\%) \rightarrow S_1^2(X) = S_2^2(X)$  , se corregirá la información.

Si:  $F_c > F_t(95\%) \rightarrow S_1^2(X) \neq S_2^2(X)$  , no se corregirá la información.

**Corrección de la información.**

Si en caso en que los parámetros de media y desviación estándar de las submuestras, resultan estadísticamente igual, pues entonces ya se no debe corregir la información original, por ser consistente al 95% de probabilidad, aun cuando en el doble masa se observe pequeños quiebres. Caso contrario se debe de corregir las muestras utilizando las ecuaciones siguientes:

$$X'_{(t)} = \frac{(X_t - \bar{X}_1)}{S_{1(X)}} S_{2(X)} + \bar{X}_2$$

$$X'_{(t)} = \frac{(X_t - \bar{X}_2)}{S_{2(X)}} S_{1(X)} + \bar{X}_1$$

Donde:

$X_t$  = Valor a ser corregido.

$X'(t)$  = Valor corregido de saltos.

**B) ANÁLISIS DE TENDENCIA.**

Antes de realizar el análisis de tendencia, se debe realizar los análisis de saltos y con la serie sin saltos, proceder a analizar las tendencias en la media y desviación estándar.

**Tendencia en la media (Tm).**

El Tm se expresa en forma general por la ecuación polinomial:

$$T_m = A_m + B_m t + C_m t^2 + D_m t^3 + \dots$$

El Tm en forma particular por la ecuación de regresión lineal simple:

$$T_m = A_m + B_m t$$

Donde:

$t$  = Tiempo en años, tomado como variable independiente de la tendencia.

$t = 1, 2, 3, \dots, n$ .

$T_m$  = Tendencia en la media.

$T_m = X'(t)$  = Valor corregido de saltos.

$A_m, B_m, C_m, D_m, \dots$  = Coeficiente de los polinomios de regresión.

Para determinar los parámetros de la tendencia en la media por regresión lineal se procede de la siguiente manera:

**- Determinación de promedios y desviación estándar.**

Utilizando la ecuación.

$$T_m = A_m + B_m t$$

$$A_m = T_m - B_m t$$

$$B_m = R \frac{S_{T_m}}{S_t}$$

$$R = \frac{\overline{t * T_m} - \bar{t} * \overline{T_m}}{S_t * S_{T_m}}$$

$$\overline{T_m} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_{mi} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X''(t_i)$$

$$\bar{t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i$$

$$\overline{t * T_m} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i T_{mi} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i X''(t_i)$$

Donde:

$$S_{T_m} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (T_{mi} - \bar{T}_m)^2}{n - 1}}$$

$$S_t = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2}{n - 1}}$$

Además:

R = Coeficiente de correlación.

$\bar{T}_m$  = Promedio de las tendencias  $T_m = X' (t)$ .

$\bar{t}$  = Promedio del tiempo t.

$S_{T_m}$  = Desviación estándar de la tendencia de la media  $T_m$ .

$S_t$  = Desviación estándar del tiempo t.

#### - Evaluación de la tendencia $T_m$ .

Para averiguar si la tendencia es significativa, se analiza el coeficiente de correlación R, realizando los procedimientos siguientes:

#### - Calcular el t calculado ( $t_c$ ).

$$t_c = \frac{R\sqrt{n - 2}}{\sqrt{1 - R^2}}$$

Donde:

n = Número total de datos.

R = Coeficiente de correlación.

#### - Calcular el t tabulado ( $t_t$ ).

El valor crítico de t, se obtiene de la tabla de t de student (M. Villon B. pág.365, con un 95% de probabilidad así como sigue:

$$\frac{\alpha}{2} = 0.025 ; G. L. = n - 2$$

**- Comparación del t calculado y el t tabulado.**

Si:  $t_c \leq t_t(95\%) \rightarrow R$  y la tendencia es significativo, se corrige la información.

Si:  $t_c > t_t(95\%) \rightarrow R$  no es significativo, no se corrige la información.

**- Corrección de la información.**

La tendencia en la media se elimina haciendo uso de la ecuación:

$$y_t = X''_{(t)} - T_m$$

$$y_t = X''_{(t)} - (A_m + B_m t)$$

Donde:

$y_t$  = Serie sin tendencia en la media.

$X'_{(t)}$  = Serie corregida de saltos.

$T_m$  = Tendencia de la media

**Tendencia en la desviación estándar (Ts).**

La tendencia en la desviación estándar se expresa en forma general por la ecuación polinomial:

$$T_s = A_s + B_s t + C_s t^2 + D_s t^3 + \dots$$

Y en forma particular por la ecuación de regresión lineal simple.

$$T_s = A_s + B_s t = Y_t$$

$$A_s = T_s - B_s t$$

$$B_s = R \frac{S_{T_s}}{S_t}$$

$$R = \frac{\bar{t} * \bar{T}_s - \bar{t} * \bar{T}_s}{S_t * S_{T_s}}$$

Para calcular y probar si la tendencia en la desviación estándar es significativa, se sigue el siguiente procedimiento:

La información ya sin tendencia en media  $Y_t$ , se divide en periodos de datos anuales. Seguidamente se calcula las desviaciones estándar para cada periodo de toda la información pero en forma de series mensuales.

$$S_p = \left[ \frac{1}{N-1} \sum_{p=1}^{N=12} (Y_p - \bar{Y}_p)^2 \right]^{1/2}$$

Donde:

$N = 12$  meses

$S_p$  = Desviación estándar del año  $p$  o sea datos mensuales del año  $p$ .

$Y_p$  = Serie sin tendencia en la media.

$\bar{Y}_p$  = Promedio de datos mensuales del año  $p$ .

$p = 1, 2, \dots, 12$  meses.

Los cálculos de los parámetros se realiza similar al de la tendencia en la media.

La evaluación de  $T_s$  se realiza siguiendo el mismo proceso de  $T_m$  con una probabilidad del 95%.

Para corregir se procede utilizando la siguiente ecuación:

$$Z_t = \frac{X'(t) - T_m}{T_s}$$

Donde:

$Z_t$  = Datos sin tendencia en la media ni en la desviación estándar.

$X'(t)$ ,  $T_s$  y  $T_m$  = Datos obtenidos en los procedimientos anteriores.

### COMPLETACIÓN Y EXTENSIÓN DE DATOS.

Según VILLÓN (2002), procedimiento que consiste en transferir datos desde una estación base con largo registro histórico a otra de corto registro, pero siempre y cuando exista semejanzas en características entre ellos, así por ejemplo la misma región, características topográficas similares, comportamientos climáticos similares.

#### **Completación de datos hidrometeorológicos.**

La completación es un caso particular de la extensión que solo se llenan huecos que existen en un registro. Para la Completación se utiliza la ecuación de regresión lineal simple.

#### **Extensión de datos hidrometeorológicos.**

La extensión es el procedimiento que consisten en alargar registro de datos hasta el límite superior de registros de la estación base, asimismo la extensión puede ser hacia años atrás o años adelante.

Para extender los datos se utilizan los modelos de la regresión lineal simple, y la regresión lineal múltiple.

Procedimiento para realizar la completación y extensión de datos:

- La ecuación de la regresión lineal simple:

$Y_t = a + bX_t$ , para casos de extensión se suele agregar un factor de ajuste aleatorio, por lo tanto:

$$Y_t = a + bX_t + \alpha \theta(1 - R^2) * S_1(y) * E_t$$

Donde:

$Y_t$  = Valor de completación o extensión obtenido.

$X_t$  = Dato del registro completo de la estación base

$a$  y  $b$  = Coeficientes de la regresión lineal.

$R$  = Coeficiente de correlación.

$\alpha$  = Factor de corrección de sesgo en la varianza del proceso.

$$\alpha = \sqrt{\frac{N_2(N_1 - 4)(N_1 - 1)}{(N_2 - 1)(N_1 - 3)(N_1 - 2)}}$$

$\theta$  = Toma valores cercanas a 0 para completar y cercanas 1 para extender,  $0 \leq \theta \leq 1$ .

E t = Variable aleatorio normal e independiente, pero con media 0 y varianza unitaria, toma valores entre 0 y 1.

$$n = \mu_1 + \mu_2 + \mu_3 + \dots + \mu_k - \frac{k}{2}$$

$$E_t = S \left( \frac{12}{K} \right)^{1/2} \left[ \sum_{i=1}^K \mu_i - \frac{k}{2} \right] + \bar{X}$$

Donde:

k = Número de datos registrados.

$\mu_i$  = Número aleatorio uniformemente distribuido  $0 < \mu < 1$

S = Desviación estándar unitaria.

$\bar{X}$  = Media cero.

- Seguidamente se debe determinar los números de años faltantes del registro incompleto o llamado también como de registro corto, para cada mes, de tal manera que la suma de años con dato y sin dato debe ser igual al año de registro de datos de la estación base.

$$N = N_2 + N_1$$

- Se procede a determinar las medias faltantes para cada mes y similarmente se debe obtener las medias de la estación base, de los mismos casilleros que contiene el mes faltante, utilizando la siguiente ecuación:

$$Y_1 = \frac{\sum_{i=1}^{N_1} Y_i}{N_1} \text{ y } X_2 = \frac{\sum_{i=1}^{N_1} X_i}{N_1}$$

- Seguidamente se procede a determinar el coeficiente de correlación, esto puede ser utilizando el Excel o mediante la siguiente fórmula:

$$R = b \frac{S_x}{S_y}$$

Donde:

$$b = \frac{N \sum XY - \sum X \sum Y}{N \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

$S_x$  = Desviación estándar de los datos completos

$S_y$  = Desviación estándar de los datos faltantes.

- Seguidamente se evalúa la correlación entre las variables  $Y_t$  y  $X_t$  mediante la prueba  $t$  a través de la siguiente fórmula.

$$t_c = \frac{R\sqrt{N_1 - 2}}{\sqrt{1 - R^2}} ; \frac{\alpha}{2} = 0.025 ; G. L. = N_1 - 2$$

Si:  $t_c \leq t_t(95\%) \rightarrow$  No se realiza el proceso

Si:  $t_c > t_t(95\%) \rightarrow$  Si se realiza el proceso

- Luego se evalúa las ganancias o pérdidas de información mediante la siguiente fórmula

$$r_{\min} = \frac{\sqrt{1}}{\sqrt{N_1 - 2}}$$

$$N_g = N_e - N_1$$

$$N_e = \frac{N_1 + N_2}{1 + \frac{N_2}{N_1 + 2}(1 - R^2)}$$

$$L = \frac{N_e}{N_1}$$

Si:  $L > 1; N_e > N_1; N_g > 0 \rightarrow$  hay pérdida de información

Si:  $L < 1; N_e < N_1; N_g < 0 \rightarrow$  hay ganancia de información



### 2.2.3. MÉTODOS DE VALORACIÓN ECONÓMICA

A continuación se describen brevemente algunos métodos básicos para determinar el valor económico del agua según diversos autores:

#### **Estimación del valor del agua a partir de una función de producción**

SERRANO (1990), dice que; el enfoque clásico para estimar los valores de bienes no comerciales, es estimar la función de demanda para el bien en cuestión. Esta técnica se utiliza ampliamente en la valoración del agua empleada en irrigación, donde se ha estudiado la respuesta de numerosos cultivos a la aplicación de agua y otros factores. La técnica parece ser un medio para estimar los valores privados a corto plazo. A menudo existe la regulación del gobierno en el mercado, ya sea a través del control directo de precios, o a través de la manipulación de la oferta. La mayoría de los estudios, emplean los precios recibidos por los productores, al valorar sus productos.

#### **Asignación residual.**

SERRANO (1990), indica que; la asignación residual se logra asignando el valor total del producto, entre cada uno de los recursos usados en un proceso productivo individual. Este es un método directo de estimar el valor del agua, cuando se utiliza como un bien intermedio. La técnica se basa en el hecho de que los precios de mercado de todos los recursos, excepto aquel que va a ser valorado, son iguales a los rendimientos en el margen (valor del producto marginal), y que el valor total del producto se puede dividir en partes, de tal manera que cada recurso se pague de acuerdo a su productividad marginal y el valor total del producto se agota completamente.

#### **Cambio en el ingreso neto.**

SERRANO (1990), dice que; este método define el incremento en el ingreso del productor, asociado con el uso de agua en el proceso de producción como la disposición a pagar por el agua adicional. Este enfoque requiere los mismos supuestos que el enfoque de asignación residual, a decir, que los recursos son asignados óptimamente; que los precios de los

productos y de los factores reflejan correctamente los valores sociales, y que todos los insumos son representados adecuadamente en los cálculos”.

#### **Método de Costo de Oportunidad.**

MONTESILLO (2002), menciona que; el método de Costo de Oportunidad considera los costos en que se incurriría si se quiere evitar el deterioro o restablecer las cualidades de un determinado recurso de acuerdo con estándares considerados como aceptables.

#### **Método de Valoración contingente**

AZQUETA (2002), refiere que; el método de valoración contingente obtiene expresiones de valor por parte de las personas entrevistadas por aumentos o disminuciones específicas en la cantidad o calidad de un servicio ambiental. La mayoría de estudios utilizan información de entrevistas realizadas a través de encuestas. Las estimaciones del valor económico obtenidas por este método son llamadas contingentes, porque los valores estimados son derivados de una situación hipotética que es presentada por los investigadores a los entrevistados. Todos los enfoques basados en precios de mercado, mercados sustitutos y funciones de producción, descansan sobre el uso de precios de mercado (preferencias reveladas) para estimar el valor económico de los servicios ambientales.

#### **Método del promedio de los costos**

##### **Valor de captación hídrica del bosque**

LANDELL-MILLS, (2002), define que los bosques, por sí solos o como parte de paisajes más extensos de usos múltiples, producen una gran cantidad de servicios valorados por la sociedad; mientras que éstos varían según las localidades, los bosques entre otras cosas, protegen la calidad del agua, regulan su flujo, controlan la salinidad del suelo y mantienen los hábitats acuáticos.

OROSCO, (2003). Dice que entre los servicios que proporcionan los bosques, el hidrográfico es considerado su mayor aportación, al considerársele como bancos

exclusivos de producción de agua, por lo que se le puede asignar un valor hipotético del 50 % del costo de oportunidad de la mejor actividad económica.

BARRANTES Y VEGA (2001), mencionan que para calcular el valor de captación de agua de los bosques de la microcuenca se utilizó la fórmula siguiente en donde se toman en cuenta parámetros como el costo de oportunidad de las tierras y la importancia del bosque como generador de recursos hidrográficos.

$$V_c = \alpha_i * \beta_i * Ab_i$$

Dónde:

$V_c$  = Valor de captación hídrica del bosque (\$/ha)

$\alpha_i$  = Proporción del costo de oportunidad en función de recurso hídrico (%)

$\beta_i$  = Costo de oportunidad de las actividades forestal y/o agropecuaria (\$/ha/año)

$Ab_i$  = Área boscosa en la microcuenca (ha).

### **Valor de protección y recuperación de la microcuenca**

BARRANTES Y VEGA, (2001), definen como la protección y recuperación del bosque es un mecanismo que ayuda a la conservación de las aguas superficiales y subterráneas, a la vez que evita la erosión de los suelos. Estos beneficios llevan implícito un costo que debe ser considerado dentro de la estructura de valoración económico – ecológico para el uso del agua, con el fin de proveer recursos financieros que permitan el desarrollo de actividades orientadas a la protección, recuperación y conservación de las partes altas de la cuenca.

Los costos en los cuales se incurre por la protección del bosque, se determinan por los gastos en los salarios (operativos, administrativos, de reforestación), gastos en combustibles, transporte, infraestructura y por otros conceptos, además de los incentivos para la protección de la cuenca y laderas. De acuerdo a las características del bosque natural, el costo de restablecimiento debe ser equivalente al de recuperar el ecosistema para dejarlo en condiciones similares a las que mantenía antes de ser intervenido.

Por lo tanto en términos de operaciones se puede plantear que los recursos necesarios para la implementación de las medidas de protección, recuperación, conservación y mantenimiento de la cuenca están determinados, por la fórmula:

$$V_p = \frac{\beta * C_{pm}}{A}$$

Dónde:

$V_p$  = Valor de protección de (\$/ha).

$\beta$  = Coeficiente de nivel de importancia.

$C_{pm}$  = Costo de protección de la microcuenca.

$A$  = Área de la microcuenca

BARRANTES Y VEGA, (2001), dicen que el costo de protección de la cuenca se estima con base a los gastos en los que se puedan incurrir por concepto de las actividades que se lleven a cabo con el fin de proteger al bosque; es decir, gastos salariales, combustibles, transporte, etc., por lo que el costo de protección estará determinado de la siguiente manera:

$$C_{pm} = G_s + G_i + G_a + G_n$$

Dónde:

$C_{pc}$  = Costo de protección de bosque.

$G_s$  = Gastos salariales.

$G_i$  = Gastos en infraestructura.

$G_a$  = Gastos administrativos.

$G_n$  = Otros gastos (incentivos para la protección del bosque en la cuenca).

### **Valor del agua como insumo de producción**

BARRANTES Y VEGA, (2001), mencionan que para algunas actividades económicas, el agua es un insumo importante dentro del proceso de producción. Por ejemplo, en el sector agrícola cuando se usa riego, en el sector industrial cuando se utiliza agua en los procesos o en el turismo. Esa importancia económica del recurso

agua es un indicador que refleja la necesidad de asignar un precio que responda al valor de escasez del recurso.

La valoración económica del agua como insumo de la producción, implica la utilización de diferentes técnicas debido a la variada utilización que se hace de éste recurso. Ante esa diversidad de usos para el agua, la valoración de ésta puede hacerse bajo el enfoque de considerar el costo del uso del agua para la producción, es decir, solo por el hecho de contar con el servicio. Cabe mencionar que éste costo es solo una aproximación del valor que en verdad representa la utilización del agua en diferentes procesos productivos de la zona.

### **Valor promedio del agua**

BARRANTES Y VEGA, (2001), mencionan que una vez estimado el valor del agua para los diferentes usos, se puede obtener un promedio ponderado, con el fin de generar un único valor para el agua, donde se requieren los volúmenes de agua utilizados en cada uno de los sectores involucrados.

De ese modo, el valor promedio para el agua está dado por la fórmula:

$$V_{pa} = \frac{V_c + V_p + V_i}{3}$$

Dónde:

$V_{pa}$  = Valor promedio del agua (\$/ha/año).

$V_c$  = Valor de captación de la cuenca (\$/ha/año).

$V_p$  = Valor de protección de la cuenca (\$/ha/año).

$V_i$  = Valor del agua como insumo de producción (\$/ha/año)

## 2.3 HIPÓTESIS

### **HIPÓTESIS GENERAL**

- El valor económico del recurso hídrico de la microcuenca del río Cuyo Grande y Chahuaytire está determinado por la cantidad, calidad y uso del agua por los pobladores de la zona.

### **HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

1. La oferta hídrica de la Microcuenca del río Cuyo Grande y Chahuaytire, presenta un déficit de agua en la época de estiaje, el cual comienza en los meses de Mayo a Agosto, la época de avenida comienza a partir del mes de Diciembre y se prolonga hasta Marzo, donde se presenta mayores precipitaciones, mientras que en la demanda hídrica existe un mayor uso de agua en las actividades agrícolas a diferencia de las actividades poblacionales y pecuarias.
2. El valor económico de la Microcuenca del río Cuyo Grande y Chahuaytire está en función de valores uso y no uso basados en precios de mercado y no mercado de la producción de agua para el abastecimiento de la población, riego, labores agropecuarias, recreación, conservación de los recursos naturales, entre otros.

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ZONA DE ESTUDIO.

##### 3.1.1. UBICACIÓN POLITICA:

Políticamente la zona de estudio está localizada en:

|           |                             |
|-----------|-----------------------------|
| Región    | : Cusco                     |
| Provincia | : Calca                     |
| Distrito  | : Pisac                     |
| Comunidad | : Cuyo Grande – Chahuaytire |

##### 3.1.2. UBICACIÓN GEOGRAFICA:

Geográficamente se ubica entre las coordenadas:

|                |  |
|----------------|--|
| Latitud Sur    | : Entre los Meridianos 13° 23' 25.122" |
| Longitud Oeste | : Entre los paralelos 71° 45' 51.041"  |

La microcuenca del rio Cuyo Grande y Chahuaytire, que tiene una altitud de 4039.93 m.s.n.m. aproximadamente. Al Norte limita con los Distritos de Pisac y Colquepata, al Sur limita con el Distrito de San Salvador, al Este limita con el Distrito de Pisac y al Oeste limita con el Distrito de Colquepata.

##### 3.1.3. UBICACIÓN HIDROGRAFICA

La zona de estudio Hidrográficamente pertenece a la:

|             |                             |
|-------------|-----------------------------|
| Vertiente   | : Atlántico                 |
| Cuenca      | : Vilcanota                 |
| Microcuenca | : Cuyo Grande y Chahuaytire |

### 3.1.4. VÍAS DE ACCESO

Se puede apreciar en el siguiente cuadro:

**Cuadro 1: Recorrido Hasta la Zona de Estudio**

| Nº | TRAMO                     | DIST.<br>(Km) | TIEMPO<br>(Min.) | TIPO DE<br>VIA | VIA PRINCIPAL            |
|----|---------------------------|---------------|------------------|----------------|--------------------------|
| 1  | Cusco – Pisac             |               | 45               | Asfalto        | Cusco – Pisac            |
| 2  | Pisac – Cuyo Grande       |               | 30               | Trocha         | Pisac – Cuyo Grande      |
| 3  | Cuyo Grande – Chahuaytire |               | 15               | Trocha         | Cuyo Grande -Chahuaytire |

Fuente: Elaboración Propia

### 3.2. EQUIPOS Y MATERIALES

Dentro de los materiales, equipos y otros servicios utilizados en la ejecución de este proyecto están los siguientes:

#### 3.2.1. Materiales y Equipos de Gabinete

- Equipo de Cómputo e impresión.
- Información documental:
  - Geología de la zona
  - Hidrogeología de la zona
  - Vegetación de la zona
- Programas de computadora
  - Arcgis 9.3
  - Google earth pro
  - Microsoft Word
  - Microsoft Excel
  - Microsoft Power Point
- Útiles de escritorio y dibujo.
  - Papel Bond de 75 grs.
  - Lapiceros, lápices y plumones.
  - Otros.



### **3.2.2. Materiales y equipos de campo.**

- GPS.
- Wincha de 50 mts.
- Libreta de campo.
- Cámara Fotográfica

### **3.2.3. Materiales cartográficos e hidrológicos.**

- Cartas nacionales del Instituto Geográfico Militar (IGM) de la zona, a escala 1/100,000.
- Mapa físico político del Departamento de Cusco.
- Mapa Geológico de la zona.
- Mapa Hidrogeológico de la zona.
- Mapa de uso de suelo de la zona
- Mapa de productividad de la zona
- Información meteorológica (series históricas de precipitaciones medias, temperatura, otros).
- Material bibliográfico adquirido y existente

### **3.2.4. Servicios.**

- Ploteo de planos.
- Impresión, fotocopias, anillados, escaneados y otros.
- Revelado de fotografías

### **3.3. METODOLOGIA**

El presente trabajo de investigación se basó en el costo de oportunidad y en el promedio de los costos por concepto del valor de captación hídrica del bosque, el valor de protección y recuperación de la microcuenca y el valor del agua como insumo. El promedio de estos nos dio una visión más objetiva del costo que pueda tener el recurso hídrico. Se describe a continuación.

#### **3.3.1. Elaboración del mapa base**

Para la elaboración del mapa base de la Microcuenca del río Cuyo Grande y Chahuaytire en estudio se utilizó la delimitación del área de estudio que se hizo con anterioridad e imágenes satelitales utilizando el Google Earth de la zona de estudio.

#### **3.3.2. Caracterización de la microcuenca**

La caracterización de la microcuenca se hizo con la finalidad de conocer aspectos importantes sobre su funcionamiento y para conocer algunas características del terreno que son de gran relevancia. Para poder efectuar la caracterización de la microcuenca del río Cuyo Grande y Chahuaytire, se utilizó las imágenes satelitales, las salidas de campo, la carta nacional, entre otras.

##### **3.3.2.1. Geomorfología de la microcuenca.**

Los parámetros geomorfológicos de la microcuenca son sumamente complejos y están en función de las características climáticas y fisiográficas entre otras, para la realización de los parámetros se utilizó el programa ARCGis y Excel para la realización de todas las formulas antes ya mencionadas.

#### **Parámetros Geomorfológicos**

##### **1. Morfometría de la Microcuenca**

- Área total de la microcuenca

*Elementos de distancia:*

- Perímetro
- Longitud axial

**Elementos de forma de la microcuenca:**

- Factor forma
- Coeficiente de compacidad
- Elongación
- Índice de circularidad
- Rectángulo equivalente:
  - Lado mayor
  - Lado menor

**Elementos de relieve de la microcuenca***Elevación de los terrenos:*

- Altitud media
- Curva hipsométrica
- Mediana de la altitud
- Altitud máxima
- Altitud mínima
- Polígono de frecuencia de altitud
- Línea de máxima pendiente
- Índice de pendiente
- Pendiente media de la microcuenca
  - Criterio de Justin
  - Criterio del rectan. Equivalente
- Coeficiente orográfico
- Coeficiente de masividad

**2. Hidromorfometría de la microcuenca**

- Forma de la red de drenaje
- Grado de ramificación
- Longitud del curso principal
- Longitud del curso principal al centro de gravedad
- Pendiente media del curso principal
- Longitud total de drenajes de diferentes grados
- Densidad de drenaje

- Relación de bifurcación de ríos
- Frecuencia de ríos
- Desnivel del curso principal
- Distancia de escorrentía
- Extensión media de escurrimiento superficial
- Constante de mantenimiento de cauces
- Coeficiente de torrencialidad

### **3.3.3. Generación de mapas**

Estos mapas se elaboraron a partir de las imágenes satelitales y el programa ARCGis donde se realizó la delimitación de los ríos y para los manantes se jalo de registros existentes del programa EXCEL al programa ARCGis.

- Mapa red de drenaje
- Mapa de manantes

### **3.3.4. Calculo del análisis hidrológico**

- Se calculó la oferta hídrica y la demanda hídrica

#### **Cálculo de la oferta del recurso hídrico**

Los datos de precipitación se obtuvieron de las estaciones meteorológicas y el área se calculó con base al material cartográfico ya antes realizado de la microcuenca del rio Cuyo Grande y Chahuaytire, de tal manera se utilizó las formulas del análisis de información hidrometereologica y el programa EXCEL donde primeramente se realizó:

- Análisis de doble masa
- Análisis de consistencia
- Salto
- Tendencias
- Seguidamente se realizó la completación de los datos faltantes de las diferentes estaciones a utilizar.

- Luego se empezó a efectuar la oferta de la microcuenca utilizando las formulas ya mencionadas en el marco teórico.

### **Cálculo de la demanda del recurso hídrico**

Con base a los datos con los que se contó, se calculó la demanda poblacional, pecuaria, agrícola, entre otras actividades realizadas en la zona de estudio para lo cual se halló un total del recurso hídrico a utilizar el cual será la demanda hídrica.

### **3.3.5. Calculo de la valoración económica del recurso hídrico**

Luego de obtener la oferta y la demanda se realizó el costo de oportunidad de la microcuenca con respecto a la actividad más remunerada, en la zona y se utilizó las fórmulas de BARRANTES Y VEGA (2001), para la obtención del valor del recurso hídrico de la microcuenca del rio Cuyo Grande y Chahuaytire.

1. Valor de captación hídrica del bosque. (Barrantes y Vega, 2001).

$$V_c = \alpha_i * \beta_i * Ab_i$$

Dónde:

$V_c$  = Valor de captación hídrica del bosque (\$/ha)

$\alpha_i$  = Proporción del costo de oportunidad en función de recurso hídrico (%)

$\beta_i$  = Costo de oportunidad de las actividades forestal y/o agropecuaria (\$/ha/año)

$Ab_i$  = Área boscosa en la microcuenca (ha).

2. Valor de protección y recuperación de la microcuenca. (Barrantes y Vega, 2001).

$$V_p = \frac{\beta * C_{pm}}{A}$$

Dónde:

$V_p$  = Valor de protección de (\$/ha).

$\beta$  = Coeficiente de nivel de importancia.

$C_{pm}$  = Costo de protección de la microcuenca.

$A$  = Área de la microcuenca

### 2.1. Actividad de Reforestación

1. Instalación del Vivero.-Se consideró todo un proceso de acondicionamiento, desde la elección del terreno hasta la construcción de camas de repique y la provisión de materiales e insumos necesarios para la etapa de producción de plántones.
2. Producción de plántones.-Esta actividad es la más importante en el proceso productivo de desarrollo forestal.
3. Plantación definitiva.-La demanda de plántones para las plantación comunal se atenderá desde el vivero comunal de Cuyo Grande.
4. Mantenimiento de la plantación.-El mantenimiento forestal fue el conjunto de actividades complementarias que se realizó después de la plantación a terreno definitivo, con el fin de garantizar el éxito de la plantación realizada.

$$C_{pm} = G_s + G_i + G_a + G_n$$

Dónde:

$C_{pm}$  = Costo de protección de la microcuenca. (Barrantes y Vega, 2001).

$G_s$  = Instalación del vivero

$G_i$  = Producción de plántones

$G_a$  = Plantación para la protección

$G_n$  = Manejo de la plantación

$G_i$  = Producción de plántones

3. Valor del agua como insumo de producción. (Barrantes y Vega, 2001).

Son algunas actividades económicas. Por ejemplo, en el sector agrícola cuando se usa riego, en el sector industrial cuando se utiliza agua en los procesos o en el turismo entre otros.

Valor promedio del agua. (Barrantes y Vega, 2001).

$$V_{pa} = \frac{V_c + V_p + V_i}{3}$$

Dónde:

$V_{pa}$  = Valor promedio del agua (\$/ha/año).

$V_c$  = Valor de captación de la cuenca (\$/ha/año).

$V_p$  = Valor de protección de la cuenca (\$/ha/año).

$V_i$  = Valor del agua como insumo de producción (\$/ha/año)

## IV. RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados se obtuvieron conforme se mostró en la metodología, lo cual da los elementos para tener una visión objetiva del estado en la cual se encuentra la microcuenca; considerándolos, se puede cuantificar el valor y la importancia que tiene los bosques como fuentes generadoras de servicios y bienes, los cuales a la vez tienen gran importancia económica en toda la zona ya que estos servicios naturales son utilizados tanto en actividades cotidianas como en el comercio y en la producción de bienes y servicios. Dado que el propósito de este estudio es la valoración de los recursos hidrológicos de la Microcuenca del río Cuyo Grande y Chahuaytire, la metodología ha sido adaptada para poder partir del balance hídrico como base para dicha valoración, por lo cual el estudio se realizó en tres partes las cuales son: caracterización, balance hídrico y la valoración económica de los recursos hidrológicos. Cada elemento proporcionó datos, a la vez que se generó información que fue utilizada para poder valorar económicamente al agua dentro del lugar.

### 4.1 CARACTERIZACION DE LA MICROCUENCA.

La caracterización de la microcuenca nos permite, a través de los parámetros estimados que a continuación se presentan, conocer de manera cuantitativa su funcionamiento y respuesta hidrológica.

#### Área de la microcuenca

El área de la microcuenca se obtuvo utilizando el mapa satelital, la delimitación del parteaguas de la microcuenca y el programa ARCGIS

**Area de la microcuenca = 44. 85182 km<sup>2</sup>**

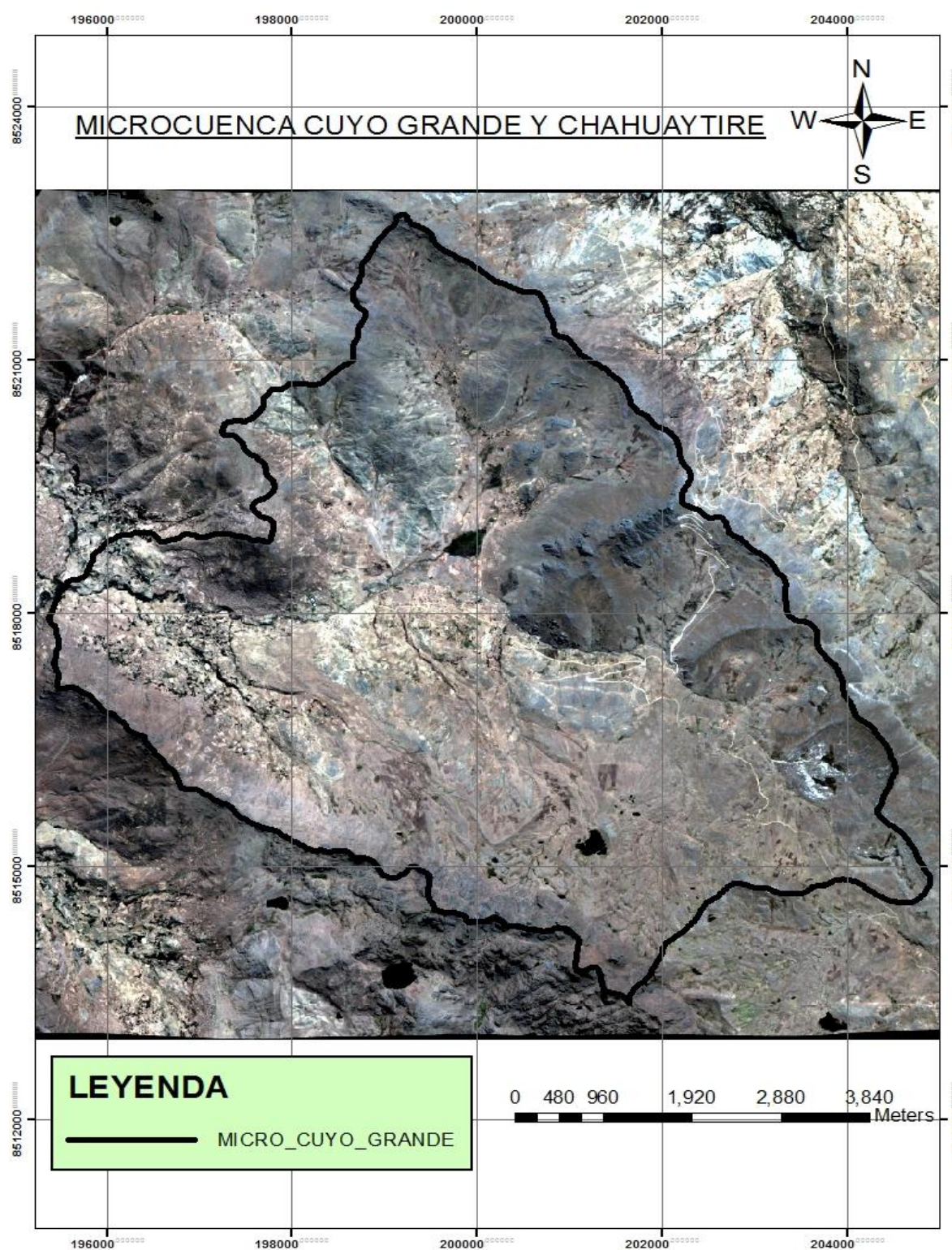
#### Perímetro de la microcuenca

Con la delimitación del parteaguas de la microcuenca, además de poder calcular el área de ésta, se puedo obtener el perímetro.

**Perimetro de la microcuenca = 33. 181515 km**

**Figura N° 8: Delimitación de la microcuenca**





Fuente: Elaboración Propia

### PARAMETROS DE FORMA

**Factor de forma (F):**

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

Donde:

$A_p$  = Ancho promedio de la cuenca (Km)

$L$  = Longitud del curso más largo (Km)

*Reemplazando:*

$$F = \frac{4.3056}{10.4168^2}$$

$$F = 0.4133$$

**Índice de Gravelius o coeficiente de compacidad (Kc):**

$$Kc = 0.28 * P * \sqrt{A}$$

Donde:

$P$  = Perímetro de la cuenca (Km)

$A$  = Área de la cuenca (Km<sup>2</sup>)

*Reemplazando:*

$$Kc = 0.28 * 33.1815 * \sqrt{44.8518}$$

$$Kc = 1.3977$$

**Elongación:**

$$El = 2 * \sqrt{\frac{A}{\pi}} / P$$

Donde:

$P$  = Perímetro de la cuenca (Km)

$A$  = Área de la cuenca (Km<sup>2</sup>)

*Reemplazando:*

$$El = 2 * \sqrt{\frac{44.8518}{\pi}} / 33.1815$$

$$El = 0.7254$$

**Índice de Circularidad:**

Schumn:

$$Ic = \sqrt{4 * \pi * \frac{A}{P}}$$

Donde:

P =Perímetro de la cuenca (Km)

A=Área de la cuenca (Km2)

*Reemplazando:*

$$Ic = \sqrt{4 * \pi * \frac{44.8518}{33.1815}}$$

$$Ic = 0.7155$$

**Rectángulo Equivalente (km):**

$$L = \frac{kc * \sqrt{A} * (1 + \sqrt{(1 - (\frac{1.128}{kc})^2})}{1.128}$$

$$l = \frac{kc * \sqrt{A} * (1 - \sqrt{(1 - (\frac{1.128}{kc})^2})}{1.128}$$

Donde:

L=lado mayor

l=lado menor

kc=índice de Gravelious

A=área de la cuenca (km<sup>2</sup>)

Reemplazando:

$$L = \frac{1.3977 * \sqrt{44.8518} * (1 + \sqrt{(1 - (\frac{1.128}{1.3977})^2})}{1.128}$$

L = 13.1909 km

$$l = \frac{1.3977 * \sqrt{44.8518} * (1 - \sqrt{(1 - (\frac{1.128}{1.3977})^2})}{1.128}$$

l = 3.4002 km

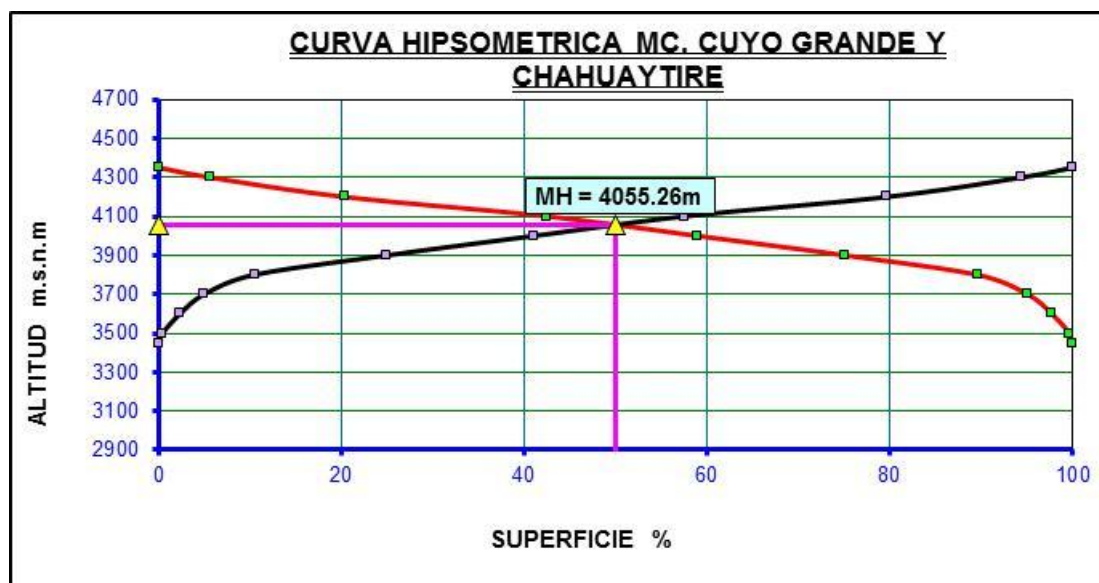
**Cuadro N° 2: Parámetros de relieve**

| COTA<br>msnm | AREA ENTRE<br>COTAS Km2 | AREA ACU<br>MULADA<br>Km2 | AREA<br>SOBRE<br>COTAS<br>Km2 | RECTANG<br>EQUIVALENTE | hi   | hi*area          | Bi       | Ahí        | (Ahí*Bi)*0.5)1000 | % De<br>area<br>Entre<br>cotas | Superficie<br>% |
|--------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------------|------------------------|------|------------------|----------|------------|-------------------|--------------------------------|-----------------|
| 3450         | 0.0000000               | 0.00                      | 44.85                         | -                      | -    | -                |          |            |                   |                                | 100.00          |
| 3500         | 0.17429900              | 0.17                      | 44.68                         | 0.05                   | 3475 | 605.69           | 0.004    | 50         | 0.0004            | 0.39                           | 99.61           |
| 3600         | 0.86322870              | 1.04                      | 43.81                         | 0.31                   | 3550 | 3064.46          | 0.019    | 100        | 0.0014            | 1.92                           | 97.69           |
| 3700         | 1.18896900              | 2.23                      | 42.63                         | 0.65                   | 3650 | 4339.74          | 0.027    | 100        | 0.0016            | 2.65                           | 95.04           |
| 3800         | 2.46025400              | 4.69                      | 40.17                         | 1.38                   | 3750 | 9225.95          | 0.055    | 100        | 0.0023            | 5.49                           | 89.55           |
| 3900         | 6.52014300              | 11.21                     | 33.64                         | 3.30                   | 3850 | 25102.55         | 0.145    | 100        | 0.0038            | 14.54                          | 75.01           |
| 4000         | 7.20801400              | 18.41                     | 26.44                         | 5.42                   | 3950 | 28471.66         | 0.161    | 100        | 0.0040            | 16.07                          | 58.94           |
| 4100         | 7.39266000              | 25.81                     | 19.04                         | 7.59                   | 4050 | 29940.27         | 0.165    | 100        | 0.0041            | 16.48                          | 42.46           |
| 4200         | 9.93015100              | 35.74                     | 9.11                          | 10.51                  | 4150 | 41210.13         | 0.221    | 100        | 0.0047            | 22.14                          | 20.32           |
| 4300         | 6.61255600              | 42.35                     | 2.50                          | 12.46                  | 4250 | 28103.36         | 0.147    | 100        | 0.0038            | 14.74                          | 5.58            |
| 4350         | 2.50150900              | 44.85                     | 0.00                          | 13.19                  | 4325 | 10819.03         | 0.056    | 50         | 0.0017            | 5.58                           | 0.00            |
| Área=        | <b>44.85178</b>         |                           |                               |                        |      | <b>180882.84</b> | <b>1</b> | <b>900</b> | <b>0.0279</b>     | <b>100</b>                     |                 |

|      |                   |
|------|-------------------|
| Hm = | <b>4032.90</b>    |
| lp = | <b>0.08    8%</b> |

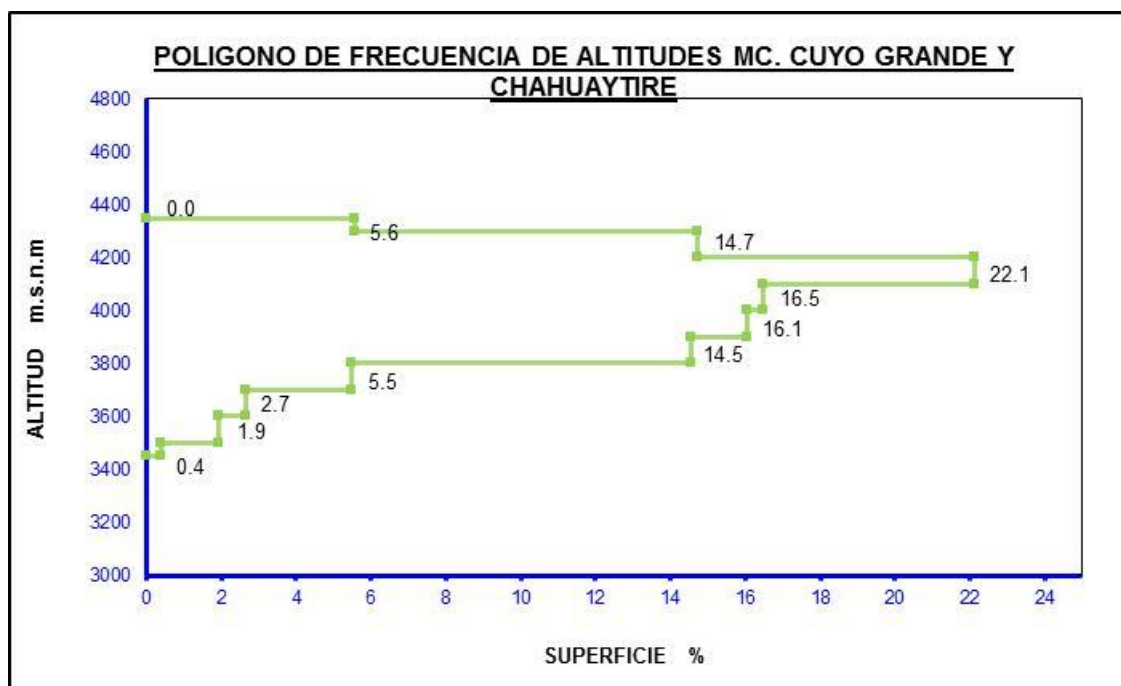
Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico N° 1: Curva Hipsométrica**



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 2: Polígono de Frecuencia



Fuente: Elaboración Propia

Índice de pendiente de la microcuencia ( $I_p$ ).

$$IP = \left(\frac{1}{\sqrt{L}}\right) * \left(\sum \sqrt{Ahi * Bi * 1000}\right) * 10$$

Donde:

A =Área de la microcuenca (Km).

$\Delta h$  =Distancia de cotas entre curvas de nivel (Km).

L =Lado mayo del rectángulo equivalente (Km).

*Reemplazando:*

$$IP = \left(\frac{1}{\sqrt{13.19}}\right) * (0.0279) * 10$$

$$IP = 0.08 = 8\%$$

### **Pendiente de la microcuenca.**

Este parámetro es de importancia pues interviene en el tránsito de avenidas mediante un índice de la velocidad media de la escorrentía, poder de arrastre y erosión sobre la cuenca.

- **Criterio de Justin:**

$$Justin = \frac{(Alt. \max - Alt. \min)}{\sqrt{A}} * 100$$

*Reemplazando:*

$$Justin = \frac{(4350 - 3450)}{\sqrt{44851842}} * 100$$

$$Justin = 13.4\%$$

- **Criterio del Rectángulo Equivalente:**

$$\text{RectanguloEquivalente} = \frac{(\text{Alt. max} - \text{Alt. Min})}{\text{Area de ca cuenca (m)}} * 100$$

*Reemplazando:*

$$\text{RectanguloEquivalente} = \frac{(4350 - 3450)}{13190.86} * 100$$

$$\text{RectanguloEquivalente} = 6.8 \%$$

**Línea de máxima pendiente:**

$$\text{LMP} = \left( \frac{(\text{Alt. max} - \text{Alt. Min})}{\text{Ancho medio (m)}} * 100 \right)$$

*Reemplazando:*

$$\text{LMP} = \left( \frac{(4350 - 3450)}{4305.6897} * 100 \right)$$

$$\text{LMP} = 20.90\%$$

**Declividad equivalente constante:**

$$S = \sqrt{(\text{Alt. max} - \text{Alt. min}) / \text{Anchomedio} * 100}$$

*Reemplazando:*

$$S = \sqrt{\left( \frac{(4350 - 3450)}{4305.6897} * 100 \right)}$$

$$S = 4.6 \%$$

**Coefficiente de masividad (Cm):**

$$C_m = \frac{H_m}{A}$$

Donde:

A= Área de la microcuenca (Km).

Hm =Elevación media de la cuenca (m.s.n.m.).

*Reemplazando:*

$$C_m = \frac{4032.90}{44.8518}$$

$$C_m = 89.92 \text{ m/km}^2$$

**Coefficiente orográfico (Co):**

$$C_o = C_m/H_m$$

Donde:

Hm= Elevación media de la microcuenca (m.s.n.m.).

Cm= Coeficiente de masividad (m/ km)

*Reemplazando:*

$$C_o = 89.92/4032.90\text{m}$$

$$C_o = 0.0222$$



## PARAMETROS DE DRENAJE

### Longitud del cauce principal

La longitud del cauce principal se obtuvo luego de marcar dentro del mapa todos los afluentes que se encuentran dentro de la microcuenca, tanto intermitentes como perennes, ya que es con base a estos que se puede identificar el inicio del río Cuyo Grande y Chahuaytire, hasta su unión con otros ríos.

Longitud del cauce principal = 8.11 km

### Orden de las corrientes hidrográficas

Debido a la topografía de la zona, la red hidrológica de la Microcuenca del Río Cuyo Grande y Chahuaytire presenta gran cantidad de corrientes tanto intermitentes como perennes.

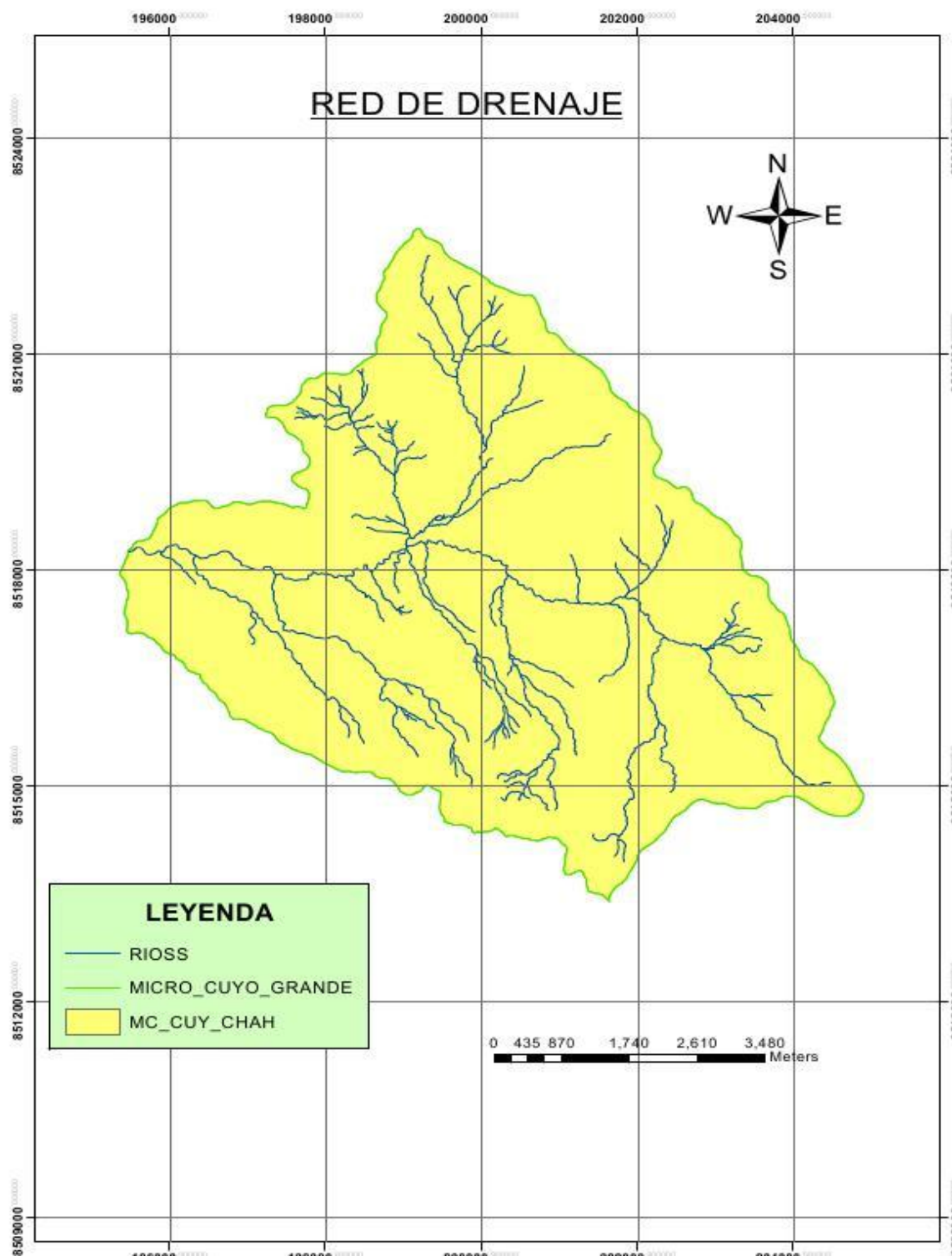
**Cuadro N° 3: Cantidad total de corrientes**

| Grado    | N° de ríos   | Longitud     |
|----------|--------------|--------------|
|          |              | Km           |
| ORDEN 1° | 98           | 47.84        |
| ORDEN 2° | 27           | 19.06        |
| ORDEN 3° | 8            | 18.26        |
| ORDEN 4° | 1            | 6.35         |
|          | <b>TOTAL</b> | <b>91.51</b> |

Fuente: Elaboración Propia

La corriente del Río Cuyo Grande y Chahuaytire es de 4° orden, aunque mayoría sus tributarios son de 1°orden, estos se mantienen contribuyendo al cauce principal durante gran parte del año.

**Figura N° 9: Red hidrográfica**



Fuente: Elaboración Propia

**Pendiente media del curso principal.**

$$I_p = \frac{h. \max - h. \min}{L_{rp}}$$

Donde:

$L_{rp}$  =Longitud del río principal (m).

$h.mín$  = Cota mínima del extremo del cauce principal aguas abajo (m.s.n.m.).

$h.máx$  =Cota máxima del extremo del cauce principal aguas arriba (m.s.n.m.).

$S_m$  =Pendiente media del cauce principal.

**Cuadro N° 4: Pendiente media del curso principal**

| Cota Inf | Cota Sup | DES. | DI      | DH      | PENDIEN. |
|----------|----------|------|---------|---------|----------|
|          |          | m    | m       | m       | %        |
| 3450     | 3500     | 50   | 647.43  | 645.50  | 7.75     |
| 3500     | 3600     | 100  | 946.70  | 941.40  | 10.62    |
| 3600     | 3700     | 100  | 539.94  | 530.60  | 18.85    |
| 3700     | 3800     | 100  | 3357.09 | 3355.60 | 2.98     |
| 3800     | 3900     | 100  | 1374.82 | 1371.18 | 7.29     |
| 3900     | 4000     | 100  | 666.29  | 658.74  | 15.18    |
| 4000     | 4100     | 100  | 577.49  | 568.77  | 17.58    |
|          |          | 650  | 8109.75 | 8071.78 | 11.46    |

Fuente: Elaboración Propia

$$I_p = 11.46\%$$

**Densidad de drenaje**

$$D_d = \frac{L_r}{A}$$

Donde:

$A$  =Área de la cuenca (Km).

$L_r$  =Longitud de ríos en la cuenca (Km).

*Reemplazando:*

$$Dd = \frac{91.51}{44.8518}$$

$$Dd = 2.04\text{km}/\text{km}^2$$

**Relación de bifurcación**

$$Rb = \frac{N}{N_o - 1}$$

Donde:

N = Número de ríos de cualquier orden de magnitud

No = Número de río del siguiente orden

**Cuadro N° 5: Relación de bifurcación**

| Relación de bifurcación |             |
|-------------------------|-------------|
| Rb1=                    | -           |
| Rb2=                    | 3.63        |
| Rb3=                    | 3.38        |
| Rb4=                    | 8.00        |
|                         | <b>5.00</b> |

Fuente: Elaboración Propia

**Frecuencia de densidad de ríos (Dr)**

$$Dr = \frac{Nr}{A}$$

Donde:

A =Área de la cuenca (Km).

Nr =Número de ríos en la cuenca.

**Cuadro N° 6:Frecuencia de ríos**

| frecu de ríos |
|---------------|
| Ni / AT       |
| 2.18          |
| 0.60          |
| 0.18          |
| 0.02          |
| <b>2.99</b>   |

Fuente: Elaboración Propia

### Extensión media del escurrimiento superficial (E)

$$E = \left( \frac{A}{4 * Lt} \right) * 1000$$

Donde:

A =Área de la cuenca (Km).

Lt =Longitud de ríos (Km).

*Reemplazando:*

$$E = \left( \frac{44.8518}{4 * 91.51} \right) * 1000$$

$$E = 122.53$$

### Coefficiente de torrencialidad (Ct)

$$Ct = \frac{N^{\circ}R1}{A}$$

Donde:

A =Área de la cuenca (Km).

N°R1 =Número de ríos de primer orden.

*Reemplazando:*

$$Ct = \frac{98}{44.8518}$$

$$Ct = 2.18 \text{ N}^{\circ}1/\text{km}2$$

### Gráfico N° 3: Perfil longitudinal del drenaje

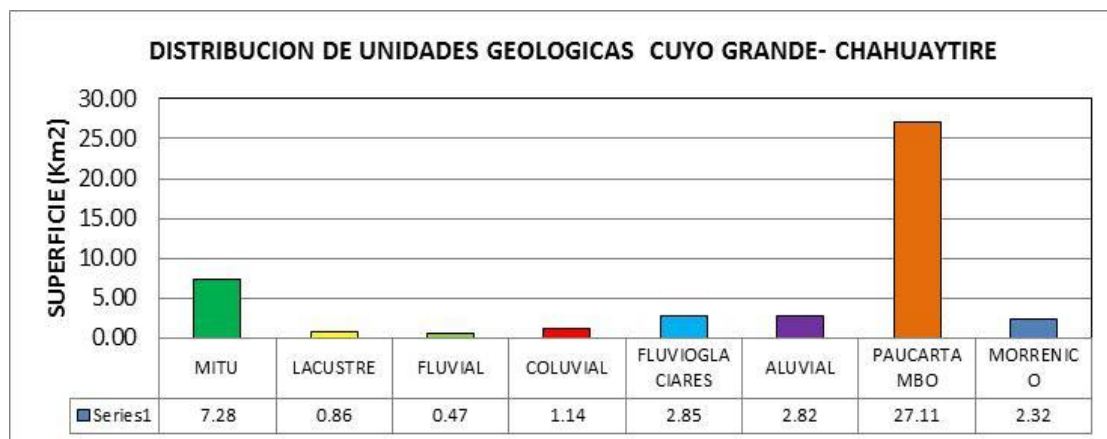


Fuente: Elaboración Propia

#### 4.1.1. GEOLOGIA

La microcuenca del rio Cuyo Grande- Chahuaytire, cuenta con unidades geológicas que van desde el Siluro-devónico al cuaternario reciente, cuya descripción se detalla a continuación:

Gráfico N° 4: Unidades geológicas



Fuente: Estudio de Pequeñas cosechas de agua con nivel familiar en microcuencas en la cuenca del Vilcanota, I.M.A. (2010).

Descripción de unidades litoestratigráficas:

- **Siluro-Devónico**

El Siluro-Devoniano aflora principalmente en la Cordillera Oriental, al NE del cuadrángulo y está caracterizado por presentar afloramientos de rocas metamórficas, las que han sido agrupadas dos formaciones, Cabanillas y Ccatca.

- **Formación Cabanillas : Siluro-Devónico**

Definición y relaciones estratigráficas. En el mapa antiguo del cuadrángulo de Cusco 1:100,000, Mendivil & Dávila (1994) definen unas pizarras al NE del cuadrángulo y lo denominan Formación Urcos que se extiende al cuadrángulo de Calca donde Carlotto (1996), lo denominan Formación Paucartambo.

Se trata de una unidad constituida por dos secuencias, una secuencia bastante uniforme constituido de pizarras y esquistos pizarrosos, grises a negros con presencia de bancos gruesos masivos de cuarcitas blancas ubicados en el extremo norte de la microcuenca.

El medio de depósito corresponde a una plataforma con procesos de resedimentación y sedimentación glaciomarina.

**Figura N°10: Formación Cabanillas: Siluro-Devónico**



Constituido por rocas limo arcillosas gris oscuras, amarillas y verdosas, areniscas micaceas bien alteradas en algunos lugares, intercaladas con estratos aislados de cuarcitas.

- **Formación Pisac: Pérmico Superior**

La Formación Pisac (Gabelman & Jordan, 1964; Candia & Carlotto, 1985), aflora en el anticlinal de Vilcanota, descansando en discordancia erosional sobre el Grupo Copacabana por intermedio de un nivel volcánico. Como se observa en la vertiente Sur y Sur oeste.

La Formación Pisac se compone de un nivel volcánico, sobre la cual se tienen secuencias grano estrato crecientes de brechas y conglomerados intercalados con areniscas y limolitas rojas.

**Figura N°11: Formación Pisac: Pérmico Superior**



**- Formación Pachatusan: Triásico Inferior a medio**

Sobreyace concordantemente a la Formación Pisac e infrayace en discordancia a unidades mesozoicas del Jurásico y Cretácico.

La unidad está constituida por brechas, aglomerados y coladas volcánicas de basaltos, riolitas e ignimbritas. Estas rocas volcánicas se intercalan con rocas sedimentarias, caracterizándose por su color rojo violáceo "concho de vino" que permite reconocerlas rápidamente en el campo. Los basaltos y espilitas parecen constituir la parte más importante de la formación. La Formación Pachatusan se caracteriza además, por la presencia de conglomerados de conos aluviales y areniscas fluviales, los que están intercalados con las rocas volcánicas. El espesor de esta unidad es variable entre los 300 a 500 metros.

En cuanto a la edad de la formación se le considera del Triásico inferior a medio.



**Figura N° 12: Formación Pachatusan: Triásico Inferior a medio**



- **Formación Paucartambo**

Sobreyace en discordancia erosional sobre la formación Mitu, está conformada por areniscas cuarzosas blancas, fuertemente fracturadas.

**Figura N° 13: Formación Paucartambo**



### - Depósitos Morrénicos

Están constituidos por aglomerados de fragmentos rocosos de hasta 5 m de diámetro, dispuestos en forma caótica, envueltos en una matriz grava arcillo arenosa, bien compactos, se hallan en fondos de quebradas ubicadas en cabeceras, y conformando el basamento de algunos vasos lacustres.

**Figura N° 14: Depósitos Morrénicos**



### - Flujo Glaciales

Se hallan en fondos de valles altos y en laderas acolinadas sobre los 4000 m, están conformados por sedimentos heterométricos de fragmentos angulosos a subangulosos de areniscas cuarzosas, volcánicas, sedimentarias, etc. envueltas en una matriz areno limo arcillosa.

**Figura N° 15: Flujo Glaciales**



### - Depósitos lacustres

Está constituido por sedimentos finos de arcillas orgánicas y limos.

**Figura N° 16: Depósitos lacustres**



### - Colubio Aluviales

Se ubican en laderas de montaña, conformados por material heterométricos envueltos en una matriz arcillo limo arenosa, muy superficiales.

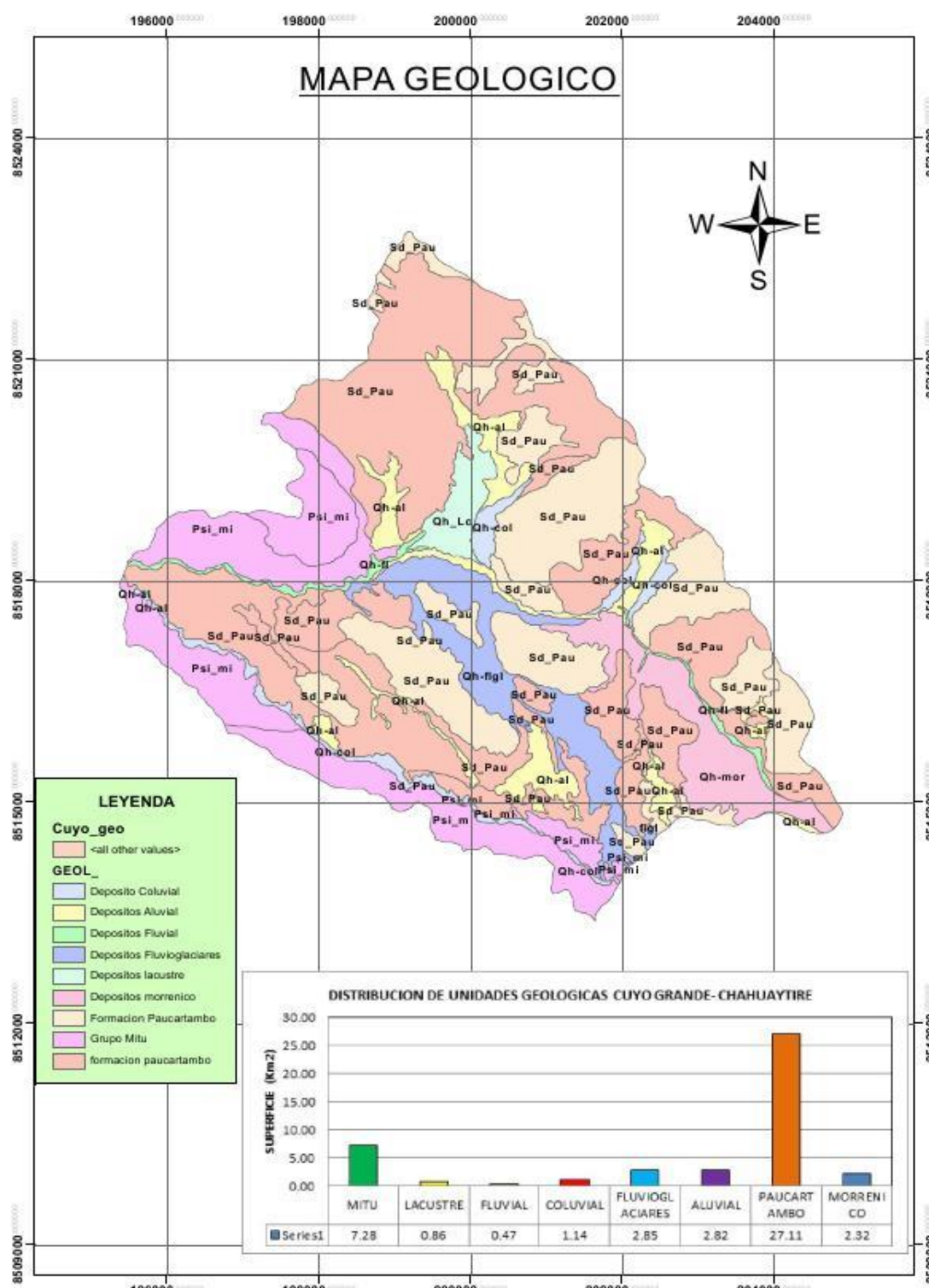
**Figura N° 17: Colubio Aluviales**



### - Depósitos Fluviales

Se halla en lecho del cauce del río, constituido por arenas y gravas limpias con clastos redondeados a subredondeados, son de baja potencia.

Figura N° 18: Mapa Geológico

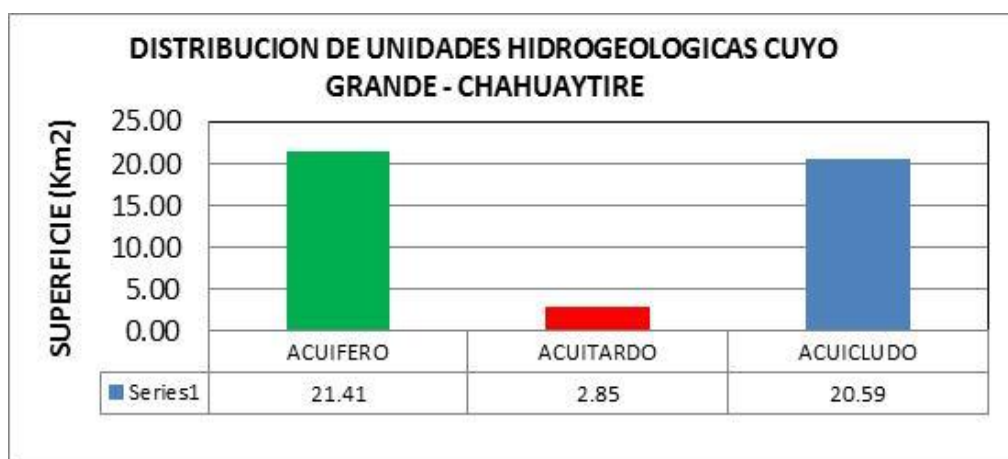


Fuente: Estudio de Pequeñas cosechas de agua con nivel familiar en microcuencas en la cuenca del Vilcanota, I.M.A. (2010).

### 4.1.2. HIDROGEOLOGIA

En el ámbito de la microcuenca de Cuyo grande - Chahuaytire, las unidades hidrogeológicas se distribuyen de la siguiente manera:

**Grafica N° 5: Distribución de unidades hidrogeológicas**



Fuente: Estudio de Pequeñas cosechas de agua con nivel familiar en microcuencas en la cuenca del Vilcanota, I.M.A. (2010).

- **Acuíferos**

**Acuíferos fisurado Mitú:**

Esta unidad acuífera en el ámbito de la microcuenca, genera mayor volumen de descarga, están constituidos por niveles de brechas conglomeradas intercalados con areniscas y limolitas rojas y niveles de volcánicos basálticos. Por las características de descarga, permeabilidad y recarga, se ha clasificado en buena a muy buena.

**Acuífero fisurado cuarcítico:**

Está ligado a la formación Paucartambo, este acuífero, está constituido por areniscas cuarzosas, fuertemente fracturadas, se distribuye ampliamente en Chahuaytire.

Por las características de descarga, permeabilidad y recarga, se ha clasificado en pobre, regular y muy buena.

**Acuífero detrítico:**

Este tipo de acuífero está constituido por depósitos coluviales de espesor variable que recubren laderas cortas, por su heterogeneidad granulométrica las hacen buenos receptores de agua meteórica pero su descarga dura poco tiempo, por lo que se clasifica de productividad pobre.

**Acuífero poroso no consolidado:**

Este acuífero poroso, está constituido por depósitos fluvioglaciares y aluviales que se ubican en fondos de valles y vertientes de montañas bajas. Son sedimentos transportados y redepositados en forma caótica de fragmentos angulosos de rocas cuarcíticas, basaltos, envueltos en matriz arcillo limo arenoso: por su carácter de almacenamiento se le ha clasificado en pobre su productividad.

**- Acuitardo**

Capacidad de drenaje baja, transmiten agua en recarga vertical en grandes superficies.

**- Acuifugo**

No almacenan ni transmiten; prácticamente impermeables.

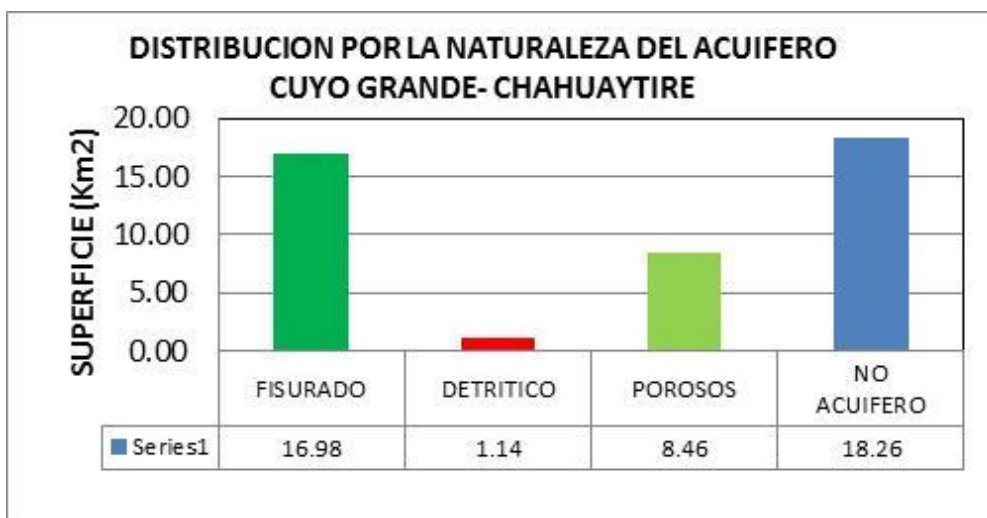
**Acuifugo poroso semiconsolidado:**

Este acuífero está constituido por depósitos Morrénico que se ubican en las partes altas de la microcuenca donde forman planicies acolinadas en donde existen acumulaciones de humedales, tiene un nivel de productividad mediocre.

Este acuífero está constituido por depósitos Lacustres y algunas unidades de la formación Paucartambo en especial la unidad superior conformada por filitas y pizarras, asignándole un nivel productivo mediocre.

Por la naturaleza del acuífero, estos se distribuyen en el ámbito de la microcuenca en:

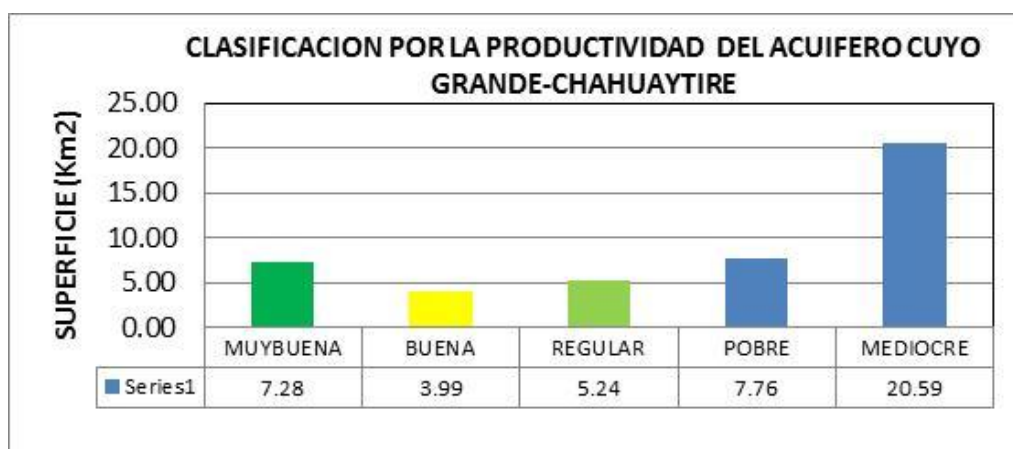
**Grafica N° 6: Distribución espacial por la Naturaleza de Acuífero**



Fuente: Estudio de Pequeñas cosechas de agua con nivel familiar en microcuencas en la cuenca del Vilcanota, I.M.A. (2010).

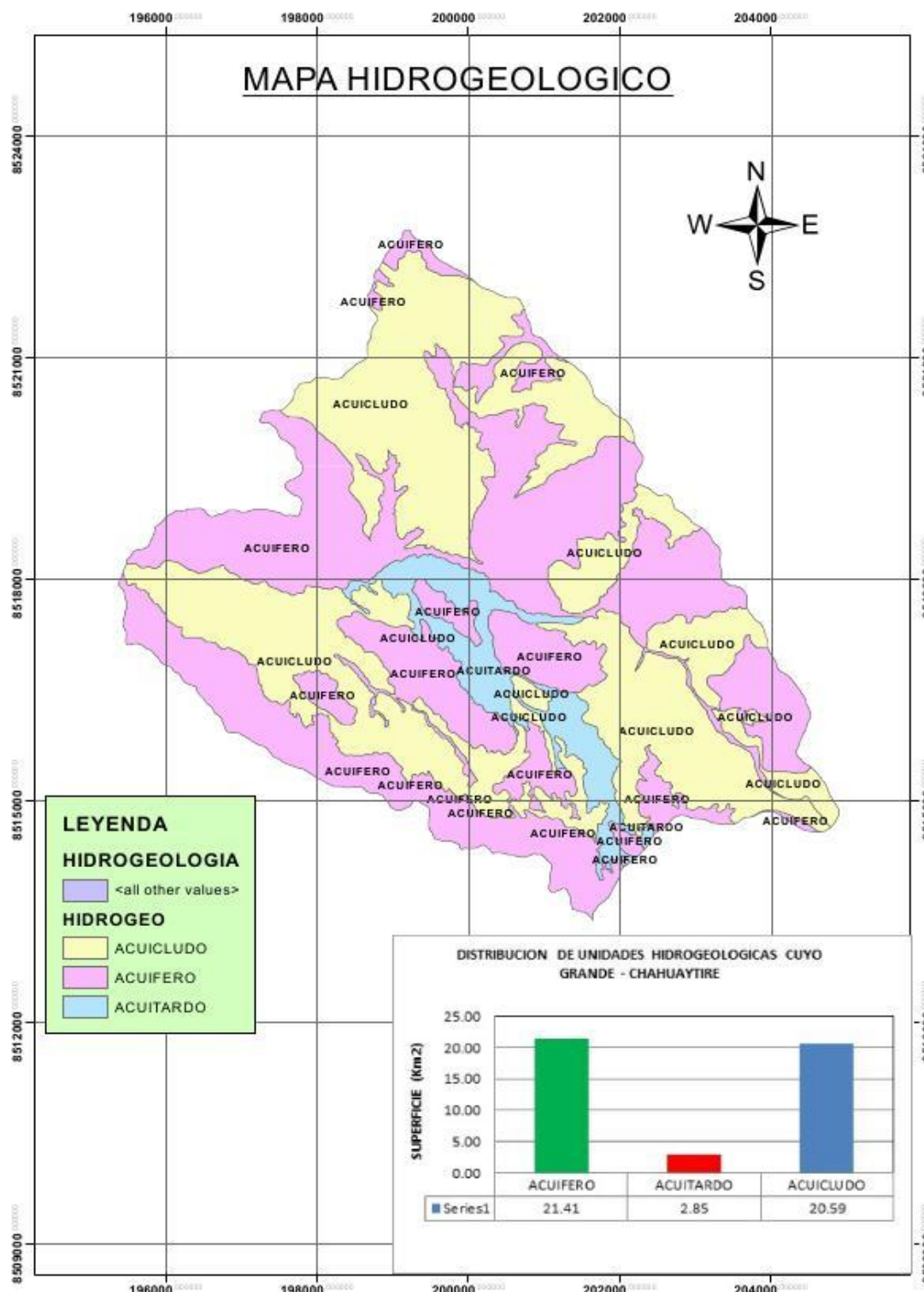
Por el grado de productividad, los acuíferos se han clasificado en:

**Grafica N° 7: Distribución espacial por el grado de productividad del Acuífero**



Fuente: Estudio de Pequeñas cosechas de agua con nivel familiar en microcuencas en la cuenca del Vilcanota, I.M.A. (2010).

Figura N° 19: Mapa Hidrogeológico



Fuente: Estudio de Pequeñas cosechas de agua con nivel familiar en microcuencas en la cuenca del Vilcanota, I.M.A. (2010).



### 4.1.3. VEGETACION

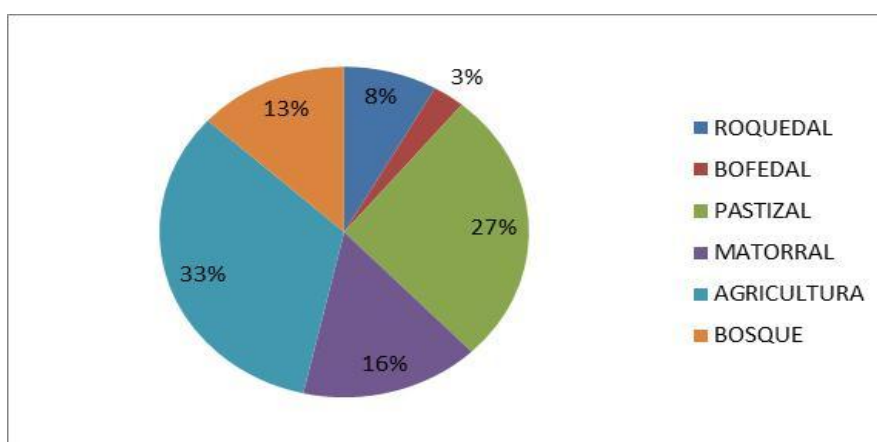
La cobertura vegetal está en función de la altitud y el clima, la parte alta con predominancia del pajonal, y césped de puna, la parte media con matorral disperso y áreas forestadas con eucalipto, pino, especies arbustivas en muchos casos utilizados como cercos de parcelas agrícolas y finalmente la parte baja o piso de valle donde se encuentran las tierras agrícolas con mayor calidad agrologica, con especies forestales predominantes como el eucalipto, pinoy especies arbustivas, en plantaciones agroforestales tradicionales.

**Cuadro N° 7: Cobertura Vegetal**

|             |          |        |
|-------------|----------|--------|
| Roquedal    | 3.68     | 8.20%  |
| Bofedal     | 1.25     | 2.80%  |
| Pastizal    | 12.06    | 26.88% |
| Matorral    | 7.03     | 15.68% |
| Agricultura | 14.90    | 33.23% |
| bosque      | 5.93     | 13.21% |
|             | 44.85km2 | 100%   |

Fuente: Estudio de Pequeñas cosechas de agua con nivel familiar en microcuencas en la cuenca del Vilcanota, I.M.A. (2010).

**Gráfico N° 8: Vegetación**



Fuente: Elaboración propia

La agricultura está representados por: terrenos de cultivo en seco, laymes y cultivos permanentes.

Los matorrales están representados por vegetación arbustiva de tamaño corto (hasta 1.5 m), como la Chilca, Pizpita, Roque, Tasta, etc.

Los pastizales representan áreas de vegetación de las gramíneas, calamagrostivicunaris, etc.

Los bosques están representados por una vegetación de eucaliptos y pinos.

Los afloramientos rocosos constituidos en su mayoría por macizos de roca del grupo Mitu.

## **4.2 CALCULO DEL ANÁLISIS HIDROLÓGICO**

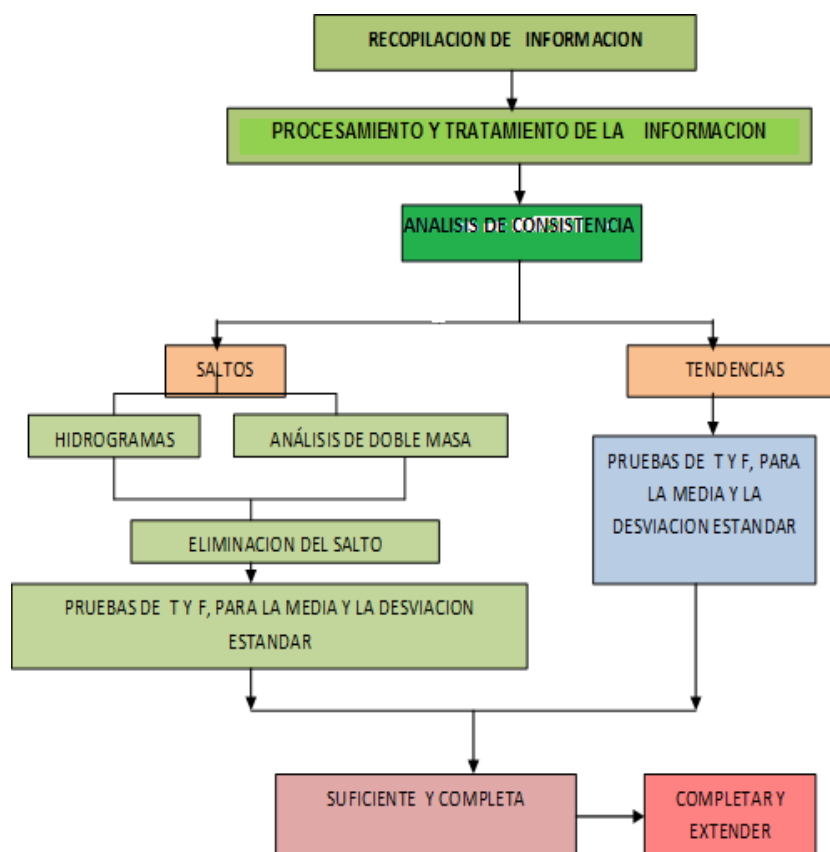
### **4.2.1. CÁLCULO DE LA OFERTA DEL RECURSO HÍDRICO**

Para empezar con la valoración económica del recurso hídrico de la microcuenca, lo primero que se revisó, es, si los registros históricos presentan datos confiables o no; tienen disponibilidad de datos suficientes (en calidad y cantidad) y si están completos o no.

Siguiendo las procedimientos para estudios hidrológicos la información original fue procesada en base a ajustes de orden estadístico, para ser corregidos a una condición homogénea (pruebas de “T” o Student y de “F” o Fischer), incluyendo la corrección de los posibles errores sistemáticos, la completación y extensión de los mismos (regresión lineal) y la validación correspondiente por el método de Smirnov - Kolmogorov.

A continuación se presenta de manera esquemática, los pasos seguidos en el proceso de tratamiento de registros meteorológicos:

**Figura N° 20: Proceso para el tratamiento de datos meteorológicos**



## A.1 ANALISIS DE CONSISTENCIA

Cuando no se identifica, ni se ajustan a las condiciones reales la inconsistencia y la no-homogeneidad en la muestra histórica, puede introducir errores significativos en los análisis que se realicen obteniendo resultados altamente sesgados.

### a. ANALISIS DE SALTO

El procedimiento de análisis se realiza en tres fases:

- Identificación de salto.
- Evaluación y cuantificación de salto.
- Corrección y/o eliminación de salto.

#### **a.1 IDENTIFICACIÓN DE SALTO.**

Esta identificación se realiza mediante la combinación de tres criterios:

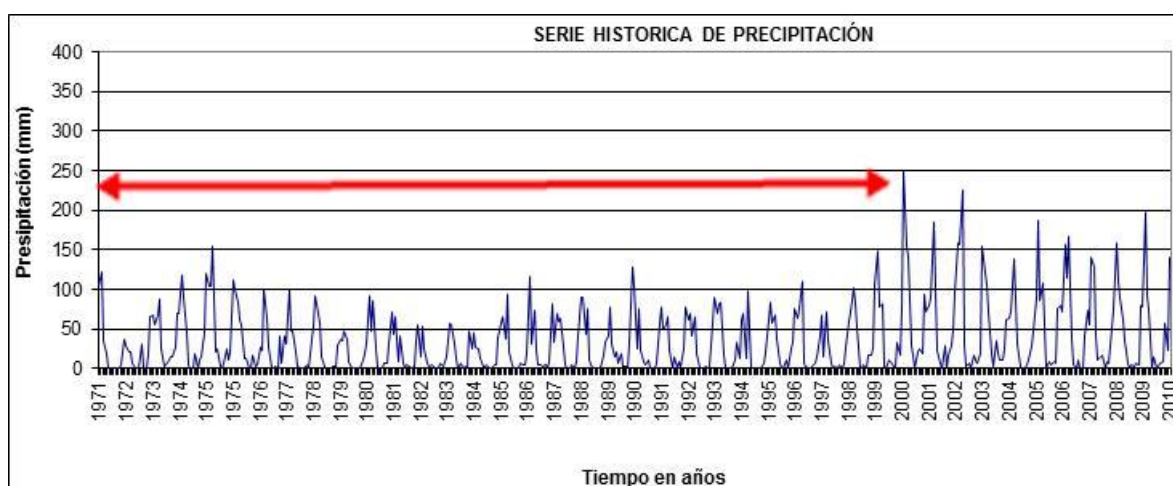
- Análisis de información de campo
- Análisis de las series hidrológicas (hidrogramas)

- Análisis de doble masa.

De la apreciación visual de estos gráficos, se deduce si la información es aceptable, dudosa o de poco valor para el estudio; considerándose de poco valor aquellas que presenten valores constantes en periodos en los que, físicamente, no es posible. Permitiendo con ello hacer una separación de los períodos de información dudosa para su posterior análisis de doble masa y pruebas estadísticas.

Para tal caso se ha tomado como ejemplo la estación de Caycay, cuyo histograma se aprecia en el siguiente gráfico.

**Gráfico N° 9: Histograma de Precipitación de la Estación de Caycay.**



Fuente: Elaboración Propia

## a.2 EVALUACIÓN Y CUANTIFICACIÓN.

La evaluación y cuantificación de los errores detectados en la forma de saltos, se realiza mediante un análisis estadístico mediante las pruebas T y F, para la media y la variancia respectivamente, comprobando si sus valores están dentro de los niveles de significación, según la hipótesis planteadas.

### a.2.1 Consistencia en la Media – Estación Caycay(T).

Mediante la prueba estadística T de Student se analiza si los valores promedio son estadísticamente iguales, vale decir, probar que ambos valores provienen de la misma población de la forma que a continuación se describe.

$$\bar{X}_1 = \frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^n (x_i)$$

$$\bar{X}_2 = \frac{1}{n_2} \sum_{i=1}^n (x_i)$$

$$S_1 = \left[ \frac{1}{n_1 - 1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X}_1)^2 \right]^{0.5}$$

$$S_2 = \left[ \frac{1}{n_2 - 1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X}_2)^2 \right]^{0.5}$$

**S<sub>a</sub>** = 50.94

**S<sub>p</sub>** = 134.53

Donde:

- $x_i$  = información en análisis.
- $X_1, X_2$  = medias del periodo 1 y 2.
- $S_1, S_2$  = desviación estándar del periodo 1 y 2.
- $n_1, n_2$  = tamaño del periodo 1 y 2 ( $n_1 + n_2 = n$ ).

**Cuadro N°8: Selección de Periodos a comparar por la media**

|                 |           | Nro. Datos | Media  | Desv. est. | Varianza |
|-----------------|-----------|------------|--------|------------|----------|
| Primer periodo  | 1971-2001 | 31         | 357.85 | 143.24     | 20517.98 |
| Segundo periodo | 2002-2010 | 9          | 620.57 | 94.98      | 9021.94  |

Fuente: Elaboración Propia

**1- Prueba de la media:**

Para su determinación se procede de la siguiente forma:

a.- Establecer la hipótesis y las alternativas posibles así como el nivel de significación:

$$H_p: u_1 = u_2 \text{ (media poblacional).}$$

$$H_a: u_1 <> u_2.$$

$$\alpha = 0.05.$$

b.- Cálculo de la desviación estándar de la diferencia de los promedios según: Caso de variaciones iguales.

$$S_d = S_p \left( \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)^{0.5}$$

$$S_p = \left[ \frac{(n_1 - 1) * S_1^2 + (n_2 - 1) * S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \right]^{0.5}$$

Donde:

S<sub>d</sub> : desviación estándar del promedios.

S<sub>p</sub> : desviación estándar ponderada.

c.- Selección de la prueba.- para probar si las dos medias muestrales provienen de la misma población, se realiza la prueba de hipótesis de 2 medias, presentándose dos casos:

Cuando se tiene homogeneidad de variancias, entonces se aplica la prueba estadística T.

Cuando se tiene variancias heterogéneas (desiguales) entonces se utiliza la prueba T' que es la media ponderada de los valores críticos de T.

Del análisis realizado en el presente estudio la información presenta variancias homogéneas por lo que las expresiones anteriormente señaladas han sido utilizadas.

d.-Cálculo del valor estadístico T según:

$$T_c = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{S_d}$$

Donde:

- $\mu_1 = \mu_2$  (por hipótesis).
- $T_c$  = es el valor del T calculado. Luego calcula el valor de  $T_t$  de tablas con:
- $\alpha = 0.05$ .
- $G.L = (n_1 + n_2 - 2)$

Donde:

G.L = grados de libertad.

|                             |
|-----------------------------|
| <b>G.L.</b> = $(31+9-2)=38$ |
|-----------------------------|

$T_t$  = T tabulado.

Criterios de decisión:

$$|T_c| \leq T_t(95\%) \Rightarrow \bar{X}_1 = \bar{X}_2 \text{ (estadísticamente)}$$

$$\text{Si } |T_c| > T_t(95\%) \Rightarrow \bar{X}_1 \neq \bar{X}_2 \text{ (estadísticamente)}$$

Prueba de bondad al 95 % método de Student o prueba de “T”

| GL    | Sd    | Sp     | Tc   | Tt    | Significancia    |
|-------|-------|--------|------|-------|------------------|
| 38,00 | 50.94 | 134.53 | 5.16 | 1.687 | Se rechaza $H_0$ |

**a.2.2 Consistencia en la Desviación Estándar – Estación Caycay (F).**

El análisis de consistencia en la desviación estándar se realiza mediante la prueba F según:

**a.-** Cálculo de las variancias de ambos periodos que serán:

$$S_1^2 = \left[ \frac{1}{n_1 - 1} \right] \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X}_1)^2$$

$$S_2^2 = \left[ \frac{1}{n_2 - 1} \right] \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X}_2)^2$$

**b.-** cálculo del estadístico F:

**1.-** Establecer la hipótesis y las alternativas posibles así como el nivel de significación:

Hp:  $(u1)^2 = (u2)^2$  (variancias poblacionales).

Ha:  $(u1)^2 \neq (u2)^2$

$\alpha = 0.05$ .

2.- cálculo de Fc.

$$F_c = \frac{S_1^2}{S_2^2}, \text{ si } \dots S_1^2 > S_2^2 \quad F_c = \frac{S_2^2}{S_1^2}, \text{ si } \dots S_2^2 > S_1^2$$

3.- Hallar el valor de Ft en tablas con:

$\alpha = 0.05$ .

G.L.N =  $n1 - 1$ .

G.L.D =  $n2 - 1$ .

|   |             |
|---|-------------|
| Grado de libertad del numerador G.L.N =   | 31 - 1 = 30 |
| Grado de libertad del denominador G.L.D = | 9 - 1 = 8   |

Donde:

Fc = valor del estadístico F calculado.

Ft = valor de F tabular o teórico (tabla F).

G.L.N = Grados de libertad del numerador.

G.L.D = Grados de libertad del denominador.

$\alpha$  = nivel de significación.

4.- criterios de decisión:

$$\text{Sí } |F_c| \leq F_t(95\%) \Rightarrow S_1 = S_2 \text{ (estadísticamente)}$$

$$|F_c| > F_t(95\%) \Rightarrow S_1 \neq S_2 \text{ (estadísticamente)}$$

Prueba de bondad al 95 % método de Fisher o prueba de “F”

| GL | Fc   | Ft   | Significancia |
|----|------|------|---------------|
| 30 | 2.27 | 3.08 | SE ACEPTA Ho  |



Como los parámetros en la media y desviación estándar resultan estadísticamente diferentes (Significativos), la información se corregirá por no ser consistente al 95% de probabilidad, aun cuando en el gráfico de doble masa no se aprecian pequeños quiebres.

Utilizando para las correcciones las siguientes relaciones matemáticas:

Cuando el periodo a corregir corresponda al primero se utilizara la ecuación:

$$X't = \left[ \frac{x - \bar{X}_1}{S_1} \right] * S_2 + \bar{X}_2$$

Donde:

X = valor corregido de la información.

x = valor a ser corregido.

Cuando el periodo a corregir corresponda al segundo se utilizara la ecuación:

$$X't = \left[ \frac{x - \bar{X}_2}{S_2} \right] * S_1 - \bar{X}_1$$

Siendo la primera ecuación a ser utilizada, con la que se deriva la ecuación de corrección siguiente:

$$Enero = X't * Xi / \sum_{i=1971}^n (\text{año}1971)$$

**Cuadro N° 9: Datos meteorológicos del primer periodo corregido.**

| Año  | $x'_t$ | Ene    | Feb    | Mar    | Abr    | May   | Jun   | Jul   | Ago   | Sep   | Oct    | Nov    | Dic    | Total  |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| 1971 | 596.66 | 191.53 | 228.99 | 66.38  | 33.75  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00   | 7.42   | 68.60  | 596.66 |
| 1972 | 513.24 | 74.89  | 57.87  | 56.30  | 19.90  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 81.70 | 0.00  | 0.00   | 51.59  | 170.99 | 513.24 |
| 1973 | 684.46 | 102.77 | 84.54  | 103.53 | 131.71 | 39.33 | 3.92  | 8.89  | 17.03 | 21.85 | 23.51  | 41.89  | 105.49 | 684.46 |
| 1974 | 661.05 | 110.46 | 186.84 | 142.97 | 70.85  | 7.26  | 0.00  | 0.00  | 31.40 | 0.00  | 15.94  | 22.57  | 72.75  | 661.05 |
| 1975 | 784.78 | 156.44 | 135.31 | 201.02 | 26.83  | 32.40 | 3.63  | 0.00  | 8.17  | 32.27 | 15.42  | 27.22  | 146.07 | 784.78 |
| 1976 | 635.12 | 168.56 | 138.96 | 104.85 | 93.31  | 22.58 | 20.57 | 0.00  | 0.00  | 28.93 | 3.34   | 8.03   | 45.99  | 635.12 |
| 1977 | 608.26 | 43.38  | 180.35 | 112.76 | 49.84  | 0.00  | 0.00  | 4.30  | 0.00  | 74.04 | 14.16  | 75.11  | 54.32  | 608.26 |
| 1978 | 591.95 | 187.72 | 90.29  | 90.66  | 39.69  | 4.14  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 10.53 | 0.00   | 69.60  | 99.32  | 591.95 |
| 1979 | 588.50 | 174.36 | 133.67 | 111.24 | 26.81  | 4.37  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 3.80  | 5.32   | 56.28  | 72.64  | 588.50 |
| 1980 | 508.93 | 94.00  | 126.49 | 98.83  | 23.63  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 30.35  | 51.83  | 83.79  | 508.93 |
| 1981 | 655.15 | 147.33 | 74.46  | 137.10 | 40.43  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 12.30 | 12.14 | 48.74  | 113.93 | 68.71  | 655.15 |
| 1982 | 539.65 | 151.49 | 19.91  | 93.59  | 13.73  | 0.00  | 9.61  | 6.94  | 0.00  | 4.58  | 78.72  | 126.09 | 35.01  | 539.65 |
| 1983 | 468.41 | 194.81 | 89.74  | 21.89  | 8.76   | 19.34 | 10.94 | 0.00  | 0.00  | 24.80 | 8.39   | 32.83  | 56.91  | 468.41 |
| 1984 | 573.39 | 116.80 | 111.40 | 61.80  | 27.40  | 0.00  | 14.00 | 0.00  | 5.60  | 0.00  | 94.80  | 50.20  | 91.40  | 573.39 |
| 1985 | 505.62 | 75.64  | 68.24  | 35.63  | 9.32   | 9.04  | 15.62 | 0.00  | 0.00  | 11.51 | 13.98  | 108.25 | 158.40 | 505.62 |
| 1986 | 556.61 | 138.20 | 81.55  | 199.95 | 45.99  | 10.43 | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 14.47 | 12.35  | 11.50  | 42.16  | 556.61 |
| 1987 | 638.17 | 193.91 | 50.64  | 121.48 | 37.65  | 8.15  | 6.88  | 5.03  | 8.90  | 0.00  | 14.44  | 135.47 | 55.62  | 638.17 |
| 1988 | 631.32 | 118.65 | 101.09 | 108.35 | 46.92  | 9.28  | 0.00  | 0.00  | 9.05  | 0.00  | 14.35  | 70.23  | 153.41 | 631.32 |
| 1989 | 591.69 | 170.18 | 83.59  | 143.07 | 20.71  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 33.51  | 61.37  | 79.26  | 591.69 |
| 1990 | 676.50 | 120.55 | 46.81  | 21.88  | 33.20  | 11.93 | 29.37 | 3.37  | 3.37  | 0.00  | 50.48  | 196.89 | 158.65 | 676.50 |
| 1991 | 578.37 | 50.72  | 149.64 | 47.57  | 19.66  | 11.40 | 21.43 | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 13.17  | 112.05 | 152.74 | 578.37 |
| 1992 | 637.09 | 81.72  | 91.38  | 108.52 | 37.74  | 0.00  | 24.13 | 0.00  | 16.64 | 3.83  | 40.94  | 128.66 | 103.53 | 637.09 |
| 1993 | 613.04 | 122.78 | 71.65  | 115.35 | 32.91  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 3.54  | 0.00  | 3.89   | 102.44 | 160.47 | 613.04 |
| 1994 | 632.60 | 118.78 | 138.47 | 142.34 | 30.28  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 20.19 | 55.86  | 22.88  | 103.81 | 632.60 |
| 1995 | 562.58 | 147.30 | 26.42  | 203.68 | 0.00   | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 12.90  | 44.94  | 127.33 | 562.58 |
| 1996 | 648.18 | 134.67 | 93.94  | 109.19 | 62.30  | 10.06 | 0.00  | 0.00  | 18.98 | 0.00  | 41.86  | 54.84  | 122.34 | 648.18 |
| 1997 | 644.21 | 103.63 | 122.62 | 180.41 | 12.28  | 4.91  | 0.00  | 0.00  | 5.73  | 11.13 | 24.56  | 68.12  | 110.82 | 644.21 |
| 1998 | 535.32 | 34.09  | 169.49 | 82.64  | 16.58  | 0.00  | 5.14  | 0.00  | 10.51 | 0.00  | 15.17  | 62.80  | 138.91 | 535.32 |
| 1999 | 701.76 | 105.64 | 149.47 | 120.83 | 76.42  | 1.17  | 0.00  | 7.16  | 0.00  | 25.72 | 23.67  | 35.94  | 155.75 | 701.76 |
| 2000 | 693.41 | 221.50 | 114.16 | 121.42 | 4.30   | 2.67  | 17.20 | 13.34 | 4.60  | 5.49  | 48.33  | 26.24  | 114.16 | 693.41 |
| 2001 | 981.53 | 272.85 | 168.63 | 152.74 | 32.20  | 19.26 | 0.00  | 22.41 | 26.55 | 20.67 | 101.72 | 77.46  | 87.03  | 981.53 |

Fuente: Elaboración Propia

**a.3 PRUEBAS DE BONDAD AL 95% DE CONFIANZA.**

Para determinar la bondad de la información corregida se efectúa nuevamente un análisis de saltos en la media y desviación estándar entre el periodo confiable y el periodo con la información corregida aplicando las pruebas T y F.

**Cuadro N° 10: Comprobación de Pruebas de Bondad al 95 % confianza**

|                        |           | Nro. Datos | Media  | Desviación est. | Varianza |
|------------------------|-----------|------------|--------|-----------------|----------|
| <b>Primer periodo</b>  | 1965-1986 | 31         | 620.57 | 94.98           | 9021.94  |
| <b>Segundo periodo</b> | 1987-1998 | 9          | 620.57 | 94.98           | 9021.94  |

Fuente: Elaboración Propia

**a.3.1 Consistencia en la Media - Estación Caycay (T).**

Siguiendo el mismo procedimiento anterior observamos que los dos periodos analizados son estadísticamente iguales al 95% de consistencia por lo que se acepta la hipótesis planteada para la media.

**Prueba de bondad al 95 % método de Student o prueba de “T”**

| GL    | Sd    | Sp    | Tc   | Tt    | Significancia |
|-------|-------|-------|------|-------|---------------|
| 38.00 | 35.96 | 94.98 | 0.00 | 1.694 | SE ACEPTA Ho  |

**a.3.2 Consistencia en la Desviación Estándar -Estación Caycay (F).**

Siguiendo el mismo procedimiento anterior para la desviación estándar, observamos que los dos periodos analizados son estadísticamente iguales al 95% de consistencia por lo que se acepta la hipótesis planteada.

**Prueba de bondad al 95 % método de Fisher o prueba de “F”**

| GL | Fc   | Ft   | Significancia |
|----|------|------|---------------|
| 30 | 1.00 | 3.08 | SE ACEPTA Ho  |

**Cuadro N° 11: Precipitación de datos pluviométricos corregidos**

| AÑOS | ENE    | FEB    | MAR    | ABR    | MAY   | JUN   | JUL   | AGO   | SEP   | OCT    | NOV    | DIC    | TOTAL  |
|------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| 1971 | 191.53 | 228.99 | 66.38  | 33.75  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00   | 7.42   | 68.60  | 596.66 |
| 1972 | 74.89  | 57.87  | 56.30  | 19.90  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 81.70 | 0.00  | 0.00   | 51.59  | 170.99 | 513.24 |
| 1973 | 102.77 | 84.54  | 103.53 | 131.71 | 39.33 | 3.92  | 8.89  | 17.03 | 21.85 | 23.51  | 41.89  | 105.49 | 684.46 |
| 1974 | 110.46 | 186.84 | 142.97 | 70.85  | 7.26  | 0.00  | 0.00  | 31.40 | 0.00  | 15.94  | 22.57  | 72.75  | 661.05 |
| 1975 | 156.44 | 135.31 | 201.02 | 26.83  | 32.40 | 3.63  | 0.00  | 8.17  | 32.27 | 15.42  | 27.22  | 146.07 | 784.78 |
| 1976 | 168.56 | 138.96 | 104.85 | 93.31  | 22.58 | 20.57 | 0.00  | 0.00  | 28.93 | 3.34   | 8.03   | 45.99  | 635.12 |
| 1977 | 43.38  | 180.35 | 112.76 | 49.84  | 0.00  | 0.00  | 4.30  | 0.00  | 74.04 | 14.16  | 75.11  | 54.32  | 608.26 |
| 1978 | 187.72 | 90.29  | 90.66  | 39.69  | 4.14  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 10.53 | 0.00   | 69.60  | 99.32  | 591.95 |
| 1979 | 174.36 | 133.67 | 111.24 | 26.81  | 4.37  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 3.80  | 5.32   | 56.28  | 72.64  | 588.50 |
| 1980 | 94.00  | 126.49 | 98.83  | 23.63  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 30.35  | 51.83  | 83.79  | 508.93 |
| 1981 | 147.33 | 74.46  | 137.10 | 40.43  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 12.30 | 12.14 | 48.74  | 113.93 | 68.71  | 655.15 |
| 1982 | 151.49 | 19.91  | 93.59  | 13.73  | 0.00  | 9.61  | 6.94  | 0.00  | 4.58  | 78.72  | 126.09 | 35.01  | 539.65 |
| 1983 | 194.81 | 89.74  | 21.89  | 8.76   | 19.34 | 10.94 | 0.00  | 0.00  | 24.80 | 8.39   | 32.83  | 56.91  | 468.41 |
| 1984 | 116.80 | 111.40 | 61.80  | 27.40  | 0.00  | 14.00 | 0.00  | 5.60  | 0.00  | 94.80  | 50.20  | 91.40  | 573.39 |
| 1985 | 75.64  | 68.24  | 35.63  | 9.32   | 9.04  | 15.62 | 0.00  | 0.00  | 11.51 | 13.98  | 108.25 | 158.40 | 505.62 |
| 1986 | 138.20 | 81.55  | 199.95 | 45.99  | 10.43 | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 14.47 | 12.35  | 11.50  | 42.16  | 556.61 |
| 1987 | 193.91 | 50.64  | 121.48 | 37.65  | 8.15  | 6.88  | 5.03  | 8.90  | 0.00  | 14.44  | 135.47 | 55.62  | 638.17 |
| 1988 | 118.65 | 101.09 | 108.35 | 46.92  | 9.28  | 0.00  | 0.00  | 9.05  | 0.00  | 14.35  | 70.23  | 153.41 | 631.32 |
| 1989 | 170.18 | 83.59  | 143.07 | 20.71  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 33.51  | 61.37  | 79.26  | 591.69 |
| 1990 | 120.55 | 46.81  | 21.88  | 33.20  | 11.93 | 29.37 | 3.37  | 3.37  | 0.00  | 50.48  | 196.89 | 158.65 | 676.50 |
| 1991 | 50.72  | 149.64 | 47.57  | 19.66  | 11.40 | 21.43 | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 13.17  | 112.05 | 152.74 | 578.37 |
| 1992 | 81.72  | 91.38  | 108.52 | 37.74  | 0.00  | 24.13 | 0.00  | 16.64 | 3.83  | 40.94  | 128.66 | 103.53 | 637.09 |
| 1993 | 122.78 | 71.65  | 115.35 | 32.91  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 3.54  | 0.00  | 3.89   | 102.44 | 160.47 | 613.04 |
| 1994 | 118.78 | 138.47 | 142.34 | 30.28  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 20.19 | 55.86  | 22.88  | 103.81 | 632.60 |
| 1995 | 147.30 | 26.42  | 203.68 | 0.00   | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 12.90  | 44.94  | 127.33 | 562.58 |
| 1996 | 134.67 | 93.94  | 109.19 | 62.30  | 10.06 | 0.00  | 0.00  | 18.98 | 0.00  | 41.86  | 54.84  | 122.34 | 648.18 |
| 1997 | 103.63 | 122.62 | 180.41 | 12.28  | 4.91  | 0.00  | 0.00  | 5.73  | 11.13 | 24.56  | 68.12  | 110.82 | 644.21 |
| 1998 | 34.09  | 169.49 | 82.64  | 16.58  | 0.00  | 5.14  | 0.00  | 10.51 | 0.00  | 15.17  | 62.80  | 138.91 | 535.32 |
| 1999 | 105.64 | 149.47 | 120.83 | 76.42  | 1.17  | 0.00  | 7.16  | 0.00  | 25.72 | 23.67  | 35.94  | 155.75 | 701.76 |
| 2000 | 221.50 | 114.16 | 121.42 | 4.30   | 2.67  | 17.20 | 13.34 | 4.60  | 5.49  | 48.33  | 26.24  | 114.16 | 693.41 |
| 2001 | 272.85 | 168.63 | 152.74 | 32.20  | 19.26 | 0.00  | 22.41 | 26.55 | 20.67 | 101.72 | 77.46  | 87.03  | 981.53 |
| 2002 | 91.10  | 186.00 | 98.40  | 22.70  | 6.00  | 0.00  | 29.00 | 0.00  | 16.30 | 29.80  | 48.70  | 95.80  | 623.80 |
| 2003 | 159.00 | 157.20 | 225.00 | 28.60  | 2.50  | 6.20  | 0.00  | 17.30 | 10.40 | 7.00   | 19.50  | 155.70 | 788.40 |
| 2004 | 120.90 | 106.90 | 72.20  | 18.70  | 2.80  | 34.80 | 19.60 | 11.40 | 10.40 | 26.00  | 62.00  | 63.20  | 548.90 |
| 2005 | 72.60  | 139.60 | 85.20  | 30.80  | 3.80  | 0.00  | 0.00  | 5.90  | 10.60 | 28.90  | 46.60  | 90.00  | 514.00 |
| 2006 | 186.90 | 86.00  | 107.80 | 52.70  | 0.00  | 8.50  | 4.30  | 8.20  | 7.20  | 76.90  | 80.80  | 71.90  | 691.20 |
| 2007 | 156.20 | 114.50 | 167.10 | 37.00  | 4.50  | 0.00  | 10.80 | 1.40  | 0.00  | 40.70  | 74.20  | 54.70  | 661.10 |
| 2008 | 141.70 | 128.80 | 41.50  | 10.70  | 14.70 | 16.20 | 0.00  | 9.20  | 7.20  | 52.30  | 75.60  | 159.60 | 657.50 |
| 2009 | 109.50 | 89.30  | 62.60  | 35.50  | 6.50  | 0.00  | 4.50  | 2.00  | 6.70  | 5.70   | 80.50  | 78.10  | 480.90 |
| 2010 | 197.70 | 92.60  | 73.10  | 1.30   | 14.90 | 0.00  | 2.00  | 7.80  | 8.70  | 56.70  | 24.00  | 140.50 | 619.30 |

Fuente: Elaboración Propia

**b. ANALISIS DE TENDENCIAS**

Se define como tendencia al cambio sistemático y continuo sobre una muestra.

El procedimiento de análisis se realizó tanto para la media y la desviación estándar si la información es mensual.

1.- Previamente se ha analizado y corregido los saltos existentes para luego analizar las tendencias.

2.- Se analiza en los dos primeros parámetros de una serie en la media y la desviación estándar.

**b.1 EVALUACIÓN Y CUANTIFICACIÓN.**

**b.1.1 Tendencia en la media.**

1. - Puede ser expresada por la ecuación de regresión lineal simple:

$$T_m = A_m + B_m * t$$

Donde:

T<sub>m</sub>= Tendencia en la media.

A<sub>m</sub>,B<sub>m</sub>= Coeficientes de los polinomios de la R.L.S.

t = Es el tiempo tomado como la variable independiente y su valor se determina por:

$$t = (p - 1) * w + \tau$$

p = 1,2,3,...,n; número de años del registro.

μ = 1,2,3....., μ es igual a la variación de los periodos de análisis con w igual al periodo básico (w = 12) por ser mensual.

**Cuadro N° 12: Valores de t, y; para la ecuación de regresión lineal en la media y desviación estándar.**

|        | t      | y      | y*t      |
|--------|--------|--------|----------|
| Media  | 240.50 | 51.714 | 12543.14 |
| Desvst | 20.50  | 58.38  | 1195.55  |

Para 480 meses de análisis

Fuente: Elaboración Propia

**Cuadro N° 13: Variables para la corrección por Tendencias.**

|  |               |           |
|--|---------------|-----------|
| Numero de meses de registro                    | <b>n</b>      | 480       |
| Media de los datos                             | <b>.y</b>     | 51.714    |
| Desviación estándar de los datos               | <b>Sy</b>     | 57.276    |
| Media del tiempo en orden cronológico          | <b>.t</b>     | 240.500   |
| Desviación del tiempo en orden cronológico     | <b>St</b>     | 138.708   |
| Promedio del producto de los datos y el tiempo | <b>.y * t</b> | 12.543.14 |
| Coefficiente de correlación                    | <b>.r</b>     | 0.013     |

Fuente: Elaboración Propia

2. - Estimación de los parámetros de la ecuación:

$$A_m = \bar{T}_m - B_m * \bar{t}$$

$$B_m = \frac{(R * S_{T_m})}{S_t}$$

$$R = \frac{\bar{t} * \bar{T}_m - \bar{t} * \bar{T}_m}{S_t * S_{T_m}}$$

Donde:

Tm = media de la tendencia.

t = media del tiempo cronológico t.

STm= desviación estándar de la tendencia en la media.

St = desviación estándar del tiempo t.

R = coeficiente de correlación lineal simple entre la tendencia en la media y el tiempo en consideración.

t.Tm = promedio del producto de la tendencia por el tiempo, su valor será:

$$\bar{t.T_m} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (T_m)_i * t_i$$

3. - Para realizar la evaluación de los datos se utiliza el estadístico T de Student desarrollando los siguientes pasos:

**a.- Hipótesis:**

Hp :  $\mu = 0$  (coeficiente de correlación poblacional)

Ha :  $\mu \neq 0, \mu = 0.05$

**b.- Cálculo del estadístico Tc según:**

$$T_c = \frac{R * (n - 2)^{0.5}}{(1 - R^2)^{0.5}}$$

Donde:

Tc = estadístico T calculado.

n = número total de información.

R = coeficiente de correlación muestral.

**c.- Se determinan los valores teóricos T según tablas (ya descrita):**

$$\mu = 0.05$$

G.L = n - 2 (grados de libertad).

**d.- Criterios de decisión. Se sintetizan en la forma siguiente:**

$$\begin{aligned} \text{Sí } |T_c| \leq T_t(95\%) &\Rightarrow \bar{X}_1 = \bar{X}_2 \text{ (estadísticamente)} \\ |T_c| > T_t(95\%) &\Rightarrow \bar{X}_1 \neq \bar{X}_2 \text{ (estadísticamente)} \end{aligned}$$

**Prueba de bondad al 95 % método de Student o prueba de “T”**

| Gl  | Tc   | Tt    | Significancia   |
|-----|------|-------|-----------------|
| 478 | 0.33 | 1.645 | se acepta la Ho |

Si se cumple la primera condición entonces la información no se corrige, caso contrario será necesario realizar la corrección de la tendencia según la ecuación:

$$Y_t = X_t - (A_m + B_m * t) + \bar{X}$$

Donde:

X<sub>t</sub> = serie hidro-meteorológica analizada.

Y<sub>t</sub> = es la serie corregida (sin tendencia en la media).

t = 1,2,...,n con n igual al tamaño muestral.

**Coefficientes dimensionales de regresión lineal.**

|       |   |        |   |        |       |
|-------|---|--------|---|--------|-------|
| $T_m$ | = | $A_m$  | + | $B_m$  | * $t$ |
| $T_m$ | = | 50.229 | + | 0.0063 | * $t$ |

**b.1.2 Tendencia en la desviación estándar.**

Una vez corregida la tendencia en la media, se realiza el análisis en la desviación estándar tal como se describe a continuación:

1. - puede ser aproximada con la ecuación.

$$T_s = A_s + B_s * t$$

Esta ecuación es similar a la utilizada en el análisis de la tendencia en la media.

**Cuadro N°14: Variables para la corrección por Tendencias**

|  |        |           |
|--|--------|-----------|
| Numero de mese de registro                     | n      | 40        |
| Media de los datos                             | .y     | 58.38     |
| Desviación estándar de los datos               | Sy     | 10.03     |
| Media del tiempo en orden cronológico          | .t     | 20.50     |
| Desviación del tiempo en orden cronológico     | St     | 11.69     |
| Promedio del producto de los datos y el tiempo | .y * t | 1196.77   |
| Coefficiente de correlación                    | .r     | -0.000255 |

Fuente: Elaboración Propia

**Prueba de bondad al 95 % método de Student o prueba de “T”**

| G1 | Tc  | Tt    | Significancia   |
|----|-----|-------|-----------------|
| 38 | 0.0 | 1.687 | se acepta la Ho |



**Cuadro N° 15: Datos meteorológicos corregidos por Tendencias.**

| Años | Ene    | Feb    | Mar    | Abr    | May   | Jun   | Jul   | Ago   | Sep   | Oct    | Nov    | Dic    | Total  |
|------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| 1971 | 190.95 | 228.29 | 66.18  | 33.64  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00   | 7.39   | 68.39  | 594.84 |
| 1972 | 74.67  | 57.70  | 56.14  | 19.84  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 81.46 | 0.00  | 0.00   | 51.44  | 170.50 | 511.76 |
| 1973 | 102.49 | 84.31  | 103.24 | 131.35 | 39.22 | 3.91  | 8.87  | 16.98 | 21.79 | 23.44  | 41.78  | 105.20 | 682.58 |
| 1974 | 110.18 | 186.36 | 142.60 | 70.67  | 7.24  | 0.00  | 0.00  | 31.32 | 0.00  | 15.90  | 22.51  | 72.56  | 659.34 |
| 1975 | 156.06 | 134.98 | 200.54 | 26.76  | 32.32 | 3.62  | 0.00  | 8.15  | 32.19 | 15.39  | 27.15  | 145.71 | 782.88 |
| 1976 | 168.18 | 138.65 | 104.61 | 93.10  | 22.52 | 20.52 | 0.00  | 0.00  | 28.86 | 3.34   | 8.01   | 45.88  | 633.68 |
| 1977 | 43.29  | 179.96 | 112.52 | 49.73  | 0.00  | 0.00  | 4.29  | 0.00  | 73.88 | 14.13  | 74.96  | 54.20  | 606.98 |
| 1978 | 187.36 | 90.11  | 90.49  | 39.61  | 4.13  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 10.51 | 0.00   | 69.46  | 99.12  | 590.79 |
| 1979 | 174.05 | 133.43 | 111.04 | 26.76  | 4.37  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 3.80  | 5.31   | 56.18  | 72.51  | 587.44 |
| 1980 | 93.84  | 126.29 | 98.67  | 23.59  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 30.30  | 51.75  | 83.65  | 508.09 |
| 1981 | 147.11 | 74.35  | 136.90 | 40.37  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 12.29 | 12.13 | 48.66  | 113.76 | 68.61  | 654.17 |
| 1982 | 151.28 | 19.88  | 93.47  | 13.71  | 0.00  | 9.60  |       | 0.00  | 4.57  | 78.61  | 125.92 | 34.96  | 532.01 |
| 1983 | 194.58 | 89.64  | 21.86  | 8.75   | 19.31 | 10.93 | 0.00  | 0.00  |       | 8.38   | 32.79  | 56.84  | 443.09 |
| 1984 | 116.68 | 111.28 | 61.74  | 27.37  | 0.00  | 13.99 | 0.00  | 5.59  | 0.00  | 94.70  | 50.15  | 91.30  | 572.80 |
| 1985 | 75.57  | 68.18  | 35.60  | 9.31   | 9.04  | 15.61 | 0.00  | 0.00  | 11.50 | 13.96  | 108.16 | 158.26 | 505.18 |
| 1986 | 138.10 | 81.50  | 199.81 | 45.96  | 10.43 | 0.00  | 0.00  | 0.00  |       | 12.34  | 11.49  | 42.13  | 541.75 |
| 1987 | 193.80 | 50.61  |        |        |       |       |       |       | 0.00  | 14.44  | 135.40 | 55.59  | 449.83 |
| 1988 | 118.60 | 101.05 | 108.31 | 46.90  | 9.28  | 0.00  | 0.00  |       | 0.00  | 14.34  |        | 153.35 | 551.83 |
| 1989 |        | 83.57  | 143.04 | 20.70  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 33.50  | 61.36  | 79.24  | 421.41 |
| 1990 | 120.54 | 46.81  | 21.88  | 33.20  | 11.93 | 29.37 | 3.37  | 3.37  | 0.00  | 50.48  | 196.88 | 158.63 | 676.45 |
| 1991 | 50.72  |        | 47.58  | 19.66  | 11.40 | 21.43 | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 13.17  | 112.06 | 152.75 | 428.77 |
| 1992 | 81.74  | 91.40  | 108.54 |        | 0.00  | 24.14 | 0.00  | 16.65 | 3.83  | 40.95  | 128.69 | 103.55 | 599.49 |
| 1993 | 122.83 | 71.68  | 115.40 | 32.92  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 3.54  | 0.00  | 3.89   | 102.48 | 160.53 | 613.28 |
| 1994 | 118.85 | 138.54 | 142.41 | 30.30  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 20.20 | 55.89  | 22.89  | 103.86 | 632.95 |
| 1995 | 147.41 | 26.44  | 203.83 | 0.00   | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 12.91  | 44.97  | 127.42 | 562.97 |
| 1996 | 134.78 | 94.02  | 109.29 | 62.36  | 10.07 | 0.00  | 0.00  | 19.00 | 0.00  | 41.90  | 54.89  | 122.44 | 648.74 |
| 1997 | 103.73 | 122.74 | 180.59 | 12.29  | 4.92  | 0.00  | 0.00  | 5.74  | 11.14 | 24.58  |        |        | 465.74 |
| 1998 | 34.13  | 169.69 | 82.74  | 16.60  | 0.00  | 5.14  | 0.00  | 10.52 | 0.00  | 15.19  | 62.87  | 139.07 | 535.95 |
| 1999 | 105.78 | 149.67 | 120.99 | 76.52  | 1.17  | 0.00  | 7.17  | 0.00  | 25.75 | 23.70  | 35.99  | 155.96 | 702.70 |
| 2000 | 221.83 | 114.33 | 121.61 | 4.31   | 2.67  | 17.22 | 13.36 | 4.60  | 5.49  | 48.40  | 26.28  | 114.33 | 694.44 |
| 2001 | 273.30 | 168.91 | 153.00 | 32.26  | 19.29 | 0.00  | 22.45 | 26.59 | 20.70 | 101.89 | 77.59  | 87.18  | 983.15 |
| 2002 | 91.26  | 186.34 | 98.58  | 22.74  | 6.01  | 0.00  | 29.05 | 0.00  | 16.33 | 29.85  | 48.79  | 95.97  | 624.93 |
| 2003 | 159.31 | 157.51 | 225.44 | 28.66  | 2.50  | 6.21  | 0.00  | 17.33 | 10.42 | 7.01   | 19.54  | 156.01 | 789.95 |
| 2004 | 121.16 | 107.13 | 72.35  | 18.74  | 2.81  | 34.87 | 19.64 | 11.42 | 10.42 | 26.06  | 62.13  | 63.33  | 550.07 |
| 2005 | 72.77  | 139.92 | 85.39  | 30.87  | 3.81  | 0.00  | 0.00  | 5.91  | 10.62 | 28.97  | 46.71  | 90.21  | 515.17 |
| 2006 | 187.36 | 86.21  | 108.06 | 52.83  | 0.00  | 8.52  | 4.31  | 8.22  | 7.22  | 77.09  | 81.00  | 72.08  | 692.89 |
| 2007 | 156.61 | 114.80 | 167.53 | 37.10  | 4.51  | 0.00  | 10.83 | 1.40  | 0.00  | 40.81  | 74.39  | 54.84  | 662.82 |
| 2008 | 142.09 | 129.15 | 41.61  | 10.73  | 14.74 | 16.24 | 0.00  | 9.23  | 7.22  | 52.44  | 75.81  | 160.04 | 659.31 |
| 2009 | 109.82 | 89.56  | 62.78  | 35.60  | 6.52  | 0.00  | 4.51  | 2.01  | 6.72  | 5.72   | 80.73  | 78.33  | 482.30 |
| 2010 | 198.31 | 92.88  | 73.32  | 1.30   | 14.95 | 0.00  | 2.01  | 7.82  | 8.73  | 56.87  | 24.07  | 140.93 | 621.20 |

Fuente: Elaboración Propia

## COMPLETACION Y EXTENSIÓN DE REGISTROS

### COMPLETACION DE DATOS POR R.L.S.

El procedimiento de completación de datos es como se describe a continuación:

- 1.- Selección del modelo matemático de correlación, en nuestro caso es R.L.S.
- 2.- Selección de la estación base en función a la cual se va a realizar la completación.
- 3.- Plotéo de los pares regresibles de los datos completos e incompletos para analizar la relación existente.
- 4.- Estimación del coeficiente de correlación entre X e Y, utilizando la siguiente ecuación:

$$r = \frac{\overline{XY} - \overline{X} \cdot \overline{Y}}{S_x \cdot S_y}$$

- 5.- Prueba de significación del coeficiente de correlación, para lo cual se desarrollan los siguientes pasos:

$$H_p : \rho = 0 \quad ; \quad H_a : \rho \neq 0 \quad ; \quad \alpha = 0.05$$

Cálculo de “T” calculado (Tc) mediante la ecuación:

$$T_c = r \sqrt{\frac{n-2}{1-r^2}}$$

Cálculo de “T” tabular (Tt) de las tablas, y en función a los siguientes criterios:

$$\alpha = 0.05, \quad \text{y} \quad (n-2) \text{ grados de libertad}$$

Criterio de decisión, en el que el valor absoluto de Tc es menor e igual que el valor de Tt, entonces se acepta Hp, en consecuencia no procede a la completación porque r no es significativo; pero si el valor absoluto de Tc es mayor que Tt, entonces r sí es significativo al 95% de probabilidades y sí procede la completación. Si r no es significativo se debe probar con datos de otra estación.

6.- Estimación de los parámetros de la ecuación de regresión. Los parámetros de la ecuación se determinan por:

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

$$b = r \frac{S_y}{S_x}$$

7.- Relleno de los datos faltantes del registro Y, en función de los datos correspondientes del registro X.

Ejemplo      **Enero 1971 = a + b \* X<sub>kayra</sub>**

**Cuadro N° 16: Registro de precipitación mensual (mm) para la estación meteorológica de Caycay. Libre de Saltos, Tendencias, completo y extendido.**

| AÑO             | ENE    | FEB    | MAR    | ABR    | MAY    | JUN    | JUL    | AGO    | SEP    | OCT    | NOV    | DIC    | TOTAL  |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1971            | 190.95 | 228.29 | 66.18  | 33.64  | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 7.39   | 68.39  | 594.84 |
| 1972            | 74.67  | 57.70  | 56.14  | 19.84  | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 81.46  | 0.00   | 0.00   | 51.44  | 170.50 | 511.76 |
| 1973            | 102.49 | 84.31  | 103.24 | 131.35 | 39.22  | 3.91   | 8.87   | 16.98  | 21.79  | 23.44  | 41.78  | 105.20 | 682.58 |
| 1974            | 110.18 | 186.36 | 142.60 | 70.67  | 7.24   | 0.00   | 0.00   | 31.32  | 0.00   | 15.90  | 22.51  | 72.56  | 659.34 |
| 1975            | 156.06 | 134.98 | 200.54 | 26.76  | 32.32  | 3.62   | 0.00   | 8.15   | 32.19  | 15.39  | 27.15  | 145.71 | 782.88 |
| 1976            | 168.18 | 138.65 | 104.61 | 93.10  | 22.52  | 20.52  | 0.00   | 0.00   | 28.86  | 3.34   | 8.01   | 45.88  | 633.68 |
| 1977            | 43.29  | 179.96 | 112.52 | 49.73  | 0.00   | 0.00   | 4.29   | 0.00   | 73.88  | 14.13  | 74.96  | 54.20  | 606.98 |
| 1978            | 187.36 | 90.11  | 90.49  | 39.61  | 4.13   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 10.51  | 0.00   | 69.46  | 99.12  | 590.79 |
| 1979            | 174.05 | 133.43 | 111.04 | 26.76  | 4.37   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 3.80   | 5.31   | 56.18  | 72.51  | 587.44 |
| 1980            | 93.84  | 126.29 | 98.67  | 23.59  | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 30.30  | 51.75  | 83.65  | 508.09 |
| 1981            | 147.11 | 74.35  | 136.90 | 40.37  | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 12.29  | 12.13  | 48.66  | 113.76 | 68.61  | 654.17 |
| 1982            | 151.28 | 19.88  | 93.47  | 13.71  | 0.00   | 9.60   | 3.67   | 0.00   | 4.57   | 78.61  | 125.92 | 34.96  | 535.68 |
| 1983            | 194.58 | 89.64  | 21.86  | 8.75   | 19.31  | 10.93  | 0.00   | 0.00   | 3.52   | 8.38   | 32.79  | 56.84  | 446.61 |
| 1984            | 116.68 | 111.28 | 61.74  | 27.37  | 0.00   | 13.99  | 0.00   | 5.59   | 0.00   | 94.70  | 50.15  | 91.30  | 572.80 |
| 1985            | 75.57  | 68.18  | 35.60  | 9.31   | 9.04   | 15.61  | 0.00   | 0.00   | 11.50  | 13.96  | 108.16 | 158.26 | 505.18 |
| 1986            | 138.10 | 81.50  | 199.81 | 45.96  | 10.43  | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 5.34   | 12.34  | 11.49  | 42.13  | 547.09 |
| 1987            | 193.80 | 50.61  | 84.56  | 24.10  | 4.34   | 7.29   | 10.35  | 0.47   | 0.00   | 14.44  | 135.40 | 55.59  | 580.94 |
| 1988            | 118.60 | 101.05 | 108.31 | 46.90  | 9.28   | 0.00   | 0.00   | 0.47   | 0.00   | 14.34  | 42.92  | 153.35 | 595.22 |
| 1989            | 142.16 | 83.57  | 143.04 | 20.70  | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 33.50  | 61.36  | 79.24  | 563.57 |
| 1990            | 120.54 | 46.81  | 21.88  | 33.20  | 11.93  | 29.37  | 3.37   | 3.37   | 0.00   | 50.48  | 196.88 | 158.63 | 676.45 |
| 1991            | 50.72  | 160.28 | 47.58  | 19.66  | 11.40  | 21.43  | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 13.17  | 112.06 | 152.75 | 589.04 |
| 1992            | 81.74  | 91.40  | 108.54 | 21.15  | 0.00   | 24.14  | 0.00   | 16.65  | 3.83   | 40.95  | 128.69 | 103.55 | 620.65 |
| 1993            | 122.83 | 71.68  | 115.40 | 32.92  | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 3.54   | 0.00   | 3.89   | 102.48 | 160.53 | 613.28 |
| 1994            | 118.85 | 138.54 | 142.41 | 30.30  | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 20.20  | 55.89  | 22.89  | 103.86 | 632.95 |
| 1995            | 147.41 | 26.44  | 203.83 | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 12.91  | 44.97  | 127.42 | 562.97 |
| 1996            | 134.78 | 94.02  | 109.29 | 62.36  | 10.07  | 0.00   | 0.00   | 19.00  | 0.00   | 41.90  | 54.89  | 122.44 | 648.74 |
| 1997            | 103.73 | 122.74 | 180.59 | 12.29  | 4.92   | 0.00   | 0.00   | 5.74   | 11.14  | 24.58  | 143.34 | 115.96 | 725.05 |
| 1998            | 34.13  | 169.69 | 82.74  | 16.60  | 0.00   | 5.14   | 0.00   | 10.52  | 0.00   | 15.19  | 62.87  | 139.07 | 535.95 |
| 1999            | 105.78 | 149.67 | 120.99 | 76.52  | 1.17   | 0.00   | 7.17   | 0.00   | 25.75  | 23.70  | 35.99  | 155.96 | 702.70 |
| 2000            | 221.83 | 114.33 | 121.61 | 4.31   | 2.67   | 17.22  | 13.36  | 4.60   | 5.49   | 48.40  | 26.28  | 114.33 | 694.44 |
| 2001            | 273.30 | 168.91 | 153.00 | 32.26  | 19.29  | 0.00   | 22.45  | 26.59  | 20.70  | 101.89 | 77.59  | 87.18  | 983.15 |
| 2002            | 91.26  | 186.34 | 98.58  | 22.74  | 6.01   | 0.00   | 29.05  | 0.00   | 16.33  | 29.85  | 48.79  | 95.97  | 624.93 |
| 2003            | 159.31 | 157.51 | 225.44 | 28.66  | 2.50   | 6.21   | 0.00   | 17.33  | 10.42  | 7.01   | 19.54  | 156.01 | 789.95 |
| 2004            | 121.16 | 107.13 | 72.35  | 18.74  | 2.81   | 34.87  | 19.64  | 11.42  | 10.42  | 26.06  | 62.13  | 63.33  | 550.07 |
| 2005            | 72.77  | 139.92 | 85.39  | 30.87  | 3.81   | 0.00   | 0.00   | 5.91   | 10.62  | 28.97  | 46.71  | 90.21  | 515.17 |
| 2006            | 187.36 | 86.21  | 108.06 | 52.83  | 0.00   | 8.52   | 4.31   | 8.22   | 7.22   | 77.09  | 81.00  | 72.08  | 692.89 |
| 2007            | 156.61 | 114.80 | 167.53 | 37.10  | 4.51   | 0.00   | 10.83  | 1.40   | 0.00   | 40.81  | 74.39  | 54.84  | 662.82 |
| 2008            | 142.09 | 129.15 | 41.61  | 10.73  | 14.74  | 16.24  | 0.00   | 9.23   | 7.22   | 52.44  | 75.81  | 160.04 | 659.31 |
| 2009            | 109.82 | 89.56  | 62.78  | 35.60  | 6.52   | 0.00   | 4.51   | 2.01   | 6.72   | 5.72   | 80.73  | 78.33  | 482.30 |
| 2010            | 198.31 | 92.88  | 73.32  | 1.30   | 14.95  | 0.00   | 2.01   | 7.82   | 8.73   | 56.87  | 24.07  | 140.93 | 621.20 |
| N° Datos        | 40     | 40     | 40     | 40     | 40     | 40     | 40     | 40     | 40     | 40     | 40     | 40     | 40     |
| Media           | 133.33 | 112.45 | 107.86 | 33.31  | 6.99   | 6.22   | 3.60   | 7.75   | 9.32   | 29.61  | 65.37  | 102.79 | 618.59 |
| Desv. Estandar  | 50.57  | 46.14  | 49.96  | 25.57  | 9.12   | 9.37   | 6.86   | 14.30  | 13.67  | 25.95  | 42.20  | 40.30  | 96.96  |
| Coef. Variacion | 37.92  | 41.03  | 46.32  | 76.77  | 130.47 | 150.82 | 190.72 | 184.41 | 146.60 | 87.61  | 64.56  | 39.21  | 15.68  |
| Prec. Max.      | 273.30 | 228.29 | 225.44 | 131.35 | 39.22  | 34.87  | 29.05  | 81.46  | 73.88  | 101.89 | 196.88 | 170.50 | 983.15 |
| Prec. Min.      | 34.13  | 19.88  | 21.86  | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 7.39   | 34.96  | 446.61 |

Fuente: Elaboración propia.

Del mismo modo, todo el procedimiento realizado anteriormente, se hizo para las estaciones meteorológicas de Perayoc, Pisac y Yauri ; teniendo como estaciones base a la estación de K´ayra.

Como resumen final presentamos valores del módulo pluviométrico promedio mensual para los 40 años de observación y al 95 % de confianza de cada estación meteorológica.

**Cuadro N° 17: Precipitación media mensual (mm) para las estaciones en estudio.**

| ESTACION | Ene    | Feb    | Mar    | Abr   | May  | Jun  | Jul  | Ago   | Sep   | Oct   | Nov   | Dic    | TOTAL  |
|----------|--------|--------|--------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| Kayra    | 151.98 | 120.53 | 99.94  | 41.08 | 6.04 | 4.11 | 3.19 | 6.39  | 16.69 | 46.40 | 74.65 | 109.00 | 679.98 |
| Perayoc  | 180.75 | 133.95 | 120.78 | 48.54 | 7.45 | 5.60 | 4.09 | 8.35  | 21.61 | 58.05 | 89.04 | 122.95 | 801.16 |
| Yauri    | 192.06 | 177.94 | 130.94 | 55.87 | 7.24 | 6.88 | 3.77 | 11.11 | 18.84 | 39.91 | 60.61 | 109.43 | 814.61 |
| Pisac    | 132.91 | 119.36 | 111.08 | 46.53 | 8.78 | 5.00 | 5.01 | 7.60  | 12.22 | 32.15 | 53.26 | 74.31  | 608.22 |
| Caycay   | 133.33 | 112.45 | 107.86 | 33.31 | 6.99 | 6.22 | 3.60 | 7.75  | 9.32  | 29.61 | 65.37 | 102.79 | 618.59 |

Fuente: Elaboración propia.

## **REGIONALIZACION DEL CLIMA.**

Son resultantes de la acción recíproca de los diversos factores como la Latitud, el cual determina la intensidad de la radiación solar; la altitud, el cual determina la temperatura y precipitación, que está referido a la mayor o menor proximidad de un lugar a los mares; otros factores que definen también el clima puede ser la orientación, los vientos dominantes, la naturaleza del terreno de la vegetación (Chereque, 1993).

### **REGIONALIZACION DE LA PRECIPITACION**

Para determinar el módulo pluviométrico anual en la microcuenca, se ha seguido el modelo de Regresión Polinómica, cuyo cuadro de cálculo y ecuación de regionalización polinómica son:

Ecuación polinómica de regionalización de la precipitación será:

$$P^2 = B_0 + B_1x HM, \quad r$$

$$P^2 = -5.36E+05 + 3.15E+02( HM), \quad r = 0.87$$

Donde:

P = Precipitación anual regionalizada mm.

Bo = Coeficiente independiente.

B1 = Coeficiente dependiente.

Hm = Altitud media m.

r = Coeficiente de correlación.

**Cuadro N° 18: Proceso de regionalización polinómica de la Precipitación anual**

| ECUACION DE REGRESION PRECIPITACION - ALTITUD |           |               |  |                |                  |                |                   |
|---|-----------|---------------|--|----------------|------------------|----------------|-------------------|
| NOMBRE DE LA ESTACION                         | ALTITUD   | PRECIPITACION | ECUACION DE REGRESION                                |                |                  |                | PRECIPITACION     |
|   | MEDIA     | MEDIA ANUAL   | P <sup>2</sup> = B <sub>0</sub> + B <sub>1</sub> * H |                |                  |                | MEDIA ANUAL CORR. |
|   | msnm (X)  | mm (Y)        | X <sup>2</sup>                                       | Y <sup>2</sup> | X*Y <sup>2</sup> | Y <sup>4</sup> | mm                |
| 1 KAYRA                                       | 3,219.00  | 679.98        | 1.04E+07   | 4.62E+05       | 1.49E+09         | 2.14E+11       | 691.28            |
| 2 PERAYOC                                     | 3,365.00  | 801.16        | 1.13E+07   | 6.42E+05       | 2.16E+09         | 4.12E+11       | 723.79            |
| 3 YAURI                                       | 3,927.00  | 814.61        | 1.54E+07   | 6.64E+05       | 2.61E+09         | 4.40E+11       | 837.24            |
| 4 PISAC                                       | 2,900.00  | 608.22        | 8.41E+06   | 3.70E+05       | 1.07E+09         | 1.37E+11       | 614.28            |
| 5 CAYCAY                                      | 3,100.00  | 618.59        | 9.61E+06   | 3.83E+05       | 1.19E+09         | 1.46E+11       | 663.60            |
| <b>SUMA</b>                                   | 16,511.00 | 3,522.57      | 5.51E+07   | 2.52E+06       | 8.51E+09         | 1.35E+12       | 3,530.19          |
| <b>N</b>                                      | 5         | 5             | 5  | 5              | 5                | 5              | 5                 |
| <b>PROMEDIO</b>                               | 3,302.20  | 704.51        | 1.10E+07   | 5.04E+05       | 1.70E+09         | 2.70E+11       | 706.04            |

| FORMULAS PARA EL CALCULO DE PARAMETROS DE REGRESION |          |                           | VALORES DE PARAMETROS DE REGRESION |   |                       |
|---|----------|---------------------------|------------------------------------|---|-----------------------|
| A= SUM X  | 1.65E+04 | G = C-(A <sup>2</sup> )/n | 6.04E+05                           | COEF. INDEPENDIENTE                           | <b>Bo = -5.36E+05</b> |
| B= SUM Y  | 3.52E+03 | H = F-A*D/n               | 1.90E+08                           | COEF. DEPENDIENTE                             | <b>B1 = 3.15E+02</b>  |
| C= SUM X <sup>2</sup>                               | 5.51E+07 | I = F-(D <sup>2</sup> )/n | 7.89E+10                           | COEF. DE CORRELACION                          | <b>r = 0.87</b>       |
| D= SUM Y <sup>2</sup>                               | 2.52E+06 | J = H/G                   | 3.15E+02                           |   |                       |
| E= SUM X*Y <sup>2</sup>                             | 8.51E+09 | K = (D-J*A)/n             | -5.36E+05                          | <b>DISTRUBUCION DE LA PRECIP. MEDIA ANUAL</b> |                       |
| F= SUM Y <sup>4</sup>                               | 1.35E+12 |                           |                                    | <b>MICROCUECNA CUYO GRANDE Y CHAHUAYTIRE</b>  |                       |

| FORMULAS DE PARAMETROS DE REGRESION |  |    |
|-------------------------------------|--|----|
| COEF. INDEPENDIENTE                 |  | Bo |
| COEF. DEPENDIENTE                   |  | B1 |
| COEF. DE CORRELACION                |  | r  |
| DESVIACION ESTANDAR                 |  | S  |

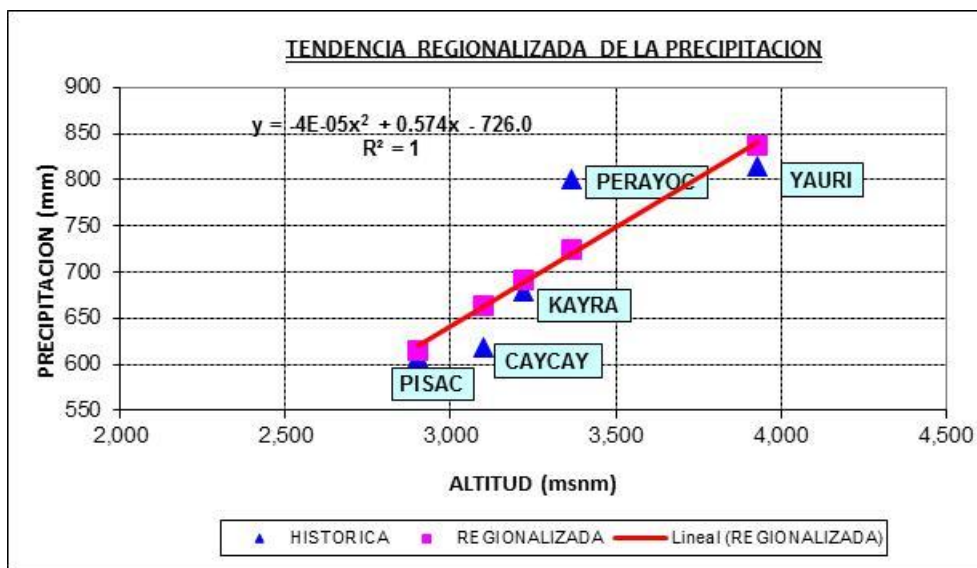
  

|                      |                |               |
|----------------------|----------------|---------------|
| <b>ZONA BAJA</b>     | <b>3846.51</b> | <b>821.95</b> |
| <b>ZONA MEDIA</b>    | <b>4057.62</b> | <b>861.47</b> |
| <b>ZONA ALTA</b>     | <b>4228.40</b> | <b>892.16</b> |
| <b>ALTITUD MEDIA</b> | <b>4039.93</b> | <b>858.23</b> |

Fuente: Elaboración propia.

Así mismo, en la gráfica correspondiente se aprecia la tendencia regional de la precipitación vs la altitud por estación meteorológica.

**Gráfico N° 10: Distribución regional de las estaciones Meteorológicas**



Fuente: Elaboración propia.

De la gráfica anterior podemos señalar que la precipitación tiende a aumentar con la altitud (esto en la sierra).

Para la regionalización mensual de la Precipitación, cada estación meteorológica ha sido multiplicada por coeficientes de corrección por distancia, por posición geográfica y variación altitudinal vs cada altitud media de la microcuenca, obteniéndose el cuadro de coeficientes de corrección siguiente:

**Cuadro N° 19: Parámetros de corrección por influencia Altitudinal, Geográfica y por Distancia.**

| Coeficientes de corrección por influencia Mc. CUYO GRANDE Y CHAHUAYTIRE |      |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |
|---|------|------|-------|-------|------|-------|------|------|-------|------------|------|-------|
| Estaciones  | Baja |      |       | Media |      |       | Alta |      |       | Alt. Media |      |       |
|   | ai   | bi   | di    | ai    | bi   | di    | ai   | bi   | di    | ai         | bi   | di    |
| KAYRA   | 1.21 | 0.35 | 0.21  | 1.27  | 0.34 | 0.22  | 1.31 | 0.34 | 0.22  | 1.26       | 0.34 | 0.22  |
| PERAYOC   | 1.03 | 0.36 | 0.20  | 1.08  | 0.34 | 0.22  | 1.11 | 0.34 | 0.22  | 1.07       | 0.33 | 0.22  |
| YAURI   | 1.01 | 0.05 | 1.46  | 1.06  | 0.05 | 1.45  | 1.10 | 0.05 | 1.45  | 1.05       | 0.05 | 1.42  |
| PISAC   | 1.35 | 0.08 | 0.90  | 1.42  | 0.09 | 0.90  | 1.47 | 0.08 | 0.90  | 1.41       | 0.09 | 0.87  |
| CAYCAY  | 1.33 | 0.17 | 0.44  | 1.39  | 0.18 | 0.43  | 1.44 | 0.18 | 0.43  | 1.39       | 0.19 | 0.40  |
| Valor ponderado   |      |      | 13.77 |       |      | 13.10 |      |      | 13.14 |            |      | 13.42 |

Fuente: Elaboración propia.

Donde:

ai = Corrección por influencia Altitudinal.

bi = Corrección por influencia Geográfica.

di = Corrección por influencia de Distancia.

De cuyo resultado final se ha obtenido las ecuaciones de regionalización mensual para lamicrocuena, en función a las 5 estaciones meteorológicas involucradas el proceso de regionalización, tal como se aprecia en el cuadro siguiente:

**Cuadro N° 20: Ecuaciones de Regionalización mensual de la Precipitación, por corrección Altitudinal, Geográfica y por Distancia para cada zona.**

| ECUACIONES DE INFLUENCIA MENSUAL |       |                    |       |                    |       |                    |       |                    |       |                  |
|----------------------------------|-------|--------------------|-------|--------------------|-------|--------------------|-------|--------------------|-------|------------------|
| EC.RG ZONA BAJA =                | 0.420 | x E <sub>1</sub> + | 0.365 | x E <sub>2</sub> + | 0.050 | x E <sub>3</sub> + | 0.109 | x E <sub>4</sub> + | 0.221 | x E <sub>5</sub> |
| EC.RG ZONA MEDIA =               | 0.433 | x E <sub>1</sub> + | 0.369 | x E <sub>2</sub> + | 0.056 | x E <sub>3</sub> + | 0.120 | x E <sub>4</sub> + | 0.247 | x E <sub>5</sub> |
| EC.RG ZONA ALTA =                | 0.449 | x E <sub>1</sub> + | 0.383 | x E <sub>2</sub> + | 0.057 | x E <sub>3</sub> + | 0.125 | x E <sub>4</sub> + | 0.255 | x E <sub>5</sub> |
| EC.RG ZONA ALT. MED =            | 0.432 | x E <sub>1</sub> + | 0.358 | x E <sub>2</sub> + | 0.055 | x E <sub>3</sub> + | 0.121 | x E <sub>4</sub> + | 0.257 | x E <sub>5</sub> |

Fuente: Elaboración propia.

E1, E2,....., E5 = Estaciones meteorológicas para el mes i.

Es resultado final de todo el proceso de regionalización de la Precipitación está plasmado en el cuadro siguiente que como ejemplo se muestra para la Altitud media de la zona.



**Cuadro N° 21: Precipitación mensual Regionalizada para 40 años de observación  
para la Altitud media de la zona.**

| Nº                       | AÑO           | ENE           | FEB           | MAR           | ABR          | MAY           | JUN           | JUL           | AGO          | SET           | OCT           | NOV           | DIC             | TOTAL     |
|--------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|-----------|
| 1                        | 1971          | 182.68        | 228.29        | 104.33        | 50.22        | 1.77          | 1.39          | 0.34          | 6.58         | 1.62          | 51.16         | 43.91         | 141.18          | 813.48    |
| 2                        | 1972          | 190.47        | 87.88         | 84.78         | 38.12        | 2.32          | 0.00          | 8.02          | 42.84        | 21.91         | 8.86          | 66.81         | 144.30          | 696.29    |
| 3                        | 1973          | 256.17        | 165.64        | 150.02        | 118.09       | 24.77         | 2.11          | 11.94         | 17.28        | 18.44         | 51.53         | 97.70         | 126.12          | 1,039.82  |
| 4                        | 1974          | 149.46        | 235.08        | 163.16        | 65.02        | 9.77          | 11.11         | 1.68          | 46.08        | 12.66         | 42.61         | 51.84         | 121.93          | 910.42    |
| 5                        | 1975          | 158.20        | 175.30        | 131.84        | 74.61        | 36.31         | 2.76          | 0.14          | 2.40         | 49.08         | 47.24         | 52.80         | 182.96          | 913.63    |
| 6                        | 1976          | 180.38        | 116.17        | 159.60        | 66.70        | 26.26         | 14.23         | 0.88          | 6.37         | 47.57         | 18.50         | 49.83         | 87.70           | 774.19    |
| 7                        | 1977          | 114.90        | 213.75        | 102.14        | 60.16        | 5.09          | 0.07          | 4.12          | 1.44         | 48.81         | 62.55         | 131.15        | 78.05           | 822.24    |
| 8                        | 1978          | 255.60        | 114.17        | 109.77        | 56.94        | 12.21         | 0.00          | 1.90          | 0.00         | 15.98         | 11.22         | 124.01        | 139.00          | 840.80    |
| 9                        | 1979          | 187.32        | 164.06        | 164.91        | 48.85        | 12.44         | 1.18          | 3.94          | 10.96        | 13.50         | 23.83         | 111.96        | 118.23          | 861.19    |
| 10                       | 1980          | 130.27        | 170.14        | 151.43        | 42.19        | 4.55          | 0.75          | 3.54          | 1.91         | 12.68         | 77.51         | 67.56         | 93.99           | 756.51    |
| 11                       | 1981          | 239.38        | 110.83        | 151.83        | 67.73        | 2.04          | 4.10          | 1.88          | 13.29        | 44.01         | 108.81        | 142.67        | 150.73          | 1,037.30  |
| 12                       | 1982          | 235.59        | 116.78        | 181.41        | 80.43        | 3.09          | 8.38          | 4.15          | 8.08         | 32.16         | 67.20         | 164.37        | 115.15          | 1,016.77  |
| 13                       | 1983          | 173.33        | 107.39        | 68.03         | 30.29        | 9.89          | 19.58         | 1.89          | 1.17         | 6.35          | 31.38         | 55.78         | 131.33          | 636.41    |
| 14                       | 1984          | 219.23        | 179.49        | 97.21         | 83.79        | 0.49          | 7.45          | 0.84          | 16.68        | 10.77         | 127.99        | 85.08         | 116.07          | 945.08    |
| 15                       | 1985          | 147.02        | 155.61        | 115.85        | 50.73        | 17.91         | 16.17         | 1.66          | 3.02         | 40.92         | 70.66         | 144.96        | 156.44          | 920.94    |
| 16                       | 1986          | 119.27        | 122.55        | 186.31        | 83.06        | 9.72          | 0.26          | 2.39          | 6.65         | 9.79          | 25.82         | 76.61         | 93.28           | 735.71    |
| 17                       | 1987          | 294.24        | 96.17         | 77.40         | 28.03        | 4.15          | 10.07         | 14.74         | 0.14         | 9.07          | 40.11         | 133.55        | 130.94          | 838.61    |
| 18                       | 1988          | 213.28        | 136.84        | 225.92        | 85.01        | 6.39          | 0.26          | 0.39          | 0.12         | 11.93         | 36.02         | 55.05         | 161.31          | 932.50    |
| 19                       | 1989          | 206.76        | 152.57        | 182.91        | 46.40        | 7.02          | 11.15         | 0.32          | 7.83         | 19.96         | 65.31         | 71.83         | 92.15           | 864.21    |
| 20                       | 1990          | 227.17        | 101.88        | 61.39         | 75.70        | 11.64         | 38.14         | 1.38          | 6.20         | 14.35         | 92.93         | 145.59        | 128.60          | 904.97    |
| 21                       | 1991          | 118.65        | 211.14        | 122.65        | 46.55        | 15.14         | 14.61         | 1.01          | 0.24         | 24.52         | 72.43         | 114.52        | 137.25          | 878.71    |
| 22                       | 1992          | 140.80        | 130.73        | 115.76        | 22.40        | 0.47          | 18.82         | 7.70          | 28.97        | 7.93          | 61.84         | 136.21        | 78.73           | 750.37    |
| 23                       | 1993          | 248.31        | 125.64        | 104.07        | 40.00        | 2.99          | 0.57          | 2.95          | 14.65        | 10.99         | 62.95         | 131.08        | 229.28          | 973.47    |
| 24                       | 1994          | 214.78        | 217.20        | 229.23        | 61.66        | 12.27         | 0.00          | 0.00          | 0.00         | 26.92         | 56.66         | 52.01         | 168.12          | 1,038.85  |
| 25                       | 1995          | 153.29        | 94.52         | 161.09        | 22.13        | 1.13          | 0.11          | 1.37          | 0.67         | 32.69         | 26.91         | 55.00         | 133.09          | 681.99    |
| 26                       | 1996          | 175.12        | 116.42        | 87.20         | 54.35        | 13.22         | 0.00          | 0.00          | 14.96        | 15.99         | 65.89         | 67.68         | 163.53          | 774.37    |
| 27                       | 1997          | 151.71        | 146.81        | 161.13        | 45.81        | 4.97          | 0.00          | 0.00          | 12.47        | 17.19         | 42.11         | 186.97        | 173.14          | 942.32    |
| 28                       | 1998          | 140.50        | 191.80        | 65.27         | 35.82        | 2.62          | 3.86          | 0.00          | 6.47         | 3.70          | 62.34         | 70.52         | 96.27           | 679.17    |
| 29                       | 1999          | 146.27        | 138.13        | 128.78        | 68.56        | 5.58          | 4.14          | 2.29          | 0.47         | 50.46         | 28.68         | 52.28         | 150.76          | 776.42    |
| 30                       | 2000          | 250.63        | 154.35        | 144.66        | 15.96        | 3.21          | 9.05          | 5.80          | 6.98         | 16.45         | 60.36         | 44.51         | 114.22          | 826.18    |
| 31                       | 2001          | 323.64        | 207.55        | 192.89        | 44.78        | 15.59         | 0.05          | 24.41         | 16.62        | 22.38         | 78.02         | 98.86         | 117.46          | 1,142.26  |
| 32                       | 2002          | 166.75        | 231.52        | 170.93        | 33.64        | 13.25         | 2.56          | 38.93         | 4.22         | 17.74         | 76.54         | 113.37        | 154.99          | 1,024.42  |
| 33                       | 2003          | 213.00        | 183.66        | 195.93        | 69.26        | 3.43          | 8.52          | 0.00          | 21.64        | 10.29         | 28.11         | 35.31         | 161.74          | 930.89    |
| 34                       | 2004          | 210.16        | 158.58        | 97.11         | 29.52        | 3.22          | 27.33         | 17.65         | 12.28        | 29.70         | 35.07         | 69.26         | 106.32          | 796.20    |
| 35                       | 2005          | 140.44        | 158.13        | 130.96        | 42.16        | 3.31          | 0.33          | 0.93          | 5.22         | 8.34          | 43.37         | 68.28         | 107.51          | 708.97    |
| 36                       | 2006          | 236.16        | 151.58        | 157.69        | 56.65        | 0.48          | 7.63          | 1.11          | 7.98         | 13.96         | 81.75         | 82.28         | 153.88          | 951.15    |
| 37                       | 2007          | 170.30        | 104.86        | 147.17        | 82.57        | 9.74          | 0.15          | 6.70          | 1.10         | 4.59          | 62.20         | 95.91         | 93.35           | 778.64    |
| 38                       | 2008          | 153.49        | 147.45        | 81.65         | 12.30        | 11.10         | 6.63          | 1.32          | 7.12         | 13.99         | 79.85         | 83.41         | 156.18          | 754.48    |
| 39                       | 2009          | 136.70        | 132.05        | 85.48         | 34.50        | 5.11          | 0.15          | 2.87          | 2.42         | 13.23         | 18.85         | 146.89        | 118.38          | 696.61    |
| 40                       | 2010          | 282.25        | 175.39        | 142.56        | 25.39        | 6.71          | 0.85          | 2.04          | 7.05         | 11.91         | 76.59         | 52.14         | 179.64          | 962.53    |
| <b>N° Datos</b>          | <b>40</b>     | <b>40</b>     | <b>40</b>     | <b>40</b>     | <b>40</b>    | <b>40</b>     | <b>40</b>     | <b>40</b>     | <b>40</b>    | <b>40</b>     | <b>40</b>     | <b>40</b>     | <b>40</b>       | <b>40</b> |
| <b>Media</b>             | <b>191.34</b> | <b>153.20</b> | <b>134.81</b> | <b>52.40</b>  | <b>8.53</b>  | <b>6.36</b>   | <b>4.58</b>   | <b>9.26</b>   | <b>19.86</b> | <b>54.54</b>  | <b>90.74</b>  | <b>132.58</b> | <b>858.23</b>   |           |
| <b>Desv. Estandar</b>    | <b>52.08</b>  | <b>41.10</b>  | <b>43.40</b>  | <b>22.74</b>  | <b>7.70</b>  | <b>8.48</b>   | <b>7.62</b>   | <b>10.56</b>  | <b>13.53</b> | <b>26.30</b>  | <b>39.36</b>  | <b>32.47</b>  | <b>121.14</b>   |           |
| <b>Coef. Variacion</b>   | <b>27.22</b>  | <b>26.83</b>  | <b>32.19</b>  | <b>43.39</b>  | <b>90.21</b> | <b>133.22</b> | <b>166.43</b> | <b>114.00</b> | <b>68.12</b> | <b>48.21</b>  | <b>43.38</b>  | <b>24.49</b>  | <b>14.12</b>    |           |
| <b>Prec. Max.</b>        | <b>323.64</b> | <b>235.08</b> | <b>229.23</b> | <b>118.09</b> | <b>36.31</b> | <b>38.14</b>  | <b>38.93</b>  | <b>46.08</b>  | <b>50.46</b> | <b>127.99</b> | <b>186.97</b> | <b>229.28</b> | <b>1,142.26</b> |           |
| <b>Prec. Min.</b>        | <b>114.90</b> | <b>87.88</b>  | <b>61.39</b>  | <b>12.30</b>  | <b>0.47</b>  | <b>0.00</b>   | <b>0.00</b>   | <b>0.00</b>   | <b>1.62</b>  | <b>8.86</b>   | <b>35.31</b>  | <b>78.05</b>  | <b>636.41</b>   |           |
| <b>Prec. 75% PERST..</b> | <b>156.19</b> | <b>125.46</b> | <b>105.52</b> | <b>37.05</b>  | <b>3.34</b>  | <b>0.64</b>   | <b>-0.57</b>  | <b>2.14</b>   | <b>10.73</b> | <b>36.79</b>  | <b>64.17</b>  | <b>110.66</b> | <b>652.12</b>   |           |

Fuente: Elaboración propia.

Del mismo modo se ha procedido para cada zona y cuyo registro se presenta en el anexo y de cuyo resumen se ha elaborado el cuadro siguiente:

**Cuadro N° 22: Precipitación media mensual resumen por zona.**

| ZONA         | ENE    | FEB    | MAR    | ABR   | MAY  | JUN  | JUL  | AGO  | SET   | OCT   | NOV   | DIC     | TOTAL   |
|--------------|--------|--------|--------|-------|------|------|------|------|-------|-------|-------|---------|---------|
| <b>BAJA</b>  | 183.41 | 146.33 | 128.59 | 50.22 | 8.12 | 6.03 | 4.36 | 8.82 | 19.23 | 52.73 | 87.15 | 126.965 | 821.951 |
| <b>MEDIA</b> | 192.14 | 153.67 | 135.15 | 52.64 | 8.55 | 6.37 | 4.59 | 9.29 | 20.03 | 54.93 | 91.12 | 132.996 | 861.468 |
| <b>ALTA</b>  | 198.99 | 159.14 | 139.95 | 54.52 | 8.85 | 6.59 | 4.76 | 9.61 | 20.74 | 56.89 | 94.37 | 137.74  | 892.156 |

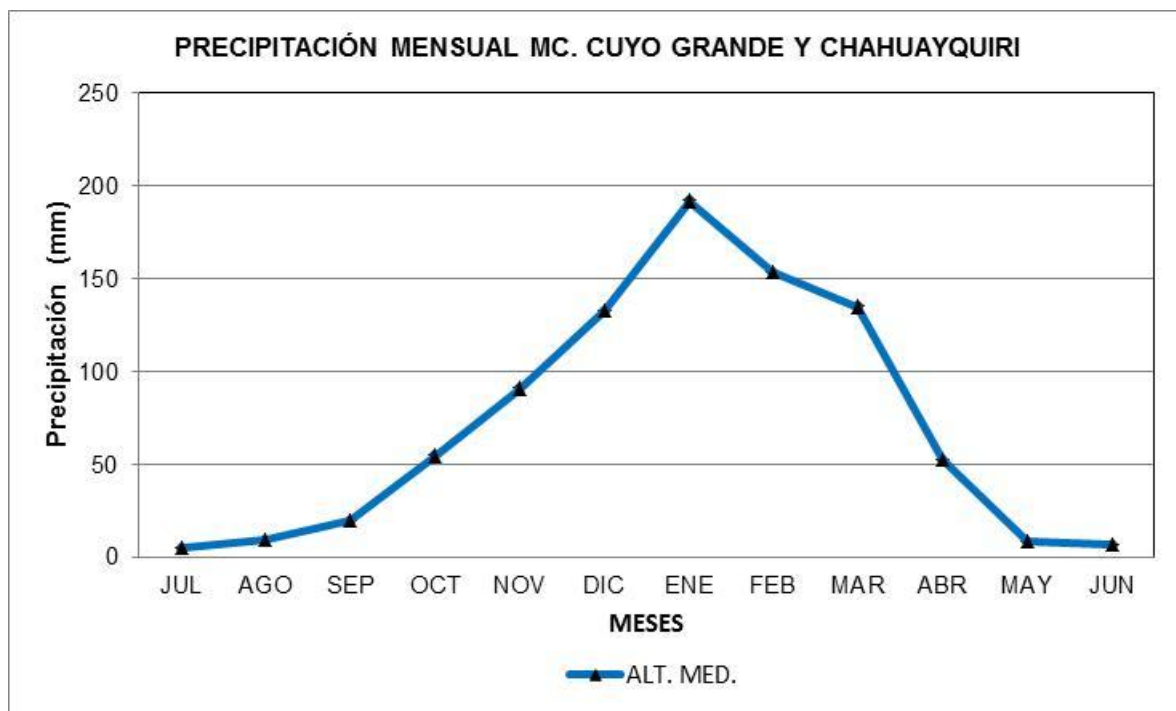
Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro N° 23: Registro de la precipitación generado para un periodo extendido de 40 años para la microcuenca**

| Año        | Ene    | Feb    | Mar    | Abr    | May   | Jun   | Jul   | Ago   | Sep   | Oct    | Nov    | Dic    | Total         |
|------------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|---------------|
| 1971       | 182.68 | 228.29 | 104.33 | 50.22  | 1.77  | 1.39  | 0.34  | 6.58  | 1.62  | 51.16  | 43.91  | 141.18 | 813.48        |
| 1972       | 190.47 | 87.88  | 84.78  | 38.12  | 2.32  | 0.00  | 8.02  | 42.84 | 21.91 | 8.86   | 66.81  | 144.30 | 696.29        |
| 1973       | 256.17 | 165.64 | 150.02 | 118.09 | 24.77 | 2.11  | 11.94 | 17.28 | 18.44 | 51.53  | 97.70  | 126.12 | 1039.82       |
| 1974       | 149.46 | 235.08 | 163.16 | 65.02  | 9.77  | 11.11 | 1.68  | 46.08 | 12.66 | 42.61  | 51.84  | 121.93 | 910.42        |
| 1975       | 158.20 | 175.30 | 131.84 | 74.61  | 36.31 | 2.76  | 0.14  | 2.40  | 49.08 | 47.24  | 52.80  | 182.96 | 913.63        |
| 1976       | 180.38 | 116.17 | 159.60 | 66.70  | 26.26 | 14.23 | 0.88  | 6.37  | 47.57 | 18.50  | 49.83  | 87.70  | 774.19        |
| 1977       | 114.90 | 213.75 | 102.14 | 60.16  | 5.09  | 0.07  | 4.12  | 1.44  | 48.81 | 62.55  | 131.15 | 78.05  | 822.24        |
| 1978       | 255.60 | 114.17 | 109.77 | 56.94  | 12.21 | 0.00  | 1.90  | 0.00  | 15.98 | 11.22  | 124.01 | 139.00 | 840.80        |
| 1979       | 187.32 | 164.06 | 164.91 | 48.85  | 12.44 | 1.18  | 3.94  | 10.96 | 13.50 | 23.83  | 111.96 | 118.23 | 861.19        |
| 1980       | 130.27 | 170.14 | 151.43 | 42.19  | 4.55  | 0.75  | 3.54  | 1.91  | 12.68 | 77.51  | 67.56  | 93.99  | 756.51        |
| 1981       | 239.38 | 110.83 | 151.83 | 67.73  | 2.04  | 4.10  | 1.88  | 13.29 | 44.01 | 108.81 | 142.67 | 150.73 | 1037.30       |
| 1982       | 235.59 | 116.78 | 181.41 | 80.43  | 3.09  | 8.38  | 4.15  | 8.08  | 32.16 | 67.20  | 164.37 | 115.15 | 1016.77       |
| 1983       | 173.33 | 107.39 | 68.03  | 30.29  | 9.89  | 19.58 | 1.89  | 1.17  | 6.35  | 31.38  | 55.78  | 131.33 | 636.41        |
| 1984       | 219.23 | 179.49 | 97.21  | 83.79  | 0.49  | 7.45  | 0.84  | 16.68 | 10.77 | 127.99 | 85.08  | 116.07 | 945.08        |
| 1985       | 147.02 | 155.61 | 115.85 | 50.73  | 17.91 | 16.17 | 1.66  | 3.02  | 40.92 | 70.66  | 144.96 | 156.44 | 920.94        |
| 1986       | 119.27 | 122.55 | 186.31 | 83.06  | 9.72  | 0.26  | 2.39  | 6.65  | 9.79  | 25.82  | 76.61  | 93.28  | 735.71        |
| 1987       | 294.24 | 96.17  | 77.40  | 28.03  | 4.15  | 10.07 | 14.74 | 0.14  | 9.07  | 40.11  | 133.55 | 130.94 | 838.61        |
| 1988       | 213.28 | 136.84 | 225.92 | 85.01  | 6.39  | 0.26  | 0.39  | 0.12  | 11.93 | 36.02  | 55.05  | 161.31 | 932.50        |
| 1989       | 206.76 | 152.57 | 182.91 | 46.40  | 7.02  | 11.15 | 0.32  | 7.83  | 19.96 | 65.31  | 71.83  | 92.15  | 864.21        |
| 1990       | 227.17 | 101.88 | 61.39  | 75.70  | 11.64 | 38.14 | 1.38  | 6.20  | 14.35 | 92.93  | 145.59 | 128.60 | 904.97        |
| 1991       | 118.65 | 211.14 | 122.65 | 46.55  | 15.14 | 14.61 | 1.01  | 0.24  | 24.52 | 72.43  | 114.52 | 137.25 | 878.71        |
| 1992       | 140.80 | 130.73 | 115.76 | 22.40  | 0.47  | 18.82 | 7.70  | 28.97 | 7.93  | 61.84  | 136.21 | 78.73  | 750.37        |
| 1993       | 248.31 | 125.64 | 104.07 | 40.00  | 2.99  | 0.57  | 2.95  | 14.65 | 10.99 | 62.95  | 131.08 | 229.28 | 973.47        |
| 1994       | 214.78 | 217.20 | 229.23 | 61.66  | 12.27 | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 26.92 | 56.66  | 52.01  | 168.12 | 1038.85       |
| 1995       | 153.29 | 94.52  | 161.09 | 22.13  | 1.13  | 0.11  | 1.37  | 0.67  | 32.69 | 26.91  | 55.00  | 133.09 | 681.99        |
| 1996       | 175.12 | 116.42 | 87.20  | 54.35  | 13.22 | 0.00  | 0.00  | 14.96 | 15.99 | 65.89  | 67.68  | 163.53 | 774.37        |
| 1997       | 151.71 | 146.81 | 161.13 | 45.81  | 4.97  | 0.00  | 0.00  | 12.47 | 17.19 | 42.11  | 186.97 | 173.14 | 942.32        |
| 1998       | 140.50 | 191.80 | 65.27  | 35.82  | 2.62  | 3.86  | 0.00  | 6.47  | 3.70  | 62.34  | 70.52  | 96.27  | 679.17        |
| 1999       | 146.27 | 138.13 | 128.78 | 68.56  | 5.58  | 4.14  | 2.29  | 0.47  | 50.46 | 28.68  | 52.28  | 150.76 | 776.42        |
| 2000       | 250.63 | 154.35 | 144.66 | 15.96  | 3.21  | 9.05  | 5.80  | 6.98  | 16.45 | 60.36  | 44.51  | 114.22 | 826.18        |
| 2001       | 323.64 | 207.55 | 192.89 | 44.78  | 15.59 | 0.05  | 24.41 | 16.62 | 22.38 | 78.02  | 98.86  | 117.46 | 1142.26       |
| 2002       | 166.75 | 231.52 | 170.93 | 33.64  | 13.25 | 2.56  | 38.93 | 4.22  | 17.74 | 76.54  | 113.37 | 154.99 | 1024.42       |
| 2003       | 213.00 | 183.66 | 195.93 | 69.26  | 3.43  | 8.52  | 0.00  | 21.64 | 10.29 | 28.11  | 35.31  | 161.74 | 930.89        |
| 2004       | 210.16 | 158.58 | 97.11  | 29.52  | 3.22  | 27.33 | 17.65 | 12.28 | 29.70 | 35.07  | 69.26  | 106.32 | 796.20        |
| 2005       | 140.44 | 158.13 | 130.96 | 42.16  | 3.31  | 0.33  | 0.93  | 5.22  | 8.34  | 43.37  | 68.28  | 107.51 | 708.97        |
| 2006       | 236.16 | 151.58 | 157.69 | 56.65  | 0.48  | 7.63  | 1.11  | 7.98  | 13.96 | 81.75  | 82.28  | 153.88 | 951.15        |
| 2007       | 170.30 | 104.86 | 147.17 | 82.57  | 9.74  | 0.15  | 6.70  | 1.10  | 4.59  | 62.20  | 95.91  | 93.35  | 778.64        |
| 2008       | 153.49 | 147.45 | 81.65  | 12.30  | 11.10 | 6.63  | 1.32  | 7.12  | 13.99 | 79.85  | 83.41  | 156.18 | 754.48        |
| 2009       | 136.70 | 132.05 | 85.48  | 34.50  | 5.11  | 0.15  | 2.87  | 2.42  | 13.23 | 18.85  | 146.89 | 118.38 | 696.61        |
| 2010       | 282.25 | 175.39 | 142.56 | 25.39  | 6.71  | 0.85  | 2.04  | 7.05  | 11.91 | 76.59  | 52.14  | 179.64 | 962.53        |
| <b>P</b>   | 191.34 | 153.20 | 134.81 | 52.40  | 8.53  | 6.36  | 4.58  | 9.26  | 19.86 | 54.54  | 90.74  | 132.58 | <b>858.23</b> |
| <b>S</b>   | 52.08  | 41.10  | 43.40  | 22.74  | 7.70  | 8.48  | 7.62  | 10.56 | 13.53 | 26.30  | 39.36  | 32.47  | 121.14        |
| <b>MIN</b> | 114.90 | 87.88  | 61.39  | 12.30  | 0.47  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 1.62  | 8.86   | 35.31  | 78.05  | 33.40         |
| <b>MAX</b> | 323.64 | 235.08 | 229.23 | 118.09 | 36.31 | 38.14 | 38.93 | 46.08 | 50.46 | 127.99 | 186.97 | 229.28 | 138.35        |

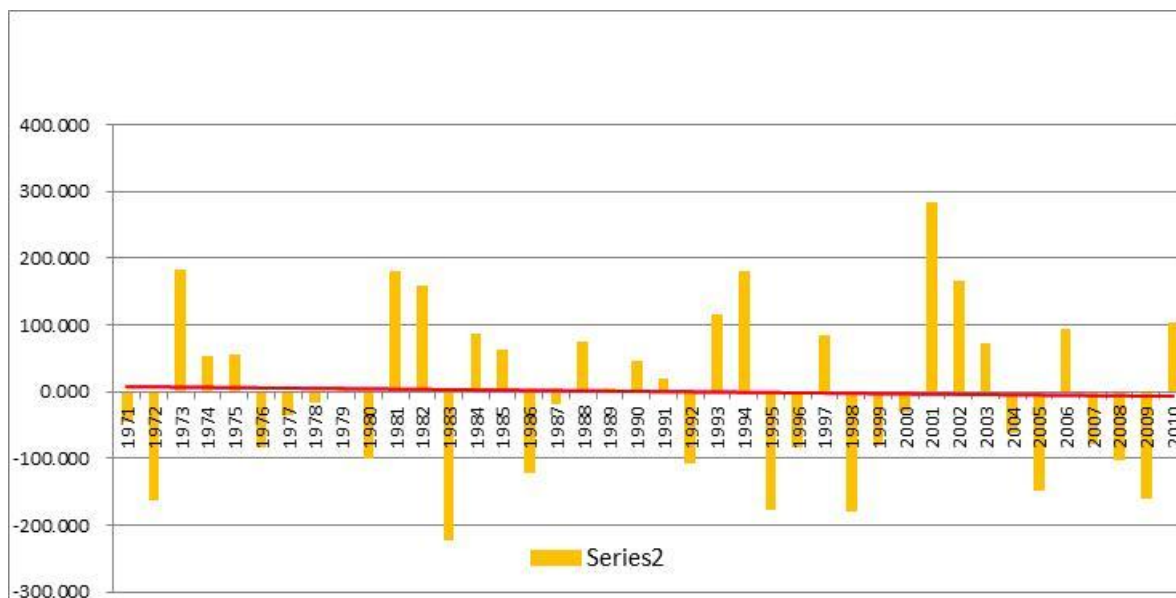
Fuente: Elaboración propia

Grafica N° 11: Precipitación Mensual



Fuente: Elaboración propia

Grafica N° 12: Tendencia histórica de la precipitación anual



Fuente: Elaboración propia

### Volumen de agua captada en la microcuenca

La precipitación media anual para dicha microcuenca resultó de **858.23 mm** anuales.

| Área de la microcuenca(m <sup>2</sup> ) | Precipitación media(m) | Volumen de agua captada (m <sup>3</sup> ) |
|---|------------------------|---|
| 44851842                                | 0.85822                | 38493050.0787                             |

El volumen de agua que precipita sobre la microcuenca es de: **38, 493, 050.0787 m<sup>3</sup>**

## DETERMINACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD HÍDRICA

### GENERACIÓN DE CAUDALES

Para la generación de caudales medios mensuales para el río Cuyo Grande y Chahuaytire, se ha empleado el modelo hidrológico de Lutz Scholz, a partir de las series de precipitación areal obtenida y los parámetros físicos de la microcuenca.

#### Modelo hidrológico Lutz Scholz

Conocer la disponibilidad hídrica en un punto de interés donde no existen caudales aforados, toma gran importancia en el planeamiento de un sistema hidráulico, específicamente en: estructuras de regulación, estructuras de captación, trasvases, abastecimiento de agua, etc. en las cuales es necesario una serie de descargas, para realizar el dimensionamiento de las estructuras, y también para determinar la satisfacción de la demanda en el sistema.

Por consiguiente, para la determinación de las descargas en diversos puntos de una microcuenca que no cuenta con información, amerita establecer en la microcuenca un modelo propio y/o la calibración de un modelo existente, ya que en la microcuenca en estudio no se cuenta con estaciones hidrométricas como para la aplicación de modelos sofisticados y complejos.

El modelo Lutz Scholz, ha sido estudiado y calibrado en 19 cuencas de la sierra del Perú, ubicadas entre Cuzco y Cajamarca, y es aplicable para pequeñas y medianas cuenca con escasos datos hidrométricos.

### **Calibración del modelo Lutz Scholz**

El escurrimiento de las aguas en la microcuenca del río Cuyo Grande y Chahuaytire durante el período de avenidas tiene su origen principalmente en la precipitación estacional, y durante la época de estiaje de las descargas provienen de los deshielos de los nevados, las lagunas y aportes subterráneos de la microcuenca.

Para la calibración del modelo, ha sido necesario determinar el valor de los siguientes parámetros, como son: el valor del coeficiente de retención  $R$ , el coeficiente de escorrentía  $C$ , el gasto de retención ( $b_i$ ) que está en función del coeficiente de almacenamiento  $a_i$  para el periodo seco.

Para esto ha sido necesario iterar con distintitos valores en una hoja de cálculo, preparada para este fin, hasta obtener series de caudales promedios mensuales generados, que comparados visualmente con las series mensuales de caudales aforados sea lo más semejante posible.

Sin embargo, esto no ha sido suficiente, por que nuevamente se realiza una segunda comparación de los caudales promedios mensuales que se generaban estocásticamente con los caudales promedios mensuales aforados, ya que en el proceso de iteración se observa una diferencia entre su parte determinística y estocástica del modelo.

También, indicar que los valores de los parámetros obtenidos caen fuera del rango de los valores en donde el modelo Lutz Scholz ha sido recomendado, sin embargo en la estación calibrada muestra una variación espacial razonable.

Concluidas todas las comparaciones de los caudales el modelo queda calibrado y validado.

En los siguientes párrafos se explica los detalles de la calibración:

Primeramente, para asumir el coeficiente de escorrentía, en el proceso de calibración se partió con un valor inicial resultado de la relación entre el caudal aforado y la precipitación areal de la microcuenca, para todos los casos.

El resumen de la calibración se muestra en los Cuadro N° 24 y Gráfico N° 13.

**Cuadro N° 24: Resumen de la calibración del modelo Lutz Scholz**

**GENERACION DE DESCARGAS MEDIAS MENSUALES PARA LA MICROCUENCA DEL RÍO CUYO GRANDE Y CHAHUAYTIRE  
MODELO HIDROLOGICO LUTZ SCHOLZ**

**Cálculo del Coeficiente de Escorrentía**

| Método de la Misión Alemana          |             | Método de L - Turc                   |               |
|--------------------------------------|-------------|--------------------------------------|---------------|
| Precipitación Media Anual: P         | 858.23 mm   | Temperatura Media Anual: T           | 6.37 °C       |
| Evapotranspiración Total Anual: ETP  | 1263.80 mm  | Déficit de Escurrimiento: D          | 492.72 mm/año |
| <b>Coeficiente de Escorrentía: C</b> | <b>0.51</b> | <b>Coeficiente de Escorrentía: C</b> | <b>0.53</b>   |

**Características Generales de la Microcuenca**

|                                    |              |
|------------------------------------|--------------|
| Area de la Cuenca: A               | 44.85 Km2    |
| Altitud Media de la Cuenca: H      | msnm         |
| Pendiente Media de la Cuenca       | m/m          |
| Precipitación Media Anual: P       | 858.23 mm    |
| Evaporación Total Anual: ETP       | 1263.80 mm   |
| Temperatura Media Anual: T         | 6.37 °C      |
| Déficit de Escurrimiento: D        | 492.7 mm/año |
| Coeficiente de Escorrentía: C      | 0.52         |
| Coeficiente de Agotamiento: a      | 0.0360       |
| Relación de Caudales (30 días): bo | 0.340        |
| Gasto Mensual de Retención: R      | 93.0 mm/año  |

**Coefficientes de Cálculo - Precipitación Efectiva**

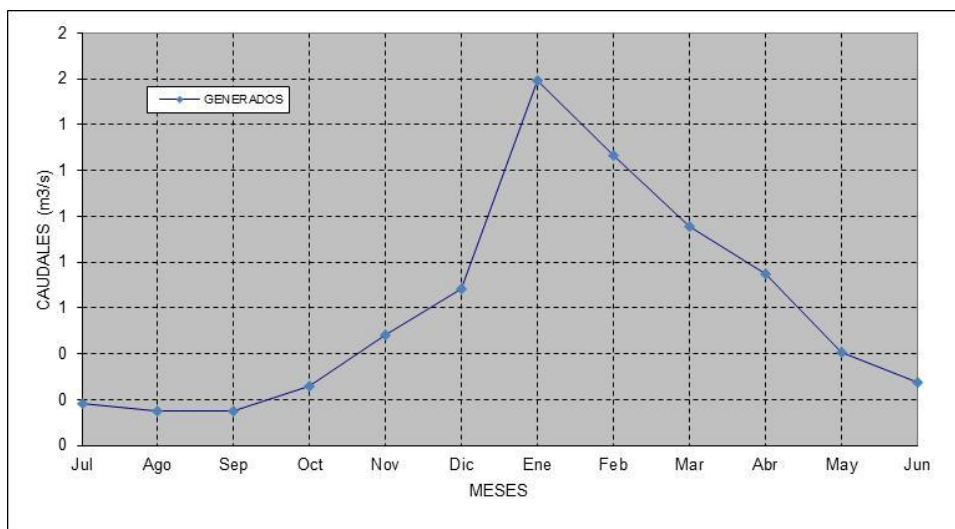
| Coef.     | CURV III  | CURV IV   |
|-----------|-----------|-----------|
| <b>a0</b> | -0.028000 | -0.288079 |
| <b>a1</b> | 0.275600  | 0.787213  |
| <b>a2</b> | -0.004103 | -0.028784 |
| <b>a3</b> | 0.000055  | 0.000536  |
| <b>a4</b> | 1.24E-07  | -3.53E-06 |
| <b>a5</b> | -1.42E-09 | 8.06E-09  |

**GENERACIÓN DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES PARA EL AÑO PROMEDIO**

| Mes | Precipitación Mensual |                  |                |               | Contribucion de la Retencion |               |              |                | Caudales Mensuales |                          | Aforo<br>m3/seg |
|-----|-----------------------|------------------|----------------|---------------|------------------------------|---------------|--------------|----------------|--------------------|--------------------------|-----------------|
|     | TOTAL                 | Efectiva         |                |               | Gasto                        |               | Alimentacion |                | Generados          |                          |                 |
|     | P<br>m.m/mes          | PEIII<br>m.m/mes | PEV<br>m.m/mes | PE<br>m.m/mes | bi                           | Gi<br>m.m/mes | ai           | Ai<br>m.m/mes  | C.Mi<br>m.m/mes    | C.Mgi (Xi)* AC<br>m3/seg |                 |
| JUL | 4.58                  | 1.15             | 2.76           | 1.33          | 0.01                         | 2.50          | 0.00         | 0.00           | 3.83               | 0.06                     |                 |
| AGO | 9.26                  | 2.22             | 4.94           | 2.51          | 0.00                         | 0.86          | 0.00         | 0.00           | 3.37               | 0.06                     |                 |
| SET | 19.86                 | 4.28             | 7.67           | 4.65          | 0.00                         | 0.30          | 0.00         | 0.00           | 4.94               | 0.09                     |                 |
| OCT | 54.54                 | 12.19            | 16.64          | 12.67         | 0.00                         | 0.10          | 0.00         | 0.00           | 12.78              | 0.21                     |                 |
| NOV | 90.74                 | 32.21            | 44.87          | 33.59         | 0.00                         | 0.00          | -0.05        | -4.65          | 28.94              | 0.50                     |                 |
| DIC | 132.58                | 72.88            | 77.98          | 73.44         | 0.00                         | 0.00          | -0.35        | -32.56         | 40.88              | 0.68                     |                 |
| ENE | 191.34                | 131.64           | 136.74         | 132.20        | 0.00                         | 0.00          | -0.40        | -37.21         | 94.99              | 1.59                     |                 |
| FEB | 153.20                | 93.50            | 98.60          | 94.06         | 0.00                         | 0.00          | -0.20        | -18.60         | 75.45              | 1.40                     |                 |
| MAR | 134.81                | 75.11            | 80.21          | 75.67         | 0.00                         | 0.00          | -0.20        | -18.60         | 57.06              | 0.96                     |                 |
| ABR | 52.40                 | 11.48            | 15.62          | 11.93         | 0.34                         | 60.99         | 0.00         | 0.00           | 72.93              | 1.26                     |                 |
| MAY | 8.53                  | 2.06             | 4.65           | 2.34          | 0.12                         | 21.02         | 0.00         | 0.00           | 23.36              | 0.39                     |                 |
| JUN | 6.36                  | 1.57             | 3.69           | 1.80          | 0.04                         | 7.24          | 0.00         | 0.00           | 9.05               | 0.16                     |                 |
|     | <b>858.23</b>         | <b>440.31</b>    | <b>494.37</b>  | <b>446.19</b> | <b>0.53</b>                  | <b>93.02</b>  | <b>-1.20</b> | <b>-111.62</b> | <b>35.63</b>       | <b>0.61</b>              |                 |

Fuente: Elaboración propia

**Gráfico N° 13: Generación de caudales mensuales generados en (m3/s)**



Fuente: Elaboración propia

En todas las calibraciones y generaciones de caudales realizados, se observa que el modelo matemático adoptado reproduce mucho mejor los caudales de estiaje (mínimos), por lo que es aceptable para este tipo de estudios.

**Generación Estocástica - Modelo Lutz Scholz**

Una vez calibrado el modelo, para la generación de la serie se hace uso de la parte estocástica del modelo, que utiliza la siguiente ecuación:

$$CM_t = B_1 + B_2CM_{t-1} + B_3PE_t + z.S.(1 - r^2)^{1/2}$$

Donde:

CMt, es el caudal del mes t;

CMt-1, es el caudal del mes anterior (t-1);

PEt, es la precipitación efectiva del mes t;

B1, B2, B3, son coeficientes que resultan de la regresión múltiple.



La constante B1 representa el caudal base en la sección de interés; z, es la variable aleatoria estandarizada, con media cero y desviación estándar igual a uno; S, r, son la desviación estándar y coeficiente de correlación, respectivamente.

El valor de PEt es utilizado en la ecuación anterior, es el cálculo para cada mes de cada año del periodo común, esto ha permitido mejorar la generación. El resumen de los parámetros calculados de la regresión múltiple se muestra en el Cuadro N° 25.

**Cuadro N° 25: Resumen de los cálculos de la regresión múltiple**

| PARAMETROS              | MICROCUENCA |
|-------------------------|-------------|
| B1 =                    | 7.319       |
| B2 =                    | 0.299       |
| B3 =                    | 0.475       |
| r =                     | 0.964       |
| S =                     | 8.225       |
| $d = (1-r^2)^{1/2} * S$ | 2.183       |

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro N° 26: Precipitación Efectiva generada PE III y IV (mm) del río Cuyo Grande y Chahuaytire periodo 1971 – 2010**

| N° REGIS        | AÑO  | ENE    | FEB    | MAR    | ABR   | MAY   | JUN    | JUL    | AGO    | SET   | OCT   | NOV    | DIC    | PROM          |
|-----------------|------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|---------------|
| 1               | 1971 | 123.54 | 169.15 | 44.71  | 11.22 | 0.47  | 0.35   | 0.09   | 1.84   | 0.45  | 11.54 | 9.46   | 82.04  | 37.90         |
| 2               | 1972 | 131.33 | 31.32  | 29.03  | 8.04  | 0.69  | 0.00   | 2.17   | 9.15   | 4.97  | 2.39  | 17.95  | 85.15  | 26.85         |
| 3               | 1973 | 197.02 | 106.50 | 90.87  | 58.51 | 5.55  | 0.58   | 3.14   | 4.17   | 4.37  | 11.64 | 39.51  | 67.14  | 49.08         |
| 4               | 1974 | 90.31  | 175.93 | 104.01 | 17.01 | 2.60  | 2.93   | 0.47   | 9.98   | 3.25  | 9.15  | 11.75  | 62.58  | 40.83         |
| 5               | 1975 | 99.05  | 116.15 | 72.70  | 22.17 | 7.64  | 0.81   | 0.00   | 0.69   | 10.90 | 10.38 | 12.06  | 123.81 | 39.70         |
| 6               | 1976 | 121.24 | 56.52  | 100.46 | 17.85 | 5.76  | 3.56   | 0.22   | 1.83   | 10.39 | 4.37  | 11.11  | 31.21  | 30.38         |
| 7               | 1977 | 55.22  | 154.60 | 42.60  | 14.89 | 1.49  | 0.00   | 1.16   | 0.44   | 10.80 | 15.85 | 72.01  | 24.36  | 32.79         |
| 8               | 1978 | 196.45 | 54.43  | 50.03  | 13.53 | 3.14  | 0.00   | 0.57   | 0.00   | 3.96  | 2.93  | 64.86  | 79.86  | 39.15         |
| 9               | 1979 | 128.18 | 104.91 | 105.77 | 10.80 | 3.24  | 0.33   | 1.15   | 2.92   | 3.45  | 5.36  | 52.23  | 58.70  | 39.75         |
| 10              | 1980 | 71.13  | 111.00 | 92.29  | 9.04  | 1.27  | 0.21   | 1.04   | 0.57   | 3.25  | 24.03 | 18.27  | 36.25  | 30.70         |
| 11              | 1981 | 180.23 | 51.04  | 92.69  | 18.37 | 0.58  | 1.16   | 0.57   | 3.35   | 9.46  | 49.03 | 83.52  | 91.59  | 48.47         |
| 12              | 1982 | 176.45 | 57.21  | 122.26 | 25.92 | 0.92  | 2.28   | 1.16   | 2.27   | 6.84  | 18.06 | 105.22 | 55.52  | 47.84         |
| 13              | 1983 | 114.18 | 47.63  | 18.48  | 6.54  | 2.70  | 4.57   | 0.57   | 0.33   | 1.83  | 6.74  | 13.11  | 72.19  | 24.07         |
| 14              | 1984 | 160.08 | 120.34 | 39.10  | 28.31 | 0.10  | 2.06   | 0.22   | 4.07   | 2.83  | 68.84 | 29.24  | 56.42  | 42.63         |
| 15              | 1985 | 87.87  | 96.47  | 56.21  | 11.42 | 4.27  | 3.96   | 0.45   | 0.91   | 8.74  | 19.95 | 85.81  | 97.29  | 39.45         |
| 16              | 1986 | 59.80  | 63.27  | 127.17 | 27.79 | 2.60  | 0.00   | 0.69   | 1.84   | 2.60  | 5.66  | 23.42  | 35.73  | 29.21         |
| 17              | 1987 | 235.09 | 38.18  | 23.93  | 6.05  | 1.16  | 2.70   | 3.66   | 0.00   | 2.49  | 8.54  | 74.40  | 71.79  | 39.00         |
| 18              | 1988 | 154.13 | 77.69  | 166.77 | 29.14 | 1.83  | 0.00   | 0.09   | 0.00   | 3.13  | 7.63  | 12.89  | 102.16 | 46.29         |
| 19              | 1989 | 147.61 | 93.42  | 123.76 | 10.08 | 1.95  | 2.93   | 0.09   | 2.17   | 4.67  | 17.21 | 20.58  | 34.72  | 38.27         |
| 20              | 1990 | 168.03 | 42.40  | 15.42  | 22.89 | 3.04  | 8.04   | 0.34   | 1.73   | 3.65  | 35.42 | 86.44  | 69.46  | 38.07         |
| 21              | 1991 | 59.10  | 151.99 | 63.37  | 10.17 | 3.76  | 3.66   | 0.23   | 0.00   | 5.46  | 20.90 | 54.82  | 78.10  | 37.63         |
| 22              | 1992 | 81.65  | 71.59  | 56.12  | 5.07  | 0.10  | 4.47   | 2.16   | 6.25   | 2.17  | 15.53 | 77.06  | 24.78  | 28.91         |
| 23              | 1993 | 189.16 | 66.55  | 44.42  | 8.44  | 0.91  | 0.10   | 0.82   | 3.66   | 2.92  | 16.05 | 71.93  | 170.14 | 47.92         |
| 24              | 1994 | 155.64 | 158.05 | 170.09 | 15.52 | 3.14  | 0.00   | 0.00   | -0.03  | 5.86  | 13.42 | 11.84  | 108.97 | 53.54         |
| 25              | 1995 | 94.15  | 36.75  | 101.94 | 5.06  | 0.33  | 0.00   | 0.34   | 0.20   | 6.94  | 5.86  | 12.80  | 73.95  | 28.19         |
| 26              | 1996 | 115.97 | 56.81  | 30.80  | 12.58 | 3.35  | 0.00   | 0.00   | 3.76   | 3.96  | 17.43 | 18.37  | 104.38 | 30.62         |
| 27              | 1997 | 92.57  | 87.67  | 101.99 | 9.97  | 1.40  | 0.00   | 0.00   | 3.24   | 4.17  | 8.95  | 127.83 | 113.99 | 45.98         |
| 28              | 1998 | 81.36  | 132.66 | 17.12  | 7.54  | 0.80  | 1.15   | 0.00   | 1.83   | 1.05  | 15.84 | 19.85  | 38.28  | 26.46         |
| 29              | 1999 | 87.13  | 78.99  | 69.64  | 18.79 | 1.61  | 1.16   | 0.69   | 0.10   | 11.32 | 6.24  | 11.86  | 91.62  | 31.60         |
| 30              | 2000 | 191.48 | 95.21  | 85.51  | 3.96  | 0.93  | 2.49   | 1.62   | 1.95   | 3.97  | 14.90 | 9.56   | 54.52  | 38.84         |
| 31              | 2001 | 264.50 | 148.40 | 133.74 | 9.66  | 3.86  | 0.00   | 5.46   | 4.06   | 5.07  | 24.36 | 40.52  | 57.91  | 58.13         |
| 32              | 2002 | 107.61 | 172.38 | 111.78 | 7.14  | 3.35  | 0.79   | 8.24   | 1.26   | 4.27  | 23.41 | 53.63  | 95.84  | 49.14         |
| 33              | 2003 | 153.85 | 124.51 | 136.79 | 19.22 | 1.03  | 2.37   | 0.00   | 4.97   | 2.72  | 6.14  | 7.44   | 102.60 | 46.80         |
| 34              | 2004 | 151.02 | 99.44  | 38.99  | 6.35  | 0.93  | 5.95   | 4.27   | 3.15   | 6.44  | 7.43  | 19.22  | 46.62  | 32.48         |
| 35              | 2005 | 81.30  | 98.99  | 71.81  | 8.95  | 0.93  | 0.09   | 0.22   | 1.50   | 2.28  | 9.26  | 18.68  | 47.73  | 28.48         |
| 36              | 2006 | 177.02 | 92.43  | 98.55  | 13.42 | 0.10  | 2.16   | 0.32   | 2.17   | 3.55  | 26.85 | 27.18  | 94.74  | 44.87         |
| 37              | 2007 | 111.15 | 45.22  | 88.03  | 27.39 | 2.60  | 0.00   | 1.94   | 0.32   | 1.37  | 15.74 | 37.97  | 35.74  | 30.62         |
| 38              | 2008 | 94.35  | 88.31  | 26.75  | 3.15  | 2.93  | 1.84   | 0.34   | 1.95   | 3.55  | 25.51 | 28.00  | 97.04  | 31.14         |
| 39              | 2009 | 77.55  | 72.90  | 29.55  | 7.33  | 1.50  | 0.00   | 0.81   | 0.70   | 3.35  | 4.47  | 87.74  | 58.81  | 28.73         |
| 40              | 2010 | 223.10 | 116.25 | 83.42  | 5.65  | 1.94  | 0.22   | 0.58   | 1.95   | 3.13  | 23.41 | 11.85  | 120.50 | 49.33         |
| N° Datos        |      | 40     | 40     | 40     | 40    | 40    | 40     | 40     | 40     | 40    | 40    | 40     | 40     | 40            |
| Q-MEDIO         |      | 132.16 | 94.08  | 76.97  | 14.37 | 2.16  | 1.57   | 1.15   | 2.28   | 4.64  | 15.91 | 39.80  | 73.86  | <b>458.95</b> |
| Desv. Estandar  |      | 52.13  | 41.02  | 41.47  | 10.29 | 1.68  | 1.92   | 1.69   | 2.30   | 2.80  | 12.82 | 31.98  | 31.77  | 8.58          |
| Coef. Variacion |      | 39.44  | 43.60  | 53.89  | 71.60 | 77.91 | 121.86 | 147.75 | 100.74 | 60.46 | 80.55 | 80.34  | 43.02  | 1.87          |
| Prec. Max.      |      | 264.50 | 175.93 | 170.09 | 58.51 | 7.64  | 8.04   | 8.24   | 9.98   | 11.32 | 68.84 | 127.83 | 170.14 | 58.13         |
| Prec. Min.      |      | 55.22  | 31.32  | 15.42  | 3.15  | 0.10  | 0.00   | 0.00   | -0.03  | 0.45  | 2.39  | 7.44   | 24.36  | 24.07         |

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro N° 27: Caudales medios mensuales generados (mm) del río Cuyo Grande y Chahuaytire periodo 1971 – 2010**

| N° REGI            | AÑO  | ENE    | FEB   | MAR   | ABR   | MAY   | JUN   | JUL   | AGO   | SET   | OCT   | NOV   | DIC   | PROM          |
|--------------------|------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------|
| 1                  | 1971 | 72.47  | 91.33 | 31.44 | 20.30 | 13.16 | 10.13 | 11.48 | 11.61 | 11.74 | 13.61 | 19.46 | 51.41 | 29.84         |
| 2                  | 1972 | 72.99  | 28.75 | 28.47 | 16.53 | 11.62 | 14.41 | 11.36 | 14.34 | 12.09 | 12.44 | 20.51 | 51.77 | 24.61         |
| 3                  | 1973 | 105.81 | 60.95 | 53.39 | 41.81 | 14.89 | 12.45 | 15.76 | 13.14 | 11.45 | 19.46 | 28.10 | 40.53 | 34.81         |
| 4                  | 1974 | 54.18  | 93.49 | 61.67 | 22.80 | 15.07 | 12.19 | 13.76 | 17.73 | 15.19 | 15.02 | 12.70 | 43.32 | 31.43         |
| 5                  | 1975 | 63.01  | 66.65 | 47.40 | 21.87 | 13.97 | 14.10 | 13.48 | 14.37 | 14.38 | 20.62 | 15.94 | 72.36 | 31.51         |
| 6                  | 1976 | 69.77  | 41.17 | 61.86 | 19.71 | 17.00 | 12.81 | 13.83 | 13.44 | 14.24 | 12.37 | 19.98 | 25.71 | 26.82         |
| 7                  | 1977 | 38.91  | 86.04 | 31.61 | 16.41 | 14.46 | 13.21 | 14.99 | 12.63 | 19.83 | 24.44 | 45.25 | 24.96 | 28.56         |
| 8                  | 1978 | 103.29 | 38.63 | 37.18 | 18.47 | 13.62 | 15.54 | 14.66 | 13.05 | 14.12 | 12.11 | 43.67 | 47.24 | 30.97         |
| 9                  | 1979 | 71.53  | 64.54 | 66.35 | 18.14 | 14.19 | 14.44 | 12.85 | 19.41 | 14.70 | 15.00 | 37.51 | 37.43 | 32.17         |
| 10                 | 1980 | 43.07  | 65.48 | 51.92 | 14.90 | 11.47 | 11.98 | 11.74 | 13.23 | 11.81 | 26.78 | 16.11 | 26.94 | 25.45         |
| 11                 | 1981 | 99.46  | 34.00 | 53.92 | 21.12 | 10.64 | 12.54 | 12.26 | 14.13 | 16.30 | 38.22 | 54.65 | 55.51 | 35.23         |
| 12                 | 1982 | 97.39  | 41.25 | 72.93 | 23.77 | 11.82 | 17.55 | 15.49 | 16.76 | 16.15 | 19.16 | 66.65 | 37.47 | 36.37         |
| 13                 | 1983 | 64.68  | 35.90 | 20.37 | 14.40 | 15.76 | 14.03 | 9.89  | 12.59 | 13.47 | 17.05 | 18.38 | 50.70 | 23.93         |
| 14                 | 1984 | 94.60  | 69.22 | 30.73 | 27.38 | 11.76 | 13.87 | 11.11 | 12.70 | 17.48 | 42.51 | 28.31 | 38.88 | 33.21         |
| 15                 | 1985 | 55.99  | 57.17 | 40.96 | 19.44 | 13.28 | 14.83 | 14.73 | 14.70 | 15.02 | 17.99 | 51.35 | 59.69 | 31.26         |
| 16                 | 1986 | 41.53  | 41.11 | 77.51 | 27.94 | 11.33 | 14.25 | 14.41 | 12.33 | 13.14 | 16.36 | 24.66 | 30.46 | 27.09         |
| 17                 | 1987 | 128.12 | 30.32 | 20.76 | 12.74 | 10.31 | 13.99 | 12.89 | 12.67 | 15.23 | 12.51 | 52.22 | 47.16 | 30.74         |
| 18                 | 1988 | 80.11  | 47.40 | 89.49 | 25.78 | 13.15 | 13.03 | 11.82 | 14.15 | 15.79 | 11.19 | 21.22 | 61.19 | 33.69         |
| 19                 | 1989 | 82.17  | 55.50 | 70.87 | 18.45 | 15.43 | 14.33 | 11.93 | 15.03 | 10.14 | 20.28 | 20.48 | 31.44 | 30.50         |
| 20                 | 1990 | 92.01  | 29.13 | 19.56 | 20.29 | 16.36 | 21.92 | 11.79 | 9.55  | 13.11 | 32.08 | 51.08 | 42.69 | 29.97         |
| 21                 | 1991 | 40.75  | 83.32 | 42.58 | 21.27 | 15.24 | 15.88 | 7.01  | 7.08  | 13.35 | 24.82 | 38.40 | 52.91 | 30.22         |
| 22                 | 1992 | 48.76  | 44.73 | 38.21 | 15.15 | 11.61 | 12.44 | 12.33 | 13.67 | 13.23 | 16.35 | 48.33 | 25.50 | 25.03         |
| 23                 | 1993 | 103.27 | 45.11 | 36.00 | 15.05 | 11.86 | 9.62  | 13.30 | 17.58 | 14.74 | 19.94 | 46.27 | 90.56 | 35.28         |
| 24                 | 1994 | 81.34  | 90.51 | 91.06 | 21.86 | 14.52 | 8.71  | 17.58 | 12.73 | 15.99 | 20.36 | 20.63 | 66.43 | 38.48         |
| 25                 | 1995 | 57.20  | 31.95 | 61.11 | 15.46 | 14.44 | 16.25 | 9.20  | 12.00 | 18.02 | 17.14 | 18.80 | 49.95 | 26.79         |
| 26                 | 1996 | 68.29  | 41.51 | 29.03 | 18.45 | 15.95 | 10.44 | 10.85 | 13.68 | 15.09 | 23.92 | 24.59 | 65.56 | 28.11         |
| 27                 | 1997 | 56.12  | 55.36 | 61.51 | 15.48 | 8.27  | 14.40 | 11.39 | 16.04 | 14.90 | 19.95 | 72.87 | 65.48 | 34.31         |
| 28                 | 1998 | 51.68  | 76.45 | 19.01 | 11.96 | 12.51 | 13.95 | 10.18 | 13.82 | 14.80 | 21.63 | 21.37 | 34.00 | 25.11         |
| 29                 | 1999 | 51.96  | 51.40 | 45.58 | 19.06 | 10.89 | 9.45  | 11.09 | 13.32 | 18.55 | 12.09 | 19.60 | 56.34 | 26.61         |
| 30                 | 2000 | 104.41 | 55.88 | 52.17 | 12.70 | 11.65 | 17.83 | 8.80  | 8.60  | 11.23 | 19.40 | 17.71 | 34.94 | 29.61         |
| 31                 | 2001 | 137.09 | 84.56 | 74.47 | 17.81 | 17.85 | 13.44 | 14.58 | 13.78 | 14.88 | 20.79 | 31.03 | 38.05 | 39.86         |
| 32                 | 2002 | 59.74  | 91.52 | 68.30 | 16.97 | 12.13 | 16.58 | 15.01 | 12.87 | 10.65 | 26.05 | 34.25 | 59.80 | 35.32         |
| 33                 | 2003 | 84.66  | 72.74 | 76.79 | 19.65 | 9.05  | 14.11 | 13.40 | 12.72 | 15.95 | 18.95 | 13.33 | 64.89 | 34.69         |
| 34                 | 2004 | 82.63  | 57.66 | 29.50 | 17.06 | 13.06 | 15.45 | 14.39 | 13.68 | 10.69 | 11.39 | 22.71 | 31.80 | 26.67         |
| 35                 | 2005 | 48.62  | 57.14 | 44.70 | 17.94 | 12.40 | 10.05 | 14.66 | 11.63 | 12.12 | 18.46 | 22.30 | 34.67 | 25.39         |
| 36                 | 2006 | 97.44  | 55.16 | 59.32 | 18.34 | 11.37 | 13.34 | 15.92 | 15.16 | 14.12 | 24.24 | 21.94 | 55.81 | 33.51         |
| 37                 | 2007 | 65.13  | 30.87 | 50.79 | 23.17 | 15.39 | 12.53 | 13.42 | 11.14 | 12.80 | 18.67 | 30.54 | 33.32 | 26.48         |
| 38                 | 2008 | 56.50  | 54.22 | 21.35 | 15.68 | 14.86 | 9.79  | 9.69  | 16.01 | 18.03 | 22.41 | 26.69 | 56.38 | 26.80         |
| 39                 | 2009 | 47.89  | 49.29 | 26.69 | 15.43 | 13.76 | 12.19 | 13.15 | 12.47 | 13.94 | 17.11 | 51.36 | 43.08 | 26.36         |
| 40                 | 2010 | 121.90 | 66.92 | 49.05 | 12.70 | 12.55 | 12.69 | 15.56 | 15.11 | 12.38 | 24.19 | 15.68 | 68.12 | 35.57         |
| N° Datos           |      | 40     | 40    | 40    | 40    | 40    | 40    | 40    | 40    | 40    | 40    | 40    | 40    | 40            |
| Q <sub>MEDIO</sub> |      | 74.91  | 56.86 | 48.64 | 19.09 | 13.22 | 13.52 | 12.79 | 13.52 | 14.27 | 19.93 | 31.16 | 47.61 | <b>365.51</b> |
| Desv. Estanda      |      | 25.38  | 19.36 | 19.95 | 5.34  | 2.14  | 2.56  | 2.24  | 2.31  | 2.27  | 6.74  | 15.47 | 15.13 | 4.17          |
| Coef. Variacio     |      | 33.88  | 34.05 | 41.01 | 27.98 | 16.15 | 18.95 | 17.51 | 17.08 | 15.91 | 33.82 | 49.62 | 31.78 | 1.14          |
| Q <sub>MAX</sub>   |      | 137.09 | 93.49 | 91.06 | 41.81 | 17.85 | 21.92 | 17.58 | 19.41 | 19.83 | 42.51 | 72.87 | 90.56 | 39.86         |
| Q <sub>MIN</sub>   |      | 38.91  | 28.75 | 19.01 | 11.96 | 8.27  | 8.71  | 7.01  | 7.08  | 10.14 | 11.19 | 12.70 | 24.96 | 23.93         |

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro N° 28: Caudales medios mensuales generados (m3/s) del río Cuyo Grande y Chahuaytire periodo 1971 – 2010**

| N° REGI            | AÑO  | ENE   | FEB   | MAR   | ABR   | MAY   | JUN   | JUL   | AGO   | SET   | OCT   | NOV   | DIC   | PROM        |
|--------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------|
| 1                  | 1971 | 1.214 | 1.529 | 0.526 | 0.340 | 0.220 | 0.170 | 0.192 | 0.194 | 0.197 | 0.228 | 0.326 | 0.861 | 0.50        |
| 2                  | 1972 | 1.222 | 0.481 | 0.477 | 0.277 | 0.195 | 0.241 | 0.190 | 0.240 | 0.202 | 0.208 | 0.343 | 0.867 | 0.41        |
| 3                  | 1973 | 1.772 | 1.021 | 0.894 | 0.700 | 0.249 | 0.208 | 0.264 | 0.220 | 0.192 | 0.326 | 0.471 | 0.679 | 0.58        |
| 4                  | 1974 | 0.907 | 1.565 | 1.033 | 0.382 | 0.252 | 0.204 | 0.230 | 0.297 | 0.254 | 0.252 | 0.213 | 0.725 | 0.53        |
| 5                  | 1975 | 1.055 | 1.116 | 0.794 | 0.366 | 0.234 | 0.236 | 0.226 | 0.241 | 0.241 | 0.345 | 0.267 | 1.212 | 0.53        |
| 6                  | 1976 | 1.168 | 0.689 | 1.036 | 0.330 | 0.285 | 0.214 | 0.232 | 0.225 | 0.239 | 0.207 | 0.335 | 0.431 | 0.45        |
| 7                  | 1977 | 0.652 | 1.441 | 0.529 | 0.275 | 0.242 | 0.221 | 0.251 | 0.211 | 0.332 | 0.409 | 0.758 | 0.418 | 0.48        |
| 8                  | 1978 | 1.730 | 0.647 | 0.623 | 0.309 | 0.228 | 0.260 | 0.246 | 0.219 | 0.236 | 0.203 | 0.731 | 0.791 | 0.52        |
| 9                  | 1979 | 1.198 | 1.081 | 1.111 | 0.304 | 0.238 | 0.242 | 0.215 | 0.325 | 0.246 | 0.251 | 0.628 | 0.627 | 0.54        |
| 10                 | 1980 | 0.721 | 1.097 | 0.869 | 0.250 | 0.192 | 0.201 | 0.197 | 0.222 | 0.198 | 0.449 | 0.270 | 0.451 | 0.43        |
| 11                 | 1981 | 1.665 | 0.569 | 0.903 | 0.354 | 0.178 | 0.210 | 0.205 | 0.237 | 0.273 | 0.640 | 0.915 | 0.930 | 0.59        |
| 12                 | 1982 | 1.631 | 0.691 | 1.221 | 0.398 | 0.198 | 0.294 | 0.259 | 0.281 | 0.270 | 0.321 | 1.116 | 0.627 | 0.61        |
| 13                 | 1983 | 1.083 | 0.601 | 0.341 | 0.241 | 0.264 | 0.235 | 0.166 | 0.211 | 0.226 | 0.285 | 0.308 | 0.849 | 0.40        |
| 14                 | 1984 | 1.584 | 1.159 | 0.515 | 0.459 | 0.197 | 0.232 | 0.186 | 0.213 | 0.293 | 0.712 | 0.474 | 0.651 | 0.56        |
| 15                 | 1985 | 0.938 | 0.957 | 0.686 | 0.326 | 0.222 | 0.248 | 0.247 | 0.246 | 0.252 | 0.301 | 0.860 | 0.999 | 0.52        |
| 16                 | 1986 | 0.695 | 0.688 | 1.298 | 0.468 | 0.190 | 0.239 | 0.241 | 0.206 | 0.220 | 0.274 | 0.413 | 0.510 | 0.45        |
| 17                 | 1987 | 2.145 | 0.508 | 0.348 | 0.213 | 0.173 | 0.234 | 0.216 | 0.212 | 0.255 | 0.210 | 0.874 | 0.790 | 0.51        |
| 18                 | 1988 | 1.341 | 0.794 | 1.499 | 0.432 | 0.220 | 0.218 | 0.198 | 0.237 | 0.264 | 0.187 | 0.355 | 1.025 | 0.56        |
| 19                 | 1989 | 1.376 | 0.929 | 1.187 | 0.309 | 0.258 | 0.240 | 0.200 | 0.252 | 0.170 | 0.340 | 0.343 | 0.527 | 0.51        |
| 20                 | 1990 | 1.541 | 0.488 | 0.328 | 0.340 | 0.274 | 0.367 | 0.198 | 0.160 | 0.220 | 0.537 | 0.855 | 0.715 | 0.50        |
| 21                 | 1991 | 0.682 | 1.395 | 0.713 | 0.356 | 0.255 | 0.266 | 0.117 | 0.118 | 0.224 | 0.416 | 0.643 | 0.886 | 0.51        |
| 22                 | 1992 | 0.817 | 0.749 | 0.640 | 0.254 | 0.194 | 0.208 | 0.206 | 0.229 | 0.222 | 0.274 | 0.809 | 0.427 | 0.42        |
| 23                 | 1993 | 1.729 | 0.755 | 0.603 | 0.252 | 0.199 | 0.161 | 0.223 | 0.294 | 0.247 | 0.334 | 0.775 | 1.517 | 0.59        |
| 24                 | 1994 | 1.362 | 1.516 | 1.525 | 0.366 | 0.243 | 0.146 | 0.294 | 0.213 | 0.268 | 0.341 | 0.345 | 1.112 | 0.64        |
| 25                 | 1995 | 0.958 | 0.535 | 1.023 | 0.259 | 0.242 | 0.272 | 0.154 | 0.201 | 0.302 | 0.287 | 0.315 | 0.836 | 0.45        |
| 26                 | 1996 | 1.144 | 0.695 | 0.486 | 0.309 | 0.267 | 0.175 | 0.182 | 0.229 | 0.253 | 0.401 | 0.412 | 1.098 | 0.47        |
| 27                 | 1997 | 0.940 | 0.927 | 1.030 | 0.259 | 0.138 | 0.241 | 0.191 | 0.269 | 0.250 | 0.334 | 1.220 | 1.096 | 0.57        |
| 28                 | 1998 | 0.865 | 1.280 | 0.318 | 0.200 | 0.209 | 0.234 | 0.170 | 0.231 | 0.248 | 0.362 | 0.358 | 0.569 | 0.42        |
| 29                 | 1999 | 0.870 | 0.861 | 0.763 | 0.319 | 0.182 | 0.158 | 0.186 | 0.223 | 0.311 | 0.202 | 0.328 | 0.943 | 0.45        |
| 30                 | 2000 | 1.748 | 0.936 | 0.874 | 0.213 | 0.195 | 0.299 | 0.147 | 0.144 | 0.188 | 0.325 | 0.296 | 0.585 | 0.50        |
| 31                 | 2001 | 2.296 | 1.416 | 1.247 | 0.298 | 0.299 | 0.225 | 0.244 | 0.231 | 0.249 | 0.348 | 0.520 | 0.637 | 0.67        |
| 32                 | 2002 | 1.000 | 1.533 | 1.144 | 0.284 | 0.203 | 0.278 | 0.251 | 0.216 | 0.178 | 0.436 | 0.573 | 1.001 | 0.59        |
| 33                 | 2003 | 1.418 | 1.218 | 1.286 | 0.329 | 0.151 | 0.236 | 0.224 | 0.213 | 0.267 | 0.317 | 0.223 | 1.087 | 0.58        |
| 34                 | 2004 | 1.384 | 0.966 | 0.494 | 0.286 | 0.219 | 0.259 | 0.241 | 0.229 | 0.179 | 0.191 | 0.380 | 0.533 | 0.45        |
| 35                 | 2005 | 0.814 | 0.957 | 0.749 | 0.300 | 0.208 | 0.168 | 0.246 | 0.195 | 0.203 | 0.309 | 0.373 | 0.581 | 0.43        |
| 36                 | 2006 | 1.632 | 0.924 | 0.993 | 0.307 | 0.190 | 0.223 | 0.267 | 0.254 | 0.237 | 0.406 | 0.367 | 0.935 | 0.56        |
| 37                 | 2007 | 1.091 | 0.517 | 0.851 | 0.388 | 0.258 | 0.210 | 0.225 | 0.187 | 0.214 | 0.313 | 0.511 | 0.558 | 0.44        |
| 38                 | 2008 | 0.946 | 0.908 | 0.358 | 0.263 | 0.249 | 0.164 | 0.162 | 0.268 | 0.302 | 0.375 | 0.447 | 0.944 | 0.45        |
| 39                 | 2009 | 0.802 | 0.825 | 0.447 | 0.258 | 0.230 | 0.204 | 0.220 | 0.209 | 0.234 | 0.287 | 0.860 | 0.721 | 0.44        |
| 40                 | 2010 | 2.041 | 1.121 | 0.821 | 0.213 | 0.210 | 0.213 | 0.261 | 0.253 | 0.207 | 0.405 | 0.263 | 1.141 | 0.60        |
| N° Datos           |      | 40    | 40    | 40    | 40    | 40    | 40    | 40    | 40    | 40    | 40    | 40    | 40    | 40          |
| Q <sub>MEDIO</sub> |      | 1.25  | 0.95  | 0.81  | 0.32  | 0.22  | 0.23  | 0.21  | 0.23  | 0.24  | 0.33  | 0.52  | 0.80  | <b>6.12</b> |
| Desv. Estandar     |      | 0.43  | 0.32  | 0.33  | 0.09  | 0.04  | 0.04  | 0.04  | 0.04  | 0.04  | 0.11  | 0.26  | 0.25  | 0.07        |
| Coef. Variacion    |      | 33.88 | 34.05 | 41.01 | 27.98 | 16.15 | 18.95 | 17.51 | 17.08 | 15.91 | 33.82 | 49.62 | 31.78 | 1.14        |
| Q <sub>MAX</sub>   |      | 2.30  | 1.57  | 1.52  | 0.70  | 0.30  | 0.37  | 0.29  | 0.33  | 0.33  | 0.71  | 1.22  | 1.52  | 0.67        |
| Q <sub>MIN</sub>   |      | 0.65  | 0.48  | 0.32  | 0.20  | 0.14  | 0.15  | 0.12  | 0.12  | 0.17  | 0.19  | 0.21  | 0.42  | 0.40        |

Fuente: Elaboración propia

**DISPONIBILIDAD HÍDRICA**

Con las series de volúmenes generados en el punto de interés, ha sido posible determinar la disponibilidad hídrica no regulada del sistema hidráulico, que será la oferta hídrica.

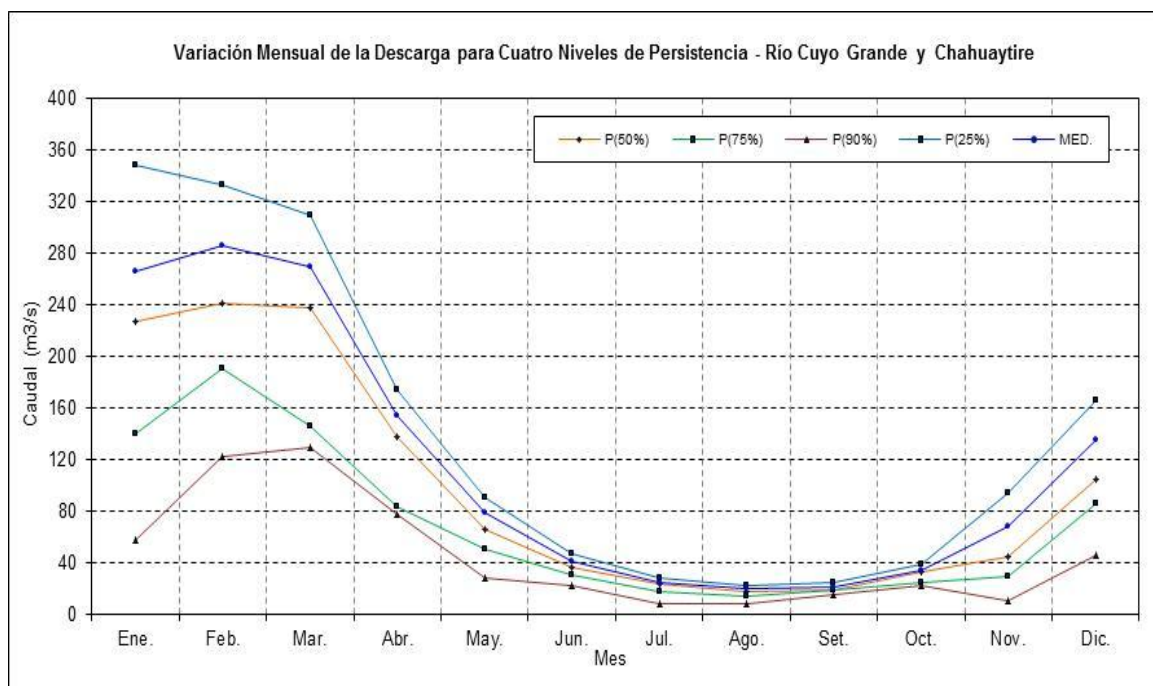
Para el cálculo de la disponibilidad hídrica del río Cuyo Grande y Chahuaytire, se ha utilizado el método de Weibull, que se ha aplicado a los caudales medios mensuales generados, y se ha seleccionado los caudales mensuales con una persistencia del 75%, estos caudales calculados se muestra en el Cuadro N° 29 y Gráfico N° 14.

**Cuadro N° 29: Caudales medios mensuales generados a distintos niveles de persistencia (m3/s)**

| Mes    | Ene.  | Feb.  | Mar.  | Abr.  | May.  | Jun.  | Jul.  | Ago.  | Set.  | Oct.  | Nov.  | Dic.  | Total |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Días   | 31    | 28    | 31    | 30    | 31    | 30    | 31    | 31    | 30    | 31    | 30    | 31    | 365   |
| P(25%) | 0.957 | 0.965 | 0.878 | 0.276 | 0.189 | 0.203 | 0.199 | 0.225 | 0.217 | 0.496 | 0.431 | 0.571 | 5.606 |
| P(50%) | 1.112 | 0.942 | 0.520 | 0.348 | 0.265 | 0.317 | 0.157 | 0.139 | 0.222 | 0.476 | 0.749 | 0.800 | 6.047 |
| P(75%) | 2.159 | 1.296 | 1.154 | 0.277 | 0.273 | 0.243 | 0.220 | 0.209 | 0.234 | 0.342 | 0.464 | 0.624 | 7.495 |
| P(90%) | 1.145 | 0.558 | 0.865 | 0.380 | 0.251 | 0.211 | 0.229 | 0.193 | 0.217 | 0.322 | 0.497 | 0.596 | 5.463 |
| MED.   | 1.254 | 0.952 | 0.815 | 0.320 | 0.221 | 0.226 | 0.214 | 0.226 | 0.239 | 0.334 | 0.522 | 0.797 | 6.121 |

Fuente: Elaboración propia

**Gráfico N° 14: Disponibilidad hídrica a distintos niveles de persistencia**



Fuente: Elaboración propia

**Cuadro N° 30: Caudales medios mensuales generados al 75% de persistencia.**

| Microcuenca               | Und    | Caudales generados al 75% de persistencia |            |            |           |           |           |           |           |           |           |            |            | Total              |
|---------------------------|--------|---|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|--------------------|
|                           |        | Ene                                       | Feb        | Mar        | Abr       | May       | Jun       | Jul       | Ago       | Sep       | Oct       | Nov        | Dic        |                    |
| Nº de Días del Mes        | días   | 31  | 28         | 31         | 30        | 31        | 30        | 31        | 31        | 30        | 31        | 30         | 31         |                    |
| CUYO GRANDE Y CHAHUAYTIRE | m3/s   | 2.159                                     | 1.296      | 1.154      | 0.277     | 0.273     | 0.243     | 0.220     | 0.209     | 0.234     | 0.342     | 0.464      | 0.624      | 7.495              |
|                           | m3/mes | 5782160.96                                | 3135195.91 | 3090003.27 | 717637.55 | 731187.26 | 630984.80 | 589173.47 | 559975.29 | 606272.98 | 916951.58 | 1202228.61 | 1671811.40 | <b>19633583.09</b> |

Fuente: Elaboración propia

Como resultado del análisis de las descargas del río Cuyo Grande y Chahuaytire, correspondiente al período 1971 – 2010, se estableció lo siguiente:

Las descargas medias mensuales varían de 0.209 m3/s en el mes de agosto (el más bajo) a 2.159 m3/s en enero (el más alto), respectivamente. La descarga total anual al 75 % de persistencia es de 7.49 m3/s.

Las descargas medias mensuales varían de 559,957.29 m3/mes en el mes de agosto (el más bajo) a 5,782,160.96 m3/mes en enero (el más alto), respectivamente. La descarga total anual al 75 % de persistencia es de **19,633,583.09** m3/añal.

#### 4.2.2. CÁLCULO DE LA DEMANDA DEL RECURSO HÍDRICO

##### ❖ DEMANDA HIDRICA POBLACIONAL:

##### MÉTODO RACIONAL.

En este caso para determinar la población, se realiza un estudio socioeconómico del lugar que está en función de los nacimientos, defunciones, inmigraciones, emigraciones.

El método más utilizado para el cálculo de la población futura en las zonas rurales es el analítico y con más frecuencia el de crecimiento aritmético. Este método se utiliza para el cálculo de poblaciones bajo la consideración de que estas van cambiando en la forma de una progresión aritmética y que se encuentran cerca del límite de saturación.

La fórmula de crecimiento aritmético es:

Donde:

Pf = Población futura.

Pa = Población actual.

r = Coeficiente de crecimiento anual por 1000 habitantes.

t = Tiempo en años

$$Pf = Pa \left( 1 + \frac{rt}{1000} \right)$$

**Cuadro N° 31: Tasa de crecimiento poblacional para Cusco rural.**

| años            | r           |
|-----------------|-------------|
| 1940-1961       | 0,7         |
| 1961-1972       | 1.4         |
| 1972-1981       | 1.7         |
| 1981-1993       | 1.7         |
| 1993-2005       | 1.3         |
| <b>Promedio</b> | <b>1.36</b> |

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática-INEI (www.inei.gob.pe) Junio 2006.

Reemplazando:

$$Pf = (X)$$

Pa = 1690 hab. Censo del 2007.

r = Coeficiente de crecimiento anual por 1000 habitantes.

t = 20 años

$$Pf = 1690 \left( 1 + \frac{1.36 * 20}{1000} \right)$$

$$Pf = 1736 \text{ Hab.}$$

**Dotación de agua:**

Dotación de agua por persona al día 25 litros.

Fuente: Manual de procedimientos técnicos en saneamiento serie 4 MINSA pág. 17

**Cuadro N° 32: Consumo de agua anual poblacional actual**

| MICROCUENCA               | CONSUMO      | POBLACION | CONSUMO   |          |
|---------------------------|--------------|-----------|-----------|----------|
|                           | (lt/per/dia) | 2007      | (lit/dia) | (m3/año) |
| CUYO GRANDE Y CHAHUAYTIRE | 25           | 1690      | 42250.00  | 15421.25 |

Fuente: Elaboración propia

La demanda actual de agua para uso poblacional es de **15,421.25** m3/año respectivamente.

**Cuadro N° 33: Consumo de agua anual poblacional futura**

| MICROCUENCA               | CONSUMO      | POBLACION | CONSUMO   |          |
|---------------------------|--------------|-----------|-----------|----------|
|                           | (lt/per/dia) | 2027      | (lit/dia) | (m3/año) |
| CUYO GRANDE Y CHAHUAYTIRE | 25           | 1736      | 43400.00  | 15841.00 |

Fuente: Elaboración propia

La demanda futura de agua para uso poblacional es de **15,841.00** m3/año respectivamente.



❖ **DEMANDA HIDRICA PECUARIA:**

De acuerdo al censo pecuario del 2009 (Diagnostico de Recursos Naturales Municipalidad de Pisac y San Salvador), para los poblados ubicados dentro de la microcuenca muestra la población pecuaria siguiente:

**Cuadro N° 34: Total de la población pecuaria**

| Microcuenca               | Población Animal (unid) |        |        |          |           |        | TOTAL (unid) |
|---------------------------|-------------------------|--------|--------|----------|-----------|--------|--------------|
|                           | Vacunos                 | Ovinos | Burros | Caballos | Camélidos | Cerdos |              |
| CUYO GRANDE Y CHAHUAYTIRE | 160.0                   | 332.0  | 44.0   | 84.0     | 344.0     | 268.0  | 1232.0       |

Fuente:Censo pecuario del 2009. (Diagnóstico de Recursos Naturales Municipalidad de Pisac y San Salvador).

**Cuadro N° 35: Consumo per-cápita por especie animal**

|                                 | Vacunos | Ovinos | Burros | Caballos | Camélidos | Cerdos |
|---------------------------------|---------|--------|--------|----------|-----------|--------|
| <b>Consumo (lit/animal/dia)</b> | 45.0    | 8.0    | 30.0   | 40.0     | 35.0      | 6.0    |

Fuente: Manual de procedimientos técnicos en saneamiento.

Obteniéndose la demanda de agua bruta de agua por especie animal, tal como se ve en el cuadro siguiente:

**Cuadro N° 36: Consumo de agua anual pecuaria**

| Microcuenca               | Consumo (lit/animal/dia) |        |        |          |           |        | TOTAL     |          |
|---------------------------|--------------------------|--------|--------|----------|-----------|--------|-----------|----------|
|                           | Vacunos                  | Ovinos | Burros | Caballos | Camélidos | Cerdos | (lit/dia) | (m3/año) |
| CUYO GRANDE Y CHAHUAYTIRE | 7200                     | 2656   | 1320   | 3360     | 12040     | 1608   | 28,184.00 | 10287.16 |

Fuente: Elaboración propia

La demanda de agua para uso pecuario es de **10,287.16** m3/año respectivamente.

❖ **DEMANDA HIDRICA AGRICOLA**

El área de producción agrícola se encuentra principalmente en las zonas medias y bajas de la microcuenca con restricciones por clima y suelo en las partes altas, cuyos cultivos predominantes en esta zona son el maíz, la Papa, la Habas, la Cebada, entre otros; las condiciones agro climáticas de la zona, favorecen una agricultura intensiva bajo riego así como en secano.

**Cuadro N° 37: Cedula de cultivo**

| CULTIVO                 | AREA (Has)   | %             | ENE          | FEB          | MAR          | ABR          | MAY         | JUN         | JUL         | AGO          | SEP          | OCT          | NOV          | DIC          |
|-------------------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Papa dulce              | 9.64         | 15.0%         | 9.64         | 9.64         | 9.64         | 9.64         |             |             |             |              | 9.64         | 9.64         | 9.64         | 9.64         |
| Quinua                  | 2.57         | 4.0%          | 2.57         | 2.57         | 2.57         | 2.57         |             |             |             |              |              | 2.57         | 2.57         | 2.57         |
| Maíz                    | 12.86        | 20.0%         | 12.86        | 12.86        | 12.86        | 12.86        |             |             |             | 12.86        | 12.86        | 12.86        | 12.86        | 12.86        |
| Haba                    | 7.71         | 12.0%         | 7.71         | 7.71         | 7.71         | 7.71         |             |             |             |              |              |              | 7.71         | 7.71         |
| Cebada grano            | 6.43         | 10.0%         | 6.43         | 6.43         | 6.43         | 6.43         |             |             |             |              | 6.43         | 6.43         | 6.43         | 6.43         |
| Trigo                   | 1.93         | 3.0%          | 1.93         | 1.93         | 1.93         | 1.93         |             |             |             |              |              |              | 1.93         | 1.93         |
| Tarwi                   | 1.93         | 3.0%          | 1.93         | 1.93         | 1.93         | 1.93         |             |             |             |              |              | 1.93         | 1.93         | 1.93         |
| Arveja                  | 1.93         | 3.0%          | 1.93         | 1.93         | 1.93         | 1.93         |             |             |             |              |              |              | 1.93         | 1.93         |
| Tubérculos nativos      | 5.14         | 8.0%          | 5.14         | 5.14         | 5.14         | 5.14         |             |             |             |              |              | 5.14         | 5.14         | 5.14         |
| Hortalizas              | 2.57         | 4.0%          | 2.57         | 2.57         | 2.57         |              |             |             |             |              |              |              | 2.57         | 2.57         |
| Avena grano             | 5.14         | 8.0%          | 5.14         | 5.14         | 5.14         | 5.14         |             |             |             |              |              | 5.14         | 5.14         | 5.14         |
| Cebada forrajera        | 6.43         | 10.0%         | 6.43         | 6.43         | 6.43         | 6.43         |             |             |             |              |              |              | 6.43         | 6.43         |
| <b>AREA TOTAL (Has)</b> | <b>64.29</b> | <b>100.0%</b> | <b>64.29</b> | <b>64.29</b> | <b>64.29</b> | <b>61.72</b> | <b>0.00</b> | <b>0.00</b> | <b>0.00</b> | <b>12.86</b> | <b>28.93</b> | <b>43.72</b> | <b>64.29</b> | <b>64.29</b> |

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro N° 38: Calculo del Kc ponderado**

| CULTIVO                 | AREA (Has)   | %             | ENE          | FEB          | MAR          | ABR          | MAY         | JUN         | JUL         | AGO          | SEP          | OCT          | NOV          | DIC          |
|-------------------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Papa dulce              | 9.64         | 15.0%         | 0.99         | 0.94         | 0.74         | 0.29         |             |             |             |              | 1.00         | 0.59         | 0.85         | 0.97         |
| Quinua                  | 2.57         | 4.0%          | 0.99         | 0.94         | 0.74         | 0.29         |             |             |             |              |              | 0.24         | 0.65         | 0.90         |
| Maíz                    | 12.86        | 20.0%         | 1.00         | 0.94         | 0.76         | 0.32         |             |             |             | 1.00         | 0.54         | 0.79         | 0.94         | 0.99         |
| Haba                    | 7.71         | 12.0%         | 0.93         | 0.97         | 0.80         | 0.33         |             |             |             |              |              |              | 0.27         | 0.70         |
| Cebada grano            | 6.43         | 10.0%         | 0.72         | 0.85         | 0.83         | 0.38         |             |             |             | 0.80         | 0.25         | 0.41         | 0.57         |              |
| Trigo                   | 1.93         | 3.0%          | 0.53         | 0.75         | 0.84         | 0.42         |             |             |             |              |              |              | 0.50         | 0.31         |
| Tarwi                   | 1.93         | 3.0%          | 0.99         | 0.94         | 0.74         | 0.29         |             |             |             |              |              | 0.90         | 0.65         | 0.90         |
| Arveja                  | 1.93         | 3.0%          | 0.93         | 0.97         | 0.80         | 0.33         |             |             |             |              |              |              | 0.90         | 0.70         |
| Tubérculos nativos      | 5.14         | 8.0%          | 0.99         | 0.85         | 0.84         | 0.33         |             |             |             |              |              | 0.60         | 0.85         | 0.70         |
| Hortalizas              | 2.57         | 4.0%          | 0.80         | 0.53         | 0.23         |              |             |             |             |              |              |              | 0.40         | 0.48         |
| Avena grano             | 5.14         | 8.0%          | 0.99         | 0.94         | 0.74         | 0.29         |             |             |             |              |              | 0.80         | 0.65         | 0.90         |
| Cebada forrajera        | 6.43         | 10.0%         | 0.90         | 0.90         | 0.90         | 0.90         |             |             |             |              |              |              | 0.90         | 0.90         |
| <b>Kc Ponderado</b>     |              |               | <b>0.93</b>  | <b>0.90</b>  | <b>0.77</b>  | <b>0.38</b>  | <b>0.00</b> | <b>0.00</b> | <b>0.00</b> | <b>1.00</b>  | <b>0.75</b>  | <b>0.62</b>  | <b>0.70</b>  | <b>0.82</b>  |
| <b>AREA TOTAL (Has)</b> | <b>64.29</b> | <b>100.0%</b> | <b>64.29</b> | <b>64.29</b> | <b>64.29</b> | <b>61.72</b> | <b>0.00</b> | <b>0.00</b> | <b>0.00</b> | <b>12.86</b> | <b>28.93</b> | <b>43.72</b> | <b>64.29</b> | <b>64.29</b> |

Fuente: Elaboración propia.

### Cuadro N° 39: Calculo de la demanda hídrica

| Referencia  | Und    | Meses    |          |          |          |          |          |       |          |           |           |           |           |              |
|---|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|
|   |        | Ene      | Feb      | Mar      | Abr      | May      | Jun      | Jul   | Ago      | Sep       | Oct       | Nov       | Dic       |              |
| Evapotranspiración Potencial del Cultivo ( Etp )    | mm     | 116.49   | 90.08    | 93.90    | 85.23    | 78.64    | 67.92    | 72.20 | 84.36    | 96.42     | 114.06    | 117.51    | 115.35    |              |
| Factor Kc Ponderado ( Kc Ponderado )                |        | 0.86     | 0.87     | 0.76     | 0.44     | 1.00     | 0.80     | 0.00  | 1.00     | 0.75      | 0.62      | 0.69      | 0.84      |              |
| Evapotrans Real del Cultivo ó Uso Consumtivo ( UC ) | mm     | 100.46   | 78.75    | 71.12    | 37.32    | 78.64    | 54.34    | 0.00  | 84.36    | 72.42     | 70.74     | 81.03     | 96.78     |              |
| Precipitación Total Mensual al 75%                  | mm/mes | 146.18   | 114.22   | 99.90    | 35.03    | 3.14     | 0.25     | 0.86  | 1.87     | 10.75     | 34.31     | 53.84     | 111.71    |              |
| Precipitación Efectiva ( P. Efec )                  | mm/mes | 91.94    | 66.37    | 54.92    | 11.02    | 0.00     | 0.00     | 0.00  | 0.00     | 0.00      | 10.58     | 22.30     | 64.37     |              |
| Da pl ( ETR-PE )                                    | mm/ha  | 8.51     | 12.37    | 16.20    | 26.30    | 78.64    | 54.34    | 0.00  | 84.36    | 72.42     | 60.15     | 58.73     | 32.41     |              |
| Da planta por ha ( Da pl*10)/Er                     | m³/ha  | 85.15    | 123.74   | 161.99   | 262.97   | 786.44   | 543.36   | 0.00  | 843.62   | 724.20    | 601.53    | 587.26    | 324.07    |              |
| Eficiencia de Riego por Gravedad                    | %      | 0.40     | 0.40     | 0.40     | 0.40     | 0.40     | 0.40     | 0.40  | 0.40     | 0.40      | 0.40      | 0.40      | 0.40      |              |
| Horas de Riego ( N° horas riego )                   | hr     | 12.00    | 12.00    | 12.00    | 12.00    | 12.00    | 12.00    | 12.00 | 12.00    | 12.00     | 12.00     | 12.00     | 12.00     |              |
| Nº de Días del Mes                                  | días   | 31.00    | 28.00    | 31.00    | 30.00    | 31.00    | 30.00    | 31.00 | 31.00    | 30.00     | 31.00     | 30.00     | 31.00     |              |
| Módulo de Riego ( MR - 12 horas )                   | l/s/ha | 0.16     | 0.26     | 0.30     | 0.51     | 1.47     | 1.05     | 0.00  | 1.57     | 1.40      | 1.12      | 1.13      | 0.60      |              |
| Área Total de la Parcela ( Area Total )             | ha     | 64.29    | 64.29    | 64.29    | 61.72    | 5.14     | 5.14     | 0.00  | 12.86    | 28.93     | 38.57     | 59.15     | 64.29     | <b>Total</b> |
| Caudal Demandado ( Q dem - 12 horas )               | m³/s   | 0.01     | 0.02     | 0.02     | 0.03     | 0.01     | 0.01     | 0.00  | 0.02     | 0.04      | 0.04      | 0.07      | 0.04      | 0.30         |
| Volumen Demandado ( V dem - 12 horas )              | MMC    | 0.03     | 0.04     | 0.05     | 0.08     | 0.02     | 0.01     | 0.00  | 0.05     | 0.10      | 0.12      | 0.17      | 0.10      | 0.79         |
| Volumen Demandado ( V dem - 12 horas )              | m³/mes | 27371.44 | 39777.37 | 52071.44 | 81151.44 | 20224.12 | 13973.03 | 0.00  | 54236.44 | 104756.82 | 116017.14 | 173671.72 | 104171.44 | 787422.39    |

Fuente: Elaboración propia

La demanda de agua para uso agrícola es de **787,422.39** m3/año respectivamente.

### Volumen de agua demandado actual en la microcuenca

El volumen de agua demandado sobre la microcuenca es de: **813,130.798 m3/año**

Considerando la oferta hídrica que se tiene en la microcuenca, la demanda está por debajo de esta.

Sin embargo ahora es necesario cuantificar la demanda que se tendrá en los próximos años y se debe tomar en cuenta que, la cantidad de agua que se debe suministrar diariamente por persona es la misma que se utilizó en los parámetros calculados anteriormente. Para la

estimación de la demanda de agua futura, para el año 2027 será de **813,550.548 m<sup>3</sup>/año** de agua lo que representa un aumento de 419.750m<sup>3</sup>/año.

### **4.3. VALORACION ECONOMICA DEL RECURSO HIDRICO**

#### **4.3.1. Costo de oportunidad**

El costo de oportunidad se deriva de la comparación de precios de mercado de la actividad productiva más redituable que se efectúa en el lugar en que se encuentra el recurso natural que se quiere valorar.

En el caso de este estudio se requiere dar un valor a los bosques de la microcuenca del río Cuyo Grande y Chahuaytire en función de la producción de agua, para lo cual sabemos que dentro de esta microcuenca las dos actividades productivas presentes son la agricultura y la extracción de madera, pero la primera a consideración de los pobladores del lugar, no es una fuente de ingresos considerable.

Por consiguiente, para obtener el valor del costo de oportunidad de la microcuenca en estudio, se consideró la extracción de madera como la actividad más redituable. Como ya se ha mencionado. Las especies maderables que son aprovechadas en la región son dos: Eucalipto y Pino. Los costos para el género Pinus es de S/. 10.00 como leña por arroba y para el género Eucalipto es de S/. 15.00 por puntal.

A partir de la información anterior, tenemos que el ingreso anual por km<sup>2</sup> de extracción de madera de pino es de S/. 1,111,110.00 (Ver Anexo N° 04) y de eucalipto es de S/. 2,500,005.00 (Ver Anexo N° 04) con un promedio entre los dos géneros de S/. 1,805,557.50

El costo de oportunidad es de: **S/. 1,805,557.50/km<sup>2</sup>.**

#### **4.3.2. Valor de la captación hídrica del bosque**

El valor del bosque por concepto de la captación hídrica se basa en el supuesto de que el valor más aproximado de este servicio es de al menos el 50% del valor de la actividad económica más redituable llevada a cabo en esta misma área y el otro 50% para las otras funciones del bosque (belleza escénica, la captura de CO<sub>2</sub>, recreación, mantenimiento de la biodiversidad, etc); es decir con base al costo de oportunidad. Dado que en la zona las actividades forestales es la que genera mayor ingreso esta es la que se ha considerado para calcular el valor de la captación hídrica del bosque.

Las especies forestales que se extraen principalmente son: eucalipto y pino, siendo en mayor superficie las áreas más forestadas el eucalipto los cuales se comercializan como puntales muy requerido por la gran demanda de proyectos productivos y minería, etc. Sin embargo la obtención de leña para el uso doméstico lo tiene a partir del pino y especies nativas.

El valor de la productividad hídrica del bosque dentro de la microcuenca, se encuentra definida por la cobertura vegetal y la cantidad de agua que los bosques del lugar logran captar según su superficie.

$$V_c = \alpha_i * \beta_i * Ab_i$$

Dónde:

$V_c$  = Valor de captación hídrica del bosque (S/. /km<sup>2</sup>)

$\alpha_i$  = Proporción del costo de oportunidad en función de recurso hídrico (%)

$\beta_i$  = Costo de oportunidad de las actividad forestal (S/. /km<sup>2</sup>/año)

$Ab_i$  = Área boscosa en la microcuenca (km<sup>2</sup>).

Reemplazando:

$$V_c = 0.5 * 1805557.50 * 5.93$$

$$V_c = 5353477.988$$

El valor de la captación hídrica del bosque es de: **S/. 5, 353,477.988/km<sup>2</sup>**

Para dar un valor específico para la microcuenca se considera su superficie y se tiene:

$$V_c = \frac{S/. 5353477.988}{44.8518\text{km}^2}$$

$$V_c = 119359.2674$$

Por lo tanto el valor de la captación hídrica de la microcuenca en estudio es de:  
**S/. 119,359.2674/km<sup>2</sup>.**

#### 4.3.3. Valor de protección y recuperación de la microcuenca

El valor de protección y recuperación, representa el costo al cual ascenderían las actividades que se llevaran a cabo dentro de la microcuenca con el fin de recuperarla, protegerla y mantenerla en las condiciones idóneas para seguir percibiendo los beneficios hidrológicos. Algunas de estas labores son: reforestaciones (para ayudar la sucesión ecológica), construcción de terrazas (estabilización de suelo), construcción de zanjas, entre otras.

Es necesario que dentro del valor de protección y captación se incluyan los referentes a los gastos por concepto del pago de honorarios, administrativos, infraestructura y otros gastos como los incentivos para la protección de los ecosistemas boscosos. Se tiene que el costo aproximado para la protección de la microcuenca es:

$$V_p = \frac{\beta * C_{pm}}{A}$$

Dónde:

$V_p$  = Valor de protección de (S/. /km<sup>2</sup>).

$\beta$  = Coeficiente de nivel de importancia.

$C_{pm}$  = Costo de protección de la microcuenca.

A = Área de la microcuenca

#### 4.3.3.1. Actividad de Reforestación

Para la implementación de las acciones de reforestación para la recarga de acuíferos, etc. de la microcuenca se ha realizado las siguientes actividades:

##### a) Instalación del Vivero

Se considera todo un proceso de acondicionamiento, desde la elección del terreno hasta la construcción de camas de repique y la provisión de materiales e insumos necesarios para la etapa de producción de plántones. Ver Anexo N° 04.

**Cuadro N° 40: Capacidad de producción de los viveros por año**

| MICROCUECA              | CAPACIDAD DE PRODUCCION |          | REQUERIMIENTO DE PLANTONES | SUPERFICIE DE PLANTACION (Há.) |
|-------------------------|-------------------------|----------|----------------------------|--------------------------------|
|                         | N° PLANT.               | N° CAMAS |                            |                                |
| Cuyo Grande-Chahuaytire | 95000                   | 53       | 95000                      | 84.8                           |

Fuente: Perfil de Proyecto “Estudio integral para la gestión de recursos suelo y agua en microcuencas en la cuenca del Vilcanota”

##### b) Producción de Plántones

Esta actividad es la más importante en el proceso productivo de desarrollo forestal. Ver Anexo N° 04.

**Cuadro N° 41: Requerimiento real de plántones para la reforestación**

| MICROCUECA              | AREA A IMPLEMENTAR (Há) | PLANTONES A PRODUCIR (N°) | MERMA POR DETERIORO -3% | TOTAL PRODUCC. DE PLANTONES (N°) |
|-------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|----------------------------------|
| Cuyo Grande-Chahuaytire | 254.4                   | 285000                    | 8550                    | 293550                           |

Fuente: Perfil de Proyecto “Estudio integral para la gestión de recursos suelo y agua en microcuencas en la cuenca del Vilcanota”

**Cuadro N° 42: Metas de producción de plántones por años en la microcuenca**

| MICROCUENCA             | METAS (Plantones) |       |       |       | TOTAL  |
|-------------------------|-------------------|-------|-------|-------|--------|
|                         | AÑO 1             | AÑO 2 | AÑO 3 | AÑO 4 |        |
| Cuyo Grande-Chahuaytire | 95000             | 95000 | 95000 | -     | 285000 |

Fuente: Perfil de Proyecto “Estudio integral para la gestión de recursos suelo y agua en microcuencas en la cuenca del Vilcanota”

**c) Plantación Definitiva**

Los plántones debidamente seleccionados se trasladan del vivero al campo definitivo con el debido cuidado y se procede con la plantación en los hoyos preparados colocando verticalmente y rellenando el hoyuelo de modo que el cuello de la raíz quede ligeramente enterrado.

De acuerdo a información bibliográfica y teniendo en cuenta experiencias pasadas la densidad promedio recomendada para la plantación de especies arbóreas de eucalipto es de 166,667 plantas/km<sup>2</sup>, con un distanciamiento de 3m entre árboles y 2m entre surcos y del pino es de 111,111 plantas/km<sup>2</sup>, con un distanciamiento de 3 m entre árboles y 3 m entre surcos. Ver Anexo N° 04.

La demanda de plántones para la plantación comunal se atenderá desde el vivero comunal de Cuyo Grande cuyo requerimiento neto se presenta en el siguiente cuadro:

**Cuadro N° 43: Demanda de plántones de la Microcuenca, según el área de plantación**

| MICROCUENCA             | AREA A<br>IMPLEMENTAR<br>(Há) | TOTAL DE PRODUCC.<br>DE PLANTONES<br>(N°) |
|-------------------------|-------------------------------|---|
| Cuyo Grande-Chahuaytire | 254.4                         | 293550                                    |

Fuente: Perfil de Proyecto “Estudio integral para la gestión de recursos suelo y agua en microcuencas en la cuenca del Vilcanota”. Considera el 3 % de merma por deterioro



**d) Mantenimiento de la Plantación**

El mantenimiento forestal es el conjunto de actividades complementarias que se realiza después de la plantación a terreno definitivo, con el fin de garantizar el éxito de la plantación realizada. Ver Anexo N° 04.

**Cuadro N° 44: Resumen Costos de Actividades de Reforestación- Cuyo Grande y Chahuaytire – Región Cusco.**

| MICROCUENCA             | CONSTRUCCION DE VIVERO |               | PRODUCCION DE PLANTONES |               | PLANTACION PROTECCION |               | MANEJO DE PLANTACION |               | TOTAL S/. |
|-------------------------|------------------------|---------------|-------------------------|---------------|-----------------------|---------------|----------------------|---------------|-----------|
|                         | FISICO (Unid.)         | FINANC. (S/.) | FISICO (Unid.)          | FINANC. (S/.) | FISICO (Unid.)        | FINANC. (S/.) | FISICO (Unid.)       | FINANC. (S/.) |           |
| Cuyo Grande-Chahuaytire | 1                      | 2266.00       | 285000.00               | 76950.00      | 254.40                | 226161.60     | 254.40               | 108374.40     | 413752.00 |

Fuente: Perfil de Proyecto “Estudio integral para la gestión de recursos suelo y agua en microcuencas en la cuenca del Vilcanota”

$$C_{pm} = G_s + G_i + G_a + G_n$$

Dónde:

C<sub>pm</sub> = Costo de protección de la microcuenca.

G<sub>s</sub> = Instalación de viveros S/. 2266.00. Ver Cuadro N° 43

G<sub>i</sub> = Producción de plántones S/.76950.00. Ver Cuadro N° 43

G<sub>a</sub> = Plantación para la protección S/.226161.60. Ver Cuadro N° 43

G<sub>n</sub> = Manejo de la plantación S/.108374.40. Ver Cuadro N° 43

$$C_{pm} = 2,266.00 + 76,950.00 + 226,161.60 + 108,374.40$$

$$C_{pm} = S/. 413,752.00$$

Reemplazando:

$$V_p = \frac{0.5 * S/. 413752.00}{44.8518\text{km}^2}$$

$$V_p = \frac{S/. 206876.00}{44.8518\text{km}^2}$$

$$V_p = S/. 4,612.435\text{km}^2$$

El valor de protección y restauración de la microcuenca es de: **S/. 4,612.435/km<sup>2</sup>**

#### 4.3.4. Valor del agua como insumo de producción

El uso más evidente del agua en la zona es para el uso agrario el cual en m<sup>3</sup> cuesta S/.0.00138 m<sup>3</sup> (Ver Anexo N° 03), para lo cual los 787,422.39 m<sup>3</sup>/año gastados es de S/.1,086.643 anual.

Para el uso poblacional que debe ser de al menos 25 litros por habitante por día para poder cubrir todas sus necesidades donde el metro cubico cuesta S/. 0.00446m<sup>3</sup> (Ver Anexo N° 03), para lo cual los 15,421.2500 m<sup>3</sup>/año gastados es de S/.68.779/año.

Por lo tanto el valor del agua como insumo de la producción es de: **S/.1,155.422año**. Para la microcuenca en estudio el valor se define con el valor anterior y la superficie total, el cual es de: **S/. 25.760/km<sup>2</sup>**

#### Valor promedio del agua

El valor del agua captada por el área boscosa de la microcuenca se obtuvo como el promedio de los valores de Captación, Protección y como Insumo. De esta manera se tiene lo siguiente:

$$V_{pa} = \frac{V_c + V_p + V_i}{3}$$

Dónde:

$V_{pa}$  = Valor promedio del agua (S/. /km<sup>2</sup>/año).

$V_c$  = Valor de captación de la cuenca (S/. /km<sup>2</sup>/año).

$V_p$  = Valor de protección de la cuenca (S/. /km<sup>2</sup>/año).

$V_i$  = Valor del agua como insumo de producción (S/. /km<sup>2</sup>/año).

Reemplazando:

$$V_{pa} = \frac{119359.267 + 4612.434 + 25.760}{3}$$

$$V_{pa} = \text{S/. } 41332.487 \text{ /km}^2$$

El valor promedio del agua es de: **S/. 41,332.487/km<sup>2</sup>**

Dado que en la microcuenca tiene un área boscosa de 5.93km<sup>2</sup>, entonces el valor por concepto de la generación de recursos hidrológicos de la microcuenca es de:

**S/. 245,101.649/km<sup>2</sup>**

## CONCLUSIONES

- La Microcuenca del Río Cuyo Grande y Chahuaytire, Cusco cuenta con un área de 44.8518Km<sup>2</sup>, donde se calculó 17 parámetros, entre parámetros de forma y drenaje en las cuales nos indica que la microcuenca es de forma alargada, con presencia de lomadas y con una densidad de drenaje alto (poca cobertura vegetal, suelos fácilmente erosionados) entre otros y con una vegetación de 6 tipos de uso del suelo entre ellos tenemos la agricultura con la mayor ocupación con un 33.23% de la superficie y el bosque con un 13.21% de la superficie de la microcuenca.
- La microcuenca, tiene una precipitación areal de 858.23mm; con una descarga total anual al 75 % de persistencia es de 19,633,583.09 m<sup>3</sup>/año. La demanda actual de agua para uso poblacional es de 15,421.25 m<sup>3</sup>/año. La demanda de agua para uso pecuario es de 10,287.16 m<sup>3</sup>/año. La demanda de agua para uso agrícola es de 787,422.39 m<sup>3</sup>/año. El volumen de agua demandado sobre la microcuenca es de: 813,130.798 m<sup>3</sup>/año y donde el balance hídrico es de 18,820,452.29 m<sup>3</sup>/año, donde no existe un déficit en el recurso hídrico.
- Con el fin de contar con instrumentos econométricos para la orientación del manejo del recurso hídrico se realizó una valoración de tres grandes aspectos: la función de captación hídrica del bosque que es de S/. 119,359.267/km<sup>2</sup>; el valor de protección que es de S/. 4,612.434/km<sup>2</sup> y el valor del agua como insumo de la producción para la microcuenca que resultó de S/. 25.760/km<sup>2</sup>. El valor promedio del agua es de: S/. 41,332.487/km<sup>2</sup>. Dado que en la microcuenca tiene un área boscosa de 5.93km<sup>2</sup>, entonces el valor por concepto de la generación de recursos hidrológicos de la microcuenca es de S/. 245,101.649/km<sup>2</sup>.

## RECOMENDACIONES

- En la microcuenca, se deben reducir las intervenciones humanas con el fin del aprovechamiento de sus recursos y en cambio, se lleven a cabo prácticas de conservación y recuperación de las áreas mediante la implementación de actividades productivas sustentables.
- Considerar los resultados obtenidos en el presente estudio como base para el diseño de un mecanismo de pago que beneficie tanto a los usuarios del agua en las comunidades, como a los productores que destinen sus tierras a mejorar la calidad y captación de agua, y que además motiven a las autoridades municipales e instituciones a continuar las investigaciones que soporten la factibilidad económica para la implementación de este mecanismo.
- Diseñar un programa de educación ambiental que sirva como elemento de prevención y como facilitador de la autogestión y comprensión del valor del agua, a fin de brindar a la comunidad una herramienta para crear el liderazgo comunitario que tanto necesitan, permitiéndoles identificar su problemática y alcanzar una participación ciudadana, que es la clave del éxito de toda gestión ambiental.
- Propiciar trabajos técnicos específicos e investigaciones en el área de economía del recurso hídrico y otros temas asociados, previa capacitación de los profesionales involucrados en la gestión del recurso en la utilización de las herramientas propuestas, como el SIG, modelos econométricos y multicriterios, a fin de conformar equipos multidisciplinarios, tanto en universidades, entes públicos y privados.

## BIBLIOGRAFIA

AGUILAR, E. (2010), “valoración económica de los recursos hidrológicos de la microcuenca del rio Calnali”, Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México.

ARTEAGA R., R. y VÁZQUEZ P, .M. A. (1999), “Componentes del Balance Hídrico y diferentes Metodologías para su Cálculo”, II Curso Internacional de Ingeniería de drenaje Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México.

AZQUETA, D. (1994), “Valoración económica la calidad ambiental”, McGraw Hill, Madrid, España.

AZQUETA, D. (2002), “Introducción a la economía ambiental”, McGraw Hill, Madrid, España.

BASSOLS B., A. (1997), “Recursos Naturales de México”, Teoría, conocimiento y uso, 23<sup>a</sup> ed. México, Nuestro Tiempo.

BARRANTES, G. y CASTRO, E. (1998), “Valoración económica ecológica del agua en Costa Rica: Internalización del valor de los servicios ambientales”, Ministerio de Ambiente y Energía, MINAE, Costa Rica.

BARRANTES, G. y CASTRO, E. (1999), “Métodos para la valoración de bienes ambientales”, Universidad Nacional de Costa Rica, Facultad de Ciencias Sociales, Centro Internacional en Política Económica para el Desarrollo Sostenible.

BARRANTES, G. y VEGA, M. (2001), “Evaluación del servicio hídrico ambiental de la cuenca del Rio Savegre con fines de ordenamiento territorial”, Instituto de políticas para la sostenibilidad, Costa Rica.

CAMP W., G. y DAUGHERTY T.,B. (2000), “Manejo de nuestros Recursos Naturales”, Madrid, Paraninfo.

BERRY J. K., (1986), “Learning Computer Assisted Map Analysis in Geographic Information Systems”, Vol. III USA.

CONAFOR. (2003), “Por primera vez en el país productores forestales reciben pago por servicios ambientales”, Revista Forestal XXI.

CUENCA, L. R. A. (2005), “Valoración económica de servicios hidrográficos en la cuenca del Río Apipilhuasco - México y alternativas para su restauración y manejo”, Tesis profesional, División de Ciencias Forestales, UACH.

CHUVIECO E. (1992),”II Curso Avanzado sobre Sistema de información Geográfica”, Santiago de Chile – Chile.

DE ALBA, E. y REYES M., E. (1990), “Valoración Económica de los Recursos Biológicos del país”.

DIXON J., A. (1994), “Análisis Económico del Impacto Ambiental”, 2ª ed. Turrialba, CATIE.

EDWARDS-JONES, G. (2000), “Ecological Economics”, An Introduction, Blackwell Science, Londres.

FAO (1999), “Situación de los Bosques del Mundo”, Dirección de Información de la FAO, Roma, Italia.

IDEM. (2007). “Oferta y demanda del recurso hídrico en Colombia”. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Santafé de Bogotá, Colombia.

LARQUE S., B. S. (2003), “Valoración de los Servicios Ambientales del Bosque”, Estudio de caso: Ixtapaluca, Chicoloapan, Chimalhuacán y La Paz, municipios del Estado de México, Tesis Doctoral, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México.

LEOS G. H. (1994), “Economía Ambiental”, Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México.

LLERENA, C. (2003), “Servicios Ambientales de las cuencas y producción de agua, conceptos, valoración, experiencias y sus posibilidades de aplicación en el Perú”, Universidad Agraria La Molina, Lima, Perú.

MARTINEZ M. Y DIMAS L. (2007), “Valoración económica de los servicios hidrológicos: Subcuenca del río Teculután”, Guatemala

MONTECILLO, C. J. (2002), “Estimación del precio del agua para uso agrícola en México en un contexto de eficiencia social”, CIESTAAM, UACH, Tesis Doctoral en Problemas Económicos Agroindustriales.

NARANJO, M. (2002), “Valoración Económica del Agua de Cuencas Altas aplicando el método Delhi”, Estudio de Caso Cuenca Alta del Río Chama, Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial, CIDIAT. Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela.

OROZCO P., L .M. (2003), “Método preliminar para la Valoración Económica de Servicios Hidrográficos en la cuenca alta del río Zahuapan Tlaxco”, Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México.

PÉREZ, J. (1999), “Aspectos económicos de los instrumentos de política ambiental para el aprovechamiento y control de la contaminación de los recursos hídricos en Venezuela”, CIDIAT, Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela.



PÉREZ, J. (2002), “Valoración Económica del Agua”, CIDIAT, Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela.

RAMÍREZ, J. y RONDAN, F. (2004), “Evaluación de los procedimientos de medición de la variable respuesta en el análisis conjunto bajo distintas alternativas de estimación”, Departamento de Economía y Empresa de la Universidad Pablo de Olavide, Sevilla, España.

SERRANO, G., E. (1990), “El Agua en el Manejo forestal”, La producción y valoración del agua: un marco conceptual y metodológico, Memorias del Primer Simposio Nacional, UACH.

SOKOLOV A., A. y CHAPMAN T., G. (1981), “Métodos de Cálculo del Balance Hídrico”, Guía Internacional de investigación y métodos, Instituto de Hidrología de España, UNESCO, España.

SOLANES, R. (1996), “Mercados de derecho de agua: componentes institucionales”, Revista de la CEPAL Agosto, página 83–96.

TORRES C., G. (2001), “Introducción a la Economía Política Ecológica”, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo-México.

TORRES P., J. A. (1993), “El agua en el manejo forestal”, Sistema de Evaluación Económica del Recurso Agua, Memorias del Primer Simposio Nacional Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo-México.

VILCA V. JULIO CESAR (2003), “Estudio Hidrológico de la Cuenca Ramis”, Universidad Nacional del Altiplano, Puno – Perú.

VILLÓN B. MÁXIMO (2002), “Hidrología”, Editorial Villón, Lima – Perú.

VILLÓN B. MÁXIMO (2002), “Hidrología Estadística”, Editorial Villón, Lima – Perú.

## **ANEXOS**

ANEXO 1: MEMORIA DE CALCULOS – HIDROLOGIA.

ANEXO 2: MEMORIA DE MAPAS

ANEXO 3: MEMORIA DE VALORES ECONOMICOS

ANEXO 4: MEMORIA DE VALORES PARA LA REFORESTACION

ANEXO 5: MEMORIA FOTOGRAFICA.

**ANEXO 1**

**MEMORIA DE CALCULOS – HIDROLOGIA.**

**REGISTROS INCOMPLETOS**

**OFICINA GENERAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA (SENAMHI)**

ESTACION **PERAYOC** LATITUD **13°31' "S"** DPTO **CUSCO**  
 PARAMETRO **PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm)** LONGITUD **71°57' "W"** PROV **CUSCO**  
 COD. ALTITUD **3365** msnm DIST **CUSCO**

| AÑOS  | ENE     | FEB     | MAR     | ABR     | MAY    | JUN    | JUL    | AGO    | SEP    | OCT     | NOV     | DIC     |
|-------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|
| 1971  | 130.00  | 128.30  | 92.70   | 38.10   | 1.70   | 1.50   | 0.30   | 8.10   | 0.00   | 53.20   | 44.40   | 147.60  |
| 1972  | 169.90  | 74.70   | 58.40   | 40.70   | 0.80   | 0.00   | 9.30   | 20.50  | 37.50  | 5.50    | 67.60   | 102.90  |
| 1973  | 228.60  | 137.80  | 141.80  | 96.90   | 18.10  | 0.00   | 10.80  | 15.90  | 6.60   | 29.90   | 101.80  | 91.60   |
| 1974  | 130.40  | 228.80  | 130.00  | 61.60   | 15.80  | 14.30  | 3.10   | 37.00  | 21.90  | 45.60   | 45.20   | 121.40  |
| 1975  | 119.70  | 159.70  | 107.50  | 71.00   | 30.30  | 1.40   | 0.00   | 0.10   | 40.50  | 48.20   | 42.10   | 152.20  |
| 1976  | 158.10  | 73.70   | 155.70  | 48.20   | 22.90  | 7.10   | 0.90   | 9.00   | 59.00  | 15.50   | 56.20   | 103.00  |
| 1977  | 104.30  | 241.50  | 80.80   | 60.90   | 3.90   | 0.20   | 0.20   | 2.70   | 39.10  | 65.10   | 170.80  | 66.70   |
| 1978  | 249.40  | 63.60   | 83.50   | 37.50   | 6.70   | 0.00   | 1.00   | 0.00   | 12.70  | 9.70    | 161.20  | 124.30  |
| 1979  | 165.00  | 128.80  | 170.10  | 36.90   | 21.50  | 0.00   | 5.90   | 17.30  | 12.40  | 22.60   | 131.70  | 137.30  |
| 1980  | 97.90   | 141.70  | 96.90   | 34.10   | 7.40   | 2.10   | 2.40   | 0.40   | 7.70   | 96.20   | 66.60   | 67.50   |
| 1981  | 218.10  | 73.00   | 119.20  | 69.20   | 0.60   | 4.20   | 0.00   | 12.40  | 46.70  | 105.00  | 112.10  | 133.90  |
| 1982  | 205.90  | 118.70  | 159.50  | 67.90   | 0.00   | 1.40   | 3.80   | 9.80   | 58.00  | 68.00   | 171.90  | 150.40  |
| 1983  | 154.30  | 96.40   | 60.80   | 23.80   | 8.60   | 36.10  | 0.70   | 0.00   | 2.30   | 37.50   | 60.40   | 172.40  |
| 1984  | 219.90  | 172.80  | 88.60   | 82.10   | 0.20   | 6.80   | 0.20   | 19.30  | 21.30  | 126.10  | 82.60   | 110.20  |
| 1985  | 121.90  | 143.00  | 123.50  | 64.20   | 19.10  | 17.90  | 3.10   | 6.10   | 39.10  | 70.30   | 128.10  | 146.40  |
| 1986  | 103.20  | 114.10  | 154.80  | 95.40   | 6.80   | 0.00   | 3.30   | 10.60  | 10.80  | 35.60   | 115.10  | 82.50   |
| 1987  | 311.60  | 106.00  | 81.20   | 35.10   | 5.90   | 13.60  | 14.20  | 0.00   | 13.00  | 60.50   | 121.20  | 164.90  |
| 1988  | 228.80  | 144.50  | 250.50  | 40.90   | 4.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 19.40  | 37.90   | 57.70   | 154.50  |
| 1989  | 223.90  | 152.70  | 209.70  | 54.40   | 4.10   | 13.70  | 0.00   | 6.30   | 16.10  | 92.80   | 72.70   | 72.70   |
| 1990  | 319.30  | 89.30   | 61.50   | 100.40  | 12.30  | 33.10  | 0.00   | 6.80   | 18.60  | 106.80  | 115.60  | 114.00  |
| 1991  | 114.10  | 236.40  | 152.00  | 44.80   | 14.10  | 7.90   | 1.00   | 0.00   | 31.60  | 116.60  | 104.80  | 116.20  |
| 1992  | 154.80  | 142.10  | 95.60   | 18.50   | 1.00   | 6.50   | 21.50  | 33.50  | 9.10   | 68.70   | 124.90  | 66.60   |
| 1993  | 251.90  | 123.20  | 93.20   | 34.50   | 3.40   | 0.00   | 1.80   | 22.70  | 6.90   | 97.40   | 100.90  | 220.00  |
| 1994  | 196.40  | 220.90  | 232.60  | 60.50   | 15.20  | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 21.00  | 44.50   | 64.20   | 165.00  |
| 1995  | 127.00  | 90.60   | 137.80  | 26.10   | 1.70   | 0.30   | 3.10   | 0.00   | 52.00  | 20.10   | 27.50   | 124.00  |
| 1996  | 169.00  | 87.40   | 48.60   | 28.90   | 9.70   | 0.00   | 0.00   | 9.80   | 16.00  | 61.20   | 66.00   | 168.00  |
| 1997  | 137.20  | 104.70  | 145.70  | 70.90   | 3.20   | 0.00   | 0.00   | 11.10  | 13.40  | 35.50   | 138.40  | 178.70  |
| 1998  | 155.30  | 163.20  | 54.30   | 34.80   | 3.80   | 3.40   | 0.00   | 6.20   | 2.20   | 84.90   | 70.60   | 69.40   |
| 1999  | 165.00  | 96.70   | 104.00  | 50.70   | 10.20  | 6.00   | 0.00   | 0.00   | 57.90  | 24.80   | 52.70   | 119.20  |
| 2000  | 234.90  | 117.10  | 113.10  | 9.40    | 1.80   | 3.50   | 2.40   | 6.7    | 24.6   | 53      | 53.8    | 90.7    |
| 2001  | 295.30  | 155.40  | 156.10  | 34.20   | 5.90   | 0.00   | 22.40  | 11.90  | 19.20  | 70.50   | 66.90   | 102.30  |
| 2002  | 184.90  | 177.80  | 203.70  | 25.40   | 6.90   | 2.20   | 32.50  | 6.00   | 14.40  | 73.80   | 115.00  | 129.30  |
| 2003  | 216.60  | 156.90  | 153.20  | 95.30   | 2.80   | 9.10   | 0.00   | 13.10  | 9.80   | 19.10   | 38.80   | 127.80  |
| 2004  | 203.00  | 149.00  | 89.50   | 30.40   | 3.40   | 20.60  | 9.60   | 10.00  | 32.90  | 34.90   | 51.70   | 94.20   |
| 2005  | 118.80  | 122.40  | 108.50  | 35.80   | 1.10   | 0.00   | 1.00   | 3.10   | 6.50   | 36.90   | 66.60   | 67.80   |
| 2006  | 196.30  | 122.30  | 126.50  | 50.40   | 0.00   | 6.80   | 0.00   | 0.50   | 18.60  | 67.80   | 67.40   | 162.90  |
| 2007  | 139.50  | 86.90   | 113.50  | 68.60   | 13.00  | 0.00   | 4.00   | 0.80   | 6.10   | 74.30   | 109.80  | 77.70   |
| 2008  | 130.80  | 138.00  | 80.80   | 5.30    | 6.50   | 2.50   | 3.10   | 6.70   | 14.30  | 106.50  | 54.90   | 128.80  |
| 2009  | 119.30  | 116.10  | 55.30   | 25.50   | 0.80   | 0.00   | 0.00   | 3.00   | 11.00  | 24.70   | 199.30  | 133.80  |
| 2010  |         |         |         |         |        |        |        |        |        |         |         |         |
| SUMA  | 6970.30 | 5196.20 | 4690.70 | 1909.30 | 295.20 | 222.20 | 161.60 | 327.40 | 850.20 | 2247.20 | 3499.20 | 4758.80 |
| DES   | 58.41   | 44.61   | 49.13   | 24.24   | 7.36   | 8.71   | 7.22   | 8.97   | 16.54  | 31.85   | 42.06   | 37.10   |
| VARA  | 3411.57 | 1990.29 | 2413.86 | 587.81  | 54.12  | 75.90  | 52.14  | 80.49  | 273.60 | 1014.35 | 1769.10 | 1376.61 |
| PROM. | 178.73  | 133.24  | 120.27  | 48.96   | 7.57   | 5.70   | 4.14   | 8.39   | 21.80  | 57.62   | 89.72   | 122.02  |

**OFICINA GENERAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA (SENAMHI)**

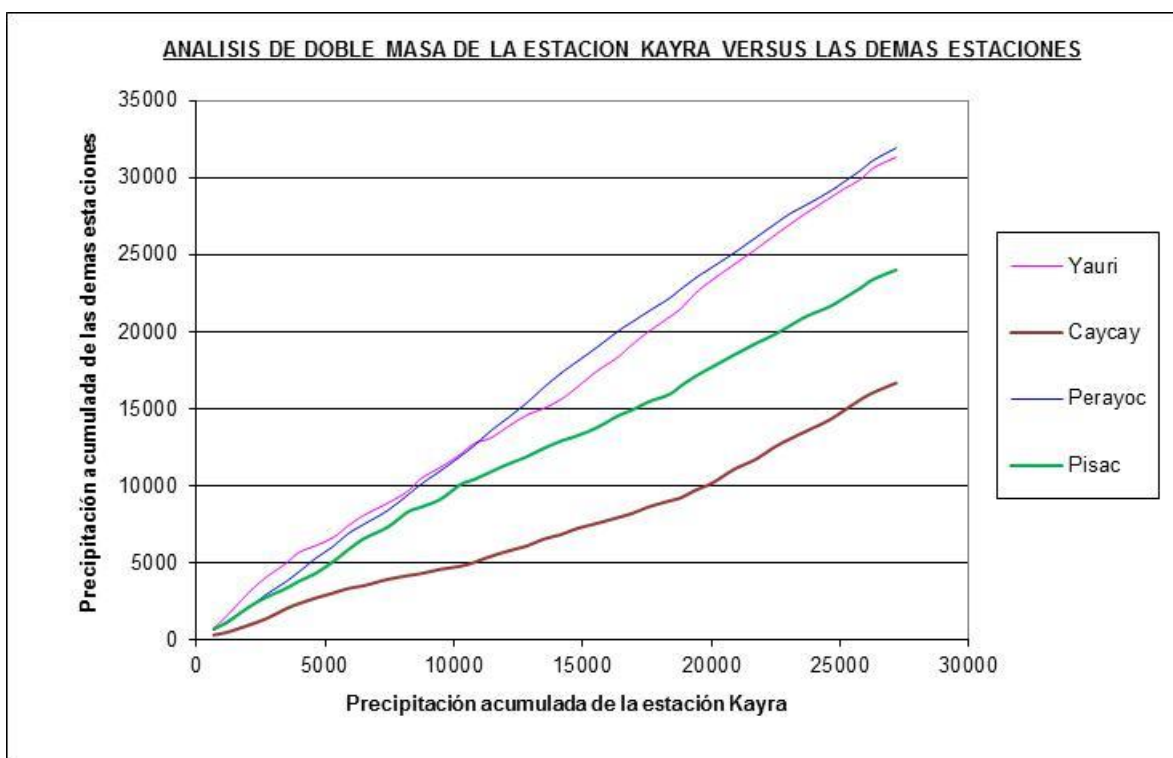
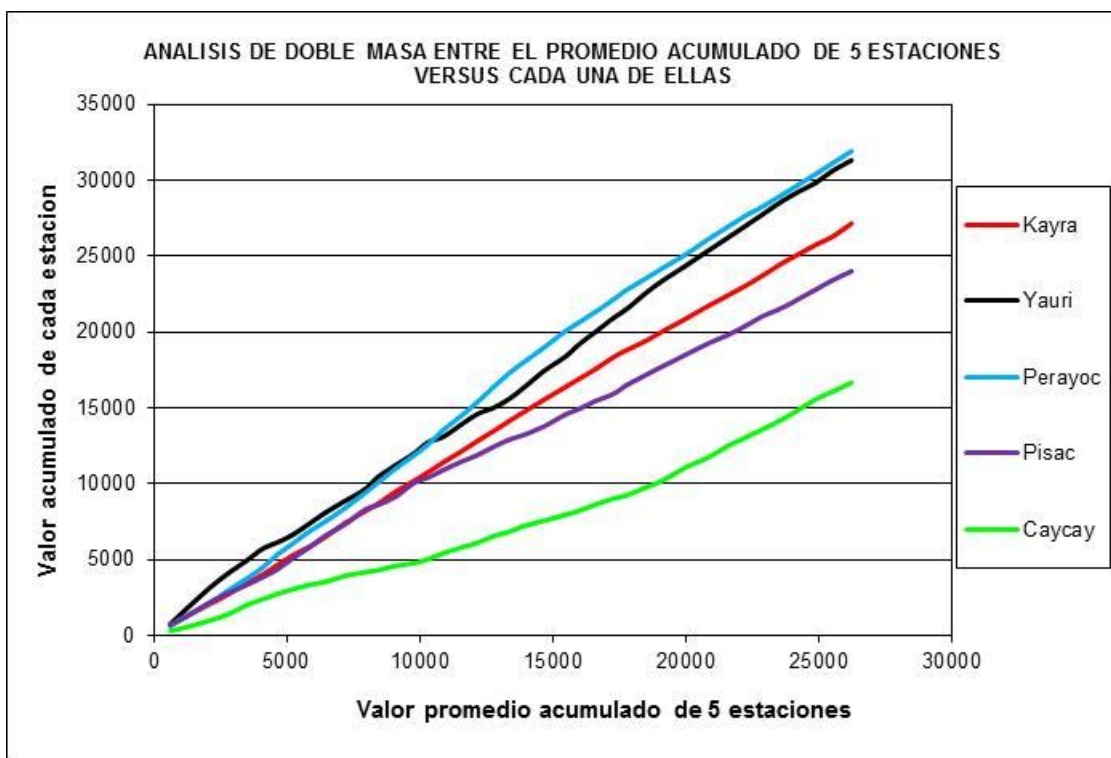
| ESTACION  | YAURI                            |         |         |         |        |        | LATITUD  | 14°48' | "S"    | DPTO    | CUSCO   |         |
|-----------|----------------------------------|---------|---------|---------|--------|--------|----------|--------|--------|---------|---------|---------|
| PARAMETRO | PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm) |         |         |         |        |        | LONGITUD | 71°25' | "W"    | PROV    | ESPINAR |         |
| COD.      |                                  |         |         |         |        |        | ALTITUD  | 3927   | msnm   | DIST    | YAURI   |         |
| AÑOS      | ENE                              | FEB     | MAR     | ABR     | MAY    | JUN    | JUL      | AGO    | SEP    | OCT     | NOV     | DIC     |
| 1971      | 174.30                           | 284.40  | 111.70  | 49.60   | 0.00   | 2.50   | 0.00     | 0.00   | 0.00   | 10.10   | 6.00    | 119.30  |
| 1972      | 193.70                           | 180.30  | 144.70  | 34.00   | 0.00   | 0.00   | 16.20    | 8.60   | 25.40  | 53.20   | 64.40   | 163.70  |
| 1973      | 360.30                           | 360.10  | 248.40  | 186.60  | 15.60  | 0.00   | 3.30     | 5.90   | 69.20  | 24.80   | 71.10   | 104.70  |
| 1974      | 248.90                           | 253.40  | 187.90  | 63.80   | 2.60   | 18.60  | 0.00     | 115.40 | 28.20  | 23.30   | 12.20   | 45.00   |
| 1975      | 166.50                           | 221.00  | 128.20  | 124.60  | 32.60  | 7.80   | 0.00     | 0.00   | 0.00   | 9.00    | 43.40   | 99.40   |
| 1976      | 192.80                           | 182.40  | 119.10  | 26.40   | 11.80  | 37.40  | 0.00     | 31.80  | 77.00  | 1.60    | 23.60   | 71.60   |
| 1977      | 43.80                            | 154.60  | 60.80   | 0.00    | 1.40   | 0.00   | 6.20     | 0.00   | 10.20  | 49.20   | 42.00   | 40.20   |
| 1978      | 204.20                           | 39.00   | 44.00   | 27.40   | 0.00   | 0.00   | 0.00     | 0.00   | 0.00   |         |         |         |
| 1979      | 240.70                           | 95.90   | 99.90   | 14.00   | 0.00   | 4.50   | 13.00    | 15.70  | 10.50  | 70.40   | 128.70  | 90.10   |
| 1980      | 210.70                           | 149.90  | 73.00   | 51.00   | 0.00   | 0.00   | 5.00     | 0.00   | 0.00   |         |         |         |
| 1981      |                                  |         |         |         |        |        |          |        |        |         |         |         |
| 1982      |                                  |         |         |         |        |        |          |        |        |         |         |         |
| 1983      |                                  |         |         |         |        |        |          |        |        |         |         |         |
| 1984      |                                  |         |         |         |        |        |          |        |        |         |         |         |
| 1985      |                                  |         |         |         |        |        |          |        |        |         |         |         |
| 1986      |                                  |         |         |         |        |        |          |        |        |         | 14.50   | 108.50  |
| 1987      | 23.00                            | 11.10   | 25.70   | 21.00   | 0.00   | 11.00  | 20.40    |        |        |         |         |         |
| 1988      | 295.90                           |         |         |         |        |        | 6.80     | 0.00   | 6.30   | 24.30   | 13.70   | 99.40   |
| 1989      | 192.80                           | 182.40  | 119.10  | 26.40   | 11.80  | 37.40  | 0.00     | 31.80  | 1.30   | 1.60    | 23.60   | 71.60   |
| 1990      | 43.80                            | 154.60  | 60.80   | 0.00    | 1.40   | 0.00   | 6.20     | 0.00   | 10.20  | 49.20   | 42.00   | 40.20   |
| 1991      | 204.20                           | 39.00   | 44.00   | 34.10   | 15.80  | 47.00  | 0.00     | 0.00   | 55.90  | 0.00    |         |         |
| 1992      |                                  |         |         |         |        | 8.00   | 0.00     | 45.30  | 0.00   | 59.80   | 75.60   | 37.80   |
| 1993      | 269.30                           | 107.20  | 133.60  | 116.50  | 5.50   | 0.00   | 0.80     | 15.00  | 7.70   | 93.70   | 173.70  | 157.10  |
| 1994      | 205.60                           | 221.60  | 191.10  | 56.60   | 16.70  | 0.00   | 0.00     | 0.00   | 22.20  | 13.10   | 66.40   | 100.60  |
| 1995      | 165.80                           | 141.20  | 209.40  | 81.70   | 2.70   | 0.00   | 0.00     | 2.80   | 13.00  | 51.60   | 37.60   | 128.20  |
| 1996      | 160.40                           | 187.80  | 109.20  | 96.90   | 16.90  | 0.00   | 0.00     | 20.30  | 13.60  | 31.00   | 51.10   | 105.00  |
| 1997      | 246.50                           | 209.70  | 116.40  | 66.70   | 3.20   | 0.00   | 0.00     | 26.20  | 38.40  | 14.60   | 91.70   | 122.60  |
| 1998      | 217.10                           | 150.40  | 89.80   | 13.80   | 0.00   | 2.50   | 0.00     | 3.60   | 0.80   | 48.30   | 47.00   | 48.00   |
| 1999      | 141.60                           | 229.30  | 159.10  | 125.50  | 3.60   | 0.00   | 0.00     | 0.80   | 47.80  | 52.90   | 45.30   | 155.30  |
| 2000      | 160.70                           | 194.60  | 161.80  | 41.10   | 4.20   | 5.60   | 0.00     | 12.70  | 6.20   | 78.50   | 26.80   | 167.80  |
| 2001      | 265.90                           | 230.50  | 254.90  | 99.50   | 32.00  | 0.90   | 4.30     | 4.80   | 4.20   | 32.20   | 25.80   | 67.50   |
| 2002      | 111.40                           | 294.30  | 148.00  | 67.60   | 24.70  | 0.50   | 16.70    | 0.00   | 40.50  | 56.00   |         | 142.80  |
| 2003      | 171.10                           | 230.00  | 193.30  | 36.90   | 5.70   | 0.80   | 0.00     | 5.50   | 34.80  | 11.10   | 73.40   | 129.20  |
| 2004      | 215.70                           | 166.50  | 84.50   | 48.40   | 0.00   | 1.80   | 10.70    | 17.70  | 25.60  | 25.70   | 56.70   | 105.40  |
| 2005      | 114.30                           | 176.50  | 123.20  | 43.10   | 1.10   | 0.00   | 0.00     | 4.80   | 5.60   | 55.90   | 41.90   | 162.20  |
| 2006      | 295.00                           | 119.90  | 175.60  | 45.80   | 1.40   | 5.40   | 0.00     | 9.70   | 18.60  | 59.10   | 64.10   | 122.60  |
| 2007      | 129.70                           | 133.60  | 108.10  | 58.60   | 4.60   | 0.00   | 3.40     | 0.00   | 16.30  | 36.30   | 43.50   | 117.70  |
| 2008      | 197.90                           | 107.50  | 72.50   | 1.20    | 4.90   | 5.80   | 0.00     | 0.00   | 0.20   | 43.40   | 24.80   | 103.30  |
| 2009      | 102.00                           | 164.60  | 102.20  | 44.50   | 5.50   | 0.00   | 1.40     | 0.00   | 2.00   | 43.80   | 172.60  | 133.90  |
| 2010      | 172.60                           | 165.70  | 114.90  | 32.00   | 13.60  | 0.00   | 0.00     | 0.00   | 1.70   |         |         |         |
| SUMA      | 6138.20                          | 5539.00 | 4014.90 | 1735.30 | 239.30 | 197.50 | 114.40   | 378.40 | 593.40 | 1123.70 | 1603.20 | 3160.70 |
| DES       | 73.87                            | 73.88   | 56.79   | 41.72   | 9.21   | 11.92  | 5.63     | 21.94  | 20.80  | 24.09   | 42.00   | 38.95   |
| VARA      | 5456.45                          | 5458.65 | 3224.62 | 1740.74 | 84.79  | 142.13 | 31.75    | 481.19 | 432.84 | 580.19  | 1763.75 | 1517.07 |
| PROM.     | 186.01                           | 173.09  | 125.47  | 54.23   | 7.48   | 5.98   | 3.36     | 11.47  | 17.98  | 37.46   | 55.28   | 105.36  |

**OFICINA GENERAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA (SENAMHI)**

| ESTACION  | PISAC                            |         |         | LATITUD  |        |        | 13°24' | "S"    | DPTO   | CUSCO  |         |         |
|-----------|----------------------------------|---------|---------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| PARAMETRO | PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm) |         |         | LONGITUD |        |        | 71°46' | "W"    | PROV   | CALCA  |         |         |
| COD.      |                                  |         |         | ALTITUD  |        |        | 2900   | msnm   | DIST   | PISAC  |         |         |
| AÑOS      | ENE                              | FEB     | MAR     | ABR      | MAY    | JUN    | JUL    | AGO    | SEP    | OCT    | NOV     | DIC     |
| 1971      | 155.30                           | 291.20  | 80.70   | 58.50    | 4.10   | 5.90   | 2.10   | 9.10   | 0.00   | 50.30  | 18.60   | 43.60   |
| 1972      | 101.80                           | 53.30   | 136.50  | 25.90    | 4.10   | 0.00   | 7.40   | 13.10  | 13.30  | 4.20   | 24.80   | 77.50   |
| 1973      | 267.20                           | 205.10  | 141.00  | 60.60    | 9.50   | 9.70   | 12.80  | 13.40  | 7.10   | 32.90  | 57.20   | 152.00  |
| 1974      | 131.70                           | 177.40  | 130.10  | 50.70    | 4.10   | 11.40  | 1.00   | 27.80  | 6.20   | 10.10  | 11.50   | 70.00   |
| 1975      | 80.60                            | 101.30  | 83.80   | 44.10    | 44.60  | 5.10   | 0.00   | 0.00   | 25.60  |        |         | 68.60   |
| 1976      | 133.00                           | 53.20   | 123.70  | 39.10    | 49.50  | 3.20   | 2.10   | 2.00   | 21.80  | 4.10   | 39.60   | 39.80   |
| 1977      | 86.50                            | 112.50  | 69.40   | 34.30    | 0.00   | 0.00   | 4.00   | 4.10   | 12.40  | 19.00  | 129.30  | 14.20   |
| 1978      | 212.60                           | 151.80  | 117.00  | 81.30    | 31.10  | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 21.90  | 2.10   | 37.90   | 81.90   |
| 1979      | 210.60                           | 163.40  | 179.40  | 59.30    | 7.10   | 8.00   | 6.00   | 2.00   | 19.90  | 18.40  | 39.20   | 73.20   |
| 1980      | 92.80                            | 182.20  | 226.80  | 89.70    | 2.00   | 0.00   | 0.00   | 11.30  | 36.70  | 39.80  | 5.00    | 48.50   |
| 1981      | 97.90                            | 178.30  | 89.70   | 31.40    | 7.30   | 4.20   | 15.30  | 3.00   | 16.40  | 63.60  | 126.90  | 119.90  |
| 1982      | 276.40                           | 68.40   | 236.20  | 195.60   | 25.50  | 8.00   | 1.00   | 15.10  | 19.90  | 30.10  | 88.30   | 18.70   |
| 1983      | 5.10                             | 31.10   |         | 29.80    | 0.00   | 2.00   | 11.10  | 6.10   | 13.30  | 18.50  | 30.50   | 34.00   |
| 1984      | 98.40                            |         |         |          |        |        |        | 16.50  | 3.00   | 43.50  | 73.90   | 13.60   |
| 1985      | 140.50                           | 205.50  | 194.50  | 64.30    | 8.30   | 0.00   | 0.00   | 5.10   | 27.90  | 108.10 | 129.20  | 25.00   |
| 1986      | 27.70                            | 116.60  | 134.60  | 38.50    | 12.50  | 0.00   | 2.10   | 3.30   | 4.00   | 2.10   | 8.30    | 11.80   |
| 1987      | 276.30                           | 45.90   | 24.60   | 13.30    | 0.00   | 14.60  | 9.10   | 0.00   | 0.00   | 8.20   | 54.40   | 34.70   |
| 1988      | 95.40                            | 99.60   | 191.40  | 52.40    | 2.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 2.30   | 12.00  | 13.70   | 85.80   |
| 1989      | 116.30                           | 94.80   | 111.40  | 25.90    | 7.00   | 0.00   | 3.00   | 9.20   | 7.20   | 20.50  | 20.50   | 27.10   |
| 1990      | 76.70                            | 45.60   | 20.30   | 82.60    | 6.20   | 38.40  | 0.00   | 3.00   | 8.40   | 44.10  | 96.40   | 115.00  |
| 1991      | 76.20                            | 101.80  | 64.50   | 31.40    | 11.50  | 8.00   | 0.00   | 2.00   | 2.00   | 50.70  | 70.70   | 65.70   |
| 1992      | 81.00                            | 45.40   | 31.70   | 22.60    | 0.00   | 24.00  | 0.00   | 13.30  | 4.00   | 22.40  | 56.00   | 24.60   |
| 1993      | 178.90                           | 75.90   | 12.40   | 38.20    | 8.20   | 4.20   | 8.20   | 14.00  | 3.00   | 18.20  | 87.00   | 109.80  |
| 1994      | 166.80                           | 125.00  | 151.60  | 59.80    | 5.30   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 12.40  | 52.60  | 13.20   | 158.60  |
| 1995      | 98.70                            | 79.50   | 80.00   | 7.20     | 4.20   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 12.20  | 24.20  | 18.20   | 57.60   |
| 1996      | 117.60                           | 69.30   | 44.40   | 69.30    | 12.10  | 0.00   | 0.00   | 21.60  | 9.30   | 52.50  | 49.30   |         |
| 1997      | 82.70                            | 100.00  | 97.60   | 3.30     | 2.90   | 0.00   | 0.00   | 21.30  | 18.10  |        |         |         |
| 1998      |                                  |         |         |          |        |        |        |        |        |        |         |         |
| 1999      |                                  |         |         |          |        |        |        |        |        |        |         |         |
| 2000      |                                  |         |         |          |        |        |        |        |        |        |         |         |
| 2001      | 208.20                           | 136.40  | 152.20  | 19.90    | 11.20  | 0.00   | 18.40  | 5.90   | 8.00   | 51.80  | 77.40   | 102.00  |
| 2002      | 90.60                            | 161.40  | 106.10  | 35.80    | 6.60   | 4.30   | 46.60  | 3.30   | 10.90  | 39.90  | 91.60   | 127.40  |
| 2003      |                                  | 124.10  | 90.20   | 15.80    | 4.40   | 6.80   | 0.00   | 23.60  | 4.00   | 31.70  | 18.30   | 120.90  |
| 2004      | 149.90                           | 109.20  | 95.60   | 15.90    | 2.00   | 16.40  | 10.30  | 6.90   | 32.50  | 25.90  | 43.00   | 94.30   |
| 2005      |                                  |         |         |          |        |        |        |        |        |        |         |         |
| 2006      |                                  |         |         |          |        |        |        |        |        |        |         |         |
| 2007      |                                  |         |         |          |        |        |        |        |        |        |         |         |
| 2008      |                                  |         |         |          |        |        |        |        |        |        |         |         |
| 2009      |                                  |         |         |          |        |        |        |        |        |        |         |         |
| 2010      |                                  |         |         |          |        |        |        |        |        |        |         |         |
| SUMA      | 3933.40                          | 3505.20 | 3217.40 | 1396.50  | 293.30 | 174.20 | 160.50 | 256.00 | 383.70 | 901.50 | 1529.90 | 2015.80 |
| DES       | 68.23                            | 59.77   | 58.92   | 36.15    | 12.24  | 8.53   | 9.40   | 7.89   | 9.66   | 23.09  | 37.82   | 42.95   |
| VARA      | 4655.57                          | 3571.88 | 3471.11 | 1306.72  | 149.89 | 72.84  | 88.27  | 62.32  | 93.24  | 533.13 | 1430.65 | 1844.70 |
| PROM.     | 131.11                           | 116.84  | 110.94  | 46.55    | 9.78   | 5.81   | 5.35   | 8.26   | 12.38  | 31.09  | 52.76   | 69.51   |

**ANALISIS DE CONSISTENCIA DE PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (Total Acumulada)****ANALISIS DE DOBLE MASA**

| <b>Años</b> | <b>Kayra</b> | <b>Perayoc</b> | <b>Pisac</b> | <b>Yauri</b> | <b>Caycay</b> | <b>Promedio</b> |
|-------------|--------------|----------------|--------------|--------------|---------------|-----------------|
| 1971        | 659.10       | 645.90         | 719.40       | 757.90       | 321.80        | 620.82          |
| 1972        | 1212.60      | 1233.70        | 1181.30      | 1642.10      | 517.80        | 1157.50         |
| 1973        | 2029.40      | 2113.50        | 2149.80      | 3092.10      | 972.00        | 2071.36         |
| 1974        | 2711.10      | 2968.60        | 2781.80      | 4091.40      | 1390.90       | 2788.76         |
| 1975        | 3432.70      | 3741.30        | 3319.34      | 4923.90      | 1996.40       | 3482.73         |
| 1976        | 3993.00      | 4450.60        | 3830.44      | 5699.40      | 2376.20       | 4069.93         |
| 1977        | 4606.10      | 5286.80        | 4316.14      | 6107.80      | 2715.50       | 4606.47         |
| 1978        | 5270.20      | 6036.40        | 5053.74      | 6620.50      | 3030.20       | 5202.21         |
| 1979        | 5871.00      | 6885.90        | 5840.24      | 7403.90      | 3339.70       | 5868.15         |
| 1980        | 6490.60      | 7506.80        | 6575.04      | 8091.59      | 3529.20       | 6438.65         |
| 1981        | 7413.50      | 8401.20        | 7328.94      | 8874.76      | 3939.20       | 7191.52         |
| 1982        | 8200.30      | 9416.50        | 8312.14      | 9657.92      | 4175.03       | 7952.38         |
| 1983        | 8684.30      | 10069.80       | 8604.59      | 10441.09     | 4303.43       | 8420.64         |
| 1984        | 9484.40      | 10999.90       | 9148.75      | 11224.26     | 4590.13       | 9089.49         |
| 1985        | 10211.40     | 11882.60       | 10057.15     | 12007.42     | 4774.63       | 9786.64         |
| 1986        | 10774.40     | 12614.80       | 10418.65     | 12752.95     | 5036.03       | 10319.37        |
| 1987        | 11404.50     | 13542.00       | 10899.75     | 13092.69     | 5420.43       | 10871.87        |
| 1988        | 12140.00     | 14480.20       | 11454.35     | 13905.34     | 5794.50       | 11554.88        |
| 1989        | 12830.30     | 15399.30       | 11897.25     | 14605.14     | 6108.80       | 12168.16        |
| 1990        | 13471.40     | 16377.00       | 12433.95     | 15013.54     | 6551.00       | 12769.38        |
| 1991        | 14153.80     | 17316.50       | 12918.45     | 15614.18     | 6845.22       | 13369.63        |
| 1992        | 14763.10     | 18059.30       | 13243.45     | 16386.95     | 7228.00       | 13936.16        |
| 1993        | 15563.00     | 19015.20       | 13801.45     | 17467.05     | 7574.50       | 14684.24        |
| 1994        | 16361.40     | 20035.50       | 14546.75     | 18360.95     | 7950.50       | 15451.02        |
| 1995        | 16921.40     | 20645.70       | 14928.55     | 19194.95     | 8220.90       | 15982.30        |
| 1996        | 17531.60     | 21310.30       | 15443.46     | 19987.15     | 8620.40       | 16578.58        |
| 1997        | 18336.90     | 22149.10       | 15922.72     | 20923.15     | 9013.90       | 17269.15        |
| 1998        | 18830.80     | 22797.20       | 16523.09     | 21544.45     | 9243.20       | 17787.75        |
| 1999        | 19373.90     | 23484.40       | 17123.45     | 22505.65     | 9723.50       | 18442.18        |
| 2000        | 20025.90     | 24195.40       | 17723.82     | 23365.65     | 10191.20      | 19100.40        |
| 2001        | 20890.00     | 25135.50       | 18515.22     | 24388.15     | 11093.40      | 20004.46        |
| 2002        | 21712.10     | 26107.40       | 19239.72     | 25345.94     | 11717.20      | 20824.47        |
| 2003        | 22425.80     | 26949.90       | 19810.64     | 26237.74     | 12505.60      | 21585.93        |
| 2004        | 23057.80     | 27679.10       | 20412.54     | 26996.44     | 13054.50      | 22240.07        |
| 2005        | 23696.70     | 28247.60       | 21012.90     | 27725.04     | 13568.50      | 22850.15        |
| 2006        | 24553.00     | 29067.10       | 21613.27     | 28642.24     | 14259.70      | 23627.06        |
| 2007        | 25168.28     | 29761.30       | 22213.64     | 29294.04     | 14920.80      | 24271.61        |
| 2008        | 25760.68     | 30439.50       | 22814.01     | 29855.54     | 15578.30      | 24889.61        |
| 2009        | 26286.18     | 31128.30       | 23414.38     | 30628.04     | 16059.20      | 25503.22        |
| 2010        | 27167.28     | 31926.46       | 24014.75     | 31326.63     | 16678.50      | 26222.72        |





**REGISTROS COMPLETADOS**

**REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MENSUAL ACUMULADA**

Estación : **KAYRA** Latitud : 13° 34' S Departament : CUSCO  
 Tipo : CP Longitud : 71° 54' W Provincia : CUSCO  
 Altitud : 3,219 msnm Distrito : San Jerónimo

| Año             | ENE    | FEB    | MAR    | ABR    | MAY   | JUN    | JUL    | AGO    | SEP   | OCT    | NOV    | DIC    | TOTAL         |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|---------------|
| 1971            | 138.28 | 173.36 | 89.69  | 42.91  | 1.61  | 0.11   | 0.00   | 6.11   | 3.75  | 59.75  | 54.71  | 136.78 | 707.08        |
| 1972            | 205.32 | 71.40  | 61.14  | 31.74  | 3.63  | 0.00   | 6.95   | 29.18  | 13.04 | 8.44   | 53.65  | 107.09 | 591.58        |
| 1973            | 235.65 | 128.74 | 106.06 | 80.08  | 14.91 | 0.00   | 9.69   | 12.57  | 15.44 | 69.32  | 94.56  | 102.76 | 869.76        |
| 1974            | 108.74 | 167.31 | 128.90 | 36.60  | 3.82  | 8.70   | 1.06   | 36.71  | 6.26  | 45.94  | 64.61  | 114.58 | 723.22        |
| 1975            | 131.81 | 138.47 | 58.45  | 70.61  | 23.78 | 0.74   | 0.32   | 0.63   | 54.01 | 50.21  | 53.91  | 179.80 | 762.74        |
| 1976            | 125.96 | 87.52  | 129.64 | 45.18  | 13.69 | 9.16   | 0.74   | 2.63   | 28.22 | 26.64  | 50.34  | 70.35  | 590.07        |
| 1977            | 122.45 | 128.85 | 72.72  | 49.95  | 8.29  | 0.00   | 4.62   | 0.00   | 31.37 | 68.20  | 75.02  | 81.84  | 643.32        |
| 1978            | 183.38 | 110.92 | 92.52  | 50.91  | 11.92 | 0.00   | 3.55   | 0.00   | 14.32 | 12.86  | 90.64  | 123.26 | 694.30        |
| 1979            | 105.31 | 137.09 | 113.34 | 48.75  | 6.46  | 0.00   | 0.94   | 8.44   | 11.98 | 19.17  | 89.17  | 85.21  | 625.84        |
| 1980            | 110.23 | 131.19 | 140.12 | 24.08  | 3.84  | 0.00   | 5.50   | 1.04   | 13.08 | 65.29  | 62.48  | 86.25  | 643.10        |
| 1981            | 233.11 | 83.56  | 128.65 | 58.85  | 1.86  | 4.03   | 0.00   | 10.14  | 47.47 | 112.62 | 124.93 | 149.23 | 954.45        |
| 1982            | 184.35 | 119.02 | 147.46 | 60.59  | 0.00  | 9.48   | 3.50   | 5.05   | 14.43 | 39.06  | 126.23 | 101.61 | 810.78        |
| 1983            | 131.84 | 86.25  | 55.96  | 30.60  | 3.49  | 6.37   | 0.51   | 0.92   | 5.65  | 26.70  | 45.49  | 103.19 | 496.97        |
| 1984            | 203.20 | 145.70 | 72.64  | 84.72  | 0.00  | 1.33   | 1.33   | 11.66  | 4.30  | 117.25 | 71.01  | 105.49 | 818.62        |
| 1985            | 131.62 | 121.73 | 75.65  | 33.85  | 15.90 | 11.83  | 0.92   | 0.00   | 44.14 | 61.99  | 118.77 | 124.79 | 741.18        |
| 1986            | 77.51  | 87.57  | 127.70 | 66.54  | 6.30  | 0.00   | 1.83   | 4.27   | 7.62  | 17.58  | 70.71  | 104.33 | 571.96        |
| 1987            | 226.05 | 89.49  | 49.20  | 13.26  | 2.13  | 1.32   | 9.31   | 0.00   | 8.30  | 26.83  | 103.06 | 108.93 | 637.87        |
| 1988            | 165.24 | 85.04  | 167.96 | 109.86 | 4.64  | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 9.99  | 36.52  | 48.02  | 114.70 | 741.95        |
| 1989            | 152.19 | 127.47 | 119.93 | 39.81  | 9.45  | 9.15   | 0.00   | 6.13   | 30.86 | 48.96  | 61.02  | 88.96  | 693.92        |
| 1990            | 157.87 | 90.56  | 60.30  | 47.48  | 7.51  | 31.86  | 0.00   | 5.81   | 13.32 | 73.83  | 87.05  | 66.62  | 642.22        |
| 1991            | 97.43  | 163.32 | 105.02 | 45.02  | 10.98 | 5.09   | 1.50   | 0.00   | 21.36 | 49.21  | 83.45  | 98.83  | 681.21        |
| 1992            | 113.51 | 101.87 | 103.46 | 14.82  | 0.00  | 19.30  | 0.00   | 21.29  | 7.96  | 50.44  | 116.79 | 56.70  | 606.14        |
| 1993            | 204.92 | 109.55 | 75.15  | 18.64  | 0.89  | 0.00   | 2.68   | 6.84   | 17.84 | 45.80  | 110.93 | 199.76 | 793.00        |
| 1994            | 174.87 | 161.93 | 171.81 | 44.95  | 11.66 | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 25.39 | 39.72  | 40.01  | 118.46 | 788.79        |
| 1995            | 120.12 | 93.34  | 93.83  | 17.53  | 0.00  | 0.00   | 0.59   | 1.18   | 28.36 | 26.29  | 69.12  | 101.02 | 551.37        |
| 1996            | 129.42 | 96.16  | 69.18  | 31.69  | 10.79 | 0.00   | 0.00   | 6.18   | 19.23 | 57.30  | 48.08  | 130.70 | 598.74        |
| 1997            | 120.57 | 124.88 | 102.48 | 30.31  | 4.69  | 0.00   | 0.00   | 6.94   | 12.03 | 43.42  | 197.04 | 145.12 | 787.49        |
| 1998            | 113.34 | 152.23 | 22.03  | 30.21  | 1.56  | 1.85   | 0.00   | 1.56   | 4.19  | 48.53  | 48.44  | 57.40  | 481.34        |
| 1999            | 86.73  | 89.55  | 89.36  | 41.57  | 1.26  | 3.30   | 0.97   | 0.00   | 41.86 | 18.26  | 38.56  | 116.07 | 527.50        |
| 2000            | 191.08 | 132.91 | 115.68 | 10.55  | 2.52  | 5.61   | 2.61   | 4.36   | 10.36 | 47.72  | 28.36  | 79.38  | 631.14        |
| 2001            | 224.79 | 167.00 | 132.56 | 35.12  | 11.09 | 0.00   | 16.79  | 9.84   | 19.87 | 36.95  | 93.39  | 86.25  | 833.64        |
| 2002            | 129.32 | 177.50 | 108.36 | 20.77  | 15.58 | 2.40   | 26.06  | 3.56   | 9.90  | 75.67  | 94.04  | 127.31 | 790.47        |
| 2003            | 157.07 | 129.85 | 136.94 | 54.14  | 1.92  | 6.13   | 0.00   | 20.41  | 3.55  | 33.16  | 22.14  | 118.64 | 683.95        |
| 2004            | 165.91 | 120.16 | 63.52  | 20.06  | 2.29  | 19.58  | 16.24  | 8.60   | 20.73 | 24.45  | 58.17  | 83.96  | 603.64        |
| 2005            | 134.04 | 124.33 | 114.43 | 31.51  | 3.05  | 0.38   | 1.14   | 3.81   | 4.28  | 37.22  | 56.45  | 97.58  | 608.21        |
| 2006            | 192.99 | 147.54 | 138.43 | 38.81  | 0.19  | 4.65   | 0.00   | 9.96   | 7.12  | 68.79  | 64.33  | 139.67 | 812.48        |
| 2007            | 133.16 | 55.51  | 101.47 | 88.52  | 5.49  | 0.00   | 3.78   | 0.00   | 0.95  | 43.80  | 65.60  | 83.60  | 581.87        |
| 2008            | 102.56 | 102.93 | 60.70  | 7.16   | 8.20  | 1.98   | 0.00   | 3.68   | 13.10 | 48.73  | 85.02  | 124.33 | 558.40        |
| 2009            | 105.70 | 101.75 | 74.32  | 20.01  | 4.98  | 0.00   | 3.10   | 0.66   | 14.19 | 7.80   | 83.34  | 77.89  | 493.72        |
| 2010            | 251.44 | 157.79 | 120.99 | 15.55  | 1.22  | 0.00   | 1.31   | 4.40   | 7.68  | 65.55  | 37.46  | 161.73 | 825.11        |
| N° Datos        | 40     | 40     | 40     | 40     | 40    | 40     | 40     | 40     | 40    | 40     | 40     | 40     | 40            |
| Media           | 151.98 | 120.53 | 99.94  | 41.08  | 6.04  | 4.11   | 3.19   | 6.36   | 16.69 | 46.40  | 74.65  | 109.00 | <b>679.98</b> |
| Desv. Estándar  | 45.72  | 30.74  | 34.11  | 23.03  | 5.56  | 6.74   | 5.49   | 8.11   | 12.88 | 24.21  | 33.17  | 30.99  | 114.29        |
| Coef. Variación | 30.08  | 25.50  | 34.13  | 56.06  | 92.13 | 163.97 | 172.26 | 127.43 | 77.20 | 52.19  | 44.43  | 28.43  | 16.81         |
| Prec. Max.      | 251.44 | 177.50 | 171.81 | 109.86 | 23.78 | 31.86  | 26.06  | 36.71  | 54.01 | 117.25 | 197.04 | 199.76 | 954.45        |
| Prec. Min.      | 77.51  | 55.51  | 22.03  | 7.16   | 0.00  | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.95  | 7.80   | 22.14  | 56.70  | 481.34        |

**REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MENSUAL ACUMULADA**

Estación : PERAYOC Latitud : 13°31'00" S Departamento : CUSCO  
 Tipo : CP Longitud : 71°57'00" W Provincia : CUSCO  
 Altitud : 3,365 msnm Distrito : CUSCO

| Año             | ENE    | FEB    | MAR    | ABR    | MAY   | JUN    | JUL    | AGO    | SEP   | OCT    | NOV    | DIC    | TOTAL    |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|----------|
| 1971            | 130.13 | 128.42 | 92.79  | 38.14  | 1.70  | 1.50   | 0.30   | 8.11   | 0.00  | 53.25  | 44.44  | 147.74 | 646.52   |
| 1972            | 170.06 | 74.77  | 58.45  | 40.74  | 0.80  | 0.00   | 9.31   | 20.52  | 37.53 | 5.51   | 67.66  | 102.99 | 588.34   |
| 1973            | 228.80 | 137.92 | 141.92 | 96.98  | 18.12 | 0.00   | 10.81  | 15.91  | 6.61  | 29.93  | 101.89 | 91.68  | 880.56   |
| 1974            | 130.51 | 228.99 | 130.11 | 61.65  | 15.81 | 14.31  | 3.10   | 37.03  | 21.92 | 45.64  | 45.24  | 121.50 | 855.80   |
| 1975            | 119.79 | 159.82 | 107.58 | 71.05  | 30.32 | 1.40   | 0.00   | 0.10   | 40.53 | 48.24  | 42.13  | 152.32 | 773.29   |
| 1976            | 158.21 | 73.75  | 155.81 | 48.23  | 22.92 | 7.11   | 0.90   | 9.01   | 59.04 | 15.51  | 56.24  | 103.07 | 709.81   |
| 1977            | 104.37 | 241.66 | 80.85  | 60.94  | 3.90  | 0.20   | 0.20   | 2.70   | 39.13 | 65.14  | 170.91 | 66.74  | 836.76   |
| 1978            | 249.55 | 63.64  | 83.55  | 37.52  | 6.70  | 0.00   | 1.00   | 0.00   | 12.71 | 9.71   | 161.30 | 124.38 | 750.06   |
| 1979            | 165.09 | 128.87 | 170.20 | 36.92  | 21.51 | 0.00   | 5.90   | 17.31  | 12.41 | 22.61  | 131.77 | 137.38 | 849.98   |
| 1980            | 97.95  | 141.77 | 96.95  | 34.12  | 7.40  | 2.10   | 2.40   | 0.40   | 7.70  | 96.25  | 66.63  | 67.54  | 621.22   |
| 1981            | 218.20 | 73.03  | 119.26 | 69.23  | 0.60  | 4.20   | 0.00   | 12.41  | 46.72 | 105.05 | 112.15 | 133.96 | 894.82   |
| 1982            | 205.99 | 118.75 | 159.57 | 67.93  | 0.00  | 1.40   | 3.80   | 9.80   | 58.02 | 68.03  | 171.97 | 150.46 | 1015.73  |
| 1983            | 154.36 | 96.44  | 60.82  | 23.81  | 8.60  | 36.11  | 0.70   | 0.00   | 2.30  | 37.51  | 60.42  | 172.46 | 653.54   |
| 1984            | 219.97 | 172.86 | 88.63  | 82.13  | 0.20  | 6.80   | 0.20   | 19.31  | 21.31 | 126.14 | 82.63  | 110.24 | 930.40   |
| 1985            | 121.93 | 143.04 | 123.53 | 64.22  | 19.11 | 17.90  | 3.10   | 6.10   | 39.11 | 70.32  | 128.13 | 146.44 | 882.94   |
| 1986            | 103.22 | 114.13 | 154.83 | 95.42  | 6.80  | 0.00   | 3.30   | 10.60  | 10.80 | 35.61  | 115.13 | 82.52  | 732.36   |
| 1987            | 311.65 | 106.02 | 81.21  | 35.11  | 5.90  | 13.60  | 14.20  | 0.00   | 13.00 | 60.51  | 121.22 | 164.93 | 927.36   |
| 1988            | 228.83 | 144.52 | 250.53 | 40.91  | 4.00  | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 19.40 | 37.90  | 57.71  | 154.52 | 938.32   |
| 1989            | 223.92 | 152.71 | 209.72 | 54.40  | 4.10  | 13.70  | 0.00   | 6.30   | 16.10 | 92.81  | 72.71  | 72.71  | 919.17   |
| 1990            | 319.31 | 89.30  | 61.50  | 100.40 | 12.30 | 33.10  | 0.00   | 6.80   | 18.60 | 106.80 | 115.60 | 114.00 | 977.72   |
| 1991            | 114.10 | 236.39 | 152.00 | 44.80  | 14.10 | 7.90   | 1.00   | 0.00   | 31.60 | 116.60 | 104.80 | 116.20 | 939.48   |
| 1992            | 154.79 | 142.09 | 95.59  | 18.50  | 1.00  | 6.50   | 21.50  | 33.50  | 9.10  | 68.69  | 124.89 | 66.60  | 742.74   |
| 1993            | 251.87 | 123.18 | 93.19  | 34.50  | 3.40  | 0.00   | 1.80   | 22.70  | 6.90  | 97.39  | 100.89 | 219.97 | 955.78   |
| 1994            | 196.37 | 220.86 | 232.56 | 60.49  | 15.20 | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 21.00 | 44.49  | 64.19  | 164.97 | 1020.12  |
| 1995            | 126.97 | 90.58  | 137.77 | 26.09  | 1.70  | 0.30   | 3.10   | 0.00   | 51.99 | 20.10  | 27.49  | 123.97 | 610.06   |
| 1996            | 168.95 | 87.38  | 48.59  | 28.89  | 9.70  | 0.00   | 0.00   | 9.80   | 16.00 | 61.18  | 65.98  | 167.95 | 664.42   |
| 1997            | 137.16 | 104.67 | 145.65 | 70.88  | 3.20  | 0.00   | 0.00   | 11.10  | 13.40 | 35.49  | 138.36 | 178.64 | 838.53   |
| 1998            | 155.24 | 163.14 | 54.28  | 34.79  | 3.80  | 3.40   | 0.00   | 6.20   | 2.20  | 84.87  | 70.57  | 69.37  | 647.86   |
| 1999            | 164.93 | 96.66  | 103.96 | 50.68  | 10.20 | 6.00   | 0.00   | 0.00   | 57.88 | 24.79  | 52.68  | 119.15 | 686.91   |
| 2000            | 234.79 | 117.05 | 113.05 | 9.40   | 1.80  | 3.50   | 2.40   | 6.70   | 24.59 | 52.98  | 53.77  | 90.66  | 710.67   |
| 2001            | 295.15 | 155.32 | 156.02 | 34.18  | 5.90  | 0.00   | 22.39  | 11.89  | 19.19 | 70.46  | 66.87  | 102.25 | 939.61   |
| 2002            | 184.80 | 177.70 | 203.58 | 25.39  | 6.90  | 2.20   | 32.48  | 6.00   | 14.39 | 73.76  | 114.93 | 129.23 | 971.35   |
| 2003            | 216.47 | 156.80 | 153.11 | 95.24  | 2.80  | 9.09   | 0.00   | 13.09  | 9.79  | 19.09  | 38.78  | 127.72 | 841.98   |
| 2004            | 202.86 | 148.90 | 89.44  | 30.38  | 3.40  | 20.59  | 9.59   | 9.99   | 32.88 | 34.88  | 51.67  | 94.14  | 728.71   |
| 2005            | 118.71 | 122.31 | 108.42 | 35.77  | 1.10  | 0.00   | 1.00   | 3.10   | 6.50  | 36.87  | 66.55  | 67.75  | 568.09   |
| 2006            | 196.15 | 122.21 | 126.40 | 50.36  | 0.00  | 6.79   | 0.00   | 0.50   | 18.59 | 67.75  | 67.35  | 162.78 | 818.87   |
| 2007            | 139.39 | 86.83  | 113.41 | 68.54  | 12.99 | 0.00   | 4.00   | 0.80   | 6.10  | 74.24  | 109.71 | 77.64  | 693.63   |
| 2008            | 130.69 | 137.88 | 80.73  | 5.30   | 6.49  | 2.50   | 3.10   | 6.69   | 14.29 | 106.41 | 54.85  | 128.69 | 677.61   |
| 2009            | 119.19 | 115.99 | 55.25  | 25.48  | 0.80  | 0.00   | 0.00   | 3.00   | 10.99 | 24.68  | 199.12 | 133.68 | 688.17   |
| 2010            | 259.63 | 161.82 | 140.29 | 32.15  | 2.84  | 1.78   | 2.13   | 6.55   | 13.97 | 74.82  | 62.31  | 158.89 | 917.18   |
| N° Datos        | 40     | 40     | 40     | 40     | 40    | 40     | 40     | 40     | 40    | 40     | 40     | 40     | 40       |
| Media           | 180.75 | 133.95 | 120.78 | 48.54  | 7.45  | 5.60   | 4.09   | 8.35   | 21.61 | 58.05  | 89.04  | 122.95 | 801.16   |
| Desv. Estandar  | 59.05  | 44.28  | 48.60  | 24.09  | 7.30  | 8.62   | 7.13   | 8.86   | 16.38 | 31.55  | 41.75  | 37.08  | 131.00   |
| Coef. Variacion | 32.67  | 33.06  | 40.24  | 49.62  | 98.01 | 153.99 | 174.27 | 106.15 | 75.81 | 54.36  | 46.88  | 30.16  | 16.35    |
| Prec. Max.      | 319.31 | 241.66 | 250.53 | 100.40 | 30.32 | 36.11  | 32.48  | 37.03  | 59.04 | 126.14 | 199.12 | 219.97 | 1,020.12 |
| Prec. Min.      | 97.95  | 63.64  | 48.59  | 5.30   | 0.00  | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00  | 5.51   | 27.49  | 66.60  | 568.09   |

**PRUEBA DE AJUSTE**

Prueba de SMIRNOV KOLMOGOROV:

Estación Perayoc:

| Delta Calculada | Delta Tabulada | Media    | Desviación Estándar | Número de datos | Media Lineal | S Lineal |
|-----------------|----------------|----------|---------------------|-----------------|--------------|----------|
| 0.1178          | 0.2150         | 801.1627 | 131.0028            | 40              | 89.7893      | 12.6493  |

| m  | Caudales (X) | $P(X) = \frac{m}{(n+1)}$ | $Z = \frac{X - X_{PROM.}}{S}$ | F(Z)   | Delta Δ |
|----|--------------|--------------------------|-------------------------------|--------|---------|
|    |              |                          | S                             |        |         |
| 1  | 568.093      | 0.0244                   | -1.7791                       | 0.0338 | 0.0094  |
| 2  | 588.338      | 0.0488                   | -1.6246                       | 0.0472 | 0.0016  |
| 3  | 610.064      | 0.0732                   | -1.4587                       | 0.0659 | 0.0073  |
| 4  | 621.222      | 0.0976                   | -1.3736                       | 0.0775 | 0.0201  |
| 5  | 646.523      | 0.1220                   | -1.1804                       | 0.1095 | 0.0125  |
| 6  | 647.860      | 0.1463                   | -1.1702                       | 0.1114 | 0.0349  |
| 7  | 653.542      | 0.1707                   | -1.1269                       | 0.1199 | 0.0509  |
| 8  | 664.420      | 0.1951                   | -1.0438                       | 0.1373 | 0.0578  |
| 9  | 677.614      | 0.2195                   | -0.9431                       | 0.1606 | 0.0589  |
| 10 | 686.912      | 0.2439                   | -0.8721                       | 0.1785 | 0.0654  |
| 11 | 688.171      | 0.2683                   | -0.8625                       | 0.1810 | 0.0873  |
| 12 | 693.635      | 0.2927                   | -0.8208                       | 0.1921 | 0.1006  |
| 13 | 709.808      | 0.3171                   | -0.6973                       | 0.2275 | 0.0896  |
| 14 | 710.667      | 0.3415                   | -0.6908                       | 0.2295 | 0.1120  |
| 15 | 728.714      | 0.3659                   | -0.5530                       | 0.2735 | 0.0924  |
| 16 | 732.363      | 0.3902                   | -0.5252                       | 0.2828 | 0.1075  |
| 17 | 742.745      | 0.4146                   | -0.4459                       | 0.3102 | 0.1044  |
| 18 | 750.063      | 0.4390                   | -0.3901                       | 0.3300 | 0.1090  |
| 19 | 773.292      | 0.4634                   | -0.2127                       | 0.3964 | 0.0670  |
| 20 | 818.873      | 0.4878                   | 0.1352                        | 0.5734 | 0.0856  |
| 21 | 836.758      | 0.5122                   | 0.2717                        | 0.6260 | 0.1139  |
| 22 | 838.531      | 0.5366                   | 0.2852                        | 0.6312 | 0.0946  |
| 23 | 841.980      | 0.5610                   | 0.3116                        | 0.6411 | 0.0801  |
| 24 | 849.983      | 0.5854                   | 0.3727                        | 0.6636 | 0.0782  |
| 25 | 855.797      | 0.6098                   | 0.4171                        | 0.6796 | 0.0699  |
| 26 | 880.561      | 0.6341                   | 0.6061                        | 0.7440 | 0.1099  |
| 27 | 882.940      | 0.6585                   | 0.6242                        | 0.7497 | 0.0912  |
| 28 | 894.820      | 0.6829                   | 0.7149                        | 0.5655 | 0.1175  |
| 29 | 917.181      | 0.7073                   | 0.8856                        | 0.8251 | 0.1178  |
| 30 | 919.168      | 0.7317                   | 0.9008                        | 0.8291 | 0.0974  |
| 31 | 927.360      | 0.7561                   | 0.9633                        | 0.8443 | 0.0882  |
| 32 | 930.399      | 0.7805                   | 0.9865                        | 0.8499 | 0.0694  |
| 33 | 938.316      | 0.8049                   | 1.0469                        | 0.8634 | 0.0585  |
| 34 | 939.477      | 0.8293                   | 1.0558                        | 0.8653 | 0.0360  |
| 35 | 939.613      | 0.8537                   | 1.0568                        | 0.8655 | 0.0119  |
| 36 | 955.782      | 0.8780                   | 1.1803                        | 0.8905 | 0.0125  |
| 37 | 971.348      | 0.9024                   | 1.2991                        | 0.9113 | 0.0089  |
| 38 | 977.724      | 0.9268                   | 1.3478                        | 0.9186 | 0.0082  |
| 39 | 1,015.726    | 0.9512                   | 1.6379                        | 0.9541 | 0.0029  |
| 40 | 1,020.124    | 0.9756                   | 1.6714                        | 0.9573 | 0.0184  |

**REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MENSUAL ACUMULADA**

Estación : **YAURI** Latitud : 14° 48' S Departamento : CUSCO  
 Tipo : PLU Longitud : 71° 25' W Provincia : ESPINAR  
 Altitud : 3,927 msnm Distrito : YAURI

| AÑO             | ENE    | FEB    | MAR    | ABR    | MAY    | JUN    | JUL    | AGO    | SEP    | OCT   | NOV    | DIC    | TOTAL         |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|---------------|
| 1971            | 175.30 | 286.04 | 112.34 | 49.89  | 0.00   | 2.51   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 10.16 | 6.03   | 119.99 | 762.27        |
| 1972            | 182.35 | 169.73 | 136.22 | 32.01  | 0.00   | 0.00   | 15.25  | 8.10   | 23.91  | 50.08 | 60.63  | 154.11 | 832.38        |
| 1973            | 283.01 | 282.85 | 195.12 | 146.57 | 12.25  | 0.00   | 2.59   | 4.63   | 54.36  | 19.48 | 55.85  | 82.24  | 1138.96       |
| 1974            | 224.14 | 228.20 | 169.21 | 57.45  | 2.34   | 16.75  | 0.00   | 103.92 | 25.40  | 20.98 | 10.99  | 40.52  | 899.91        |
| 1975            | 162.55 | 215.75 | 125.16 | 121.64 | 31.83  | 7.61   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 8.79  | 42.37  | 97.04  | 812.73        |
| 1976            | 195.05 | 184.52 | 120.49 | 26.71  | 11.94  | 37.84  | 0.00   | 32.17  | 77.90  | 1.62  | 23.87  | 72.43  | 784.53        |
| 1977            | 63.00  | 222.36 | 87.45  | 0.00   | 2.01   | 0.00   | 8.92   | 0.00   | 14.67  | 70.76 | 60.41  | 57.82  | 587.39        |
| 1978            | 257.42 | 49.16  | 55.47  | 34.54  | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 35.22 | 87.21  | 112.67 | 631.68        |
| 1979            | 244.82 | 97.54  | 101.61 | 14.24  | 0.00   | 4.58   | 13.22  | 15.97  | 10.68  | 71.60 | 130.90 | 91.64  | 796.79        |
| 1980            | 228.83 | 162.80 | 79.28  | 55.39  | 0.00   | 0.00   | 5.43   | 0.00   | 0.00   | 43.21 | 50.58  | 97.19  | 722.71        |
| 1981            | 202.85 | 156.36 | 142.01 | 62.51  | 3.00   | 6.50   | 1.74   | 17.37  | 31.19  | 46.23 | 80.23  | 119.50 | 869.49        |
| 1982            | 196.57 | 175.22 | 159.64 | 62.76  | 1.79   | 6.73   | 3.80   | 11.18  | 29.58  | 40.12 | 99.32  | 111.51 | 898.23        |
| 1983            | 189.06 | 160.66 | 98.35  | 50.43  | 6.02   | 15.34  | 2.08   | 1.02   | 11.27  | 37.63 | 44.45  | 114.78 | 731.09        |
| 1984            | 199.18 | 192.26 | 111.99 | 70.08  | 1.84   | 6.70   | 2.23   | 24.18  | 16.86  | 47.75 | 57.70  | 106.99 | 837.75        |
| 1985            | 188.40 | 179.66 | 121.97 | 56.10  | 16.08  | 11.51  | 2.77   | 4.14   | 28.36  | 41.47 | 83.73  | 115.94 | 850.14        |
| 1986            | 181.33 | 163.67 | 150.58 | 67.48  | 7.23   | 4.66   | 3.13   | 11.20  | 14.16  | 37.03 | 15.46  | 115.67 | 771.60        |
| 1987            | 38.53  | 18.59  | 43.05  | 35.18  | 0.00   | 18.43  | 34.17  | 0.28   | 14.94  | 39.03 | 77.69  | 115.00 | 434.87        |
| 1988            | 305.22 | 167.17 | 190.69 | 70.89  | 5.52   | 4.66   | 7.01   | 0.00   | 6.50   | 25.07 | 14.13  | 102.53 | 899.40        |
| 1989            | 214.12 | 202.57 | 132.27 | 29.32  | 13.10  | 41.54  | 0.00   | 35.32  | 1.44   | 1.78  | 26.21  | 79.52  | 777.19        |
| 1990            | 65.86  | 232.48 | 91.43  | 0.00   | 2.11   | 0.00   | 9.32   | 0.00   | 15.34  | 73.98 | 63.16  | 60.45  | 614.12        |
| 1991            | 246.83 | 47.14  | 53.19  | 41.22  | 19.10  | 56.81  | 0.00   | 0.00   | 67.57  | 0.00  | 67.72  | 106.36 | 705.93        |
| 1992            | 186.79 | 172.65 | 126.02 | 46.13  | 2.04   | 8.56   | 0.00   | 48.49  | 0.00   | 64.01 | 80.93  | 40.46  | 776.09        |
| 1993            | 251.04 | 99.93  | 124.54 | 108.60 | 5.13   | 0.00   | 0.75   | 13.98  | 7.18   | 87.35 | 161.92 | 146.45 | 1006.86       |
| 1994            | 208.15 | 224.35 | 193.47 | 57.30  | 16.91  | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 22.48  | 13.26 | 67.23  | 101.85 | 905.01        |
| 1995            | 168.46 | 143.46 | 212.76 | 83.01  | 2.74   | 0.00   | 0.00   | 2.84   | 13.21  | 52.43 | 38.20  | 130.26 | 847.37        |
| 1996            | 163.55 | 191.49 | 111.35 | 98.81  | 17.23  | 0.00   | 0.00   | 20.70  | 13.87  | 31.61 | 52.10  | 107.07 | 807.78        |
| 1997            | 252.25 | 214.59 | 119.12 | 68.26  | 3.27   | 0.00   | 0.00   | 26.81  | 39.30  | 14.94 | 93.84  | 125.46 | 957.83        |
| 1998            | 222.96 | 154.46 | 92.23  | 14.17  | 0.00   | 2.57   | 0.00   | 3.70   | 0.82   | 49.60 | 48.27  | 49.30  | 638.08        |
| 1999            | 145.95 | 236.35 | 163.99 | 129.36 | 3.71   | 0.00   | 0.00   | 0.82   | 49.27  | 54.53 | 46.69  | 160.07 | 990.73        |
| 2000            | 166.24 | 201.31 | 167.38 | 42.52  | 4.34   | 5.79   | 0.00   | 13.14  | 6.41   | 81.21 | 27.72  | 173.58 | 889.64        |
| 2001            | 276.07 | 239.31 | 264.64 | 103.30 | 33.22  | 0.93   | 4.46   | 4.98   | 4.36   | 33.43 | 26.79  | 70.08  | 1061.59       |
| 2002            | 116.08 | 306.67 | 154.22 | 70.44  | 25.74  | 0.52   | 17.40  | 0.00   | 42.20  | 58.35 | 73.50  | 148.80 | 1013.93       |
| 2003            | 178.94 | 240.54 | 202.16 | 38.59  | 5.96   | 0.84   | 0.00   | 5.75   | 36.40  | 11.61 | 76.77  | 135.12 | 932.69        |
| 2004            | 226.42 | 174.77 | 88.70  | 50.81  | 0.00   | 1.89   | 11.23  | 18.58  | 26.87  | 26.98 | 59.52  | 110.64 | 796.40        |
| 2005            | 120.42 | 185.96 | 129.80 | 45.41  | 1.16   | 0.00   | 0.00   | 5.06   | 5.90   | 58.89 | 44.14  | 170.89 | 767.63        |
| 2006            | 311.96 | 126.79 | 185.69 | 48.43  | 1.48   | 5.71   | 0.00   | 10.26  | 19.67  | 62.50 | 67.78  | 129.65 | 969.92        |
| 2007            | 137.67 | 141.81 | 114.74 | 62.20  | 4.88   | 0.00   | 3.61   | 0.00   | 17.30  | 38.53 | 46.17  | 124.93 | 691.83        |
| 2008            | 210.84 | 114.53 | 77.24  | 1.28   | 5.22   | 6.18   | 0.00   | 0.00   | 0.21   | 46.24 | 26.42  | 110.05 | 598.21        |
| 2009            | 109.08 | 176.02 | 109.29 | 47.59  | 5.88   | 0.00   | 1.50   | 0.00   | 2.14   | 46.84 | 184.57 | 143.19 | 826.09        |
| 2010            | 185.27 | 177.86 | 123.33 | 34.35  | 14.60  | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 1.82   | 41.93 | 43.06  | 125.49 | 747.72        |
| N° Datos        | 40     | 40     | 40     | 40     | 40     | 40     | 40     | 40     | 40     | 40    | 40     | 40     | 40            |
| Media           | 192.06 | 177.94 | 130.95 | 55.87  | 7.24   | 6.88   | 3.77   | 11.11  | 18.84  | 39.91 | 60.61  | 109.43 | <b>814.61</b> |
| Desv. Estándar  | 61.64  | 61.43  | 46.96  | 33.55  | 8.65   | 12.33  | 6.73   | 18.99  | 19.09  | 22.33 | 37.24  | 33.06  | 141.39        |
| Coef. Variación | 32.09  | 34.52  | 35.86  | 60.05  | 119.47 | 179.25 | 178.84 | 170.83 | 101.36 | 55.97 | 61.45  | 30.21  | 17.36         |
| Prec. Max.      | 311.96 | 306.67 | 264.64 | 146.57 | 33.22  | 56.81  | 34.17  | 103.92 | 77.90  | 87.35 | 184.57 | 173.58 | 1,138.96      |
| Prec. Min.      | 38.53  | 18.59  | 43.05  | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00  | 6.03   | 40.46  | 434.87        |

**PRUEBA DE AJUSTE**

Prueba de SMIRNOV KOLMOGOROV:

Estación Yauri:

| Delta Calculada | Delta Tabulada | Media    | Desviación Estándar | Número de datos | Media Lineal | S Lineal |
|-----------------|----------------|----------|---------------------|-----------------|--------------|----------|
| 0.0490          | 0.2150         | 814.6144 | 141.3864            | 40              | 89.7893      | 12.6493  |

| m  | Caudales (X) | P(X) = m | Z = X - X <sub>PROM.</sub> | F(Z)   | Delta Δ |
|----|--------------|----------|----------------------------|--------|---------|
|    |              | (n+1)    | S                          |        |         |
| 1  | 434.875      | 0.0244   | -2.6858                    | 0.0031 | 0.0213  |
| 2  | 587.387      | 0.0488   | -1.6071                    | 0.0488 | 0.0000  |
| 3  | 598.212      | 0.0732   | -1.5306                    | 0.0572 | 0.0160  |
| 4  | 614.119      | 0.0976   | -1.4181                    | 0.0712 | 0.0264  |
| 5  | 631.682      | 0.1220   | -1.2938                    | 0.0896 | 0.0324  |
| 6  | 638.083      | 0.1463   | -1.2486                    | 0.0973 | 0.0490  |
| 7  | 691.832      | 0.1707   | -0.8684                    | 0.1795 | 0.0087  |
| 8  | 705.930      | 0.1951   | -0.7687                    | 0.2067 | 0.0116  |
| 9  | 722.713      | 0.2195   | -0.6500                    | 0.2422 | 0.0227  |
| 10 | 731.087      | 0.2439   | -0.5908                    | 0.2609 | 0.0170  |
| 11 | 747.725      | 0.2683   | -0.4731                    | 0.3006 | 0.0323  |
| 12 | 762.267      | 0.2927   | -0.3702                    | 0.3373 | 0.0446  |
| 13 | 767.634      | 0.3171   | -0.3323                    | 0.3513 | 0.0342  |
| 14 | 771.599      | 0.3415   | -0.3042                    | 0.3616 | 0.0201  |
| 15 | 776.090      | 0.3659   | -0.2725                    | 0.3737 | 0.0078  |
| 16 | 777.191      | 0.3902   | -0.2647                    | 0.3766 | 0.0136  |
| 17 | 784.531      | 0.4146   | -0.2128                    | 0.3964 | 0.0182  |
| 18 | 796.404      | 0.4390   | -0.1288                    | 0.4291 | 0.0099  |
| 19 | 796.793      | 0.4634   | -0.1260                    | 0.4302 | 0.0332  |
| 20 | 807.780      | 0.4878   | -0.0483                    | 0.4609 | 0.0269  |
| 21 | 812.734      | 0.5122   | -0.0133                    | 0.4748 | 0.0374  |
| 22 | 826.095      | 0.5366   | 0.0812                     | 0.5522 | 0.0156  |
| 23 | 832.376      | 0.5610   | 0.1256                     | 0.5696 | 0.0087  |
| 24 | 837.745      | 0.5854   | 0.1636                     | 0.5845 | 0.0009  |
| 25 | 847.372      | 0.6098   | 0.2317                     | 0.6108 | 0.0010  |
| 26 | 850.140      | 0.6341   | 0.2513                     | 0.6183 | 0.0159  |
| 27 | 869.486      | 0.6585   | 0.3881                     | 0.6693 | 0.0107  |
| 28 | 889.639      | 0.6829   | 0.5306                     | 0.7190 | 0.0361  |
| 29 | 898.233      | 0.7073   | 0.5914                     | 0.7393 | 0.0320  |
| 30 | 899.404      | 0.7317   | 0.5997                     | 0.7420 | 0.0103  |
| 31 | 899.907      | 0.7561   | 0.6033                     | 0.7432 | 0.0129  |
| 32 | 905.008      | 0.7805   | 0.6393                     | 0.7544 | 0.0261  |
| 33 | 932.685      | 0.8049   | 0.8351                     | 0.8117 | 0.0068  |
| 34 | 957.833      | 0.8293   | 1.0130                     | 0.8560 | 0.0267  |
| 35 | 969.921      | 0.8537   | 1.0985                     | 0.8746 | 0.0209  |
| 36 | 990.732      | 0.8780   | 1.2456                     | 0.9022 | 0.0241  |
| 37 | 1,006.858    | 0.9024   | 1.3597                     | 0.9204 | 0.0180  |
| 38 | 1,013.926    | 0.9268   | 1.4097                     | 0.9277 | 0.0009  |
| 39 | 1,061.590    | 0.9512   | 1.7468                     | 0.9636 | 0.0124  |
| 40 | 1,138.957    | 0.9756   | 2.2940                     | 0.9904 | 0.0148  |

**REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MENSUAL ACUMULADA**

Estación : PISAC Latitud : 13° 24' S Departamento : CUSCO  
 Tipo : CO Longitud : 71° 46' W Provincia : CALCA  
 Altitud : 2,900 msnm Distrito : PISAC

| AÑO             | ENE    | FEB    | MAR    | ABR    | MAY    | JUN    | JUL    | AGO   | SEP   | OCT    | NOV    | DIC    | TOTAL         |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|---------------|
| 1971            | 145.48 | 272.79 | 75.60  | 54.80  | 3.84   | 5.53   | 1.97   | 8.52  | 0.00  | 47.12  | 17.42  | 40.84  | 673.92        |
| 1972            | 95.67  | 50.09  | 128.29 | 24.34  | 3.85   | 0.00   | 6.95   | 12.31 | 12.50 | 3.95   | 23.31  | 72.84  | 434.11        |
| 1973            | 251.94 | 193.39 | 132.95 | 57.14  | 8.96   | 9.15   | 12.07  | 12.63 | 6.69  | 31.02  | 53.93  | 143.32 | 913.19        |
| 1974            | 124.59 | 167.82 | 123.07 | 47.96  | 3.88   | 10.78  | 0.95   | 26.30 | 5.87  | 9.55   | 10.88  | 66.22  | 597.86        |
| 1975            | 76.50  | 96.14  | 79.53  | 41.85  | 42.33  | 4.84   | 0.00   | 0.00  | 24.30 | 31.61  | 42.21  | 65.11  | 504.42        |
| 1976            | 126.64 | 50.66  | 117.79 | 37.23  | 47.13  | 3.05   | 2.00   | 1.90  | 20.76 | 3.90   | 37.71  | 37.90  | 486.68        |
| 1977            | 82.64  | 107.48 | 66.30  | 32.77  | 0.00   | 0.00   | 3.82   | 3.92  | 11.85 | 18.15  | 123.53 | 13.57  | 464.02        |
| 1978            | 203.78 | 145.51 | 112.15 | 77.93  | 29.81  | 0.00   | 0.00   | 0.00  | 20.99 | 2.01   | 36.33  | 78.50  | 707.02        |
| 1979            | 202.54 | 157.15 | 172.53 | 57.03  | 6.83   | 7.69   | 5.77   | 1.92  | 19.14 | 17.70  | 37.70  | 70.40  | 756.40        |
| 1980            | 89.55  | 175.81 | 218.85 | 86.55  | 1.93   | 0.00   | 0.00   | 10.90 | 35.41 | 38.40  | 4.82   | 46.80  | 709.04        |
| 1981            | 94.78  | 172.62 | 86.84  | 30.40  | 7.07   | 4.07   | 14.81  | 2.90  | 15.88 | 61.58  | 122.86 | 116.08 | 729.90        |
| 1982            | 268.50 | 66.45  | 229.45 | 190.01 | 24.77  | 7.77   | 0.97   | 14.67 | 19.33 | 29.24  | 85.78  | 18.17  | 955.10        |
| 1983            | 4.97   | 30.31  | 91.29  | 29.05  | 0.00   | 1.95   | 10.82  | 5.95  | 12.96 | 18.03  | 29.73  | 33.14  | 268.20        |
| 1984            | 96.24  | 127.51 | 99.64  | 56.75  | 2.60   | 3.92   | 0.62   | 16.14 | 2.93  | 42.54  | 72.27  | 13.30  | 534.45        |
| 1985            | 137.88 | 201.66 | 190.87 | 63.10  | 8.14   | 0.00   | 0.00   | 5.00  | 27.38 | 106.08 | 126.79 | 24.53  | 891.43        |
| 1986            | 27.28  | 114.81 | 132.54 | 37.91  | 12.31  | 0.00   | 2.07   | 3.25  | 3.94  | 2.07   | 8.17   | 11.62  | 355.96        |
| 1987            | 272.99 | 45.35  | 24.31  | 13.14  | 0.00   | 14.43  | 8.99   | 0.00  | 0.00  | 8.10   | 53.75  | 34.28  | 475.34        |
| 1988            | 104.17 | 108.75 | 208.99 | 57.21  | 2.18   | 0.00   | 0.00   | 0.00  | 2.51  | 13.10  | 14.96  | 93.68  | 605.56        |
| 1989            | 102.83 | 83.82  | 98.49  | 22.90  | 6.19   | 0.00   | 2.65   | 8.13  | 6.37  | 18.13  | 18.13  | 23.96  | 391.59        |
| 1990            | 82.17  | 48.85  | 21.75  | 88.49  | 6.64   | 41.14  | 0.00   | 3.21  | 9.00  | 47.25  | 103.28 | 123.21 | 575.00        |
| 1991            | 74.76  | 99.87  | 63.28  | 30.81  | 11.28  | 7.85   | 0.00   | 1.96  | 1.96  | 49.74  | 69.36  | 64.46  | 475.33        |
| 1992            | 41.19  | 23.09  | 16.12  | 11.49  | 0.00   | 12.20  | 0.00   | 6.76  | 2.03  | 11.39  | 28.47  | 12.51  | 165.26        |
| 1993            | 199.67 | 84.71  | 13.84  | 42.64  | 9.15   | 4.69   | 9.15   | 15.63 | 3.35  | 20.31  | 97.10  | 122.55 | 622.80        |
| 1994            | 222.37 | 166.64 | 202.11 | 79.72  | 7.07   | 0.00   | 0.00   | 0.00  | 16.53 | 70.12  | 17.60  | 211.44 | 993.60        |
| 1995            | 72.17  | 58.13  | 58.50  | 5.26   | 3.07   | 0.00   | 0.00   | 0.00  | 8.92  | 17.70  | 13.31  | 42.12  | 279.18        |
| 1996            | 124.24 | 73.21  | 46.91  | 73.21  | 12.78  | 0.00   | 0.00   | 22.82 | 9.83  | 55.46  | 52.08  | 78.61  | 549.16        |
| 1997            | 81.96  | 99.11  | 96.73  | 3.27   | 2.87   | 0.00   | 0.00   | 21.11 | 17.94 | 28.90  | 84.56  | 80.25  | 516.71        |
| 1998            | 122.95 | 127.83 | 82.60  | 43.51  | 4.87   | 3.18   | 0.00   | 5.57  | 8.74  | 35.77  | 45.38  | 67.47  | 547.86        |
| 1999            | 119.90 | 110.30 | 105.92 | 46.79  | 7.25   | 4.70   | 0.25   | 3.55  | 18.98 | 23.31  | 40.78  | 74.55  | 556.28        |
| 2000            | 146.96 | 120.10 | 113.33 | 38.02  | 4.61   | 5.16   | 3.13   | 6.57  | 11.62 | 31.76  | 38.94  | 70.29  | 590.48        |
| 2001            | 292.43 | 191.59 | 213.78 | 27.95  | 15.73  | 0.00   | 25.84  | 8.29  | 11.24 | 72.76  | 108.72 | 143.27 | 1111.59       |
| 2002            | 122.57 | 218.35 | 143.54 | 48.43  | 8.93   | 5.82   | 63.04  | 4.46  | 14.75 | 53.98  | 123.92 | 172.35 | 980.13        |
| 2003            | 138.76 | 145.98 | 106.10 | 18.59  | 5.18   | 8.00   | 0.00   | 27.76 | 4.71  | 37.29  | 21.53  | 142.22 | 656.10        |
| 2004            | 183.60 | 133.75 | 117.09 | 19.47  | 2.45   | 20.09  | 12.62  | 8.45  | 39.81 | 31.72  | 52.67  | 115.50 | 737.20        |
| 2005            | 121.26 | 119.00 | 112.28 | 43.82  | 4.62   | 1.41   | 0.67   | 5.51  | 9.14  | 28.01  | 46.35  | 70.06  | 562.12        |
| 2006            | 141.86 | 123.25 | 120.64 | 46.30  | 2.62   | 5.64   | 0.00   | 6.80  | 10.63 | 37.15  | 48.01  | 78.88  | 621.78        |
| 2007            | 124.01 | 103.16 | 110.21 | 56.21  | 10.67  | 1.21   | 5.43   | 3.75  | 8.64  | 33.67  | 54.57  | 69.75  | 581.28        |
| 2008            | 117.72 | 116.49 | 95.65  | 37.10  | 9.58   | 2.98   | 1.72   | 6.35  | 11.06 | 38.42  | 50.19  | 75.70  | 562.97        |
| 2009            | 116.63 | 114.29 | 94.48  | 41.00  | 5.56   | 1.21   | 2.40   | 4.50  | 10.91 | 21.51  | 71.38  | 72.90  | 556.76        |
| 2010            | 160.43 | 128.73 | 119.03 | 40.82  | 4.31   | 1.74   | 1.63   | 6.54  | 10.29 | 37.46  | 42.00  | 80.12  | 633.09        |
| N° Datos        | 40     | 40     | 40     | 40     | 40     | 40     | 40     | 40    | 40    | 40     | 40     | 40     | 40            |
| Media           | 132.91 | 119.36 | 111.08 | 46.53  | 8.78   | 5.00   | 5.01   | 7.60  | 12.22 | 32.15  | 53.26  | 74.31  | <b>608.22</b> |
| Desv. estándar  | 65.39  | 54.30  | 54.80  | 31.17  | 10.32  | 7.44   | 10.88  | 7.18  | 8.93  | 21.58  | 35.19  | 45.98  | 201.92        |
| Coef. Variación | 49.19  | 45.49  | 49.33  | 67.00  | 117.60 | 148.65 | 217.17 | 94.42 | 73.06 | 67.11  | 66.07  | 61.87  | 33.20         |
| Prec. Max.      | 292.43 | 272.79 | 229.45 | 190.01 | 47.13  | 41.14  | 63.04  | 27.76 | 39.81 | 106.08 | 126.79 | 211.44 | 1,111.59      |
| Prec. Min.      | 4.97   | 23.09  | 13.84  | 3.27   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00  | 0.00  | 2.01   | 4.82   | 11.62  | 165.26        |

**PRUEBA DE AJUSTE**

Prueba de SMIRNOV KOLMOGOROV:

Estación Pisac:

| Delta Calculada | Delta Tabulada | Media    | Desviación Estándar | Número de datos | Media Lineal | S Lineal |
|-----------------|----------------|----------|---------------------|-----------------|--------------|----------|
| 0.1105          | 0.2150         | 608.2211 | 201.9188            | 40              | 89.7893      | 12.6493  |

| m  | Caudales (X) | $P(X) = \frac{m}{n+1}$ | $Z = \frac{X - X_{PROM.}}{S}$ | F(Z)   | Delta $\Delta$ |
|----|--------------|------------------------|-------------------------------|--------|----------------|
|    |              | (n+1)                  | S                             |        |                |
| 1  | 165.256      | 0.0244                 | -2.1938                       | 0.0124 | 0.0119         |
| 2  | 268.198      | 0.0488                 | -1.6840                       | 0.0416 | 0.0072         |
| 3  | 279.180      | 0.0732                 | -1.6296                       | 0.0467 | 0.0265         |
| 4  | 355.957      | 0.0976                 | -1.2493                       | 0.0972 | 0.0004         |
| 5  | 391.593      | 0.1220                 | -1.0728                       | 0.1310 | 0.0090         |
| 6  | 434.107      | 0.1463                 | -0.8623                       | 0.1811 | 0.0347         |
| 7  | 464.021      | 0.1707                 | -0.7141                       | 0.2225 | 0.0518         |
| 8  | 475.329      | 0.1951                 | -0.6581                       | 0.2397 | 0.0446         |
| 9  | 475.342      | 0.2195                 | -0.6581                       | 0.2397 | 0.0202         |
| 10 | 486.678      | 0.2439                 | -0.6019                       | 0.2572 | 0.0133         |
| 11 | 504.416      | 0.2683                 | -0.5141                       | 0.2865 | 0.0182         |
| 12 | 516.713      | 0.2927                 | -0.4532                       | 0.3076 | 0.0150         |
| 13 | 534.450      | 0.3171                 | -0.3653                       | 0.3391 | 0.0220         |
| 14 | 547.861      | 0.3415                 | -0.2989                       | 0.3636 | 0.0221         |
| 15 | 549.158      | 0.3659                 | -0.2925                       | 0.3660 | 0.0002         |
| 16 | 556.276      | 0.3902                 | -0.2573                       | 0.3795 | 0.0108         |
| 17 | 556.760      | 0.4146                 | -0.2549                       | 0.3804 | 0.0343         |
| 18 | 562.118      | 0.4390                 | -0.2283                       | 0.3905 | 0.0485         |
| 19 | 562.967      | 0.4634                 | -0.2241                       | 0.3921 | 0.0713         |
| 20 | 575.001      | 0.4878                 | -0.1645                       | 0.4152 | 0.0726         |
| 21 | 581.277      | 0.5122                 | -0.1334                       | 0.4273 | 0.0849         |
| 22 | 590.476      | 0.5366                 | -0.0879                       | 0.4452 | 0.0914         |
| 23 | 597.861      | 0.5610                 | -0.0513                       | 0.4597 | 0.1013         |
| 24 | 605.559      | 0.5854                 | -0.0132                       | 0.4748 | 0.1105         |
| 25 | 621.777      | 0.6098                 | 0.0671                        | 0.5466 | 0.0632         |
| 26 | 622.797      | 0.6341                 | 0.0722                        | 0.5486 | 0.0856         |
| 27 | 633.089      | 0.6585                 | 0.1232                        | 0.5687 | 0.0899         |
| 28 | 656.097      | 0.6829                 | 0.2371                        | 0.6129 | 0.0701         |
| 29 | 673.921      | 0.7073                 | 0.3254                        | 0.6462 | 0.0611         |
| 30 | 707.015      | 0.7317                 | 0.4893                        | 0.7051 | 0.0266         |
| 31 | 709.035      | 0.7561                 | 0.4993                        | 0.7086 | 0.0475         |
| 32 | 729.903      | 0.7805                 | 0.6026                        | 0.7430 | 0.0375         |
| 33 | 737.204      | 0.8049                 | 0.6388                        | 0.7543 | 0.0506         |
| 34 | 756.397      | 0.8293                 | 0.7338                        | 0.7832 | 0.0461         |
| 35 | 891.432      | 0.8537                 | 1.4026                        | 0.9268 | 0.0731         |
| 36 | 913.194      | 0.8780                 | 1.5104                        | 0.9406 | 0.0625         |
| 37 | 955.104      | 0.9024                 | 1.7179                        | 0.9614 | 0.0589         |
| 38 | 980.135      | 0.9268                 | 1.8419                        | 0.9706 | 0.0438         |
| 39 | 993.602      | 0.9512                 | 1.9086                        | 0.9749 | 0.0237         |
| 40 | 1,111.590    | 0.9756                 | 2.4929                        | 0.9945 | 0.0189         |

**PRUEBA DE AJUSTE**

Prueba de SMIRNOV KOLMOGOROV:

Estación Caycay:

| Delta Calculada | Delta Tabulada | Media    | Desviación Estándar | Número de datos | Media Lineal | S Lineal |
|-----------------|----------------|----------|---------------------|-----------------|--------------|----------|
| 0.0778          | 0.2150         | 618.5913 | 96.9645             | 40              | 89.7893      | 12.6493  |

| m  | Caudales (X) | P(X) = m | Z = X - X <sub>PROM.</sub> | F(Z)   | Delta Δ |
|----|--------------|----------|----------------------------|--------|---------|
|    |              | (n+1)    | s                          |        |         |
| 1  | 446.613      | 0.0244   | -1.7736                    | 0.0342 | 0.0099  |
| 2  | 482.301      | 0.0488   | -1.4056                    | 0.0728 | 0.0240  |
| 3  | 505.180      | 0.0732   | -1.1696                    | 0.1116 | 0.0384  |
| 4  | 508.094      | 0.0976   | -1.1396                    | 0.1174 | 0.0198  |
| 5  | 511.755      | 0.1220   | -1.1018                    | 0.1247 | 0.0028  |
| 6  | 515.173      | 0.1463   | -1.0666                    | 0.1324 | 0.0140  |
| 7  | 535.676      | 0.1707   | -0.8551                    | 0.1830 | 0.0123  |
| 8  | 535.955      | 0.1951   | -0.8522                    | 0.1838 | 0.0114  |
| 9  | 547.088      | 0.2195   | -0.7374                    | 0.2158 | 0.0037  |
| 10 | 550.066      | 0.2439   | -0.7067                    | 0.2247 | 0.0192  |
| 11 | 562.975      | 0.2683   | -0.5736                    | 0.2633 | 0.0050  |
| 12 | 563.569      | 0.2927   | -0.5675                    | 0.2650 | 0.0277  |
| 13 | 572.801      | 0.3171   | -0.4722                    | 0.3009 | 0.0161  |
| 14 | 580.942      | 0.3415   | -0.3883                    | 0.3307 | 0.0108  |
| 15 | 587.444      | 0.3659   | -0.3212                    | 0.3554 | 0.0105  |
| 16 | 589.045      | 0.3902   | -0.3047                    | 0.3614 | 0.0288  |
| 17 | 590.793      | 0.4146   | -0.2867                    | 0.3682 | 0.0464  |
| 18 | 594.839      | 0.4390   | -0.2450                    | 0.3842 | 0.0549  |
| 19 | 595.217      | 0.4634   | -0.2411                    | 0.3856 | 0.0778  |
| 20 | 606.978      | 0.4878   | -0.1198                    | 0.4327 | 0.0552  |
| 21 | 613.280      | 0.5122   | -0.0548                    | 0.4583 | 0.0539  |
| 22 | 620.647      | 0.5366   | 0.0212                     | 0.5284 | 0.0082  |
| 23 | 621.202      | 0.5610   | 0.0269                     | 0.5306 | 0.0304  |
| 24 | 624.929      | 0.5854   | 0.0654                     | 0.5459 | 0.0395  |
| 25 | 632.949      | 0.6098   | 0.1481                     | 0.5784 | 0.0313  |
| 26 | 633.678      | 0.6341   | 0.1556                     | 0.5813 | 0.0528  |
| 27 | 648.744      | 0.6585   | 0.3110                     | 0.6409 | 0.0177  |
| 28 | 654.171      | 0.6829   | 0.3669                     | 0.6615 | 0.0215  |
| 29 | 659.312      | 0.7073   | 0.4200                     | 0.6807 | 0.0267  |
| 30 | 659.340      | 0.7317   | 0.4202                     | 0.6808 | 0.0509  |
| 31 | 662.817      | 0.7561   | 0.4561                     | 0.6934 | 0.0627  |
| 32 | 676.445      | 0.7805   | 0.5967                     | 0.7434 | 0.0371  |
| 33 | 682.580      | 0.8049   | 0.6599                     | 0.7609 | 0.0440  |
| 34 | 692.887      | 0.8293   | 0.7662                     | 0.7926 | 0.0367  |
| 35 | 694.444      | 0.8537   | 0.7823                     | 0.7972 | 0.0565  |
| 36 | 702.701      | 0.8780   | 0.8674                     | 0.8203 | 0.0578  |
| 37 | 725.047      | 0.9024   | 1.0979                     | 0.8745 | 0.0280  |
| 38 | 782.878      | 0.9268   | 1.6943                     | 0.9594 | 0.0326  |
| 39 | 789.951      | 0.9512   | 1.7672                     | 0.9653 | 0.0140  |
| 40 | 983.148      | 0.9756   | 3.7597                     | 0.9999 | 0.0243  |



| REGISTRO REGIONALIZADO DE PRECIPITACION MENSUAL ACUMULADA |      |                              |        |        |        |       |        |        |        |       |                      |        |        |          |
|---|------|------------------------------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|----------------------|--------|--------|----------|
| MICROCUCENCA CUYO GRANDE Y CHAHUAYTIRE (mm)               |      |                              |        |        |        |       |        |        |        |       |                      |        |        |          |
| Estacion :  | BAJA | Latitud : 13° 23' 27.795" S  |        |        |        |       |        |        |        |       | Departamento : CUSCO |        |        |          |
|   |      | Longitud : 71° 47' 12.476" W |        |        |        |       |        |        |        |       | Provincia : CALCA    |        |        |          |
|   |      | Altitud : 3,847 msnm         |        |        |        |       |        |        |        |       | Distrito : PISAC     |        |        |          |
| OBSV.   | AÑO  | ENE                          | FEB    | MAR    | ABR    | MAY   | JUN    | JUL    | AGO    | SET   | OCT                  | NOV    | DIC    | TOTAL    |
| 1   | 1971 | 172.45                       | 214.29 | 100.05 | 47.87  | 1.72  | 1.32   | 0.32   | 6.46   | 1.58  | 50.19                | 43.04  | 136.96 | 776.23   |
| 2   | 1972 | 184.40                       | 84.02  | 80.27  | 36.85  | 2.24  | 0.00   | 7.84   | 39.49  | 21.74 | 8.51                 | 64.18  | 135.93 | 665.46   |
| 3   | 1973 | 246.85                       | 158.37 | 143.47 | 111.64 | 23.13 | 1.86   | 11.42  | 16.45  | 17.17 | 49.59                | 94.82  | 119.64 | 994.41   |
| 4   | 1974 | 142.51                       | 224.79 | 155.06 | 61.60  | 9.51  | 10.90  | 1.68   | 43.95  | 12.54 | 41.56                | 50.36  | 117.75 | 872.21   |
| 5   | 1975 | 150.07                       | 167.64 | 123.08 | 72.18  | 34.42 | 2.53   | 0.13   | 2.10   | 47.24 | 45.98                | 50.75  | 175.27 | 871.41   |
| 6   | 1976 | 171.42                       | 109.11 | 153.33 | 62.55  | 24.84 | 13.21  | 0.86   | 6.22   | 45.95 | 18.10                | 48.75  | 85.07  | 739.40   |
| 7   | 1977 | 111.27                       | 204.96 | 96.54  | 57.78  | 5.01  | 0.07   | 3.83   | 1.41   | 45.80 | 61.08                | 126.95 | 75.09  | 789.79   |
| 8   | 1978 | 244.66                       | 108.09 | 104.38 | 54.08  | 11.62 | 0.00   | 1.86   | 0.00   | 15.27 | 10.93                | 120.61 | 133.29 | 804.78   |
| 9   | 1979 | 177.35                       | 156.15 | 158.18 | 46.81  | 12.27 | 1.07   | 3.84   | 10.87  | 13.02 | 23.01                | 108.64 | 114.22 | 825.43   |
| 10  | 1980 | 124.06                       | 162.12 | 143.92 | 40.01  | 4.52  | 0.77   | 3.46   | 1.77   | 12.17 | 75.60                | 65.06  | 89.35  | 722.81   |
| 11  | 1981 | 230.57                       | 104.89 | 144.42 | 65.36  | 1.92  | 4.00   | 1.71   | 12.69  | 42.97 | 105.43               | 135.98 | 145.40 | 995.33   |
| 12  | 1982 | 225.22                       | 113.78 | 173.89 | 77.18  | 2.80  | 7.80   | 3.97   | 7.86   | 31.83 | 63.80                | 157.94 | 112.88 | 978.95   |
| 13  | 1983 | 164.72                       | 102.60 | 65.44  | 29.18  | 9.17  | 19.25  | 1.76   | 1.09   | 5.97  | 30.61                | 53.88  | 128.21 | 611.89   |
| 14  | 1984 | 211.90                       | 172.44 | 93.00  | 81.32  | 0.45  | 6.89   | 0.81   | 16.16  | 10.75 | 123.24               | 81.84  | 111.53 | 910.32   |
| 15  | 1985 | 141.00                       | 149.44 | 111.69 | 49.41  | 17.34 | 15.53  | 1.66   | 2.98   | 39.77 | 68.45                | 138.59 | 149.31 | 885.17   |
| 16  | 1986 | 112.82                       | 117.19 | 176.31 | 80.45  | 9.14  | 0.23   | 2.36   | 6.58   | 9.46  | 25.19                | 75.91  | 90.32  | 705.96   |
| 17  | 1987 | 283.21                       | 93.33  | 73.79  | 26.90  | 4.01  | 9.63   | 14.08  | 0.12   | 8.98  | 39.38                | 127.20 | 127.73 | 808.36   |
| 18  | 1988 | 205.81                       | 131.05 | 218.29 | 81.25  | 5.97  | 0.23   | 0.35   | 0.10   | 11.87 | 35.03                | 53.05  | 153.81 | 896.82   |
| 19  | 1989 | 199.02                       | 147.06 | 175.89 | 45.12  | 6.80  | 10.93  | 0.29   | 7.54   | 19.61 | 63.89                | 69.01  | 88.01  | 833.15   |
| 20  | 1990 | 221.71                       | 97.99  | 59.57  | 73.57  | 11.11 | 36.44  | 1.21   | 6.02   | 14.14 | 90.01                | 136.69 | 121.11 | 869.56   |
| 21  | 1991 | 114.33                       | 203.52 | 119.66 | 45.04  | 14.47 | 13.47  | 0.99   | 0.21   | 24.11 | 71.55                | 109.02 | 130.03 | 846.41   |
| 22  | 1992 | 136.10                       | 126.02 | 110.41 | 21.22  | 0.47  | 17.57  | 7.84   | 28.02  | 7.73  | 59.76                | 130.23 | 74.39  | 719.75   |
| 23  | 1993 | 239.53                       | 121.07 | 98.83  | 37.80  | 2.87  | 0.51   | 2.82   | 14.34  | 10.74 | 62.24                | 124.79 | 220.37 | 935.92   |
| 24  | 1994 | 206.10                       | 208.68 | 220.27 | 59.23  | 12.06 | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 25.72 | 53.59                | 50.58  | 161.10 | 997.35   |
| 25  | 1995 | 145.69                       | 91.66  | 151.79 | 21.63  | 1.09  | 0.11   | 1.38   | 0.64   | 32.51 | 25.80                | 52.37  | 126.96 | 651.63   |
| 26  | 1996 | 167.57                       | 110.67 | 81.65  | 50.60  | 12.56 | 0.00   | 0.00   | 13.90  | 15.68 | 63.29                | 64.70  | 157.19 | 737.81   |
| 27  | 1997 | 145.24                       | 139.37 | 152.63 | 45.09  | 4.70  | 0.00   | 0.00   | 11.89  | 16.34 | 40.52                | 178.87 | 166.82 | 901.47   |
| 28  | 1998 | 136.42                       | 182.67 | 60.99  | 34.51  | 2.57  | 3.63   | 0.00   | 6.03   | 3.56  | 61.10                | 67.36  | 89.99  | 648.86   |
| 29  | 1999 | 140.40                       | 129.88 | 122.00 | 64.47  | 5.49  | 4.09   | 2.02   | 0.43   | 48.94 | 27.24                | 50.17  | 142.87 | 737.98   |
| 30  | 2000 | 239.33                       | 147.03 | 137.49 | 15.10  | 3.03  | 8.29   | 5.27   | 6.67   | 16.13 | 57.62                | 42.98  | 108.08 | 787.01   |
| 31  | 2001 | 308.29                       | 197.09 | 183.06 | 42.60  | 14.46 | 0.05   | 23.23  | 15.50  | 21.37 | 73.36                | 93.99  | 111.96 | 1,084.95 |
| 32  | 2002 | 161.12                       | 219.82 | 165.00 | 31.84  | 12.66 | 2.47   | 36.97  | 4.17   | 16.75 | 74.12                | 109.44 | 148.13 | 982.50   |
| 33  | 2003 | 204.29                       | 174.59 | 184.94 | 67.79  | 3.24  | 8.18   | 0.00   | 20.50  | 9.71  | 27.10                | 33.97  | 153.22 | 887.53   |
| 34  | 2004 | 201.90                       | 151.86 | 92.54  | 28.33  | 3.09  | 25.73  | 16.60  | 11.64  | 28.70 | 33.57                | 65.75  | 101.78 | 761.49   |
| 35  | 2005 | 134.99                       | 150.11 | 125.28 | 40.18  | 3.09  | 0.31   | 0.92   | 4.89   | 7.81  | 41.51                | 65.59  | 101.88 | 676.54   |
| 36  | 2006 | 225.20                       | 145.44 | 150.65 | 53.84  | 0.44  | 7.22   | 0.95   | 7.44   | 13.51 | 77.84                | 78.14  | 149.11 | 909.78   |
| 37  | 2007 | 161.85                       | 98.75  | 138.81 | 79.65  | 9.45  | 0.13   | 6.21   | 1.01   | 4.43  | 60.11                | 92.29  | 89.46  | 742.17   |
| 38  | 2008 | 145.60                       | 140.55 | 78.48  | 11.43  | 10.38 | 5.97   | 1.32   | 6.72   | 13.53 | 77.39                | 79.28  | 148.33 | 718.98   |
| 39  | 2009 | 130.37                       | 126.18 | 81.06  | 32.44  | 4.73  | 0.13   | 2.64   | 2.30   | 12.75 | 18.25                | 142.55 | 113.95 | 667.34   |
| 40  | 2010 | 270.98                       | 168.84 | 137.40 | 24.73  | 6.06  | 0.84   | 1.95   | 6.68   | 11.46 | 73.59                | 50.53  | 172.09 | 925.17   |
| N° Datos  |      | 40                           | 40     | 40     | 40     | 40    | 40     | 40     | 40     | 40    | 40                   | 40     | 40     | 40       |
| Media   |      | 183.41                       | 146.33 | 128.59 | 50.22  | 8.12  | 6.03   | 4.36   | 8.82   | 19.23 | 52.73                | 87.15  | 126.96 | 821.95   |
| Desv. Estandar  |      | 50.13                        | 39.10  | 41.61  | 21.80  | 7.29  | 8.07   | 7.25   | 9.98   | 13.07 | 25.38                | 37.55  | 31.19  | 116.61   |
| Coef. Variacion   |      | 27.33                        | 26.72  | 32.36  | 43.41  | 89.78 | 133.70 | 166.10 | 113.11 | 67.95 | 48.13                | 43.09  | 24.56  | 14.19    |
| Prec. Max.  |      | 308.29                       | 224.79 | 220.27 | 111.64 | 34.42 | 36.44  | 36.97  | 43.95  | 48.94 | 123.24               | 178.87 | 220.37 | 1,084.95 |
| Prec. Min.  |      | 111.27                       | 84.02  | 59.57  | 11.43  | 0.44  | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 1.58  | 8.51                 | 33.97  | 74.39  | 611.89   |
| Prec. 75% PERST..   |      | 149.57                       | 119.93 | 100.50 | 35.50  | 3.20  | 0.59   | -0.53  | 2.09   | 10.41 | 35.60                | 61.80  | 105.91 | 624.57   |

| REGISTRO REGIONALIZADO DE PRECIPITACION MENSUAL ACUMULADA |      |        |        |        |        |       |        |        |        |       |             |        |        |          |       |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |       |  |         |  |                   |  |      |  |          |  |                   |  |
|---|------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|-------------|--------|--------|----------|-------|-----|--|-----|--|-----|--|-----|--|-----|--|-----|--|-------|--|---------|--|-------------------|--|------|--|----------|--|-------------------|--|
| MICROCUCENA CUYO GRANDE Y CHAHUAYTIRE (mm)                |      |        |        |        |        |       |        |        |        |       |             |        |        |          |       |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |       |  |         |  |                   |  |      |  |          |  |                   |  |
| Estacion :  |      | MEDIA  |        |        |        |       |        |        |        |       | Departament |        |        |          |       |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |       |  |         |  |                   |  |      |  |          |  |                   |  |
|   |      |        |        |        |        |       |        |        |        |       | o           |        |        |          | CUSCO |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |       |  |         |  |                   |  |      |  |          |  |                   |  |
|   |      |        |        |        |        |       |        |        |        |       | Provincia   |        |        |          | CALCA |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |       |  |         |  |                   |  |      |  |          |  |                   |  |
| OBSV.   |      | AÑO    |        | ENE    |        | FEB   |        | MAR    |        | ABR   |             | MAY    |        | JUN      |       | JUL |  | AGO |  | SET |  | OCT |  | NOV |  | DIC |  | TOTAL |  |         |  |                   |  |      |  |          |  |                   |  |
|   |      |        |        |        |        |       |        |        |        |       |             |        |        |          |       |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |       |  | Altitud |  | : 4,058           |  | msnm |  | Distrito |  | : PISAC           |  |
|   |      |        |        |        |        |       |        |        |        |       |             |        |        |          |       |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |       |  | Latitud |  | : 13° 23' 21.734" |  | S    |  | Longitud |  | : 71° 45' 50.888" |  |
| 1   | 1971 | 182.30 | 227.56 | 104.78 | 50.34  | 1.79  | 1.41   | 0.35   | 6.67   | 1.63  | 51.78       | 44.36  | 142.26 | 815.21   |       |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |       |  |         |  |                   |  |      |  |          |  |                   |  |
| 2   | 1972 | 191.79 | 88.23  | 84.93  | 38.40  | 2.33  | 0.00   | 8.13   | 42.24  | 22.35 | 8.95        | 67.09  | 143.80 | 698.23   |       |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |       |  |         |  |                   |  |      |  |          |  |                   |  |
| 3   | 1973 | 257.90 | 166.49 | 150.67 | 117.92 | 24.58 | 2.07   | 11.97  | 17.29  | 18.33 | 51.67       | 98.48  | 126.14 | 1,043.50 |       |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |       |  |         |  |                   |  |      |  |          |  |                   |  |
| 4   | 1974 | 149.93 | 235.89 | 163.27 | 65.02  | 9.88  | 11.28  | 1.72   | 46.24  | 12.92 | 42.99       | 52.16  | 122.62 | 913.92   |       |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |       |  |         |  |                   |  |      |  |          |  |                   |  |
| 5   | 1975 | 158.06 | 175.85 | 131.05 | 75.22  | 36.34 | 2.74   | 0.14   | 2.32   | 49.23 | 47.65       | 53.04  | 183.29 | 914.92   |       |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |       |  |         |  |                   |  |      |  |          |  |                   |  |
| 6   | 1976 | 180.55 | 115.69 | 160.37 | 66.31  | 26.29 | 14.12  | 0.89   | 6.48   | 47.98 | 18.65       | 50.42  | 88.44  | 776.20   |       |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |       |  |         |  |                   |  |      |  |          |  |                   |  |
| 7   | 1977 | 115.70 | 214.75 | 101.95 | 60.35  | 5.14  | 0.07   | 4.09   | 1.47   | 48.50 | 63.20       | 132.35 | 78.31  | 825.89   |       |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |       |  |         |  |                   |  |      |  |          |  |                   |  |
| 8   | 1978 | 256.65 | 114.02 | 109.83 | 56.98  | 12.25 | 0.00   | 1.91   | 0.00   | 16.02 | 11.35       | 125.19 | 139.48 | 843.67   |       |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |       |  |         |  |                   |  |      |  |          |  |                   |  |
| 9   | 1979 | 187.51 | 164.22 | 165.76 | 49.01  | 12.64 | 1.18   | 4.02   | 11.17  | 13.60 | 24.07       | 112.96 | 119.10 | 865.24   |       |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |       |  |         |  |                   |  |      |  |          |  |                   |  |
| 10  | 1980 | 130.56 | 170.55 | 151.58 | 42.35  | 4.63  | 0.78   | 3.57   | 1.91   | 12.77 | 78.32       | 67.82  | 93.96  | 758.80   |       |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |       |  |         |  |                   |  |      |  |          |  |                   |  |
| 11  | 1981 | 240.50 | 110.98 | 151.87 | 68.15  | 2.05  | 4.15   | 1.88   | 13.32  | 44.45 | 109.56      | 142.84 | 151.64 | 1,041.38 |       |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |       |  |         |  |                   |  |      |  |          |  |                   |  |
| 12  | 1982 | 236.49 | 118.04 | 182.35 | 81.08  | 3.08  | 8.30   | 4.15   | 8.20   | 32.78 | 67.18       | 165.09 | 116.58 | 1,023.34 |       |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |       |  |         |  |                   |  |      |  |          |  |                   |  |
| 13  | 1983 | 173.20 | 107.66 | 68.55  | 30.50  | 9.79  | 19.88  | 1.90   | 1.17   | 6.35  | 31.75       | 56.16  | 132.78 | 639.69   |       |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |       |  |         |  |                   |  |      |  |          |  |                   |  |
| 14  | 1984 | 220.67 | 180.43 | 97.64  | 84.50  | 0.49  | 7.38   | 0.85   | 16.85  | 11.02 | 128.50      | 85.55  | 116.46 | 950.34   |       |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |       |  |         |  |                   |  |      |  |          |  |                   |  |
| 15  | 1985 | 147.74 | 156.63 | 116.93 | 51.39  | 18.05 | 16.22  | 1.70   | 3.09   | 41.27 | 71.34       | 145.36 | 156.56 | 926.29   |       |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |       |  |         |  |                   |  |      |  |          |  |                   |  |
| 16  | 1986 | 119.12 | 123.10 | 186.10 | 83.71  | 9.70  | 0.26   | 2.43   | 6.78   | 9.87  | 26.11       | 77.82  | 93.87  | 738.87   |       |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |       |  |         |  |                   |  |      |  |          |  |                   |  |
| 17  | 1987 | 295.83 | 96.89  | 77.48  | 28.19  | 4.17  | 10.16  | 14.81  | 0.13   | 9.23  | 40.67       | 133.59 | 132.32 | 843.47   |       |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |       |  |         |  |                   |  |      |  |          |  |                   |  |
| 18  | 1988 | 214.83 | 137.52 | 227.75 | 85.07  | 6.35  | 0.26   | 0.39   | 0.12   | 12.16 | 36.32       | 55.28  | 161.55 | 937.60   |       |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |       |  |         |  |                   |  |      |  |          |  |                   |  |
| 19  | 1989 | 207.96 | 153.57 | 183.89 | 46.83  | 7.08  | 11.33  | 0.32   | 7.92   | 20.16 | 66.03       | 72.05  | 92.22  | 869.36   |       |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |       |  |         |  |                   |  |      |  |          |  |                   |  |
| 20  | 1990 | 229.61 | 102.54 | 61.92  | 76.50  | 11.66 | 38.22  | 1.35   | 6.24   | 14.58 | 93.67       | 144.91 | 128.28 | 909.48   |       |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |       |  |         |  |                   |  |      |  |          |  |                   |  |
| 21  | 1991 | 119.56 | 212.22 | 123.93 | 46.89  | 15.20 | 14.51  | 1.02   | 0.24   | 24.91 | 73.62       | 114.60 | 137.06 | 883.77   |       |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |       |  |         |  |                   |  |      |  |          |  |                   |  |
| 22  | 1992 | 141.83 | 131.51 | 115.82 | 22.42  | 0.48  | 18.66  | 7.94   | 29.21  | 8.00  | 62.24       | 136.37 | 78.45  | 752.93   |       |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |       |  |         |  |                   |  |      |  |          |  |                   |  |
| 23  | 1993 | 250.06 | 126.37 | 104.01 | 40.10  | 3.03  | 0.56   | 2.97   | 14.88  | 11.08 | 64.07       | 131.27 | 230.25 | 978.65   |       |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |       |  |         |  |                   |  |      |  |          |  |                   |  |
| 24  | 1994 | 215.92 | 218.41 | 230.52 | 62.07  | 12.45 | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 26.97 | 56.60       | 52.54  | 168.98 | 1,044.45 |       |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |       |  |         |  |                   |  |      |  |          |  |                   |  |
| 25  | 1995 | 153.32 | 95.37  | 160.66 | 22.47  | 1.15  | 0.11   | 1.40   | 0.67   | 33.29 | 27.03       | 54.90  | 133.27 | 683.66   |       |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |       |  |         |  |                   |  |      |  |          |  |                   |  |
| 26  | 1996 | 175.75 | 116.56 | 86.69  | 54.08  | 13.24 | 0.00   | 0.00   | 14.88  | 16.19 | 66.18       | 67.90  | 164.25 | 775.72   |       |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |       |  |         |  |                   |  |      |  |          |  |                   |  |
| 27  | 1997 | 152.35 | 146.87 | 160.99 | 46.53  | 4.95  | 0.00   | 0.00   | 12.55  | 17.25 | 42.28       | 187.18 | 174.06 | 945.01   |       |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |       |  |         |  |                   |  |      |  |          |  |                   |  |
| 28  | 1998 | 142.04 | 192.01 | 65.07  | 36.05  | 2.67  | 3.85   | 0.00   | 6.44   | 3.72  | 63.18       | 70.70  | 95.65  | 681.37   |       |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |       |  |         |  |                   |  |      |  |          |  |                   |  |
| 29  | 1999 | 147.12 | 137.81 | 128.81 | 68.42  | 5.68  | 4.21   | 2.22   | 0.47   | 50.88 | 28.75       | 52.54  | 150.61 | 777.52   |       |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |       |  |         |  |                   |  |      |  |          |  |                   |  |
| 30  | 2000 | 251.12 | 154.63 | 144.79 | 16.04  | 3.21  | 8.91   | 5.69   | 7.02   | 16.68 | 60.51       | 44.86  | 114.17 | 827.63   |       |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |       |  |         |  |                   |  |      |  |          |  |                   |  |
| 31  | 2001 | 324.33 | 207.71 | 193.22 | 44.89  | 15.48 | 0.05   | 24.44  | 16.49  | 22.40 | 77.78       | 98.85  | 117.77 | 1,143.41 |       |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |       |  |         |  |                   |  |      |  |          |  |                   |  |
| 32  | 2002 | 167.98 | 231.79 | 172.30 | 33.73  | 13.28 | 2.58   | 39.01  | 4.29   | 17.75 | 77.12       | 114.22 | 155.56 | 1,029.61 |       |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |       |  |         |  |                   |  |      |  |          |  |                   |  |
| 33  | 2003 | 213.92 | 183.95 | 195.47 | 70.08  | 3.44  | 8.56   | 0.00   | 21.61  | 10.31 | 28.27       | 35.59  | 161.67 | 932.86   |       |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |       |  |         |  |                   |  |      |  |          |  |                   |  |
| 34  | 2004 | 211.35 | 159.27 | 97.42  | 29.70  | 3.23  | 27.21  | 17.56  | 12.28  | 29.98 | 35.22       | 69.25  | 106.81 | 799.28   |       |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |       |  |         |  |                   |  |      |  |          |  |                   |  |
| 35  | 2005 | 141.13 | 158.19 | 131.39 | 42.27  | 3.29  | 0.33   | 0.94   | 5.20   | 8.30  | 43.53       | 68.58  | 107.46 | 710.62   |       |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |       |  |         |  |                   |  |      |  |          |  |                   |  |
| 36  | 2006 | 236.65 | 152.18 | 158.13 | 56.70  | 0.48  | 7.62   | 1.06   | 7.91   | 14.10 | 81.77       | 82.26  | 155.09 | 953.96   |       |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |       |  |         |  |                   |  |      |  |          |  |                   |  |
| 37  | 2007 | 170.36 | 104.73 | 146.80 | 83.02  | 9.84  | 0.15   | 6.64   | 1.09   | 4.66  | 62.65       | 96.42  | 93.74  | 780.11   |       |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |       |  |         |  |                   |  |      |  |          |  |                   |  |
| 38  | 2008 | 153.62 | 147.75 | 82.18  | 12.24  | 11.03 | 6.49   | 1.35   | 7.11   | 14.08 | 80.54       | 83.29  | 156.08 | 755.76   |       |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |       |  |         |  |                   |  |      |  |          |  |                   |  |
| 39  | 2009 | 136.99 | 132.54 | 85.52  | 34.44  | 5.06  | 0.15   | 2.83   | 2.43   | 13.29 | 19.10       | 148.41 | 119.16 | 699.91   |       |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |       |  |         |  |                   |  |      |  |          |  |                   |  |
| 40  | 2010 | 283.31 | 176.40 | 143.48 | 25.75  | 6.59  | 0.87   | 2.05   | 7.04   | 11.98 | 76.89       | 52.62  | 180.10 | 967.09   |       |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |       |  |         |  |                   |  |      |  |          |  |                   |  |
| N° Datos  |      | 40     | 40     | 40     | 40     | 40    | 40     | 40     | 40     | 40    | 40          | 40     | 40     | 40       |       |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |       |  |         |  |                   |  |      |  |          |  |                   |  |
| Media   |      | 192.14 | 153.67 | 135.15 | 52.64  | 8.55  | 6.37   | 4.59   | 9.29   | 20.03 | 54.93       | 91.12  | 133.00 | 861.47   |       |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |       |  |         |  |                   |  |      |  |          |  |                   |  |
| Desv. Estandar  |      | 52.36  | 41.16  | 43.59  | 22.80  | 7.70  | 8.48   | 7.64   | 10.54  | 13.61 | 26.44       | 39.42  | 32.60  | 121.89   |       |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |       |  |         |  |                   |  |      |  |          |  |                   |  |
| Coef. Variacion   |      | 27.25  | 26.78  | 32.25  | 43.31  | 90.02 | 133.23 | 166.28 | 113.50 | 67.97 | 48.13       | 43.26  | 24.51  | 14.15    |       |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |       |  |         |  |                   |  |      |  |          |  |                   |  |
| Prec. Max.  |      | 324.33 | 235.89 | 230.52 | 117.92 | 36.34 | 38.22  | 39.01  | 46.24  | 50.88 | 128.50      | 187.18 | 230.25 | 1,143.41 |       |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |       |  |         |  |                   |  |      |  |          |  |                   |  |
| Prec. Min.  |      | 115.70 | 88.23  | 61.92  | 12.24  | 0.48  | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 1.63  | 8.95        | 35.59  | 78.31  | 639.69   |       |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |       |  |         |  |                   |  |      |  |          |  |                   |  |
| Prec. 75% PE  |      | 156.80 | 125.89 | 105.73 | 37.25  | 3.36  | 0.64   | -0.56  | 2.17   | 10.84 | 37.08       | 64.51  | 110.99 | 654.70   |       |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |       |  |         |  |                   |  |      |  |          |  |                   |  |

| REGISTRO REGIONALIZADO DE PRECIPITACION MENSUAL ACUMULADA |      |                              |        |        |        |       |        |        |        |       |        |                      |        |          |
|---|------|------------------------------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|--------|----------------------|--------|----------|
| MICROCUCIENCA CUYO GRANDE Y CHAHUAYTIRE (mm)              |      |                              |        |        |        |       |        |        |        |       |        |                      |        |          |
| Estacion  | ALTA | Latitud : 13° 24' 49.457" S  |        |        |        |       |        |        |        |       |        | Departamento : CUSCO |        |          |
|   |      | Longitud : 71° 44' 43.306" W |        |        |        |       |        |        |        |       |        | Provincia : CALCA    |        |          |
|   |      | Altitud : 4,228.40 msnm      |        |        |        |       |        |        |        |       |        | Distrito : PISAC     |        |          |
| OBSV.   | AÑO  | ENE                          | FEB    | MAR    | ABR    | MAY   | JUN    | JUL    | AGO    | SET   | OCT    | NOV                  | DIC    | TOTAL    |
| 1   | 1971 | 188.78                       | 235.61 | 108.51 | 52.13  | 1.85  | 1.46   | 0.36   | 6.91   | 1.68  | 53.64  | 45.96                | 147.35 | 844.25   |
| 2   | 1972 | 198.66                       | 91.37  | 87.93  | 39.77  | 2.42  | 0.00   | 8.42   | 43.74  | 23.14 | 9.26   | 69.48                | 148.92 | 723.11   |
| 3   | 1973 | 267.09                       | 172.40 | 156.02 | 122.11 | 25.45 | 2.14   | 12.40  | 17.90  | 18.97 | 53.52  | 102.01               | 130.62 | 1,080.64 |
| 4   | 1974 | 155.25                       | 244.28 | 169.08 | 67.33  | 10.23 | 11.69  | 1.78   | 47.88  | 13.39 | 44.53  | 54.03                | 127.01 | 946.48   |
| 5   | 1975 | 163.69                       | 182.12 | 135.69 | 77.90  | 37.63 | 2.83   | 0.14   | 2.40   | 50.99 | 49.36  | 54.93                | 189.85 | 947.53   |
| 6   | 1976 | 186.97                       | 119.79 | 166.09 | 68.67  | 27.22 | 14.62  | 0.92   | 6.71   | 49.69 | 19.32  | 52.22                | 91.60  | 803.84   |
| 7   | 1977 | 119.85                       | 222.40 | 105.57 | 62.51  | 5.33  | 0.08   | 4.23   | 1.52   | 50.23 | 65.47  | 137.06               | 81.11  | 855.36   |
| 8   | 1978 | 265.78                       | 118.08 | 113.74 | 59.01  | 12.68 | 0.00   | 1.98   | 0.00   | 16.59 | 11.76  | 129.67               | 144.46 | 873.73   |
| 9   | 1979 | 194.15                       | 170.07 | 171.66 | 50.76  | 13.10 | 1.22   | 4.16   | 11.57  | 14.09 | 24.93  | 116.99               | 123.35 | 896.03   |
| 10  | 1980 | 135.19                       | 176.61 | 156.97 | 43.84  | 4.80  | 0.80   | 3.70   | 1.98   | 13.23 | 81.13  | 70.25                | 97.31  | 785.81   |
| 11  | 1981 | 249.11                       | 114.90 | 157.28 | 70.58  | 2.12  | 4.30   | 1.94   | 13.79  | 46.04 | 113.48 | 147.93               | 157.06 | 1,078.54 |
| 12  | 1982 | 244.90                       | 122.26 | 188.84 | 83.95  | 3.19  | 8.59   | 4.30   | 8.49   | 33.95 | 69.57  | 170.99               | 120.76 | 1,059.79 |
| 13  | 1983 | 179.38                       | 111.49 | 70.98  | 31.59  | 10.13 | 20.59  | 1.96   | 1.21   | 6.57  | 32.88  | 58.16                | 137.54 | 662.50   |
| 14  | 1984 | 228.57                       | 186.85 | 101.11 | 87.52  | 0.51  | 7.64   | 0.88   | 17.45  | 11.42 | 133.10 | 88.60                | 120.63 | 984.27   |
| 15  | 1985 | 153.00                       | 162.20 | 121.08 | 53.22  | 18.69 | 16.80  | 1.76   | 3.20   | 42.75 | 73.88  | 150.54               | 162.15 | 959.27   |
| 16  | 1986 | 123.35                       | 127.47 | 192.71 | 86.70  | 10.04 | 0.27   | 2.52   | 7.02   | 10.22 | 27.05  | 80.62                | 97.24  | 765.22   |
| 17  | 1987 | 306.39                       | 100.36 | 80.24  | 29.19  | 4.32  | 10.51  | 15.34  | 0.14   | 9.56  | 42.13  | 138.35               | 137.06 | 873.59   |
| 18  | 1988 | 222.49                       | 142.41 | 235.87 | 88.12  | 6.57  | 0.27   | 0.40   | 0.12   | 12.59 | 37.62  | 57.26                | 167.30 | 971.02   |
| 19  | 1989 | 215.38                       | 159.04 | 190.45 | 48.50  | 7.33  | 11.73  | 0.33   | 8.20   | 20.89 | 68.40  | 74.63                | 95.52  | 900.40   |
| 20  | 1990 | 237.83                       | 106.19 | 64.14  | 79.22  | 12.07 | 39.58  | 1.39   | 6.47   | 15.10 | 97.02  | 150.05               | 132.83 | 941.90   |
| 21  | 1991 | 123.81                       | 219.81 | 128.37 | 48.57  | 15.74 | 15.02  | 1.05   | 0.24   | 25.80 | 76.26  | 118.69               | 141.94 | 915.31   |
| 22  | 1992 | 146.89                       | 136.21 | 119.96 | 23.21  | 0.50  | 19.32  | 8.23   | 30.25  | 8.28  | 64.47  | 141.25               | 81.25  | 779.82   |
| 23  | 1993 | 258.98                       | 130.88 | 107.72 | 41.51  | 3.14  | 0.58   | 3.07   | 15.41  | 11.48 | 66.36  | 135.94               | 238.47 | 1,013.54 |
| 24  | 1994 | 223.60                       | 226.19 | 238.73 | 64.27  | 12.90 | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 27.93 | 58.61  | 54.42                | 174.98 | 1,081.63 |
| 25  | 1995 | 158.78                       | 98.77  | 166.36 | 23.27  | 1.19  | 0.11   | 1.45   | 0.69   | 34.49 | 28.00  | 56.87                | 138.03 | 708.02   |
| 26  | 1996 | 182.00                       | 120.70 | 89.77  | 55.99  | 13.71 | 0.00   | 0.00   | 15.40  | 16.77 | 68.55  | 70.32                | 170.12 | 803.32   |
| 27  | 1997 | 157.77                       | 152.09 | 166.72 | 48.19  | 5.13  | 0.00   | 0.00   | 12.99  | 17.86 | 43.80  | 193.88               | 180.28 | 978.70   |
| 28  | 1998 | 147.09                       | 198.85 | 67.36  | 37.34  | 2.76  | 3.99   | 0.00   | 6.66   | 3.86  | 65.44  | 73.22                | 99.04  | 705.61   |
| 29  | 1999 | 152.35                       | 142.69 | 133.38 | 70.84  | 5.88  | 4.36   | 2.30   | 0.49   | 52.70 | 29.76  | 54.41                | 155.97 | 805.13   |
| 30  | 2000 | 260.07                       | 160.13 | 149.94 | 16.61  | 3.32  | 9.23   | 5.89   | 7.26   | 17.28 | 62.66  | 46.46                | 118.22 | 857.07   |
| 31  | 2001 | 335.86                       | 215.09 | 200.07 | 46.49  | 16.03 | 0.05   | 25.31  | 17.07  | 23.20 | 80.54  | 102.38               | 121.95 | 1,184.03 |
| 32  | 2002 | 173.98                       | 240.02 | 178.43 | 34.92  | 13.75 | 2.67   | 40.39  | 4.45   | 18.38 | 79.88  | 118.29               | 161.09 | 1,066.24 |
| 33  | 2003 | 221.55                       | 190.48 | 202.42 | 72.59  | 3.56  | 8.86   | 0.00   | 22.38  | 10.68 | 29.28  | 36.85                | 167.41 | 966.05   |
| 34  | 2004 | 218.88                       | 164.94 | 100.87 | 30.75  | 3.35  | 28.18  | 18.19  | 12.72  | 31.04 | 36.47  | 71.71                | 110.60 | 827.70   |
| 35  | 2005 | 146.17                       | 163.81 | 136.07 | 43.77  | 3.40  | 0.35   | 0.98   | 5.38   | 8.60  | 45.08  | 71.03                | 111.28 | 735.92   |
| 36  | 2006 | 245.07                       | 157.61 | 163.77 | 58.72  | 0.50  | 7.89   | 1.10   | 8.20   | 14.60 | 84.69  | 85.19                | 160.63 | 987.96   |
| 37  | 2007 | 176.42                       | 108.43 | 152.02 | 85.99  | 10.19 | 0.15   | 6.87   | 1.13   | 4.83  | 64.89  | 99.86                | 97.08  | 807.87   |
| 38  | 2008 | 159.07                       | 153.01 | 85.10  | 12.67  | 11.42 | 6.72   | 1.40   | 7.36   | 14.58 | 83.42  | 86.26                | 161.64 | 782.65   |
| 39  | 2009 | 141.86                       | 137.25 | 88.56  | 35.66  | 5.23  | 0.15   | 2.93   | 2.51   | 13.77 | 19.77  | 153.69               | 123.40 | 724.80   |
| 40  | 2010 | 293.43                       | 182.69 | 148.60 | 26.67  | 6.82  | 0.90   | 2.12   | 7.30   | 12.41 | 79.64  | 54.50                | 186.54 | 1,001.60 |
| N° Datos  |      | 40                           | 40     | 40     | 40     | 40    | 40     | 40     | 40     | 40    | 40     | 40                   | 40     | 40       |
| Media   |      | 198.99                       | 159.14 | 139.95 | 54.52  | 8.85  | 6.59   | 4.76   | 9.61   | 20.74 | 56.89  | 94.37                | 137.74 | 892.16   |
| Desv. Estandar  |      | 54.23                        | 42.62  | 45.14  | 23.62  | 7.97  | 8.78   | 7.91   | 10.91  | 14.10 | 27.38  | 40.83                | 33.76  | 126.24   |
| Coef. Variacion   |      | 27.25                        | 26.78  | 32.25  | 43.32  | 90.02 | 133.25 | 166.28 | 113.51 | 67.97 | 48.13  | 43.26                | 24.51  | 14.15    |
| Prec. Max.  |      | 335.86                       | 244.28 | 238.73 | 122.11 | 37.63 | 39.58  | 40.39  | 47.88  | 52.70 | 133.10 | 193.88               | 238.47 | 1,184.03 |
| Prec. Min.  |      | 119.85                       | 91.37  | 64.14  | 12.67  | 0.50  | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 1.68  | 9.26   | 36.85                | 81.11  | 662.50   |
| Prec. 75%   |      | 162.38                       | 130.37 | 109.48 | 38.58  | 3.47  | 0.66   | -0.58  | 2.25   | 11.22 | 38.41  | 66.82                | 114.95 | 678.02   |

**PRUEBA DE AJUSTE**

Prueba de SMIRNOV KOLMOGOROV:

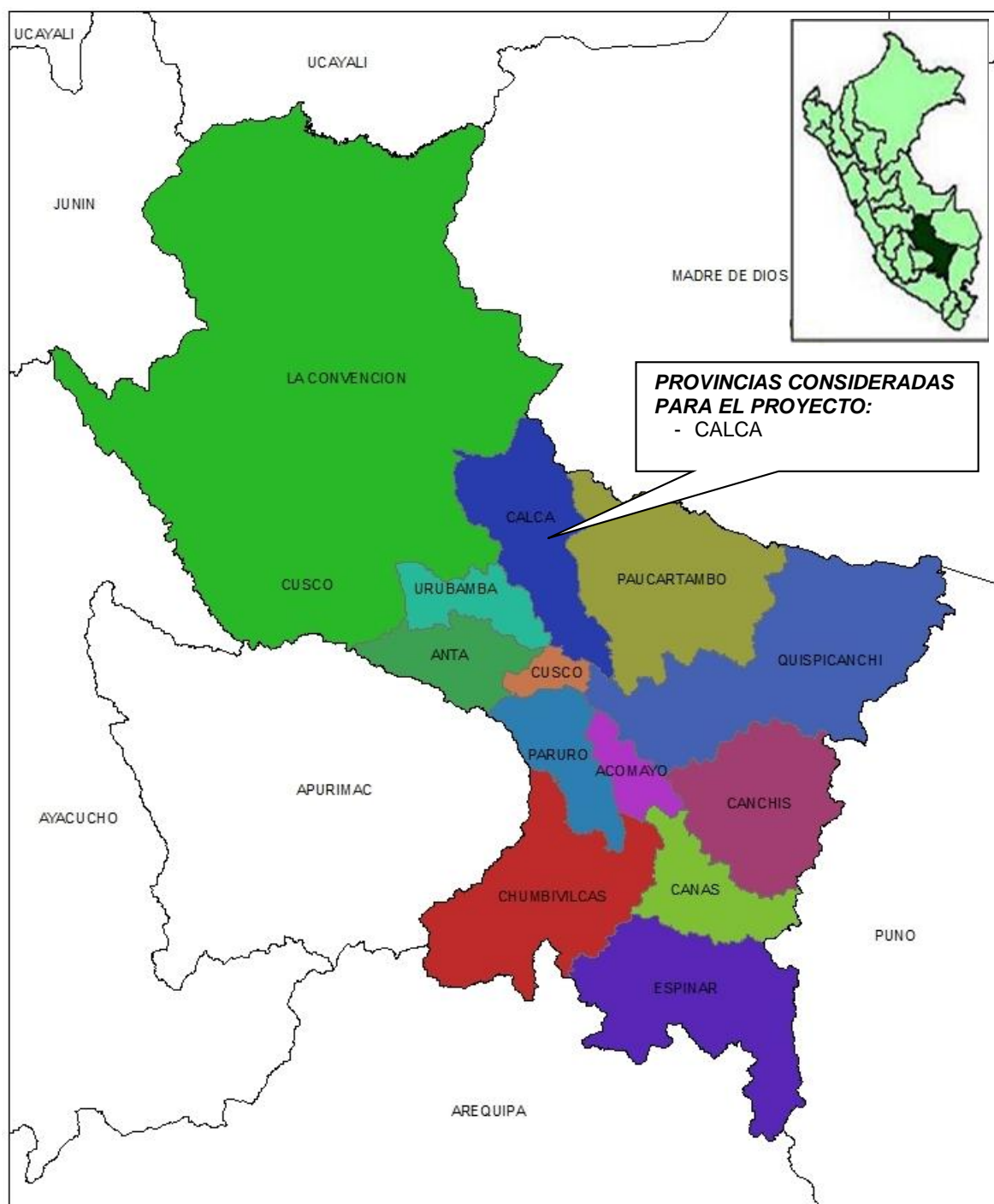
Zona: Altitud Media

| Delta Calculada | Delta Tabulada | Media    | Desviación Estándar | Número de datos | Media Lineal | S Lineal |
|-----------------|----------------|----------|---------------------|-----------------|--------------|----------|
| 0.1014          | 0.2150         | 839.3999 | 118.4868            | 40              | 89.7893      | 12.6493  |

| m  | Caudales ( X ) | $P(X) = \frac{m}{(n+1)}$ | $Z = \frac{X - X_{PROM.}}{S}$ | F(Z)   | Delta Δ |
|----|----------------|--------------------------|-------------------------------|--------|---------|
|    |                | (n+1)                    | S                             |        |         |
| 1  | 622.449        | 0.0244                   | -1.8310                       | 0.0301 | 0.0057  |
| 2  | 664.275        | 0.0488                   | -1.4780                       | 0.0634 | 0.0146  |
| 3  | 667.032        | 0.0732                   | -1.4547                       | 0.0664 | 0.0067  |
| 4  | 681.014        | 0.0976                   | -1.3367                       | 0.0830 | 0.0146  |
| 5  | 681.327        | 0.1220                   | -1.3341                       | 0.0834 | 0.0385  |
| 6  | 693.422        | 0.1463                   | -1.2320                       | 0.1002 | 0.0462  |
| 7  | 719.568        | 0.1707                   | -1.0114                       | 0.1444 | 0.0263  |
| 8  | 733.905        | 0.1951                   | -0.8904                       | 0.1736 | 0.0215  |
| 9  | 737.933        | 0.2195                   | -0.8564                       | 0.1827 | 0.0368  |
| 10 | 739.916        | 0.2439                   | -0.8396                       | 0.1871 | 0.0568  |
| 11 | 757.206        | 0.2683                   | -0.6937                       | 0.2286 | 0.0397  |
| 12 | 757.378        | 0.2927                   | -0.6922                       | 0.2291 | 0.0636  |
| 13 | 759.389        | 0.3171                   | -0.6753                       | 0.2343 | 0.0827  |
| 14 | 761.559        | 0.3415                   | -0.6570                       | 0.2401 | 0.1014  |
| 15 | 778.736        | 0.3659                   | -0.5120                       | 0.2872 | 0.0787  |
| 16 | 795.635        | 0.3902                   | -0.3694                       | 0.3376 | 0.0526  |
| 17 | 804.200        | 0.4146                   | -0.2971                       | 0.3643 | 0.0503  |
| 18 | 808.053        | 0.4390                   | -0.2646                       | 0.3767 | 0.0623  |
| 19 | 820.213        | 0.4634                   | -0.1619                       | 0.4162 | 0.0472  |
| 20 | 822.359        | 0.4878                   | -0.1438                       | 0.4233 | 0.0646  |
| 21 | 842.295        | 0.5122                   | 0.0244                        | 0.5296 | 0.0174  |
| 22 | 845.248        | 0.5366                   | 0.0494                        | 0.5395 | 0.0029  |
| 23 | 859.429        | 0.5610                   | 0.1690                        | 0.5866 | 0.0256  |
| 24 | 885.116        | 0.5854                   | 0.3858                        | 0.6684 | 0.0831  |
| 25 | 890.448        | 0.6098                   | 0.4308                        | 0.6845 | 0.0747  |
| 26 | 893.590        | 0.6341                   | 0.4574                        | 0.6938 | 0.0597  |
| 27 | 900.742        | 0.6585                   | 0.5177                        | 0.7147 | 0.0562  |
| 28 | 910.465        | 0.6829                   | 0.5998                        | 0.7421 | 0.0591  |
| 29 | 912.044        | 0.7073                   | 0.6131                        | 0.7462 | 0.0389  |
| 30 | 921.646        | 0.7317                   | 0.6941                        | 0.7715 | 0.0398  |
| 31 | 924.349        | 0.7561                   | 0.7169                        | 0.7783 | 0.0222  |
| 32 | 930.285        | 0.7805                   | 0.7670                        | 0.7928 | 0.0123  |
| 33 | 941.415        | 0.8049                   | 0.8610                        | 0.8186 | 0.0137  |
| 34 | 952.116        | 0.8293                   | 0.9513                        | 0.8414 | 0.0121  |
| 35 | 994.466        | 0.8537                   | 1.3087                        | 0.9128 | 0.0591  |
| 36 | 1,001.948      | 0.8780                   | 1.3719                        | 0.9223 | 0.0442  |
| 37 | 1,014.544      | 0.9024                   | 1.4782                        | 0.9366 | 0.0342  |
| 38 | 1,016.066      | 0.9268                   | 1.4910                        | 0.9383 | 0.0114  |
| 39 | 1,017.008      | 0.9512                   | 1.4990                        | 0.9393 | 0.0119  |
| 40 | 1,117.207      | 0.9756                   | 2.3446                        | 0.9916 | 0.0160  |

**ANEXO 2:**  
**MEMORIA DE MAPAS**

**Ámbito de estudio**

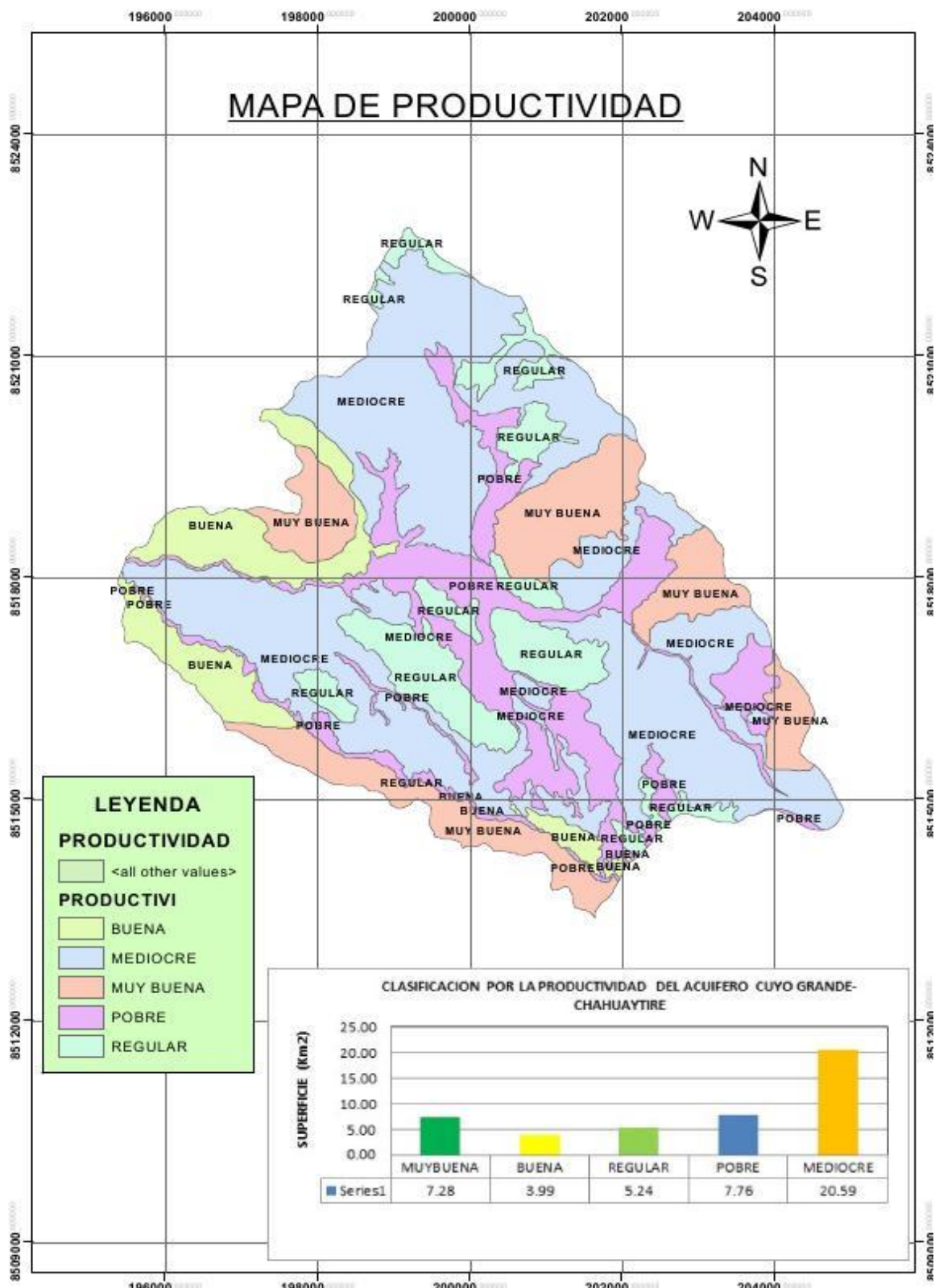


Fuente: Estudio de Pequeñas cosechas de agua con nivel familiar en microcuencas en la cuenca del Vilcanota, I.M.A. (2010).

**Provincia del ámbito de estudio del proyecto**

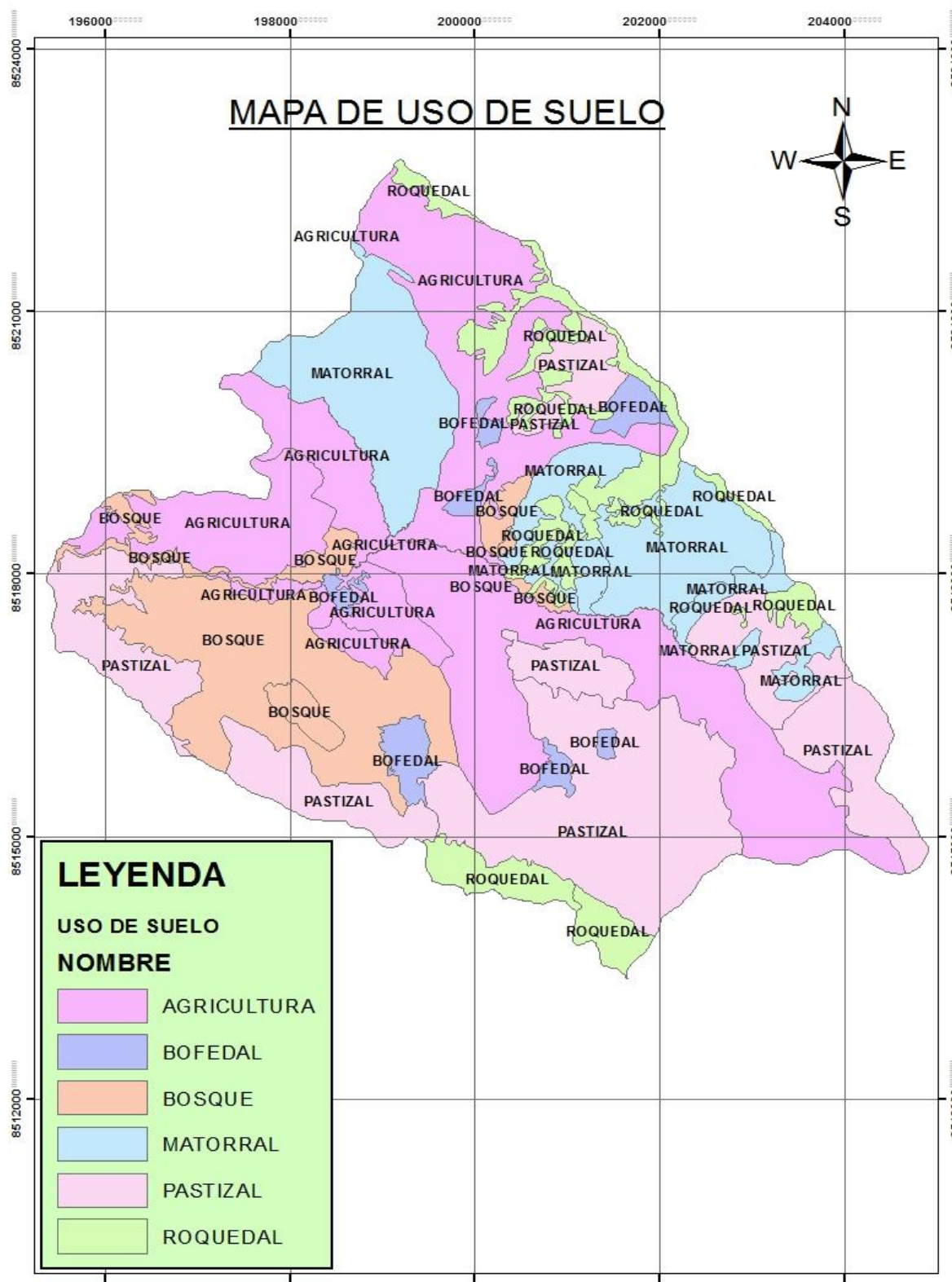


Fuente: Estudio de Pequeñas cosechas de agua con nivel familiar en microcuencas en la cuenca del Vilcanota, I.M.A. (2010).

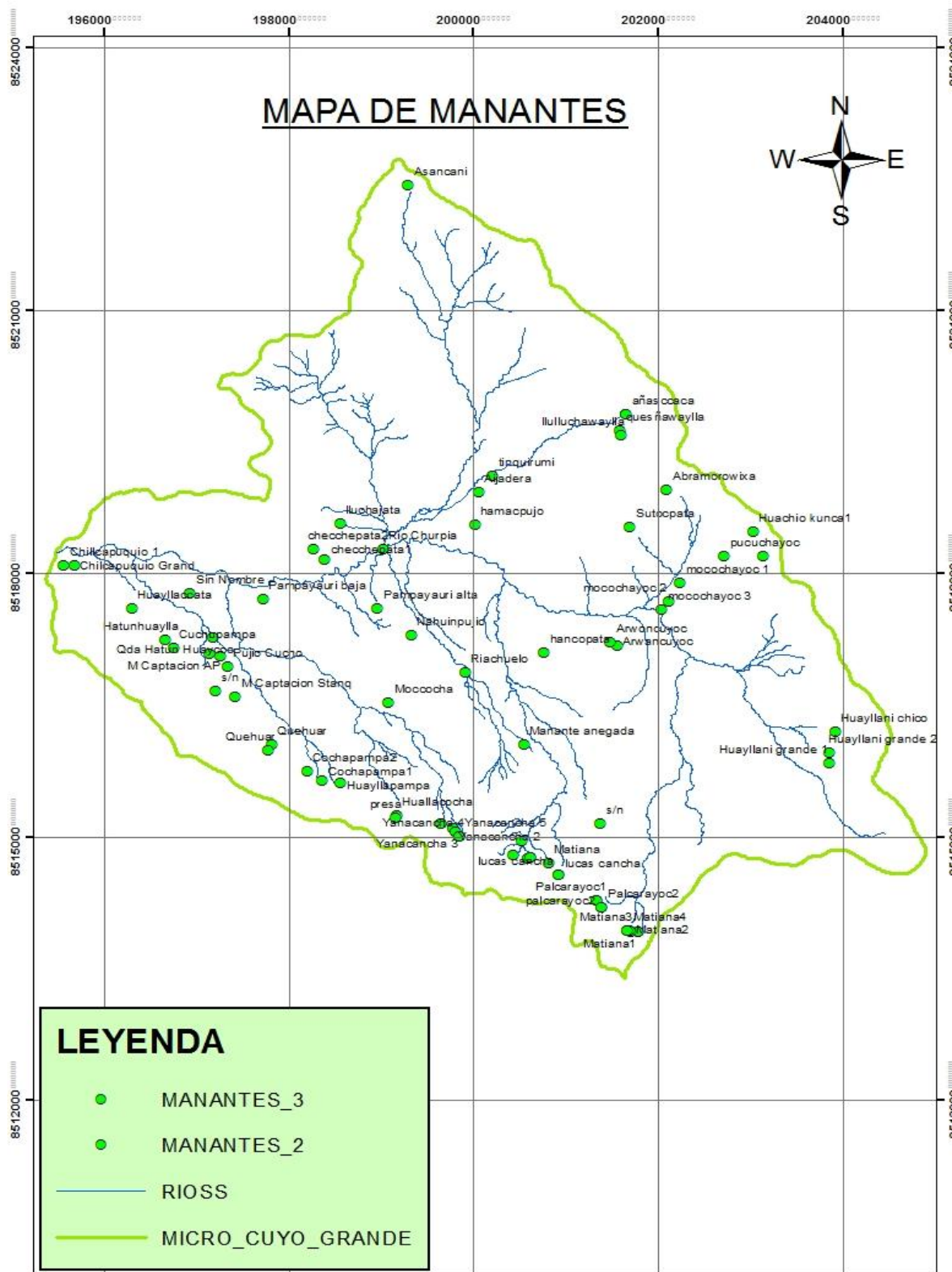


Fuente: Estudio de Pequeñas cosechas de agua con nivel familiar en microcuencas en la cuenca del Vilcanota, I.M.A. (2010).





Fuente: Estudio de Pequeñas cosechas de agua con nivel familiar en microcuencas en la cuenca del Vilcanota, I.M.A. (2010).



Fuente: Estudio de Pequeñas cosechas de agua con nivel familiar en microcuencas en la cuenca del Vilcanota, I.M.A. (2010).

### **ANEXO 3:**

## **MEMORIA DE VALORES ECONOMICOS**

**Determinan valores de las retribuciones económicas por el uso de agua superficial,  
aguas subterráneas y vertimiento de agua residual tratada para el año 2012**

**DECRETO SUPREMO N° 014-2011-AG**

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el Artículo 91 de la Ley de Recursos Hídricos, Ley N° 29338, establece que la retribución económica por el uso del agua, es el pago que en forma obligatoria deben abonar al Estado todos los usuarios de agua, como contraprestación por el uso del recurso y es establecida por la Autoridad Nacional del Agua en función a criterios sociales, económicos y ambientales;

Que, el Artículo 92 de la precitada Ley señala que la retribución económica por el vertimiento de agua residual es el pago que el titular del derecho efectúa por verter agua residual en un cuerpo de agua receptor;

Que, según los artículos 177 y 181 del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos aprobado mediante Decreto Supremo N° 001-2010-AG, la Autoridad Nacional del Agua determina anualmente, los valores de las retribuciones económicas por el uso del agua y de las retribuciones económicas por vertimiento de agua residual tratada en fuente natural de agua, para su aprobación mediante Decreto Supremo refrendado por el Ministro de Agricultura;

Que, la Dirección de Administración de Recursos Hídricos de la Autoridad Nacional del Agua, mediante Informe Técnico N° 016-2011-ANA-DARH/VEA complementado por el Informe Técnico N° 021-2011-ANA-DARH/VEA, ha propuesto para el año 2012 los valores de la retribución económica por el uso de agua superficial, subterránea y retribución económica por el vertimiento de agua residual;

En uso de la facultad conferida por el numeral 8 del Artículo 118 de la Constitución Política del Perú, de conformidad con la Ley N° 29158, Ley del Poder Ejecutivo, el Decreto Legislativo N° 997, Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Agricultura y la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos;

**DECRETA:**

**Artículo 1.- Valores a pagar por concepto de las retribuciones económicas por el uso de agua superficial para el año 2012**

**1.1** El valor de la retribución económica por uso de agua superficial con fines agrarios para el año 2012, en nuevos soles por metro cúbico será equivalente al valor aprobado para el año 2011, más un incremento del 1.5%

1.2 Los valores de las retribuciones económicas por uso de agua superficial con fines industriales, mineros y poblacionales para el año 2012, en nuevos soles por metro cúbico, serán los siguientes:

| Uso         | Categorías de Retribuciones Económicas |         |         |
|-------------|--|---------|---------|
|             | S/. por m <sup>3</sup>                 |         |         |
|             | Mínima                                 | Media   | Máxima  |
| Industrial  | 0.04873                                | 0.05780 | 0.06674 |
| Minero      | 0.03205                                | 0.04112 | 0.05005 |
| Poblacional | 0.00446                                | 0.01352 | 0.02246 |

1.3 Se aplicará un valor de “retribución económica plana” equivalente a cincuenta nuevos soles (S/. 50.00) para el caso de volúmenes menores o iguales a los indicados en el cuadro descrito a continuación:

| Uso         | Volumen menor o igual en m <sup>3</sup> al que se aplica |       |           |
|-------------|--|-------|-----------|
|             | tarifa plana según categoría                             |       |           |
|             | Mínima   | Media | Máxima    |
| Industrial  | 1,041  | 1,583 | 11,390    |
| Minero      | 878  | 1,234 | 3,754     |
| Poblacional | 897  | 1,014 | 2,259 (*) |

(\*) Numeral rectificado por el Artículo 1 del Decreto Supremo N° 005-2012-AG, publicado el 03 abril 2012, cuyo texto es el siguiente:

“1.3Se aplicará un valor de “retribución económica plana” equivalente a cincuenta nuevos soles (S/. 50.00) para el caso de volúmenes menores o iguales a los indicados en el cuadro descrito a continuación:

| Uso    | Volumen menor o igual en m <sup>3</sup> al que se aplica la retribución económica plana, según categoría |        |             |
|--------|--|--------|-------------|
|        | Industrial   | Minero | Poblacional |
| Mínima | 1,041  | 1,583  | 11,390      |
| Media  | 878  | 1,234  | 3,754       |
| Máxima | 897  | 1,014  | 2,259"      |

1.4 Las categorías a pagar por las retribuciones económicas por uso de agua superficial con fines no agrarios, a que se hace referencia en los numerales 1.2 y 1.3 serán los siguientes:

| Categoría | Administración Local de Agua  | Ratio de Tasa de Disponibilidad del Recurso Hídrico |
|-----------|---|---|
| Mínima    | Tingo María, Alto Marañón, Bajo Apurímac-Pampas, Ayacucho, Huallaga Central, La Convención, Pomabamba, Tarapoto, <b>Cusco</b> , Alto Huallaga, Medio Apurímac-Pachachaca, Alto Apurímac-Valille, Sicuani, Alto Mayo, Maldonado, Perené, Bagua-Santiago, Las Yangas-Suite, Tarma, Huancavelica, Santiago de Chuco, Huaraz, Huamachuco, Pasco, Cajamarca, Chotano-Yaucano, Crisnejas, Chichipe-Chamaya, Huancané, Ocoña-Pausa, Ramis, Mantaro, Juliaca, Utcubamba, Ilave, Tumbes, Colca-Siguas- Chivay, Camaná-Majes, Santa-Lacramarca-Nepeña (con excepción del ex Subdistrito de riego Nepeña), Tambo-Alto Tambo, Barranca, Mala-Omas-Cañete, Pucallpa, Inambari, Atalaya, Iquitos y Alto Amazonas. | Alta  |
| Media     | Medio y Bajo Piura, San Lorenzo, Chira, Alto Piura-Huancabamba, Jequetepeque, Moche-Virú-Chao, Motupe-Olmos-La Leche, Chancay-Huaral, Huaura, San Juan, Pisco, Grande, Chili y Chaparra-Acarí.  | Media   |
| Máxima    | Chancay - Lambayeque, Zaña, Chicama, Casma - Huarney, Chillón-Rímac-Lurín, Ica, Moquegua, Locumba - Sama, Tacna y el ex Subdistrito de Riego Nepeña   | Baja  |

1.5 El uso de agua superficial con fines piscícolas se encuentra inafecto al pago de retribuciones económicas de acuerdo a las disposiciones emitidas mediante Decreto Legislativo N° 1032, que declara de interés nacional la actividad acuícola y lo señalado en el artículo 7 de su Reglamento, aprobado por Decreto Supremo N° 020-2008-PRODUCE. La inafectación no comprende a los pagos de tarifas que tengan que realizarse por aquellos servicios que prestan los operadores de infraestructura hidráulica mayor o menor.

1.6 Los pagos de las retribuciones económicas por el uso del agua superficial con fines energéticos, se determinarán de acuerdo a la Ley de Concesiones Eléctricas, aprobada mediante Decreto Ley N° 25844 y su Reglamento aprobado con Decreto Supremo N° 009-93-EM

**Artículo 2.- Valores a pagar por concepto de las retribuciones económicas por el uso de aguas subterráneas para el año 2012.**

**2.1** Los valores de las retribuciones económicas por uso de aguas subterráneas para el año 2012, en nuevos soles por metro cúbico, serán los siguientes:

| N° | ACUIFERO           | RETRIBUCIÓN ECONOMICAS S/. M3 |                 |                         |
|----|--------------------|-------------------------------|-----------------|-------------------------|
|    |                    | USO AGRARIO                   | USO POBLACIONAL | USO INDUSTRIAL Y MINERO |
| 1  | Zarumilla          | 0.00044                       | 0.00203         | 0.00288                 |
| 2  | Tumbes             | 0.00051                       | 0.00237         | 0.00337                 |
| 3  | Casitas            | 0.00064                       | 0.00296         | 0.00421                 |
| 4  | Medio y Bajo Piura | 0.00048                       | 0.00222         | 0.00316                 |
| 5  | Alto Piura         | 0.0005                        | 0.0023          | 0.00327                 |
| 6  | Olmos              | 0.00082                       | 0.0038          | 0.00541                 |
| 7  | Motupe             | 0.00076                       | 0.00355         | 0.00504                 |
| 8  | La Leche           | 0.00041                       | 0.00191         | 0.00271                 |
| 9  | Chancay-Lambayeque | 0.00047                       | 0.00217         | 0.00308                 |
| 10 | Zaña               | 0.00044                       | 0.00203         | 0.00288                 |
| 11 | Jequetepeque       | 0.0004                        | 0.00186         | 0.00265                 |
| 12 | Chicama            | 0.00078                       | 0.00363         | 0.00516                 |
| 13 | Moche              | 0.00045                       | 0.00209         | 0.00297                 |
| 14 | Virú               | 0.00041                       | 0.00192         | 0.00273                 |
| 15 | Chao               | 0.00038                       | 0.00177         | 0.00252                 |
| 16 | Santa              | 0.00039                       | 0.00181         | 0.00257                 |
| 17 | Lacramarca         | 0.00045                       | 0.00207         | 0.00294                 |
| 18 | Nepaña             | 0.00039                       | 0.00179         | 0.00254                 |
| 19 | Casma              | 0.00062                       | 0.00289         | 0.00411                 |
| 20 | Culebras           | 0.00062                       | 0.00289         | 0.0041                  |
| 21 | Huarmey            | 0.00062                       | 0.00289         | 0.0041                  |
| 22 | Fortaleza          | 0.00066                       | 0.00308         | 0.00438                 |
| 23 | Pativilca          | 0.00039                       | 0.0018          | 0.00256                 |
| 24 | Supe               | 0.00039                       | 0.00180         | 0.00256                 |

|    |                   |         |         |         |
|----|-------------------|---------|---------|---------|
| 25 | Huaura            | 0.00042 | 0.00195 | 0.00278 |
| 26 | Chancay - Huaral  | 0.00042 | 0.00195 | 0.00278 |
| 27 | Chillón           | 0.00069 | 0.00319 | 0.00453 |
| 28 | Rímac             | 0.00081 | 0.00378 | 0.00537 |
| 29 | Lurín             | 0.00063 | 0.00293 | 0.00416 |
| 30 | Chilca            | 0.00102 | 0.00472 | 0.00670 |
| 31 | Mala              | 0.00042 | 0.00195 | 0.00277 |
| 32 | Asia              | 0.00077 | 0.00358 | 0.00509 |
| 33 | Cañete            | 0.00038 | 0.00178 | 0.00253 |
| 34 | Chincha           | 0.00048 | 0.00221 | 0.00314 |
| 35 | Pisco             | 0.00058 | 0.0027  | 0.00384 |
| 36 | Villacuri-Lanchas | 0.0017  | 0.00786 | 0.01118 |
| 37 | Ica               | 0.00102 | 0.00472 | 0.0067  |
| 38 | Palpa             | 0.00068 | 0.00314 | 0.00446 |
| 39 | Nasca             | 0.00072 | 0.00333 | 0.00474 |
| 40 | Acari             | 0.00085 | 0.00396 | 0.00564 |
| 41 | Yauca             | 0.00085 | 0.00396 | 0.00564 |
| 42 | Chili             | 0.00038 | 0.00177 | 0.00252 |
| 43 | Moquegua          | 0.00041 | 0.00192 | 0.00273 |
| 44 | Ilo               | 0.00041 | 0.00192 | 0.00273 |
| 45 | Locumba           | 0.00041 | 0.00192 | 0.00273 |
| 46 | Sama              | 0.00041 | 0.00192 | 0.00273 |
| 47 | Caplina           | 0.00087 | 0.00403 | 0.00572 |

2.2 Los valores de las retribuciones económicas por uso de aguas subterráneas, en acuíferos no señalados en el numeral precedente, en nuevos soles por metro cúbico, serán los siguientes:

| RETRIBUCION ECONOMICA S/. M3 |                 |                         |
|------------------------------|-----------------|-------------------------|
| USO AGRARIO                  | USO POBLACIONAL | USO INDUSTRIAL Y MINERO |
| 0.00059                      | 0.00274         | 0.01118                 |



**2.3** Se aplicará un valor de “retribución económica plana” para el caso de volúmenes menores o iguales al indicado en el cuadro descrito a continuación:

| <b>RETRIBUCION ECONOMICA PLANA-AGUA SUBTERRANEA</b>                |                        |                              |
|--|------------------------|------------------------------|
| <b>Pago por volúmenes menores o iguales a 25 000 m<sup>3</sup></b> |                        |                              |
| <b>(S/. por año)</b>   |                        |                              |
| <b>USO AGRARIO</b>   | <b>USO POBLACIONAL</b> | <b>USO INDUSTRIAL/MINERO</b> |
| 10   | 35                     | 100                          |

**Artículo 3.-** **Retribución económica por el uso de agua superficial para el 2012 que abonarán las organizaciones comunales que prestan servicios de saneamiento**

Las organizaciones comunales encargadas de la prestación de servicios de saneamiento en los centros poblados del ámbito rural, abonarán para el año 2012, una Retribución Económica Plana, equivalente a cincuenta nuevos soles (S/. 50.00).

**Artículo 4.-** **Valores a pagar por concepto de las retribuciones económicas por vertimiento de agua residual tratada para el 2012**

**4.1** El valor de la retribución económica por vertimiento de agua residual tratada para el 2012 por m<sup>3</sup>, que abonarán las personas naturales o jurídicas que efectúan vertimientos en las fuentes naturales de agua, se realizará de acuerdo al siguiente detalle:

| <b>Vertimiento</b>       | <b>Costo por m<sup>3</sup> (S/.)</b> |
|--------------------------|--------------------------------------|
| Agua residual doméstica  | 0,004                                |
| Agua residual industrial | 0,010                                |

**4.2** Para el caso de titulares de autorizaciones de vertimiento de volúmenes menores o iguales a 100 000 m<sup>3</sup>/año; realizarán el pago de la retribución económica de la siguiente manera:

| <b>Vertimiento</b>       | <b>Pago por volúmenes menores o iguales a 100 000m<sup>3</sup> (S/.)</b> |
|--------------------------|--|
| Agua residual doméstica  | 400 (cuatrocientos y 00/100 nuevos soles)                                |
| Agua residual Industrial | 1 000 (un mil y 00/100 nuevos soles)                                     |

**Artículo 5.- Refrendo**

El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro de Agricultura y entrará en vigencia al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial El Peruano.

#### **DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA FINAL**

##### **Única.- Forma y plazos para abonar las retribuciones económicas para el año 2012**

La Autoridad Nacional del Agua mediante Resolución Jefatural regulará la forma y plazos en que los usuarios deberán abonar las retribuciones económicas por el uso de agua superficial, subterránea y por vertimientos de aguas residuales tratadas para el año 2012, conforme lo establecen los artículos 178 y 182 del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, D.S. N° 001-2010-AG.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los veintisiete días del mes de diciembre del año dos mil once

**OLLANTA HUMALA TASSO**

**Presidente Constitucional de la República**

**LUIS GINOCCHIO BALCÁZAR**

**Ministro de Agricultura**

**RETRIBUCION ECONOMICA PARA USO DE AGUA SUPERFICIAL CON FINES AGRARIOS**

| ALA            | JUNTA DE USUARIOS      | JU/SECTORES/CR/RIEGO | RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA | RETRIBUCIÓN ECONÓMICA POR USO DE AGUA SUPERFICIAL CON FINES AGRARIOS SI. X M <sup>3</sup> 2010 |
|----------------|------------------------|----------------------|---------------------------|--|
|                |                        | JUNTA DE USUARIOS    | 276-2010-ANA/ALA-CUSCO    |  |
|                |                        | Ancahuasi            | 276-2010-ANA/ALA-CUSCO    | 0.00137970   |
|                |                        | Chinchaypuccio       | 276-2010-ANA/ALA-CUSCO    | 0.00137970   |
|                |                        | Maras                | 276-2010-ANA/ALA-CUSCO    | 0.00137970   |
|                |                        | Huarocondo           | 276-2010-ANA/ALA-CUSCO    | 0.00137970   |
|                |                        | Pucyura              | 276-2010-ANA/ALA-CUSCO    | 0.00137970   |
|                |                        | Mollepata            | 276-2010-ANA/ALA-CUSCO    | 0.00137970   |
|                |                        | Limatambo            | 276-2010-ANA/ALA-CUSCO    | 0.00137970   |
|                |                        | Anta                 | 276-2010-ANA/ALA-CUSCO    | 0.00137970   |
|                |                        | Cachimayo            | 276-2010-ANA/ALA-CUSCO    | 0.00137970   |
|                |                        | Zurite               | 276-2010-ANA/ALA-CUSCO    | 0.00137970   |
|                |                        | PARURO               | 276-2010-ANA/ALA-CUSCO    | 0.00137970   |
|                |                        | Huanoquite           | 276-2010-ANA/ALA-CUSCO    | 0.00137970   |
| CUSCO          | CUSCO                  | Calca                | 276-2010-ANA/ALA-CUSCO    | 0.00137970   |
|                |                        | Taray                | 276-2010-ANA/ALA-CUSCO    | 0.00137970   |
|                |                        | San Salvador         | 276-2010-ANA/ALA-CUSCO    | 0.00137970   |
|                |                        | Pisac                | 276-2010-ANA/ALA-CUSCO    | 0.00137970   |
|                |                        | Coya                 | 276-2010-ANA/ALA-CUSCO    | 0.00137970   |
|                |                        | Calca                | 276-2010-ANA/ALA-CUSCO    | 0.00137970   |
|                |                        | Santiago             | 276-2010-ANA/ALA-CUSCO    | 0.00137970   |
|                |                        | San Jeronimo         | 276-2010-ANA/ALA-CUSCO    | 0.00137970   |
|                |                        | Saylla               | 276-2010-ANA/ALA-CUSCO    | 0.00137970   |
|                |                        | Cusco                | 276-2010-ANA/ALA-CUSCO    | 0.00137970   |
|                |                        | Ccora                | 276-2010-ANA/ALA-CUSCO    | 0.00137970   |
|                |                        | Poroy                | 276-2010-ANA/ALA-CUSCO    | 0.00137970   |
|                |                        | San Sebastian        | 276-2010-ANA/ALA-CUSCO    | 0.00137970   |
|                |                        | San Jeronimo         | 276-2010-ANA/ALA-CUSCO    | 0.00137970   |
|                |                        | Andahuayfillas       | 276-2010-ANA/ALA-CUSCO    | 0.00137970   |
|                |                        | Carhuayo             | 276-2010-ANA/ALA-CUSCO    | 0.00137970   |
|                |                        | Catcca               | 276-2010-ANA/ALA-CUSCO    | 0.00137970   |
|                |                        | Oropesa              | 276-2010-ANA/ALA-CUSCO    | 0.00137970   |
|                |                        | Huaro                | 276-2010-ANA/ALA-CUSCO    | 0.00137970   |
|                |                        | Lucre                | 276-2010-ANA/ALA-CUSCO    | 0.00137970   |
|                |                        | Ocongate             | 276-2010-ANA/ALA-CUSCO    | 0.00137970   |
|                |                        | Urcos                | 276-2010-ANA/ALA-CUSCO    | 0.00137970   |
|                |                        | Chinchero            | 276-2010-ANA/ALA-CUSCO    | 0.00137970   |
|                |                        | Ollantaytambo        | 276-2010-ANA/ALA-CUSCO    | 0.00137970   |
|                |                        | Maras                | 276-2010-ANA/ALA-CUSCO    | 0.00137970   |
|                |                        | Urubamba             | 276-2010-ANA/ALA-CUSCO    | 0.00137970   |
|                |                        | Yucaj                | 276-2010-ANA/ALA-CUSCO    | 0.00137970   |
|                |                        | Cay Cay              | 276-2010-ANA/ALA-CUSCO    | 0.00137970   |
|                |                        | Colquepata           | 276-2010-ANA/ALA-CUSCO    | 0.00137970   |
|                |                        | Challabamba          | 276-2010-ANA/ALA-CUSCO    | 0.00137970   |
|                |                        | Huancarani           | 276-2010-ANA/ALA-CUSCO    | 0.00137970   |
|                |                        | Paucartambo          | 276-2010-ANA/ALA-CUSCO    | 0.00137970   |
|                |                        | Coyllurqui           | 276-2010-ANA/ALA-CUSCO    | 0.00137970   |
| Challhuahuacho | 276-2010-ANA/ALA-CUSCO | 0.00137970           |                           |  |
| SICUANI        | Sicuaní                | JUNTA DE USUARIOS    | 180-2010-ANA/ALA-SICUANI  | 0.00015584   |

Fuente: ALA – Cusco.

**ANEXO 4:**

**MEMORIA DE VALORES PARA LA REFORESTACION**

**SUPERFICIE REFORESTADA YPOR REFORESTAR SEGÚN DEPARTAMENTOS 2001-2007**  
(HECTAREAS)

| REGION        | Superficie reforestada acumulada |               |               |               |               |               |               | Superficie<br>por<br>Reforestar |
|---------------|----------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------------------------|
|               | 2001                             | 2002          | 2003          | 2004          | 2005          | 2006          | 2007          |                                 |
| <b>TOTAL</b>  | <b>723561</b>                    | <b>746598</b> | <b>752723</b> | <b>757084</b> | <b>778152</b> | <b>795117</b> | <b>821561</b> | <b>9653036</b>                  |
| AMAZONAS      | 8208                             | 8650          | 8909          | 8976          | 9407          | 10144         | 11934         | 293163                          |
| ANCASH        | 62946                            | 65037         | 65389         | 65505         | 68297         | 71039         | 73631         | 480385                          |
| APURIMAC      | 58409                            | 59966         | 59966         | 60022         | 62598         | 63482         | 65161         | 13139                           |
| AREQUIPA      | 6968                             | 7250          | 7409          | 7488          | 7630          | 7826          | 8063          | 352137                          |
| AYACUCHO      | 49864                            | 52427         | 52648         | 53536         | 55517         | 57392         | 60038         | 479362                          |
| CAJAMARCA     | 76783                            | 80342         | 81429         | 82469         | 84902         | 87464         | 90967         | 699033                          |
| <b>CUSCO</b>  | <b>98812</b>                     | <b>102502</b> | <b>103032</b> | <b>103540</b> | <b>106051</b> | <b>107140</b> | <b>109036</b> | <b>1305546</b>                  |
| HUANCAVELICA  | 32978                            | 34013         | 34013         | 34063         | 36013         | 37265         | 38575         | 23425                           |
| HUANUCO       | 33508                            | 34407         | 34761         | 34831         | 36013         | 36737         | 38928         | 621072                          |
| JUNIN         | 60348                            | 60904         | 61656         | 61713         | 62494         | 63124         | 63903         | 946388                          |
| LA LIBERTADA  | 32479                            | 34337         | 35041         | 35912         | 37217         | 38940         | 42092         | 310408                          |
| LAMBAYEQUE    | 18136                            | 18253         | 18253         | 18260         | 18543         | 18705         | 18919         | 63381                           |
| LIMA          | 11655                            | 12212         | 12380         | 12392         | 12636         | 12976         | 13322         | 439278                          |
| LORETO        | 22905                            | 23339         | 23480         | 23480         | 23480         | 23480         | 23480         | 636420                          |
| MADRE DE DIOS | 8467                             | 8467          | 8467          | 8467          | 8467          | 8467          | 8467          | 503633                          |
| MOQUEGUA      | 2495                             | 2638          | 2638          | 2833          | 2882          | 2943          | 3034          | 125066                          |
| PASCO         | 13967                            | 14488         | 14512         | 14554         | 15000         | 15303         | 16336         | 506175                          |
| PIURA         | 36803                            | 37592         | 37640         | 37772         | 39034         | 39715         | 40658         | 49042                           |
| PUNO          | 29575                            | 31031         | 32161         | 32289         | 32979         | 33804         | 34796         | 1085604                         |
| SAN MARTIN    | 18178                            | 18178         | 18178         | 18178         | 18178         | 18178         | 18178         | 417522                          |
| TACNA         | 4855                             | 4891          | 4891          | 4934          | 4944          | 5124          | 5173          | 19727                           |
| TUMBES        | 3528                             | 3980          | 3980          | 3980          | 3980          | 3980          | 4980          | 95120                           |
| UCAYALI 1/    | 31694                            | 31694         | 31890         | 31890         | 31890         | 31889         | 31890         | 188010                          |

Superficie reforestada a partir de 1980

Fuente: MINAG Instituto Nacional de Recursos Naturales INRENA, Perú Anuario de Estadísticas Ambientales 2009 Pag.35

**PLANTACIONES DE EUCALIPTO**

| <b>Nombre</b> | <b>Área</b>                             |       | <b>Plantaciones</b> |
|---------------|---|-------|---------------------|
| Eucalipto     | 1km <sup>2</sup> =1000000m <sup>2</sup> | 3m*2m | 166667.0            |

Fuente: Manual técnico de selvicultura del eucalipto.

**PLANTACIONES DE PINO**

| <b>Nombre</b> | <b>Área</b>                             |       | <b>Plantaciones</b> |
|---------------|---|-------|---------------------|
| Pino          | 1km <sup>2</sup> =1000000m <sup>2</sup> | 3m*3m | 111111.0            |

Fuente: Ramírez(1977). Estudio dasometrico de la plantación forestal de Pinus.

**COSTOS UNITARIOS DE LAS ACTIVIDADES DE REFORESTACION -  
CUYO GRANDE Y CHAHUAYTIRE – REGION CUSCO.**

| ACTIVIDADES                                      | UNIDAD        | CANTIDAD | COSTO UNIT (S/) | COSTO TOTAL (S/) | APORTE (S/)    |               |
|--|---------------|----------|-----------------|------------------|----------------|---------------|
|  |               |          |                 |                  | ESTADO         | COMUNAL       |
| <b>1. INSTALACION DEL VIVERO</b>                 | <b>Vivero</b> | <b>1</b> |                 |                  |                |               |
| <b>1.1. Materiales de Riego</b>                  |               |          |                 | <b>739.00</b>    | <b>739.00</b>  | <b>0.00</b>   |
| Tubos PVC de 1"SAP Clase 10                      | unidad        | 10.00    | 23.00           | 230.00           | 230.00         | 0.00          |
| Llave de paso 1" de bronce tipo bola             | unidad        | 2.00     | 30.00           | 60.00            | 60.00          | 0.00          |
| Tee 1" PVC SAP Clase 10                          | unidad        | 2.00     | 9.00            | 18.00            | 18.00          | 0.00          |
| Tapón 1" PVC                                     | unidad        | 1.00     | 6.00            | 6.00             | 6.00           | 0.00          |
| Válvula de purga 1" metálica                     | unidad        | 1.00     | 26.00           | 26.00            | 26.00          | 0.00          |
| Pileta 1"  | unidad        | 1.00     | 45.00           | 45.00            | 45.00          | 0.00          |
| Unión 1" PVC SAP                                 | unidad        | 4.00     | 4.00            | 16.00            | 16.00          | 0.00          |
| Manguera de polietileno 1"                       | metro         | 50.00    | 6.00            | 300.00           | 300.00         | 0.00          |
| Pegamento PVC Oakley (1/4 galon)                 | unidad        | 1.00     | 30.00           | 30.00            | 30.00          | 0.00          |
| Cinta Teflón                                     | rollo         | 4.00     | 2.00            | 8.00             | 8.00           | 0.00          |
| <b>1.2. Materiales de Cerco y Carpa</b>          |               |          |                 | <b>770.00</b>    | <b>770.00</b>  | <b>0.00</b>   |
| Puerta metálica 2 x 1.8 mts.                     | unidad        | 1.00     | 300.00          | 300.00           | 300.00         | 0.00          |
| Calamina 18 mm                                   | unidad        | 20.00    | 15.00           | 300.00           | 300.00         | 0.00          |
| Clavo de calamina                                | kg            | 2.00     | 5.00            | 10.00            | 10.00          | 0.00          |
| Tablas madera corriente 1" x 10" x 3 m.          | unidad        | 10.00    | 10.00           | 100.00           | 100.00         | 0.00          |
| Listones de madera 1" x 2" x 3m                  | unidad        | 10.00    | 6.00            | 60.00            | 60.00          | 0.00          |
| <b>1.3. Herramientas</b>                         |               |          |                 | <b>297.00</b>    | <b>297.00</b>  | <b>0.00</b>   |
| Palas tipo cuchara                               | unidad        | 2.00     | 32.00           | 64.00            | 64.00          | 0.00          |
| Picos  | unidad        | 2.00     | 32.00           | 64.00            | 64.00          | 0.00          |
| Carretilla plana                                 | unidad        | 1.00     | 94.00           | 94.00            | 94.00          | 0.00          |
| SERRUCHO RECTO                                   | unidad        | 1.00     | 25.00           | 25.00            | 25.00          | 0.00          |
| Wincha metálica de 5 m.                          | unidad        | 1.00     | 15.00           | 15.00            | 15.00          | 0.00          |
| Martillo de uña de 12"                           | unidad        | 1.00     | 25.00           | 25.00            | 25.00          | 0.00          |
| Cordel   | unidad        | 1.00     | 10.00           | 10.00            | 10.00          | 0.00          |
| <b>1.4. Gastos de Transporte</b>                 |               |          |                 | <b>180.00</b>    | <b>180.00</b>  | <b>0.00</b>   |
| Traslado de materiales                           | viaje         | 1.00     | 180             | 180.00           | 180.00         | 0.00          |
| <b>1.5. Mano de obra Comunal</b>                 |               |          |                 | <b>560.00</b>    | <b>280.00</b>  | <b>280.00</b> |
| Construcción de cerco perimétrico                | jornal        | 4.00     | 20.00           | 80.00            | 40.00          | 40.00         |
| Instalación de agua de riego                     | jornal        | 2.00     | 20.00           | 40.00            | 20.00          | 20.00         |
| Construcción de camas de repique y almacigueras  | jornal        | 12.00    | 20.00           | 240.00           | 120.00         | 120.00        |
| Construcción de caseta de guardianía y silo seco | jornal        | 10.00    | 20.00           | 200.00           | 100.00         | 100.00        |
| <b>COSTO DEL VIVERO INSTALADO (S/.)</b>          |               |          |                 | <b>2546.00</b>   | <b>2266.00</b> | <b>280.00</b> |

Fuente: Perfil de Proyecto “Estudio integral para la gestión de recursos suelo y agua en microcuencas en la cuenca del Vilcanota”

| CANTIDAD 5000 Plantones                    |        |          |                 |                  |                |               |
|--|--------|----------|-----------------|------------------|----------------|---------------|
| ACTIVIDADES                                | UNIDAD | CANTIDAD | COSTO UNIT (S/) | COSTO TOTAL (S/) | APORTE (S/)    |               |
|  |        |          |                 |                  | ESTADO         | COMUNAL       |
| <b>2. PRODUCCION DE PLANTONES</b>          |        |          |                 |                  |                |               |
| <b>2.1 INSUMOS (SEMILLAS)</b>              |        |          |                 | <b>75.00</b>     | <b>75.00</b>   | <b>-</b>      |
| Eucalipto (Eucalyptus globulu)             | Kg.    | 0.5      | 150.00          | 75               | 75             | 0.00          |
| Pino (Pinus radiata)                       | Kg.    | 0.5      | 240.00          | 120              | 120            | 1.00          |
| <b>2.2 PRODUCTOS FITOSANITARIOS</b>        |        |          |                 | <b>355.00</b>    | <b>355.00</b>  | <b>-</b>      |
| Abono Foliar                               | Litros | 1.00     | 35.00           | 35.00            | 35.00          | 0.00          |
| Insecticidas                               | Litros | 1.00     | 160.00          | 160.00           | 160.00         | 0.00          |
| Fungicidas                                 | Kg.    | 1.00     | 140.00          | 140.00           | 140.00         | 0.00          |
| Adherentes                                 | Litros | 0.50     | 40.00           | 20.00            | 20.00          | 0.00          |
| <b>2.3 SUSTRATO</b>                        |        |          |                 | <b>130.00</b>    | <b>130.00</b>  | <b>-</b>      |
| Tierra agrícola                            | m3     | 4.00     | 0.00            | 0.00             | 0.00           | 0.00          |
| Tierra negra                               | m3     | 2.00     | 35.00           | 70.00            | 70.00          | 0.00          |
| Arena fina                                 | m3     | 2.00     | 30.00           | 60.00            | 60.00          | 0.00          |
| <b>2.4 HERRAMIENTAS</b>                    |        |          |                 | <b>50.00</b>     | <b>50.00</b>   | <b>-</b>      |
| Depreciación herramientas (5 %)            | global | 1.00     | 50.00           | 50.00            | 50.00          | 0.00          |
| <b>2.5 MATERIALES</b>                      |        |          |                 | <b>91.00</b>     | <b>91.00</b>   | <b>-</b>      |
| Alambres galvanizado Nº 16                 | Kg.    | 4.00     | 7.00            | 28.00            | 28.00          | 0.00          |
| Clavos de 2"                               | Kg.    | 2.00     | 6.50            | 13.00            | 13.00          | 0.00          |
| Arpillera blanca x 2m. Ancho               | m.     | 2.00     | 10.00           | 20.00            | 20.00          | 0.00          |
| Palos de eucalipto de 1,50m x 2"           | unidad | 10.00    | 3.00            | 30.00            | 30.00          | 0.00          |
| <b>2.6 MANO DE OBRA NO CALIFICADA</b>      |        |          |                 | <b>880.00</b>    | <b>440.00</b>  | <b>440.00</b> |
| Acondicionamiento del vivero               | jornal | 4.00     | 20.00           | 80.00            | 40.00          | 40.00         |
| Almacigado                                 | jornal | 6.00     | 20.00           | 120.00           | 60.00          | 60.00         |
| Preparación de sustrato                    | jornal | 10.00    | 20.00           | 200.00           | 100.00         | 100.00        |
| Repicado                                   | jornal | 14.00    | 20.00           | 280.00           | 140.00         | 140.00        |
| Labores culturales                         | jornal | 10.00    | 20.00           | 200.00           | 100.00         | 100.00        |
| <b>COSTO TOTAL (S/.)</b>                   |        |          |                 | <b>1581.00</b>   | <b>1141.00</b> | <b>440.00</b> |
| <b>MODULO DE PRODUCCION 5000 PLANTONES</b> |        |          |                 | <b>5000</b>      | <b>5000</b>    | <b>5000</b>   |
| <b>COSTO POR PLANTON S/.</b>               |        |          |                 | <b>0.38</b>      | <b>0.27</b>    | <b>0.11</b>   |

Fuente: Perfil de Proyecto “Estudio integral para la gestión de recursos suelo y agua en microcuencas en la cuenca del Vilcanota”



| ACTIVIDADES                           | UNIDAD CANTIDAD |          | COSTO UNIT (S/) | COSTO TOTAL (S/) | APORTE (S/)   |               |
|---------------------------------------|-----------------|----------|-----------------|------------------|---------------|---------------|
|                                       | UNIDAD          | CANTIDAD |                 |                  | ESTADO        | COMUNAL       |
| <b>3. PLANTACION DEFINITIVA</b>       |                 |          |                 |                  |               |               |
| <b>3.1 MANO DE OBRA NO CALIFICADA</b> |                 |          |                 | <b>960.00</b>    | <b>480.00</b> | <b>480.00</b> |
| Trazado de hoyos                      | Jornal          | 2.00     | 20.00           | 40.00            | 20.00         | 20.00         |
| Apertura de hoyos                     | Jornal          | 30.00    | 20.00           | 600.00           | 300.00        | 300.00        |
| Selección de plántones                | Jornal          | 4.00     | 20.00           | 80.00            | 40.00         | 40.00         |
| Traslado de plántones                 | Jornal          | 2.00     | 20.00           | 40.00            | 20.00         | 20.00         |
| Plantación                            | Jornal          | 10.00    | 20.00           | 200.00           | 100.00        | 100.00        |
| <b>3.2 HERRAMIENTAS Y MATERIALES</b>  |                 |          |                 | <b>409.00</b>    | <b>409.00</b> | <b>0.00</b>   |
| Pala recta                            | unidad          | 1.00     | 35.00           | 35.00            | 35.00         | 0.00          |
| Pala cuchara                          | unidad          | 1.00     | 32.00           | 32.00            | 32.00         | 0.00          |
| Pico zapaico                          | unidad          | 1.00     | 32.00           | 32.00            | 32.00         | 0.00          |
| Barreta de 1 x 1,8 m con pala         | unidad          | 2.00     | 50.00           | 100.00           | 100.00        | 0.00          |
| Wincha de lona de 50 m.               | unidad          | 1.00     | 70.00           | 70.00            | 70.00         | 0.00          |
| Cuchillo de cocina                    | unidad          | 5.00     | 5.00            | 25.00            | 25.00         | 0.00          |
| Cajas de madera                       | unidad          | 5.00     | 10.00           | 50.00            | 50.00         | 0.00          |
| Cordel                                | unidad          | 1.00     | 15.00           | 15.00            | 15.00         | 0.00          |
| Yeso                                  | qq              | 10.00    | 5.00            | 50.00            | 50.00         | 0.00          |
| <b>COSTO TOTAL (S/.)</b>              |                 |          |                 | <b>1369.00</b>   | <b>889.00</b> | <b>480.00</b> |
| <b>MODULO DE 1 HECTAREAS</b>          |                 |          |                 | <b>1,00</b>      | <b>1,00</b>   | <b>1,00</b>   |
| <b>COSTO POR HECTAREA MANEJADA</b>    |                 |          |                 | <b>1.369,00</b>  | <b>889,00</b> | <b>480,00</b> |

Fuente: Perfil de Proyecto “Estudio integral para la gestión de recursos suelo y agua en microcuencas en la cuenca del Vilcanota”

| UNIDAD<br>CANTIDAD                                    | HA<br>1 |              | COSTO<br>UNIT<br>(S/) | COSTO<br>TOTAL<br>(S/) | APORTE (S/)   |               |
|---|---------|--------------|-----------------------|------------------------|---------------|---------------|
|   | UNIDAD  | CANTIDA<br>D |                       |                        | ESTADO        | COMUNA<br>L   |
| <b>4. MANTENIMIENTO DE LA PLANTACION</b>              |         |              |                       |                        |               |               |
| <b>4.1 MATERIALES DE CONSUMO</b>                      |         |              |                       | <b>94.00</b>           | <b>94.00</b>  | <b>-</b>      |
| Guantes de cuero                                      | par     | 1.00         | 12.00                 | 12.00                  | 12.00         | -             |
| Cicatrizante (Panzil)                                 | gln     | 0.25         | 328.00                | 82.00                  | 82.00         | -             |
| <b>4.2 HERRAMIENTAS</b>                               |         |              |                       | <b>232.00</b>          | <b>232.00</b> | <b>-</b>      |
| Tijera de podar                                       | unidad  | 2.00         | 40.00                 | 80.00                  | 80.00         | -             |
| SERRUCHO CURVO C/ MANGO MADERA                        | unidad  | 1.00         | 44.00                 | 44.00                  | 44.00         | -             |
| Sierra de arco 21"                                    | unidad  | 1.00         | 50.00                 | 50.00                  | 50.00         | -             |
| Lima triangular                                       | unidad  | 2.00         | 10.00                 | 20.00                  | 20.00         | -             |
| Destornillador estrella                               | unidad  | 2.00         | 5.00                  | 10.00                  | 10.00         | -             |
| Machete   | unidad  | 2.00         | 14.00                 | 28.00                  | 28.00         | -             |
| <b>4.3 OTROS SERVICIOS DE TERCEROS (Mano de Obra)</b> |         |              |                       | <b>200.00</b>          | <b>100.00</b> | <b>100.00</b> |
| Mano de obra comunal                                  | jornal  | 10.00        | 20.00                 | 200.00                 | 100.00        | 100.00        |
| <b>COSTO TOTAL (S/.)</b>                              |         |              |                       | <b>526.00</b>          | <b>426.00</b> | <b>100.00</b> |
| <b>MODULO DE 1 HECTAREAS</b>                          |         |              |                       | <b>1.00</b>            | <b>1.00</b>   | <b>1.00</b>   |
| <b>COSTO POR HECTAREA MANEJADA</b>                    |         |              |                       | <b>526.00</b>          | <b>426.00</b> | <b>100.00</b> |

Fuente: Perfil de Proyecto “Estudio integral para la gestión de recursos suelo y agua en microcuencas en la cuenca del Vilcanota”

**ANEXO 5:**  
**MEMORIA FOTOGRAFICA.**



**FOTO N° 1: Comunidad de Cuyo Grande**



**FOTO N° 2: Comunidad de Chahuaytire**



**FOTO N° 3: Cultivos con surcos a favor de la pendiente**



**FOTO N° 4: Áreas de agricultura en la zona alta**



**FOTO N° 5: Área reforestada en la zona**



**FOTO N° 6: Mirador de la comunidad de Cuyo Grande**



**FOTO N° 7: Puesto de salud de la comunidad de Cuyo Grande**



**FOTO N° 8: Rio Cuyo Grande y Chahuaytire**



**FOTO N° 9: Área de cultivos de cebada y avena en la zona**



**FOTO N° 10: Presencia de mamíferos como los cerdos en la zona**





**FOTO N° 11: Presencia de vacunos en la zona**



**FOTO N° 12: Laguna Quinsacocha**