



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**INSTITUTO DE POSTGRADO**



Instituto de  
Posgrado

**MAESTRÍA EN GESTIÓN INTEGRAL DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS**

**TEMA:**

“SISTEMAS DE RIEGO PARA EL USO EFICIENTE DEL RECURSO HÍDRICO  
EN LA MICROCUENCA DEL RIO CHAMACHÁN”

Trabajo de Investigación previo a la obtención del Título de Magíster en  
Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas

**AUTOR:** Oscar Iván Mayanquer Mayanquer

**DIRECTOR:** Ph.D. Wilfredo Ramiro Franco

IBARRA - ECUADOR

2019

## **APROBACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS**

En calidad de director del Trabajo de Grado titulado: **“SISTEMAS DE RIEGO PARA EL USO EFICIENTE DEL RECURSO HÍDRICO EN LA MICROCUENCA DEL RIO CHAMACHÁN”**, de autoría de: Oscar Iván Mayanquer Mayanquer, para optar por el grado de Magister en Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas, doy fe que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra, a los 30 días del mes de marzo de 2019

Lo certifico

(Firma).....

Wilfredo Ramiro Franco, PhD

C.C.:1757359411

**DIRECTOR DE TESIS**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**



Instituto de  
Posgrado

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA**  
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

<b>DATOS DE CONTACTO</b>			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	0401481320		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Oscar Iván Mayanquer Mayanquer		
<b>DIRECCIÓN:</b>	Ibarra		
<b>EMAIL:</b>	ozkr_@yahoo.es		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	062977096	<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0993710100
<b>DATOS DE LA OBRA</b>			
<b>TÍTULO:</b>	“SISTEMAS DE RIEGO PARA EL USO EFICIENTE DEL RECURSO HÍDRICO EN LA MICROCUENCA DEL RIO CHAMACHÁN”		
<b>AUTOR (ES):</b>	Oscar Iván Mayanquer Mayanquer		
<b>FECHA:</b>	2019-03-30		
<b>SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO</b>			
<b>PROGRAMA:</b>	<input type="checkbox"/> <b>PREGRADO</b> <input checked="" type="checkbox"/> <b>POSGRADO</b>		
<b>TITULO POR EL QUE OPTA:</b>	Magíster en Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas		
<b>ASESOR /DIRECTOR:</b>	José Raúl Guzmán Paz. Msc/ Wilfredo Ramiro Franco. PhD		

## **2. CONSTANCIAS**

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

En la ciudad de Ibarra, a los 30 días del mes de marzo de 2019

### **EL AUTOR:**

(Firma).....  
  
Oscar Iván Mayanquer Mayanquer  
C.C.: 0401481320

## REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

**Guía:** POSGRADO – UTN

**Fecha:** Ibarra, 30 de marzo de 2019

**Oscar Iván Mayanquer:** “SISTEMAS DE RIEGO PARA EL USO EFICIENTE DEL RECURSO HÍDRICO EN LA MICROCUENCA DEL RIO CHAMACHÁN” EN EL CANTÓN PIMAMPIRO DE LA PROVINCIA DE IMBABURA, /TRABAJO DE GRADO DE. Magister en Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas Universidad Técnica del Norte.

**DIRECTOR:** Wilfredo Ramiro Franco. PhD.

El principal objetivo de la presente investigación fue, Diseñar sistemas de riego que permitan el uso eficiente del agua, con el fin de contribuir con la sostenibilidad del desarrollo agrícola en la microcuenca del río Chamachán. Entre los objetivos específicos se encuentran: Identificar las características del área y los sistemas de irrigación implementados. Diseñar los sistemas de riego más adecuados para el área de estudio con base en un análisis multicriterio. Socializar la propuesta de nuevos sistemas en la microcuenca del río Chamachán.

**Fecha:** Ibarra, 30 de marzo de 2019



.....  
Wilfredo Ramiro Franco. PhD

**Director**



.....  
Oscar Iván Mayanquer Mayanquer

**Autor**

## **DEDICATORIA**

A mi esposa Patricia e hijos Nicolás y Sebastián que ellos son la razón de mi vida y superación, pese a su corta edad han estado junto a mí para darme fuerzas para seguir siempre adelante.

A un gran amigo que tuve la oportunidad de conocer en este proceso con el que empezamos este sueño de superación Msc. Juan Alcivar Macias y a todas aquellas personas que de una u otra manera contribuyeron a la culminación de esta meta.

*Oscar Iván Mayanquer*

## **AGRADECIMIENTO**

A la prestigiosa Universidad Técnica del Norte, por excelente formación académica que me ha permitido crecer como profesional

Al Instituto de Postgrado, a sus docentes y personal administrativo que son parte del fortalecimiento personal como académico.

Un especial y sincero agradecimiento a mi Director de Trabajo de Grado, Dr Wilfredo Franco por brindarme su tiempo y apoyarme con sus conocimientos para culminar mi trabajo de investigación.

*Oscar Iván Mayanquer*



2.2.4. El Riego.....	9
2.2.5. Agua y suelo.....	10
2.2.6. Evapotranspiración de referencia (ET <sub>o</sub> ) .....	10
2.2.7. El riego en pendientes .....	10
2.2.8. El Futuro del regadío.....	10
2.2.9. Aumento de la superficie regada.....	11
2.2.10. Riego en el Ecuador .....	11
2.2.11. Inventario de la demanda en riego .....	12
2.2.12. Superficie bajo riego en Ecuador .....	13
2.2.13. Riego por gravedad .....	14
2.2.14. Riego por aspersión.....	14
2.2.15. Riego por micro aspersión .....	15
2.2.16. Riego por goteo .....	15
CAPÍTULO III.....	17
MARCO METODOLÓGICO .....	17
3.1. Descripción del área de estudio .....	17
3.1.1. Parroquia urbana de Pimampiro.....	17
3.1.2. La Parroquia Mariano Acosta .....	17
3.2. Diseño y tipo de investigación .....	19
3.2.1. Informantes, actores o grupos de estudio.....	19
3.3. Procedimiento de investigación .....	19
3.3.1. Revisión bibliográfica y aplicación encuestas en las UPAS seleccionadas .....	19
3.3.2. Para metros climáticos .....	20
3.3.3. Determinación de Pendientes.....	20
3.3.4. Caracterización de Suelos .....	20
3.3.5. Textura .....	20
3.3.6. Densidad aparente del suelo.....	21
3.3.7. Densidad real del suelo .....	21
3.3.8. Porosidad total de suelo. ....	22
3.3.9. Capacidad de campo .....	22
3.3.10. Punto de Marchitez Permanente.....	23

3.3.11. Permeabilidad.....	23
3.3.12. Profundidad de Enraizamiento.....	23
3.3.13. Lamina de Riego .....	24
3.3.14. Aforo de caudales.....	24
3.3.15. Análisis multicriterio.....	24
3.3.16. Diseños de los sistemas de riego.....	29
3.3.17. Socialización .....	29
CAPÍTULO IV.....	31
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
4.1. Revisión bibliográfica y resultados de las encuestas aplicadas a las unidades de estudio. ....	31
4.1.1. Análisis del crecimiento de la población de la urbana de Pimampiro .	37
4.1.2. Análisis población parroquia urbana de Pimampiro .....	37
4.1.3. Análisis población Mariano Acosta .....	38
4.2. Situación del riego en la microcuenca .....	41
4.2.1. Frecuencia de de riego en las comunidades estudiadas .....	41
4.2.2. Sistemas de riego utilizados en la micro cuenca. ....	42
4.3. Analisis de el foda del Canton Pimampiro referente a los sistemas de riego .....	43
4.4. Parámetros climáticos encontrados .....	46
4.4.1. Temperatura: .....	46
4.4.2. Precipitación:.....	48
4.4.3. Determinación de Pendientes.....	52
4.5. Parametros de edafologicos y topográficos encontrados en la micro cuenca .....	53
4.5.1. Textura .....	53
4.5.2. Topografía y textura de la micro cuenca del Rio Chamachán. ....	55
4.5.3. Densidad aparente del suelo.....	56
4.5.4. Densidad real del suelo .....	57
4.5.5. Porosidad total de los suelos. ....	58
4.5.6. Capacidad de campo .....	60
4.5.7. Permeabilidad.....	62

4.5.8. Profundidad de Enraizamiento .....	63
4.5.9. Lamina de Riego .....	63
4.5.10. Aforo de caudales determinados para cada sector .....	64
4.6. Análisis multicriterio.....	65
4.7. Diseños sugeridos .....	68
4.7.1. Riego por Goteo .....	68
4.7.2. Riego por Aspersión 1.....	69
4.7.2. Riego por Aspersión 2.....	70
4.7.3. Riego por Gravedad .....	71
CAPÍTULO V .....	73
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	73
5.1. Conclusiones .....	73
5.2. Recomendaciones.....	76
Referencias Bibliográficas .....	77
ANEXOS .....	79
Anexo 1. Encuesta.....	79
Anexo 2. Anàlisis de Laboratorio .....	80
Anexo 3. Galeria fotogràfica.....	83

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Los principales problemas de los recursos hídricos.....	12
Tabla 2. Número de UPA's y área regada según el sistema de riego en el Ecuador .	14
Tabla 3. Escala numérica propuesta por Saaty para efectuar comparaciones.....	25
Tabla 4. Criterios de selección del sistema de riego .....	28
Tabla 5. Cultivos, superficies sembradas y cosechadas del Cantón Pimampiro.....	32
Tabla 6. Población de parroquia urbana de Pimampiro .....	37
Tabla 7. Población Mariano Acosta .....	37
Tabla 8. Proyección de la población de Pimampiro.....	38
Tabla 9. Frecuencias de riego.....	41
Tabla 10. FODA Componente Biofísico sector rural del cantón Pimampiro .....	43
Tabla 11. FODA Componente Económico sector rural del cantón Pimampiro.....	44
Tabla 12. Temperaturas promedio de las áreas de estudio del micro cuenca .....	46
Tabla 13. Promedio de precipitaciones anuales de las áreas de estudio del micro cuenca .....	50
Tabla 14. Texturas de los predios seleccionados en la cuenca del rio Chamachán ...	53
Tabla 15. Densidad aparente EL INCA (Sr. Edwin Moran) A .....	56
Tabla 16. Densidad aparente EL INCA (Sr. Luis Irua) B .....	56
Tabla 17. Densidad aparente Los Arboles (Humberto Bolaños) C.....	56
Tabla 18. Densidad aparente Mariano Acosta (Carlos Ruiz) D.....	56
Tabla 19. Densidad real El Inca (Sr. Edwin Moran) A.....	57
Tabla 20. Densidad real EL INCA (Sr. Luis Irua) B .....	57
Tabla 21. Densidad real Los Arboles (Humberto Bolaños) C .....	57
Tabla 22. Densidad real Mariano Acosta (Carlos Ruiz) D .....	57
Tabla 23. Capacidad de Campo (CC) predios seleccionados en la micro cuenca. ....	60
Tabla 24. Punto de Marchites Permanente (PM) predios seleccionados en la micro cuenca.....	61
Tabla 25. Permeabilidad de los suelos de los predios seleccionados en la cuenca ....	62
Tabla 26. Profundidad de Enraizamiento de los predios seleccionados en la cuenca	63
Tabla 27. Lamina de riego de los predios seleccionados .....	63

Tabla 28. Caudales y disponibilidad de agua en Litros/ semana. ....	64
Tabla 29. Parámetros relevantes analizados para la aplicación del método AHP en los predios .....	65
Tabla 30. Resultados del análisis del sistema de riego por goteo en los predios.....	66
Tabla 31.....	66
Tabla 32. Resultados del análisis del sistema de riego por gravedad en los predios .	67

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Actividad económica del cantón Pimampiro.....	31
Figura 2. Cultivos principales del Cantón Pimampiro .....	33
Figura 3. Porcentaje pecuario del cantón Pimampiro .....	33
Figura 4. Numero de Ha con acceso al riego en el cantón Pimampiro. ....	34
Figura 5. Principales sistemas de riego de la cuenca .....	35
Figura 6. Fuentes de riego de la cuenca .....	36
Figura 7. Usos del Agua del Canal de riego de la cuenca del río Chamachán.....	40
Figura 8. Tipos de sistema de riego que utiliza en el micro cuenca.....	42
Figura 9. Precipitaciones mensuales de Mariano Acosta, información del INAMHI	48
Figura 10. Precipitaciones mensuales en la parroquia urbana de Pimampiro.....	49
Figura 11. Porcentajes de Porosidad por sector .....	58

## ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1. Mapa de ubicación de la parroquia de la Microcuenca del Rio Camachán .	18
Mapa 2 Mapa base .....	18
Mapa 3 Mapa de áreas con riego y sin riego en la microcuenca del rio Chamachan	39
Mapa 4. Mapa Isotermas .....	47
Mapa 5. Mapa Isoyetas .....	51
Mapa 6. Mapa de Pendientes .....	52
Mapa 7 Mapa de Texturas.....	54
Mapa 8. Mapa de texturas vs Pendientes .....	55
Mapa 9. Mapa de Diseño de Riego por Goteo .....	68
Mapa 10. Mapa de Diseño de Riego por Aspersión 1.....	69
Mapa 11. Mapa de Diseño de Riego por Aspersión 2.....	70
Mapa 12. Mapa de Diseño de Riego por Gravedad .....	71

## GLOSARIO DE TÉRMINOS Y ABREVIATURAS

**Bocatoma:** Parte de un río donde se abre una presa o derivación.

**Concesión:** Autorización que una persona o corporación da a otra u otras para la explotación de una marca, producto, etc.

**Escorrentía:** Agua de lluvia que circula libremente sobre la superficie del terreno.

**Estatuto:** Reglamento, ordenanza o conjunto de normas legales por las que se regula el funcionamiento de una corporación o asociación.

**FAO:** Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura.

**MAE:** Ministerio de Ambiente Ecuador

**MAGP:** Ministerio de Agricultura y Ganadería

**Pluviosidad:** Cantidad de lluvia que cae en un lugar y un periodo de tiempo determinado.

**Saneamiento:** Conjunto de obras, técnicas y dispositivos encaminados a establecer, mejorar o mantener las condiciones sanitarias de un edificio, una población, etc.

**SENAGUA:** Secretaría Nacional del agua.

**Cambio Climático:** Variación en el estado del sistema climático, formado por la atmósfera, la hidrosfera, la criosfera, la litosfera y la biosfera, que perdura durante periodos de tiempo suficientemente largos hasta alcanzar un nuevo equilibrio

**AHP:** Proceso de Análisis Jerárquico.

**Sistema de Riego:** Conjunto de estructuras, que hace posible que una determinada área pueda ser cultivada con la aplicación del agua necesaria a las plantas.

**Densidad Aparente:** De un material o un cuerpo es la relación entre el volumen y el peso seco, incluyendo huecos y poros que contenga.

**Densidad Real:** Relación entre la masa de un material y el volumen de dicho material.

## RESUMEN

### “SISTEMAS DE RIEGO PARA EL USO EFICIENTE DEL RECURSO HÍDRICO EN LA MICROCUENCA DEL RIO CHAMACHÁN”

**Autor:** Oscar Iván Mayanquer Mayanquer.

**Correo:** ozkr\_@yahoo.es

La pérdida de agua a niveles inaceptables por riego ineficiente, cuando precisamente se requiere del recurso para el fortalecimiento de la agricultura local, hace necesario abordar la problemática con un enfoque integral; ello adquiere más pertinencia frente al cambio climático. El presente trabajo está enfocado hacia la optimización del uso del agua de riego en la microcuenca del río Chamachán, para lo cual se partió de la caracterización del área y de los sistemas de irrigación implementados, con base en un análisis multicriterio basado en la metodología de Proceso de Análisis Jerárquico (AHP), para diseñar sistemas de riego más adecuados. Se encontró en la literatura que existe una pérdida media del 50% del agua al regar por gravedad. Ello, sumado a los costos de oportunidad y los costos de toma y canalización del agua genera un grave problema de sostenibilidad en el mediano plazo. El trabajo incluyó: a) la socialización de la propuesta de nuevos sistemas de riego adaptados a las condiciones edafoclimáticas y a los cultivos, los cuales incluyeron riego por goteo, micro aspersión, aspersión convencional y por gravedad controlado en curvas de nivel y, b) la estimación de costos en base al análisis de casos reportados en la literatura en condiciones comparables. Los resultados del estudio podrían orientar procesos de optimización de otros sistemas de riego en la sierra ecuatoriana y contribuir con la creación de conciencia sobre el uso eficiente del agua de riego, especialmente en áreas semiáridas y áridas.

**Palabras Claves:** Optimización de sistemas de riego, Proceso de Análisis Jerárquico (AHP), Agricultura de riego andina.

## ABSTRAC

### “SISTEMAS DE RIEGO PARA EL USO EFICIENTE DEL RECURSO HÍDRICO EN LA MICROCUENCA DEL RIO CHAMACHÁN”

**Author:** Oscar Iván Mayanquer Mayanquer.

**Email:** ozkr\_@yahoo.es

The loss of water to unacceptable levels due to inefficient irrigation, when precisely there source is required to strengthen local agriculture, makes it necessary to approach the problem with a comprehensive vision; this becomes more relevant in the face of climate change. The present work is focused on optimizing the use of irrigation water in the micro-basin of the Chamachàn River, for which the characterization of the area and the irrigation systems implemented was on a multicriteria analysis based on the methodology of Hierarchical Analysis Process (AHP), in order to design more adequate irrigation systems. It was found in previous studies, that there is an average loss of 50% of the water when irrigating by gravity. This, added to the opportunity costs and the costs of catchment and channeling water, generates a serious problem of sustainability in the medium term. The work included: a) socialization of the proposal of new irrigation systems adapted to the edaphoclimatic conditions and to the crops, which included drip irrigation, micro sprinkling, conventional aspersion and controlled gravity in contour lines and, b) cost estimation based on the analysis of cases reported in the literature under comparable conditions. The results of the study could guide optimization processes of other irrigation systems in the Ecuadorian highlands and contribute to the creation of awareness about the efficient use of irrigation water especially in semiarid and arid areas.

**Keywords:** Optimization of irrigation systems, Hierarchical Analysis Process (AHP), Agriculture of Andean irrigation.

# **CAPÍTULO I**

## **EL PROBLEMA**

### **1.1. Problema de Investigación**

Si el mundo continúa utilizando el agua a los niveles actuales se estima que hacia 2030 la demanda podría llegar a superar al suministro hasta en un 40%, poniendo en riesgo tanto la seguridad hídrica como la alimentaria, restringiendo las posibilidades del desarrollo económico sostenible deseable. Es necesario avanzar en la optimización del uso del agua, tanto en los centros urbanos como en la agricultura (Informe Temas, 2013).

Se ha determinado que en el Ecuador el área más propensa a la sequía es toda la franja litoral del Pacífico cercana al océano (excepto la mayor parte del extremo norte), la cual incluye las provincias de Manabí, Guayas, El Oro y el extremo occidental de Loja. También hay que hablar de los núcleos secos y bajos del callejón interandino, que va desde la provincia de Imbabura hasta la de la provincia de Loja.

MAGAP Ecuador (2013) menciona que la mayoría de los pequeños sistemas de riego a nivel campesino han sido construidos, administrados y operados históricamente por los propios usuarios organizados. La gestión de estos sistemas responde a un modelo y formas de respuesta a los derechos de uso, manejo y distribución del agua, en donde la organización tiene el control social del agua.

Según (Larrea, 2012) en un estudio en el que se planteó como objetivo diseñar un sistema de riego tecnificado para 160 pequeños productores en la comunidad San Juan, cantón Urcuquí, provincia de Imbabura, en cual se contemplan dos métodos de riego; el primero es un sistema de riego por goteo que permitiría cubrir una superficie de 1800m<sup>2</sup> por lote, el segundo es un sistema de riego por surcos el mismo que permitiría regar los cultivos una vez por semana, con lo cual se espera mejorar la eficiencia del recurso y combatir el problema de los agricultores por la falta de agua para cubrir las demandas hídricas de los cultivos locales.

Fase (2005) manifiesta que la deficiencia de agua en el cantón Pimampiro ha obligado al Gobierno municipal a establecer una alternativa de solución, como es la ejecución del proyecto denominado “Riego y desarrollo local Nueva América” el cual permitirá solucionar esta problemática.

Una de las dificultades que enfrentan los agricultores en la microcuenca del río Chamachán, cantón Pimampiro de la provincia de Imbabura es la disminución de los caudales por variaciones climáticas, permeabilidad del suelo y mal manejo del recurso en el riego. Otro aspecto a considerar es la demanda de agua por parte de los regantes para expandir el área cultivable, hecho que se acentúa en la zona por la falta de puestos de trabajo.

Los propietarios de estas áreas agrícolas se mantienen con los sistemas de riego tradicionales que no optimizan el recurso y la mayor cantidad de agua se pierde por infiltración y evapotranspiración.

Se debe tener en cuenta el costo que genera construir canales de riego para recursos hídricos que luego no son usados eficientemente, pues la mayor cantidad de agua se desperdicia y no contribuye a lograr las metas de aumentar la productividad de los cultivos (Bustos, Sili, Sivori, Días, & Reiter, 2013).

Los regantes desconocen de las aptitudes de sus tierras para aplicar el sistema de riego más eficiente de acuerdo a las características de sus áreas cultivables, lo cual conlleva a un aprovechamiento de tan solo 70-30 % del agua de riego (Cesa & Moran, 2002). La falta de liderazgo en la gestión del recurso no ha permitido que los moradores generen una conciencia ambiental comprometida con la optimización del uso del agua.

## **1.2. Justificación**

La pérdida de agua a niveles inaceptables por riego ineficiente, cuando precisamente se requiere del recurso para el fortalecimiento de la agricultura local, hace necesario abordar la problemática con un enfoque integral. Se debe partir del análisis de las

características del desarrollo agrícola alcanzado y los parámetros que inciden en el uso inadecuado del agua de riego, a los fines de definir los sistemas de riego más apropiados para optimizar el recurso hídrico y con ello hacer factible la ampliación del área regable y mejorar la productividad del sector.

Por otra parte, frente a los avatares del cambio climático que pudieran agudizar la ocurrencia de periodos de escasa disponibilidad de agua en fases agrícolas en las cuales es imprescindible el riego, es necesario establecer nuevas estrategias para garantizar el uso eficiente del agua. Ello parte de la aceptación del problema por parte de los usuarios y la creación de una voluntad firme por resolverlo, en el contexto de generación de una conciencia ambiental relativa a los recursos hídricos y el cambio climático. El liderazgo local debe ser capaz de internalizar e incorporar en sus procesos de gestión del agua de regadío la importancia de la adaptación de los procesos productivos a los diferentes escenarios que en la actualidad se vienen presentando y que pudieran agudizarse en el futuro. La agricultura en el siglo XXI necesita producir más alimentos a fin de alimentar a una población creciente. Para el año 2050 con el fin de garantizar la seguridad alimentaria en países en desarrollo se deberá ampliar la superficie de tierras cultivables en unos 120 millones de hectáreas (Foro de Alto Nivel de Expertos, 2009).

Para (Chiriboga y Toledo 1987) las hectáreas irrigadas alrededor del cantón Pimampiro donde se producen los productos que son principalmente destinados a los mercados comerciales urbanos. La demanda en agua se incrementó substancialmente en comparación con las últimas décadas. Cultivos (tomates, fréjoles, ajís y guisantes) con mayor requerimiento en agua reemplazaron el trigo. Por otro lado, la continua subdivisión de las tierras obliga a los agricultores a aceptar una asignación de agua cada vez más reducida.

La eficiencia en el uso del agua, así como la productividad hídrica pueden contribuir a mejorar el desarrollo socioeconómico y a crear oportunidades de empleo y puestos de trabajo dignos en los sectores relacionados con este recurso, especialmente en

condiciones de escasez del mismo en las que un suministro de agua inadecuado puede impedir el desarrollo (Carrión, 2005).

(Mireya, Pauta, & García, 2013) manifiestan que la gestión sostenible, eficaz y equitativa de los recursos hídricos constituye un desafío clave para los próximos años, debido a que el consumo de agua ha aumentado el doble debido al incremento de la población mundial durante el presente siglo.

El hecho de que el agua sea un recurso cada vez más escaso y exista más competencia entre sus diversos usos, obliga a utilizarla de forma más razonable y a manejar con eficacia los mecanismos de gestión del recurso hídrico (Cun, Pérez, Cisneros, y Zamora, 2017).

Según FAO (2015) fomentar un uso eficaz de los derechos y asignaciones de agua pueden motivar a los agricultores a invertir recursos en aumentar la rentabilidad de la agricultura de sus tierras ya que se prevé que la demanda de alimentos aumentara en los próximos años.

El presente trabajo de tesis se enmarca en Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Artículo 40.- Principios y objetivos para la gestión del riego y drenaje y se ajusta en la línea de Investigación: Desarrollo agropecuario y forestal sostenible aprobado por el Centro Universitario de Ciencia y Tecnología y la Universidad Técnica del Norte.

Esta investigación busca contribuir con el desarrollo de los medios de producción de la microcuenca hidrográfica, del río Chamachán promoviendo el uso sostenible del recurso hídrico mediante la selección del sistema de riego más adecuado para cada sitio. Esto permitirá mejorar la productividad y por ende la calidad de vida de los agricultores que se benefician del canal de riego puesto a disposición de los agricultores.

### **1.3. Objetivos de la investigación**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Diseñar sistemas de riego que permitan el uso eficiente del agua, con el fin de contribuir con la sostenibilidad del desarrollo agrícola en la microcuenca del río Chamachán.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Identificar las características del área y los sistemas de irrigación implementados en los cultivos de la microcuenca del río Chamachán.
- Diseñar los sistemas de riego más adecuados para el área de estudio con base en un análisis multicriterio.
- Socializar la propuesta de nuevos sistemas de riego en la microcuenca del río Chamachán.

#### 1.4. Preguntas de investigación

- ¿Cuáles son las características del área y los sistemas de irrigación implementados en los cultivos de la microcuenca del río Chamachán?

El área de estudio presenta suelos de buena calidad (francos), con poca pendiente en cuanto a los sistemas de riego que más utiliza en esta microcuenca es el riego por gravedad.

- ¿Cuáles podrían ser los sistemas de riego más adecuados para el área de estudio en base al análisis multicriterio del área?

El área de estudio contempla varios sitios con condiciones diferentes por lo cual se recomienda para cada sitio un sistema de riego diferente así tenemos: para la localidad del Inca se determina el sistema de riego por aspersión y micro aspersión, para la parroquia de mariano acosta el sistema de riego por gravedad y para la localidad de los Árboles el sistema de riego por goteo.

- ¿Qué argumentos harían aceptable una propuesta de nuevos sistemas en la microcuenca del río Chamachán?

El mejor argumento que se estableció es que el uso de nuevas tecnologías para riego con el fin de optimizar recurso hídrico es necesario ya que en nuestros días el caudal de varias fuentes hídricas se están viendo afectada por el cambio climático y es necesario adoptar estrategias que nos permitan adaptarnos a este nuevo escenario.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO REFERENCIAL**

#### **2.1. Antecedentes**

El agua, aparentemente abundante, es uno de los recursos bajo mayores escenarios de presión a futuro y con alta demanda. Para el año 2050 se espera un incremento de la demanda global del agua en 55%. Y para el año 2030 se espera una demanda de agua por parte del sector agrícola cercana al 65% del total del recurso hídrico (CEPLAN, 2016).

Las Naciones Unidas estima que, en el año 2025, 1,800 millones de personas vivirán en países o regiones con escasez absoluta de agua; además, señala que, hacia el año 2030, cerca de la mitad de la población mundial vivirá en zonas con alto estrés hídrico, producto del cambio climático y de la falta de infraestructura adecuada para el abastecimiento hídrico.

La agricultura es el sector económico en el que la escasez de agua tiene más relevancia. En la actualidad, la agricultura es responsable del 70% de las extracciones de agua dulce y de más del 90% de su uso consuntivo. Bajo la presión conjunta del crecimiento de la población y de los cambios en la dieta, el consumo de alimentos está aumentando en casi todas las regiones del mundo. Se espera que para el año 2050 sea necesario producir 1 billón de toneladas de cereal y 200 millones de toneladas de carne más al año para poder satisfacer la creciente demanda de alimentos (E. de la D. T. y A. de la FAO, 2013).

Según la base de datos de concesiones de la SECRETARIA NACIONAL DEL AGUA (SENAGUA, 2011) en las demandas sectoriales, el uso consuntivo predominante en el Ecuador es el agrícola, pues representa el 80% del caudal utilizado, seguido por el uso doméstico (13%) y la industria (7%).

Saldívar (2013) cita que el adoptar medidas de eficiencia hídrica en la agricultura y en el consumo doméstico podría reducir el riesgo de estrés hídrico. El hecho de que el agua sea un recurso cada vez más escaso y exista más competencia entre sus diversos usos, obliga a utilizarla de forma eficiente y a manejarla con los mecanismos de gestión óptimos.

El análisis de cada situación debe tomar en consideración aspectos relacionados como: el suelo, fundamentalmente textura, estructura y profundidad, la topografía, grado de la pendiente y micro topografía del terreno, la fuente de agua, caudal o volumen, disponibilidad, calidad y precio, el cultivo, sensibilidad al déficit hídrico, valor de la producción, manejo (en hileras o denso, siembra directa, etc.), v. la mano de obra, disponibilidad, capacitación, la energía, costo y el productor, disponibilidad financiera, idiosincrasia, capacidad de gestión.

## **2.2. Referentes Teóricos**

### **2.2.1. Crisis Mundial del Agua**

La Tierra, con sus diversas y abundantes formas de vida, que incluyen a cerca de 8.000 millones de seres humanos, se enfrenta en la tercera década del siglo XXI con una grave crisis de agua. Todas las señales parecen indicar que la crisis actual se ira agravando, a no ser que se emprendan acciones correctivas a nivel global, nacional, regional y local. Se trata de una crisis de gestión de los recursos hídricos, esencialmente causada por la utilización de métodos inadecuados (La et al., 2010).

Los científicos prevén que la escasez agua será un gran problema para la humanidad antes de mediados de siglo. Es por ello que urge encontrar soluciones eficientes para cada país, cada uno con sus propias particularidades (Foro, 2012).

### **2.2.2. Contexto mundial efectos del cambio climático en los recursos hídricos**

(Martínez-Austria y Patiño-Gómez,2012) afirma lo siguiente:

- “A escala global se prevé que los efectos del cambio climático en los recursos hídricos serán extensos, pero de diferente signo de una región a otra, conforme a la latitud, altitud y condiciones orográficas. En algunas regiones del planeta ya se registran los primeros síntomas de afectación en los recursos hídricos”.

Los recursos hídricos se verán afectados en la medida en que los patrones de precipitación y evaporación cambien en todo el mundo; al reducirse las reservas de agua dulce, los recursos hídricos y sanitarios se tornan críticos, causando la menor disponibilidad de agua potable (Feo, Solano, Beingolea, Aparicio, y Villagra, 2009).

Los cambios en los patrones climáticos actuales afectarán el desarrollo y los procesos fisiológicos de los cultivos. Se espera un impacto diferencial en las demandas hídricas de los cultivos por efecto del cambio climático (Ojeda, Sifuentes, Íñiguez, y Montero, 2011).

### **2.2.3. Distribución del agua en el planeta**

Tres cuartas partes del planeta están constituidos por agua. A pesar de que el agua dulce es apenas un 2.5% del total y que sólo un 0.4% de agua es fácilmente aprovechable (agua superficial), hay una gran disponibilidad de agua, en términos generales. Sin embargo, aparte de una desigual distribución espacial del agua en las diferentes zonas geográficas de la Tierra, el vertiginoso desarrollo capitalista mundial en el siglo XX y el presente siglo y su modelo de acumulación, le han cobrado factura a este recurso vital (Rosales y De, 2010).

### **2.2.4. El Riego**

El riego es la aplicación oportuna y uniforme de agua a un perfil de suelo para reponer en éste, el agua consumida por los cultivos entre dos riegos consecutivos (Cedillo y Calzada, 2010).

Las extracciones de agua para riego son muy superiores a las necesidades de agua para riego debido a las considerables pérdidas que se producen durante la distribución y aplicación (Frenken y Gillet, 2012).

### **2.2.5. Agua y suelo**

Cuando la intensidad de la lluvia es mayor que la tasa de infiltración, habrá escorrentía, resultando en un desperdicio de agua que podría haber sido usada para la producción de cultivos y para la recarga de las aguas subterráneas. La tasa a la cual la lluvia se infiltra dentro del suelo es influenciada por la abundancia, estabilidad y dimensión de los poros en la superficie del suelo, su contenido de agua y por la continuidad de los poros de transmisión dentro de la zona radical (Cedillo & Calzada, 2010).

### **2.2.6. Evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>)**

Corresponde a la evaporación de agua localizada en el suelo y la transpiración de agua de las plantas. La tasa de evapotranspiración de una superficie de referencia, que ocurre sin restricciones de agua, se conoce como evapotranspiración cultivo de referencial (Cleves, Martínez, y Toro, 2016).

### **2.2.7. El riego en pendientes**

Las pendientes del terreno revisten también importancia en la ubicación de los métodos y técnicas de riego (Aidarov, 1985; FAO, 1990), mientras el método de riego por aspersión puede operarse con pendientes grandes e incluso con algunas técnicas con valores superiores al 20%, en el método por superficie existen limitaciones en este sentido; para el caso específico de la técnica de riego por surcos cuando se asocian a terrenos con pendientes superiores al 1%, comienzan a existir problemas con la calidad del riego, debido a que se presentan pérdidas por escurrimiento que se identifican con la obtención de bajas eficiencias de aplicación (Rodés et al., 2013).

### **2.2.8. El Futuro del regadío**

Las modernizaciones en regadío deben continuar buscando la mejor la eficiencia hídrica, y por consiguiente una mayor garantía de suministro en años de sequía, pero evitando incrementar excesivamente las demandas de energía. Debe superarse la

creencia que deben transformarse todos los riegos por gravedad en riegos a presión: es posible, y aun ecológicamente deseable, mejorar la eficiencia del uso del agua en muchos regadíos por gravedad, manteniendo el sistema de riego. Esta conservación de riegos por gravedad tiene una importancia ecológica y paisajística en los regadíos de montaña.

### **2.2.9. Aumento de la superficie regada**

El aumento de la superficie regada gracias a la mejora en la aplicación del agua, el agricultor puede dominar una mayor superficie de riego y aumentar sus ingresos brutos, lo que puede conllevar la puesta en regadío de zonas que anteriormente no se regaban, aunque tuvieran derechos de riego (consideradas como “zonas regables”). Esto ha ocurrido en La Campaña (Ebro), con un incremento del 43,7% de la superficie cultivada tras la modernización que, en combinación con el incremento de la superficie destinada a maíz mencionada en el apartado anterior, ha supuesto un incremento en el uso del agua del 18,1%, y, es de esperar, un aumento del consumo aún mayor (WWF, 2015).

### **2.2.10. Riego en el Ecuador**

Como se conoce, el país tiene dos vertientes hidrográficas: la del Atlántico, al oriente y la del Pacífico al occidente del país. La cantidad de agua disponible en todos los sistemas hidrográficos del país, es de 432.000 hm<sup>3</sup>/año, de los cuales, 115.000 es de sólo 34% o sea 147.000 hm<sup>3</sup> (Galarraga, 2000).

Según el III Censo Nacional Agropecuario, del total de UPA del país -que ascienden corresponden a la vertiente del Pacífico y 317.000 a la Amazónica; pero la disponibilidad general para el país a 821.042-, solo 239.303 UPA cuentan con riego; y del área productiva que asciende a 6.3 millones de ha, solo se estarían regando 853.333ha.

### 2.2.11. Inventario de la demanda en riego

Es importante anotar que en el Estudio realizado por PRONAREG, se señalan algunos pasos de la metodología para la determinación de las demandas en riego:

- Delimitación de zonas con diferentes valores de déficit hídrico de origen climático, que definen regiones según necesidades teóricas de riego. Por la falta de equipamiento de las estaciones climatológicas, la determinación del déficit hídrico mensual se realizó mediante la diferencia entre la pluviometría y Evapo-Transpiración Potencial (ETP).
- A nivel local se consideraron 2 parámetros: la calidad agronómica de los suelos (soporte nutritivo de los cultivos) y el valor de las pendientes que condicionan la degradación de la capa arable, la instalación de la red de riego y la mecanización agrícola (Subsecretaría de Riego y Drenaje, 2011).

**Tabla 1.**

*Los principales problemas de los recursos hídricos*

Localización	Específicos	Generales
Fuentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deterioro ambiental</li> <li>• Cambio climático</li> <li>• Deforestación</li> <li>• Erosión/Desertificación</li> <li>• Pérdida de capacidad de almacenamiento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ausencia de información y monitoreo</li> <li>Conflictos jurídicos</li> <li>Débil institucionalidad</li> <li>Problemas políticos y de poder</li> </ul>
Territorios del agua		<ul style="list-style-type: none"> <li>Pérdidas de cobertura vegetal y biodiversidad</li> <li>Carencia de prioridades</li> <li>Falta de cobertura de agua potable y riego</li> <li>Infraestructura insuficiente para agua potable y riego</li> </ul>

Demandas sectoriales	<p>Insuficiente calidad y cantidad de agua potable</p> <p>Inequidad en servicios de riego y agua potable</p> <p>Carencia de saneamiento de residuos</p> <p>Actividades productivas no controlan efluentes contaminantes</p>
Residuos	<p>Menos del 5% de las aguas residuales reciben tratamiento</p> <p>Impacto sobre calidad de vida</p>
Otros territorios	<p>Degradación del ciclo biofísico del agua</p> <p>Ausencia de gestión compartida en ámbito</p>

**Nota:** Tomado de PNRD (2011-2026)

### **2.2.12. Superficie bajo riego en Ecuador**

Dennis García (subsecretario de Riego y Drenaje 2016) expresa que “Al momento hay 3’100.000 de hectáreas como superficie potencial de riego; 1’500.000 hectáreas con infraestructura de riego (incluye a los grandes canales); 942.000 hectáreas efectivamente regadas; y 207.000 hectáreas con riego tecnificado. En esta última superficie se observa un acceso muy desigual a la tecnología agrícola. En un extremo de la distribución se encuentran 183.000 hectáreas con riego tecnificado en las unidades productivas que tienen un tamaño mayor a 20 hectáreas. En el otro extremo, en cambio, existen 176 mil productores que, en su conjunto, tienen 13.168 hectáreas con riego tecnificado. Para esos pequeños y medianos agricultores, usando recursos conseguidos a través del Banco Mundial y de la Cooperación Española, realizaremos una inversión de \$ 100’000.000 que llevará riego a 12.000 hectáreas adicionales en los próximos 4 años. Incluso, si se incrementan los recursos fiscales, la superficie bajo riego en ese estrato podría llegar a 40.000 hectáreas”

(El Telegrafo, 2016).

**Tabla 2.***Número de UPA's y área regada según el sistema de riego en el Ecuador*

MÉTODO	has	UPA's
Goteo	19.401	3.158
Aspersión	170.058	11.912
Bombeo	220.842	31.807
<b>TOTAL NACIONAL</b>	<b>853.333</b>	<b>239.303</b>

**Nota:** Tomado de INEC- IEDECA (2011)

### **2.2.13. Riego por gravedad**

Según (Peralta, 1998) El riego por gravedad es la técnica de riego más antigua y que más ampliamente ha aplicado el hombre a nivel mundial. Para superar las limitaciones que tradicionalmente ha tenido esta técnica de riego como son pérdidas de agua por percolación profunda y escurrimiento superficial y situarla al nivel de otras técnicas de riego de elevado desarrollo tecnológico (riego por aspersión y localizado), se debe comenzar por determinar los elementos fundamentales del diseño y la operación de los sistemas de riego por gravedad, con arreglo a las condiciones concretas de suelo y topografía, lo cual debe posibilitar la elevación de la eficiencia de dichos sistemas de riego.

### **2.2.14. Riego por aspersión**

El riego por aspersión permite aplicar el agua en forma de lluvia sobre la planta. El agua es conducida por tuberías a presión y al llegar al aspersor el chorro se rompe en muchas gotas que caen sobre el suelo. Es un método de riego que sirve en casos en que el viento no es importante ya que puede causar muchas pérdidas, además debe considerarse que el agua, al cubrir gran parte del suelo, se producen muchas pérdidas por evaporación. Es un sistema que utiliza mucha energía eléctrica por necesitar una elevada presión para su funcionamiento. Entre los equipos que se utilizan son ele aplicar el agua en forma de lluvia sobre la planta.

El agua es conducida por tuberías a presión y al llegar al aspersor el chorro se rompe en muchas gotas que caen sobre el suelo. Es un método de riego que sirve en casos en que el viento no es importante ya que puede causar muchas pérdidas, además debe considerarse que el agua, al cubrir gran parte del suelo, se producen muchas pérdidas por evaporación. Es un sistema que utiliza mucha energía eléctrica por necesitar una elevada presión para su funcionamiento.

Entre los equipos que se utilizan son el de aspersión fija, portátil, cañón, pivot central y avance frontal. Se debe tener la precaución de que la velocidad a la que se aplica la lámina de riego, o sea la velocidad a la que cae la lluvia, sea igual o menor a la velocidad de infiltración del suelo para evitar escurrimiento. En este sistema se utilizan aspersores que arrojan caudales de 600 litros/hora o más y de presiones de alrededor de 2,52 2 Kg/cm (de baja presión) y de hasta 4,5 Kg/cm de alta presión.

#### **2.2.15. Riego por micro aspersión**

Este método de riego consiste en la aplicación de agua al suelo en gotas muy pequeñas. Requiere una presión de 2 1,6 kg/cm, es decir mucho más baja que aspersión. El diámetro de mojado que genera el micro aspersor puede ser de alrededor de 3-4 metros. Es recomendable para cultivos como frutales, riego en viveros y algunas hortalizas. Los más comunes son los micro aspersores propiamente dichos en los que se clava un soporte en el suelo y se abastece de agua de una manguera que suele estar superficial. Otros micro aspersores son los micro jets que se colocan de manera que cuelgan por encima de las plantas conectados a una manguera de las cuales se abastecen de agua y que también está colgada, se utilizan en viveros (Demin, 2014).

#### **2.2.16. Riego por goteo**

En este método de riego, el agua se aplica directamente al suelo, gota a gota, utilizando unos aparatos llamados goteros, los cuales necesitan presión para su funcionamiento, aunque esta presión es mucho más baja que la que se necesita en riego por aspersión. Una gran ventaja, sobre todo del riego por goteo, es que también incrementan las cosechas y reducen la salinización (Mendoza, 2013).



## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1. Descripción del área de estudio**

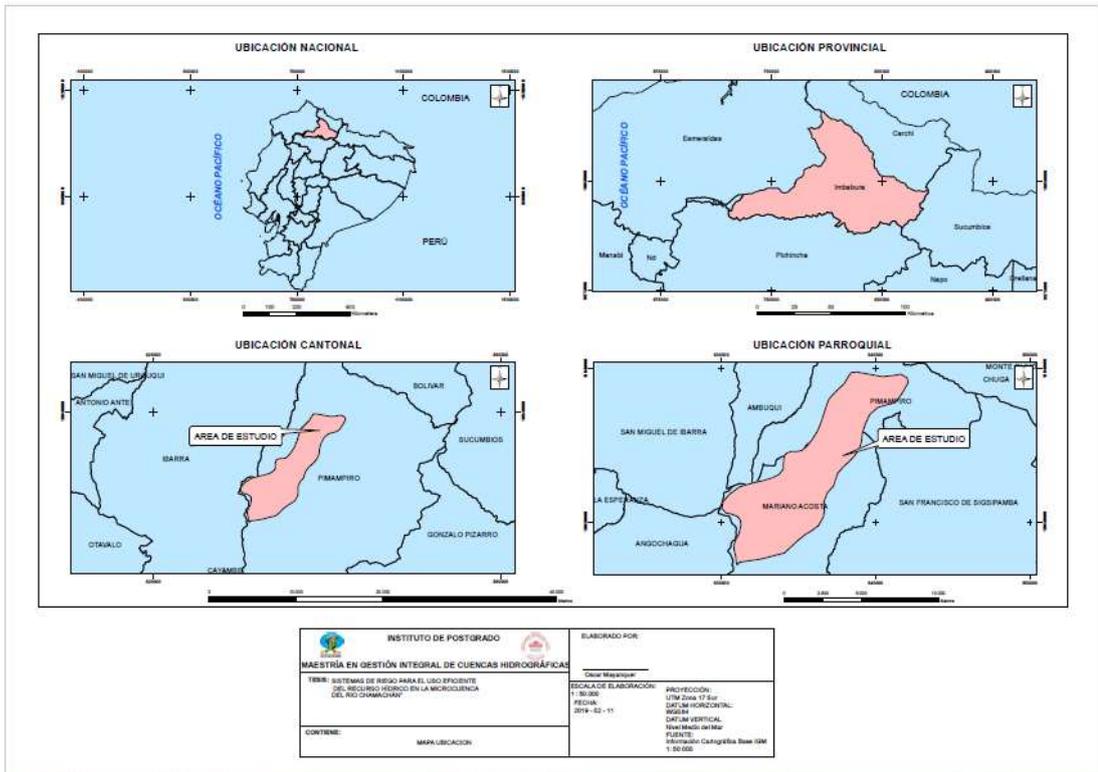
La micro cuenca del río Chamachán cuenta con una superficie de 5.166 ha y una altura promedio de 2500 m.s.n.m. Se ubica en la parte centro sur de la Provincia de Imbabura del Cantón San Pedro de Pimampiro que comprende la Parroquia urbana de Pimampiro y la Parroquia rural Mariano Acosta en la zona noroccidental del Ecuador, latitud 0° y 1°N, constituye parte de la Cordillera Occidental, cubre una pequeña parte de la zona norte en la provincia de Pichincha. Cuenta con un caudal medio de 368 l/s.

##### **3.1.1. Parroquia urbana de Pimampiro**

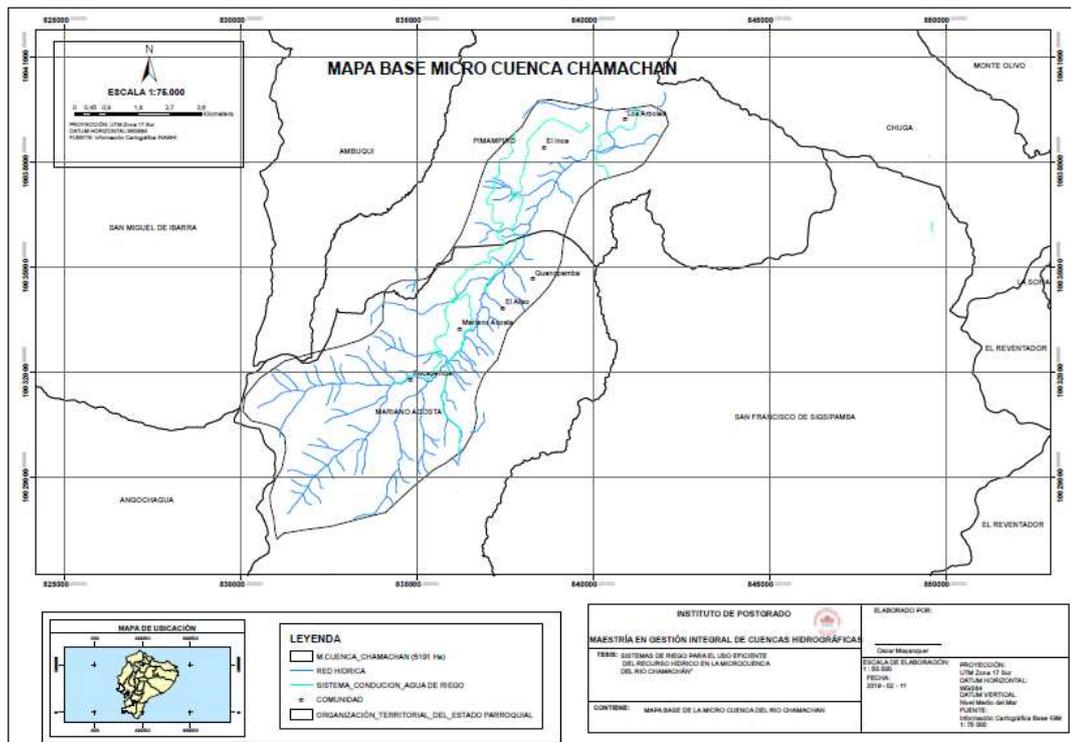
La parroquia urbana cuenta con una superficie de 9176,52 ha. con las siguientes comunidades: San Francisco de Paragachi, Chalguayacu, San Juan, El Tejar, El Inca, Los Árboles, Buenos Aires, El Cebadal, San José de Aloburo, El Alizal, Colimbuero, La Armenia, Yuquín Bajo, Yuquín Alto, Quinta Yuquín, Pueblo Nuevo de Yuquín.

##### **3.1.2. La Parroquia Mariano Acosta**

Parroquia rural del Cantón Pimampiro, con una altura entre (2.080 m - 3.960) m.s.n.m. con 13.225,93 ha, con las siguientes comunidades: Yanajaca, Puetaqui, La Florida y Guanupamba.



Mapa 1. Mapa de ubicación de la parroquia de la Microcuenca del Río Camachán



Mapa 2 Mapa base

## **3.2. Diseño y tipo de investigación**

El presente estudio tiene un enfoque mixto con la cual se pretende dar respuesta al objetivo de la investigación. El tipo de investigación es descriptiva de campo. Ya que la investigación tiene como propósito recabar información para la caracterización del área y la determinación de los sistemas de riego más adecuados, es decir, aquellos que realicen un aprovechamiento óptimo del recurso hídrico de acuerdo a sus características lo que permitiría incrementar el área de cultivo bajo riego.

### **3.2.1. Informantes, actores o grupos de estudio**

Para determinar el número UPA`s (Unidad de Producción Agropecuaria) se estableció

mediante la fórmula del tamaño de la muestra: 
$$n = \frac{t_{\alpha}^2 S^2}{E^2} \quad n_2 = \frac{n_1}{1 + \frac{n_1}{N}}$$

Luego de aplicación de la fórmula de la muestra para la investigación se establecen cuatro secciones para el muestreo.

A continuación, se presentan los detalles de los resultados obtenidos:

## **3.3. Procedimiento de investigación**

Para la determinación de las características del sitio se tomará en cuenta las siguientes etapas:

### **3.3.1. Revisión bibliográfica y aplicación encuestas en las UPAS seleccionadas**

La recolección de información base se realizó mediante la revisión de documentación bibliográfica del área de estudio y la aplicación de encuestas in situ a los agricultores e los sectores seleccionados la misma que contemplo la siguientes temáticas en las preguntas: Tenencia de Tierra, Información Agrícola (superficie cultivada, tipo de cultivo, sistema de riego utilizado), Información Pecuaria (superficies de pastos),

Administración de Sistema de riego (Sistema de riego parcelario que usa, caudal concesionado) al finalizar la aplicación de la encuesta; con esta información se realizó el procesamiento de la misma.

### **3.3.2. Para metros climáticos**

Para determinar los diferentes parámetros climáticos se generó un mapa de: Isotermas e Isoyetas de la cuenca, mediante el uso de información de temperatura y precipitaciones de las estaciones cercanas a la cuenca del INAMHI.

### **3.3.3. Determinación de Pendientes**

Un parámetro importante para la caracterización es la topografía del terreno, se la determinó con el uso software ArcGis con el cual se generó un mapa de pendientes, para lo cual se usó las curvas de nivel; con el cual se obtuvo un modelo de elevación (Dem) del áreas muestreada, el siguiente paso realizado fue una recalificación en donde se estableció cuatro rangos en porcentajes, que fueron incluidos en la leyenda del mapa con la finalidad de determinar la topografía de los terrenos agrícolas.

### **3.3.4. Caracterización de Suelos**

Para la caracterización del suelo se empleó en primera instancia el mapa de suelos generados por instituciones públicas (MAE Y MAGAP) se realizó un recorte con la cuenca en donde se encuentran los predios seleccionados y se generó el mapa edafológico. Además, para la determinación de parámetros físicos del suelo en campo; se aplicó las siguientes metodologías para cada caso:

### **3.3.5. Textura**

Para determinar la textura se tomó dos las muestras de dos lugares representativos de cada predio las mismas que se la llevo a el laboratorio para determinar el porcentaje de: limo, arena y arcilla que contiene se sacó un promedio de cada una y luego se

trabajó con estos valores en el triángulo de texturas para determinar a qué grupo pertenecen.

### **3.3.6. Densidad aparente del suelo**

Las propiedades físicas del suelo, más relevantes que se consideró para el análisis del riego, fue a la toma de muestras para determinar la densidad aparente ( $D_a$ ). La densidad aparente se determinó por el método de cilindros de volumen conocido, el cual consistió en obtener muestras de suelo con el cilindro (volumen conocido) estas muestras fueron pesadas con una balanza digital y luego se llevó la muestra a un laboratorio para secar las muestras a una temperatura de  $105^{\circ}\text{C}$  en estufa para obtener el peso seco:

$$D_a = P_s/V$$

Donde:

$D_a$  = densidad aparente ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )

$P_s$  = peso de suelo seco ( $\text{gr}$ )

$V$  = volumen del cilindro ( $\text{cm}^3$ )

### **3.3.7. Densidad real del suelo**

La densidad real de un suelo, es la relación que existe entre el peso de éste, en seco ( $P_{ss}$ ) y el volumen real o sea el volumen de sus partículas ( $V_p$ ). Usualmente se expresa en  $\text{gr}/\text{cm}^3$ .

$$D_r = P_{ss}/V_p$$

Donde:

$D_r$  = densidad real ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )

$P_{ss}$  = peso del suelo seco ( $\text{gr}$ )

$V_p$  = volumen de las partículas ( $\text{cm}^3$ )

La densidad real se puede considerar casi constante debido a que varía de 2.60 a 2.75 gr/cm<sup>3</sup>.

### **3.3.8. Porosidad total de suelo.**

Los datos obtenidos en las determinaciones de densidad aparente y densidad real se usaron para determinar porosidad total mediante la fórmula.

$$Pt = (Dr - Da) / Dr * 100$$

Donde:

Pt = porosidad total (%)

Dr = densidad real (gr/cm<sup>3</sup>)

Da = densidad aparente (gr/cm )

### **3.3.9. Capacidad de campo**

Se determinó este valor recolectando muestras del suelo luego de 1 a 3 horas de lluvia, cuando se asume que el suelo está en capacidad de campo, la muestra de suelo se secó a temperatura de 105 °C para eliminar el agua en una estufa por 24 horas y se aplicó la siguiente fórmula:

#### **Formula**

$$CC = (PHCC - PSS) / PSS * 100$$

Donde:

PHCC = Peso húmedo en capacidad de campo.

PSS = Peso seco del suelo

Este valor se multiplica por la densidad aparente para obtener el valor volumétrico de la Capacidad de Campo.

### **3.3.10. Punto de Marchitez Permanente**

Se determinará en laboratorio y a través de una fórmula:

$$PMP \%ps = -5 + 0.74 CC \%ps \text{ (Silva et al., 1988)}$$

### **3.3.11. Permeabilidad**

La permeabilidad de los suelos se determinó aplicando la fórmula del coeficiente de permeabilidad, para lo cual se empleará un infiltrómetro de “doble anillo”. Estas herramientas se llevaron al terreno seleccionado en donde se procedió a colocarlas en el suelo y una vez vaciada el agua en ambos anillos se cronometra el tiempo de infiltración en el anillo central. La velocidad de permeabilidad se calcula en base a la Ecuación de Kostiakov-Lewis:

$$I = k * t^n$$

I = velocidad de infiltración (cm/hr)

t = tiempo (min)

k = parámetro que representa la velocidad de infiltración durante el intervalo inicial (cuando t= 1).

n = parámetro que indica la forma en que la velocidad de infiltración se reduce con el tiempo (-1 < n < 0).

Con todos estos insumos se determinará la “Lamina de Riego” la misma que será el punto de partida para los diseños de los sistemas de riego planteados.

### **3.3.12. Profundidad de Enraizamiento**

Para determinar este parámetro se realizó una calicata 0,60 x 0,70 x 1 m en las cuales se observó los diferentes horizontes con las raíces, con un metro se procede a medir la profundidad de enraizamiento de varias raíces luego se determinó un promedio de los predios muestreado.

### **3.3.13. Lámina de Riego**

La lámina de riego que se requiere para llevar un suelo a capacidad de campo (CC) sin desperdiciar agua. Para determinar la lámina se utilizará la siguiente fórmula:

$$Lr = ((P_{scc} - P_{pmp}) * D_a * P_r) / 100$$

Donde:

Lr = lámina de riego (cm)

P<sub>scc</sub> = porcentaje de humedad a capacidad de campo (%)

P<sub>pmp</sub> = porcentaje de humedad a punto de marchitez permanente (%)

D<sub>a</sub> = densidad aparente (gr/cm<sup>3</sup>)

P<sub>r</sub> = profundidad de enraizamiento (cm)

### **3.3.14. Aforo de caudales**

Uno de los pasos importantes en este estudio es la recopilación de información secundaria de las Juntas de agua con la finalidad de determinar el área regable y la concesión del agua para las localidades. Además, se realizarán 2 aforos, los primero 20 metros antes del destino final en el canal de riego y otro aforo en la bocatoma para obtener un promedio de cada parcela seleccionada para definir el caudal real.

### **3.3.15. Análisis multicriterio**

Una vez determinadas las diferentes variables servirán de insumo para el análisis multicriterio por el método AHP (Proceso de Análisis Jerárquico) desarrollado por (Saaty, 2008). Este método matemático fue creado para evaluar alternativas cuando se tienen en consideración varios criterios. Utiliza comparaciones entre pares de elementos, construyendo matrices a partir de estas comparaciones, y usando elementos del álgebra matricial para establecer prioridades entre los elementos de un nivel, con

respecto a un elemento del nivel inmediatamente superior; con ello se determinará el sistema de riego más adecuado para cada área.

Tomando en cuenta la escala de calificación Saaty, 1997 se valoró las variables para el diferente sistema riego para determinar el predio más apto de acuerdo a las características que exige cada sistema de riego considerado en este estudio como son: sistema por goteo, sistema de riego por aspersion, sistema de riego por micro aspersion y sistema de riego por gravedad.

**Tabla 3.**

*Escala numérica propuesta por Saaty para efectuar comparaciones.*

<b>Escala numérica</b>	<b>Escala verbal</b>	<b>Explicación</b>
1	Igualmente preferida.	Dos elementos contribuyen en igual medida al objetivo.
3	Moderadamente preferida.	La experiencia y el juicio favorecen levemente a un elemento sobre el otro.
5	Fuertemente preferida.	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente a un elemento sobre el otro.
7	Preferencia muy fuerte o demostrada.	Un elemento es mucho más favorecido que el otro; su predominancia se demostró en la práctica.
9	Extremadamente preferida.	Preferencia clara y absoluta de un criterio sobre otro.
2, 4, 6, 8		Intermedia entre valores anteriores.

**Nota:** Tomado de Saaty (1997).

### **Criterios de selección del método de Riego**

Según la FAO. Menciona algunos criterios para la selección del sistema de riego:

#### **Requerimientos sistema de riego por goteo.**

El factor climático:

La temperatura y las lluvias afectan la cantidad de agua que necesitan las plantas.

Áreas con altas temperaturas y pocas precipitaciones son escenarios ideales para este tipo de riego.

Suelo:

- Textura arenosa
- Alta velocidad de infiltración

Disponibilidad de agua:

- En zonas donde existen bajos caudales en las fuentes

Topografía:

- En pendientes de hasta el 60%.

Tipo de cultivo:

- Frutales cultivados en hileras pueden ser regados por goteo.

### **Requerimientos sistema de riego por aspersión**

Factor climático:

- La temperatura y las lluvias afectan la cantidad de agua que necesitan las plantas.
- Áreas con temperatura media y pocas precipitaciones son escenarios ideales para este tipo de riego.

Suelo:

- Textura: franco arenoso
- Velocidad media de infiltración

Disponibilidad de agua:

- En zonas donde existen bajos caudales en las fuentes

Topografía:

- En suelos con pendiente hasta del 20%.

Tipo de cultivo:

- Frutales cultivados en hileras pueden ser regados por micro aspersión.

### **Requerimientos sistema de riego gravedad.**

Factor climático:

- La temperatura y las lluvias afectan la cantidad de agua que necesitan las plantas.
- Áreas con temperaturas medias - bajas y precipitaciones frecuentes son escenarios ideales para el riego por gravedad.

Suelo:

- Textura media- arcillosa
- Baja velocidad de infiltración

Disponibilidad de agua:

- En zonas donde existen caudales medios.

Topografía:

- Con pendiente de 0.2% es ideal para el riego por surcos y melgas rectas.

Tipo de cultivo:

- Cultivos en hileras como la papa, habas es conveniente regar por surcos.

**Tabla 4.**

*Criterios de selección del sistema de riego*

	ADAPTACIÓN	LIMITACIONES	VENTAJAS
Surcos rectos	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Todos los cultivos en hileras y frutales.</li> <li>2. Todos los suelos regables.</li> <li>3. Pendientes hasta el 2% Óptima 0,2%.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Requerimientos moderados de mano de obra para riego.</li> <li>2. Algo de pérdidas por escurrimiento, generalmente se requiere para uniforme aplicación del agua.</li> <li>3. Peligro de erosión pluvial con pendientes fuertes.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Uniforme aplicación de agua.</li> <li>2. Alta eficiencia de aplicación.</li> <li>3. Buen control sobre el agua de riego</li> <li>4. Equipos de control como tubos, sifones y compuertas disponibles a bajo costo.</li> </ol>
Surcos en contorno	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Todos los cultivos en hileras y frutales.</li> <li>2. Todos los suelos regables.</li> <li>3. Pendiente entre 2 y 15%, óptimas menores a 8%.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Requerimientos elevados de mano de obra.</li> <li>2. Presenta peligro de erosión en terrenos con alta pendiente.</li> <li>3. No es conveniente en suelos que se agrietan al secarse o muy arenosos.</li> <li>4. Dificultad para las labores culturales y de cosecha.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. No requiere más que un trabajo de emparejamiento del terreno.</li> <li>2. Bajo costo de mantenimiento.</li> </ol>

Adecuación	1. Principalemente	1. Alto costo de inversión ya	1. Alta eficiencia del sistema (>0 a
	2. Todo tipo de suelo	2. No requiere agua a presión	2. Tiene efecto sobre el control de
	3. Las mismas	3. Significativos costos de	3. Permite ejecutar otras labores en el
	4. superficie	4. Requiere mayor presión	4. Se puede administrar
	5. pendiente que	5. No apto para zonas con	5. Permite ejecutar otras labores en el

Goteo	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Todos los cultivos, excepto cultivos densos.</li> <li>2. Todo tipo de suelo, con la precaución de tener un programa de lavado en suelos salinos.</li> <li>3. Sin restricciones de pendiente.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Alto costo de inversión ya que necesita agua a presión y un sistema completo de control del riego.</li> <li>2. Especial cuidado en el filtraje y mantenimiento de goteros.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Alta eficiencia del sistema ( 90 y 95%) y uniforme distribución del agua.</li> <li>2. Sólo se aplica el agua que las raíces son capaces de absorber.</li> <li>3. Facilita el control de malezas.</li> <li>4. Permite el uso de pequeños caudales y aprovechar el agua las 24 hr sin necesidad de supervisión continua.</li> <li>5. Permite ejecutar otras labores en el predio durante el riego.</li> <li>6. Se puede administrar, dosificadamente, fertilizantes y pesticidas solubles en agua durante el riego.</li> <li>7. Puede utilizarse agua de baja calidad.</li> </ol>
-------	---	---	---

**Nota:** Tomado de FAO (s.f.)

### 3.3.16. Diseños de los sistemas de riego

Con las características del sitio determinadas y analizadas con el método AHP, se elaboraron los diseños en software ArGis de acuerdo al tipo de riego definido para cada área de la microcuenca. Se elaboró los diseños de riego para los predios seleccionados en los diferentes sectores.

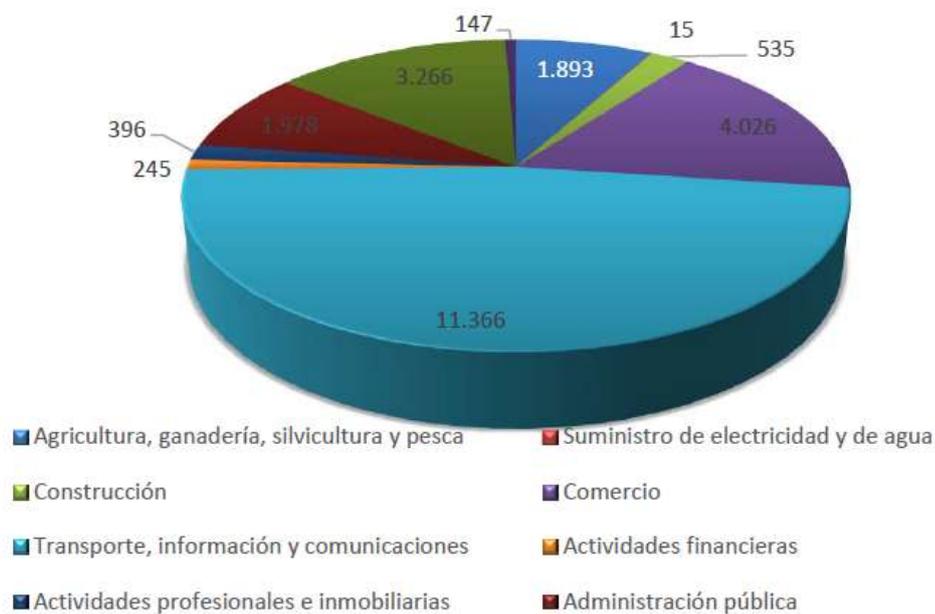
### 3.3.17. Socialización

Este trabajo se lo socializo en primera instancia con autoridades de la Junta de aguas y luego con cada uno de los propietarios en cada sector.



## CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Revisión bibliográfica y resultados de las encuestas aplicadas a las unidades de estudio.



**Figura 1.** Actividad económica del cantón Pimampiro.

**Nota:** Tomado de CIPRADEC (2014)

#### Análisis

Como se puede evidenciar en el gráfico según reporte del INEC, la actividad económica con mayor relevancia en el cantón es la agricultura, ganadería, silvicultura y pesca. Razón por la cual se debería dar mayor apoyo a estas actividades por parte de las autoridades.

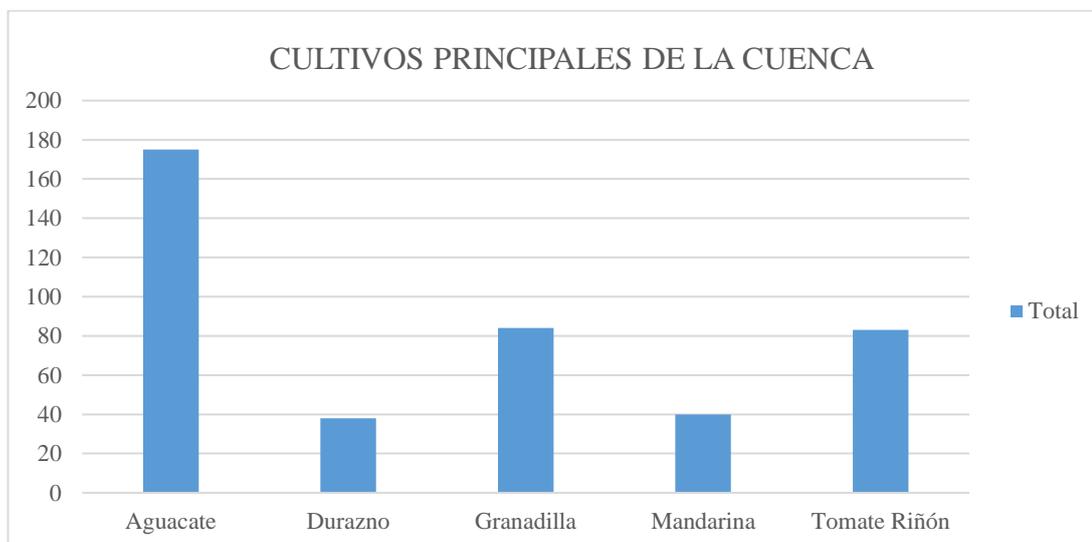
**Tabla 5.***Cultivos, superficies sembradas y cosechadas del Cantón Pimampiro.*

<b>Cultivos</b>	<b>Superficie Sembrada /ha</b>	<b>Superficie Cosechada/ ha</b>	<b>Rendimiento TM/ha</b>
Papa	88	88	4970
Habas	14	14	280
Arveja	230,5	230,5	1980
Maíz	42,5	42,5	390
Caña para azúcar	5	5	30-35
Uvilla	14	14	27680
Tomate de árbol	63	63	5620
Granadilla	98	98	3650
Granadilla	136,5	136,5	1480
Aguacate	177,5	175,5	105290
Mora	5	5	26000
Mandarina	50	50	80250
Pepino dulce	7	7	135
Tomate riñón	100	95	30245
Fréjol	51,5	51,5	390
Durazno	33	33	800
Cebolla paiteña	10	15	1590
Pimiento	14	14	0
Mango	10	10	0
Maíz suave	85	85	255
Hortalizas	9	9	0

**Nota:** Tomado de CIPRADEC (2014)

### **Análisis**

En la tabla podemos evidenciar que entre los dos productos principales del Cantón tenemos: La arveja con una superficie de 230,5 ha, y la granadilla con una superficie de 136,5 ha, que son los que se encuentran en la microcuenca en los predios seleccionados para el presente estudio. Además del durazno con una superficie de 33 ha y las habas 14 ha.

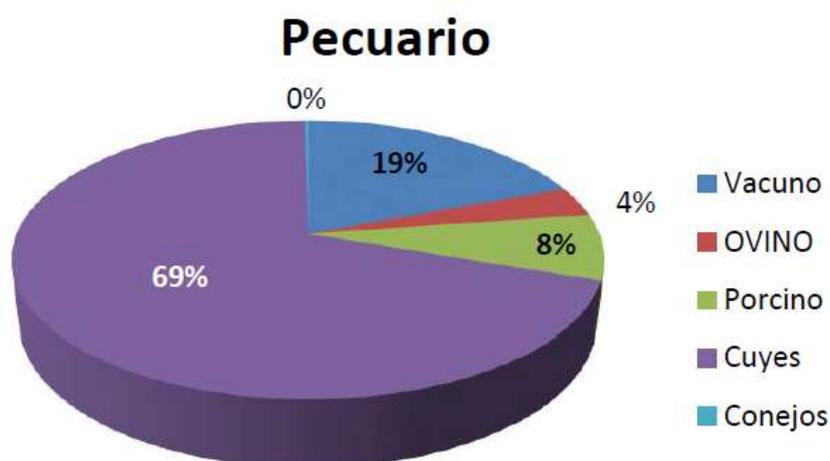


**Figura 2.** Cultivos principales del Cantón Pimampiro

**Nota:** Adaptado MAGAP (2014)

### Análisis

En el gráfico se observa que uno de los cultivos principales en el cantón es el durazno y la granadilla, los cuales están considerados entre los más representativos.

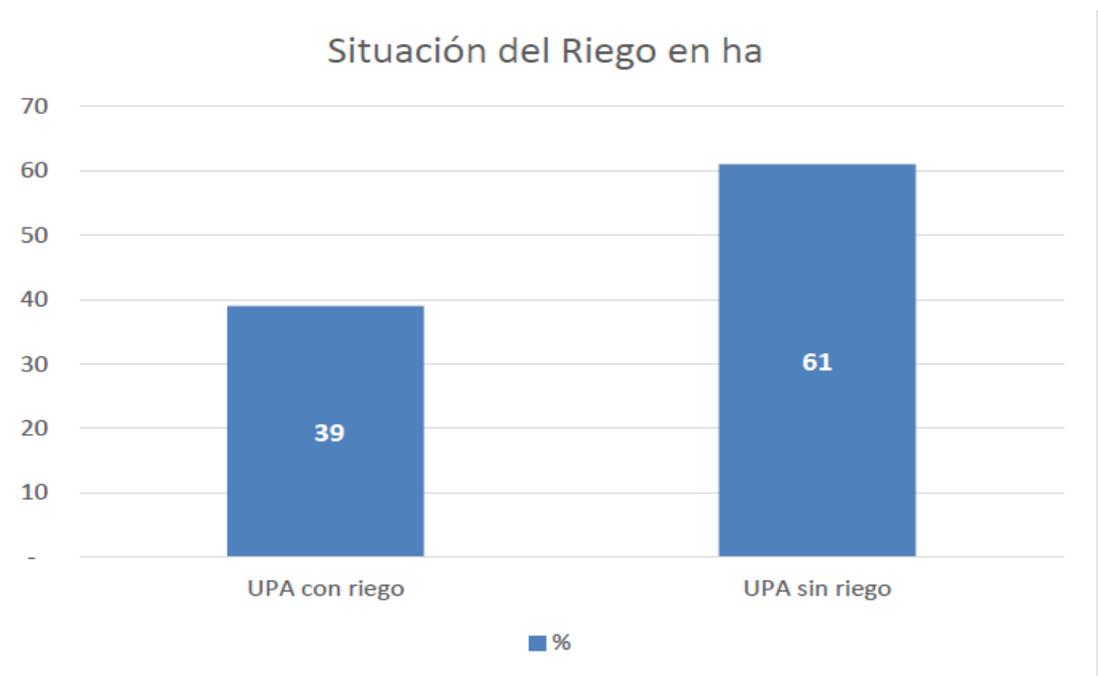


**Figura 3.** Porcentaje pecuario del cantón Pimampiro

**Nota:** Tomado de CIPRADEC (2014)

### Análisis

El componente pecuario en el sector es básicamente la crianza de cuyes con un porcentaje de 69% seguido de 19% de ganado vacuno.

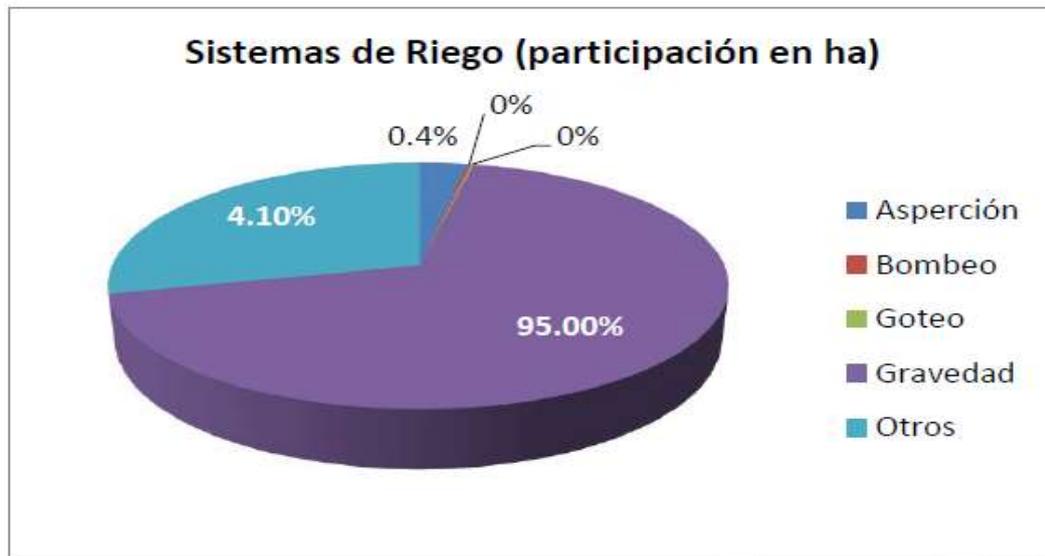


**Figura 4.** *Numero de Ha con acceso al riego en el cantón Pimampiro.*

**Nota:** Tomado de INEC III Censo Nacional Agropecuario

### **Análisis**

De acuerdo al diagrama sobre el acceso al riego en el Cantón Pimampiro encontramos que un 39% de las UPAS cuenta con riego y un porcentaje de 61% está sin acceso al riego según el III Censo Agropecuario Realizado por el INEC. Lo cual nos demuestra que en el cantón hay una alta demanda que debe de ser cubierta con el riego.



**Figura 5.** Principales sistemas de riego de la cuenca

**Nota:** Tomado de INEC III Censo Nacional Agropecuario

### **Análisis**

Los principales sistemas de riego según el INEC, en el cantón Pimampiro en mayor porcentaje el riego por gravedad el cual realiza un aprovechamiento bajo del recurso hídrico. Según Peralta, 1998 manifiesta que el riego por gravedad es la técnica de riego más antigua empleada por el hombre a nivel mundial, una de las principales desventajas es la pérdida del agua por percolación y escurrimiento.

En este estudio se evidencio que la mayoría de UPAS realizan el uso de la gravedad como sistema de riego en la mayoría de predios de la Microcuenca del rio Chamachán.



**Figura 6.** Fuentes de riego de la cuenca

**Nota:** Tomado de INEC III Censo Nacional Agropecuario

**Análisis**

En la figura se observa que la mayor fuente de abastecimiento en el cantón son los ríos, quebradas y esteros con un porcentaje del 52% y la otra fuente de riego son los canales de riego que existen en la micro cuenca.

#### 4.1.1. Análisis del crecimiento de la población de la urbana de Pimampiro

**Tabla 6.**

*Población de parroquia urbana de Pimampiro*

<b>Sexo</b>	<b>Total</b>
Hombre	4459
Mujer	4618
Total	9077

#### 4.1.2. Análisis población parroquia urbana de Pimampiro

En la tabla podemos evidenciar que la cabecera cantonal de Pimampiro se encuentra dentro de la micro cuenca estudiada y la población según el INEC para el 2010 es de 9077 habitantes.

**Tabla 7.**

*Población Mariano Acosta*

<b>Sexo</b>	<b>Total</b>
Hombre	756
Mujer	788
Total	1554

### 4.1.3. Análisis población Mariano Acosta

En la tabla podemos observar que en la parroquia Mariano Acosta perteneciente al cantón Pimampiro, es una de las parroquias que se encuentra dentro de la microcuenca estudiada la población según el INEC para el 2010 es de 1554 habitantes. En esta zona es donde la mayor parte de habitantes no tiene acceso al riego ya que por sus zonas existen canales de riego que no pueden ser utilizados por los moradores ya que solo algunos predios tienen las concesiones para el uso lo que evidencia un problema en la distribución. Sumados estos dos valores obtuvimos la población de las dos parroquias que se encuentran en la micro cuenca del río Chanchan que es de 10631 habitantes en el 2010.

**Tabla 8.**

*Proyección de la población de Pimampiro*

Proyección Población					
Población Total		Población por Género			
AÑO	POBLACIÓN	AÑO	MUJERES	HOMBRES	TOTAL
			49,91%	50,09%	100%
2010	12970	2010	6473	6497	12970
2011	13026	2011	6501	6525	13026
2012	13082	2012	6529	6553	13082
2013	13138	2013	6557	6581	13138
2014	13195	2014	6585	6609	13195
2015	13251	2015	6614	6638	13251
2016	13308	2016	6642	6666	13308
2017	13365	2017	6671	6695	13365
2018	13423	2018	6699	6724	13423
2019	13481	2019	6728	6752	13481
2020	13539	2020	6757	6781	13539

### Análisis

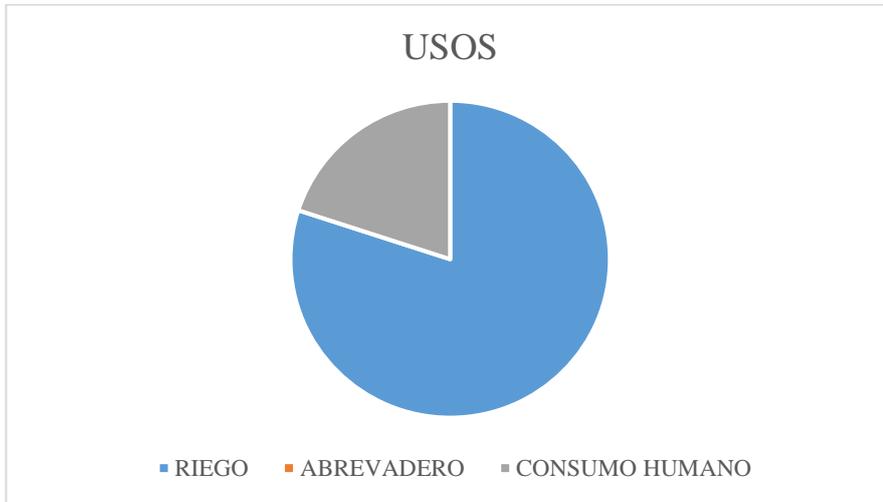
En la proyección realizada por el INEC se evidencia un crecimiento total de la población es de 12.950 en el 2010 a 13.539 habitantes en el 2020 lo cual nos indica un incremento de 589 habitantes en el cantón en 10 años esto implica que la demanda del recurso se incrementará mientras que los caudales disminuyen ocasionando un problema evidente a futuro.



Mapa 3 Mapa de áreas con riego y sin riego en la microcuenca del río Chamachan

### Análisis

La superficie de la micro cuenca es de 5.191 ha, como se detalla en la leyenda del mapa se registra que existe una área con acceso al riego de 345,16 ha que representa apenas el 6% de la superficie total de la micro cuenca, mientras que el área sin riego y con un potencial para ser regadas ya que son áreas cultivables es de 1.797,85 ha. lo cual representa el 34% de la micro cuenca por lo cual se deduce que el que área sin riego debe ampliarse para contribuir con los medios de producción que existen en la micro cuenca ya que el área regada es muy pequeña y no permite desarrollar la parte agrícola de la zona.



*Figura 7. Usos del Agua del Canal de riego de la cuenca del río Chamachán*

### **Análisis**

En el gráfico que se elaboró con la aplicación de encuestas en los predios evaluados se determinó que el uso en el que se emplea el caudal del canal es en gran medida para riego.

## 4.2. Situación del riego en la microcuenca

### 4.2.1. Frecuencia de de riego en las comunidades estudiadas

Las frecuencias de riego para los usuarios están regidas por los estatutos de cada junta en este caso el caudal adjudicado a cada usuario es por días de 24 horas/ semana.

**Tabla 9.**

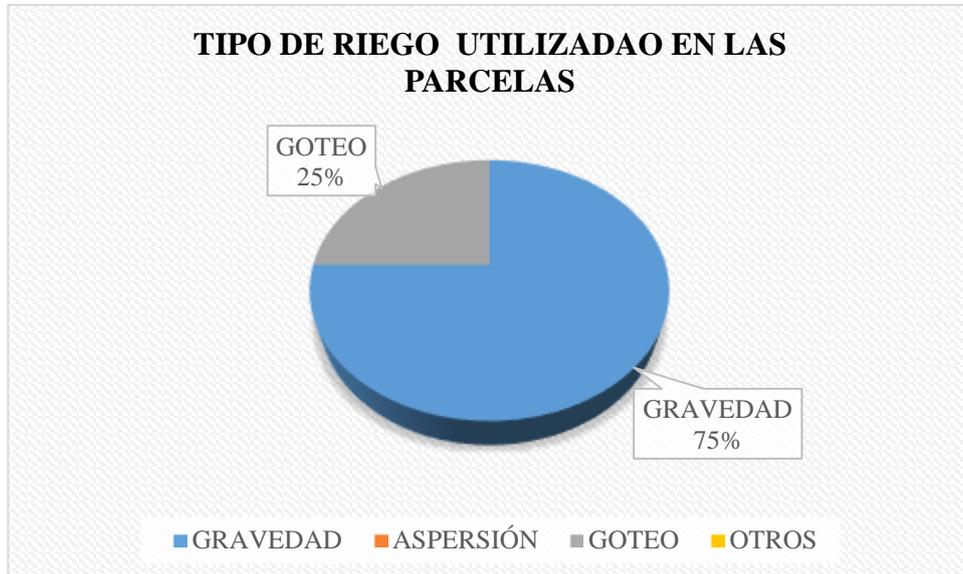
*Frecuencias de riego*

<b>TURNOS DEL RIEGO POR SITIO</b>	<b>FRECUENCIAS (número de días por semana)</b>
EL INCA (Sr. Edwin Moran)	2
EL INCA (Sr. Luis Irua)	2
LOS ARBOLES (Humberto Bolaños)	1
M.ACOSTA (Carlos Ruiz)	3

### **Análisis**

En la tabla se muestra los diferentes turnos de riego que según la recolección de información levantada en campo informan los agricultores de cada comunidad los cuales indican que los turnos que se han acordado en el estatuto de las juntas de agua para el riego en las diferentes comunidades.

#### 4.2.2. Sistemas de riego utilizados en la micro cuenca.



*Figura 8. Tipos de sistema de riego que utiliza en el micro cuenca*

#### **Análisis**

Mediante encuestas se determinó que la mayor parte de agricultores realizan el riego tradicional que es de gravedad con un 75%.

### 4.3. Analisis de el foda del Canton Pimampiro referente a los sistemas de riego

**Tabla 10.**

*FODA Componente Biofísico sector rural del cantón Pimampiro*

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
F1.- Tierras fértiles y productivas F2.- Recursos hídricos existentes en el cantón F3.- Diferentes pisos climáticos F4.- Áreas protegidas ( páramos y bosques) F5.- Presencia Laguna de Puruhanta F6.- Calidad de aire	O1.- Capacitación y concientización ambiental O2.- Recuperación de plantas nativas: ramos, motilón, aliso. O3.- Socialización de Ley de Protección de Bosques y Paramos (MAE) para su aplicación O4.- Formar a pobladores para que sean guardias forestales.
DEBILIDADES	AMENAZAS
D1.- Erosión producida por actividades humanas D2.- Avance de frontera agrícola D3.- Contaminación y disminución de las fuentes de agua por el consumo humano y riego D4.- Deforestación y quema de bosques y laderas D5.- Inadecuada gestión de residuos sólidos D6.- Inadecuado manejo de residuos químicos D7.- Escasa asistencia técnica y capacitación D8.- Extinción de animales silvestres D9.- Pesca indiscriminada D10.- Incremento en la construcción de invernaderos.	A1.- Sequías A2.- Fallas geológicas A3.- Erosión natural A4.- Deslaves A5.- Cambio de accionar natural del uso de anteojos al medio ambiente

**Nota:** Tomado de CIPRADEC (2)014

#### Análisis

Según el FODA del componente biofísico podemos ver las fortalezas orientadas a la temática que se estudia en este trabajo donde se resalta. Tierras fértiles y productivas, recursos hídricos existentes en el sector, diferentes pisos climáticos. Con las cuales podemos concluir que es un sitio con un elevado potencial agrícola. Mientras que en las oportunidades tenemos: realizar una capacitación y concientización en temas ambientales a la población. El mismo que implicaría el adoptar nuevas tecnologías que permitan un mejor aprovechamiento de los recursos. Dentro de las debilidades tenemos: la erosión por actividades humana, Contaminación y disminución de las fuentes de agua por consumo humano y riego, escases de asistencia técnica y capacitación. Y las amenazas para esta zona son: sequías y erosión.

Con este estudio se pretende mitigar en parte la erosión de suelos, desarrollar estrategias de adaptación frente a las sequías consecuencia del calentamiento global contemporáneo y que este desembocando en una disminución del caudal de los diferentes cuerpos hídricos.

**Tabla 11.**

*FODA Componente Económico sector rural del cantón Pimampiro*

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
F1.- Producción de frutales F2.- Tierras productivas aptas para la agricultura F3.- Presencia de ganadería para la industria lechera, producción de queso F4.- Fuentes y sistemas de agua para riego(Chugá) F5.- Gente trabajadora, y presencia de jornaleros F6.- Comercio: pequeños negocios, artesanías (Mariano Acosta) F7.- Tradiciones culturales productivas F8.- Recursos naturales turísticos F9.- Caja comunal F10.- Fuerte producción agrícola (tomate de árbol, durazno, tomate riñón).	O1.- Soberanía alimentaria O2.- Cambio de producción (Matriz productiva) O3.- Buscar líneas de crédito de instituciones del estado (BNF, BE, BIESS) O4.- Turismo (Demanda provincial y/o nacional, ecoturismo, deportes de aventura, arqueológico) O5.- Impulsar la creación de agroindustrias.
DEBILIDADES	AMENAZAS
D1.- Poca infraestructura de canales, sistemas de riego tecnificado, tecnificación sistema de riego D3.- Falta promoción e Inversión en turismo, modelo de ecoturismo asesoramiento técnico, inventario turístico, señalización turística. D4.- Débil planificación. D5.- Alto costo producción, y baja producción de cultivos de ciclo corto D5.- Escasa mano de obra D6.- Poca infraestructura de apoyo a la producción (Centro de acopio inutilizado, Mariano Acosta) D7.- Escasos procesos de asociatividad y cadenas productivas inexistentes D8.- Deterioro y erosión del terreno productivo D9.- Existencia de monocultivo	A1.- Precios bajos en la comercialización A2.- Intermedarios A3.- Sequía A5.- Contaminación de suelos A6.- Degradación de la semilla

**Nota:** Tomado de CIPRADEC (2014)

Según el FODA del componente económico del podemos evidenciar que entre las fortalezas tenemos: la producción de frutales, tierras productivas para la agricultura.

En las oportunidades tenemos: contribuir a la soberanía alimentaria, cambio de la matriz productiva e impulsar la agroindustria. Entre las debilidades tenemos: poca infraestructura de riego, falta de centros de acopio, altos costos de producción, baja producción, en cultivos de ciclo corto, erosión de terrenos productivos. Entre las amenazas tenemos: sequía y contaminación de suelos.

Tomando en cuenta que la mayor parte de las comunidades que se encuentran en esta microcuenca se analiza que su economía depende en gran medida de la actividad agraria y que se ve comprometida con amenazas como la sequía y el mal uso del agua en el riego ya que la mayor parte de agricultores practica el riego tradicional por gravedad que en pendientes muy pronunciadas genera un problema como la erosión del suelo y esto a su vez atenta contra la soberanía alimentaria de la zona por

degradación de suelos productivos lo que implica una baja en la producción de alimentos. Tomando en cuenta que se debe garantizar la sostenibilidad de la agricultura y por ende fortalece a la economía.

Una forma de impulsar y mejorar la economía sería la implementación de nuevas tecnologías que optimicen los recursos y aumenten la productividad con su implementación de acuerdo a un análisis previo y que a su vez reduzcan la pérdida del recurso suelo por el tipo de riego que se practica en pendientes de la micro cuenca.

#### 4.4. Parámetros climáticos encontrados

##### 4.4.1. Temperatura:

**Tabla 12.**

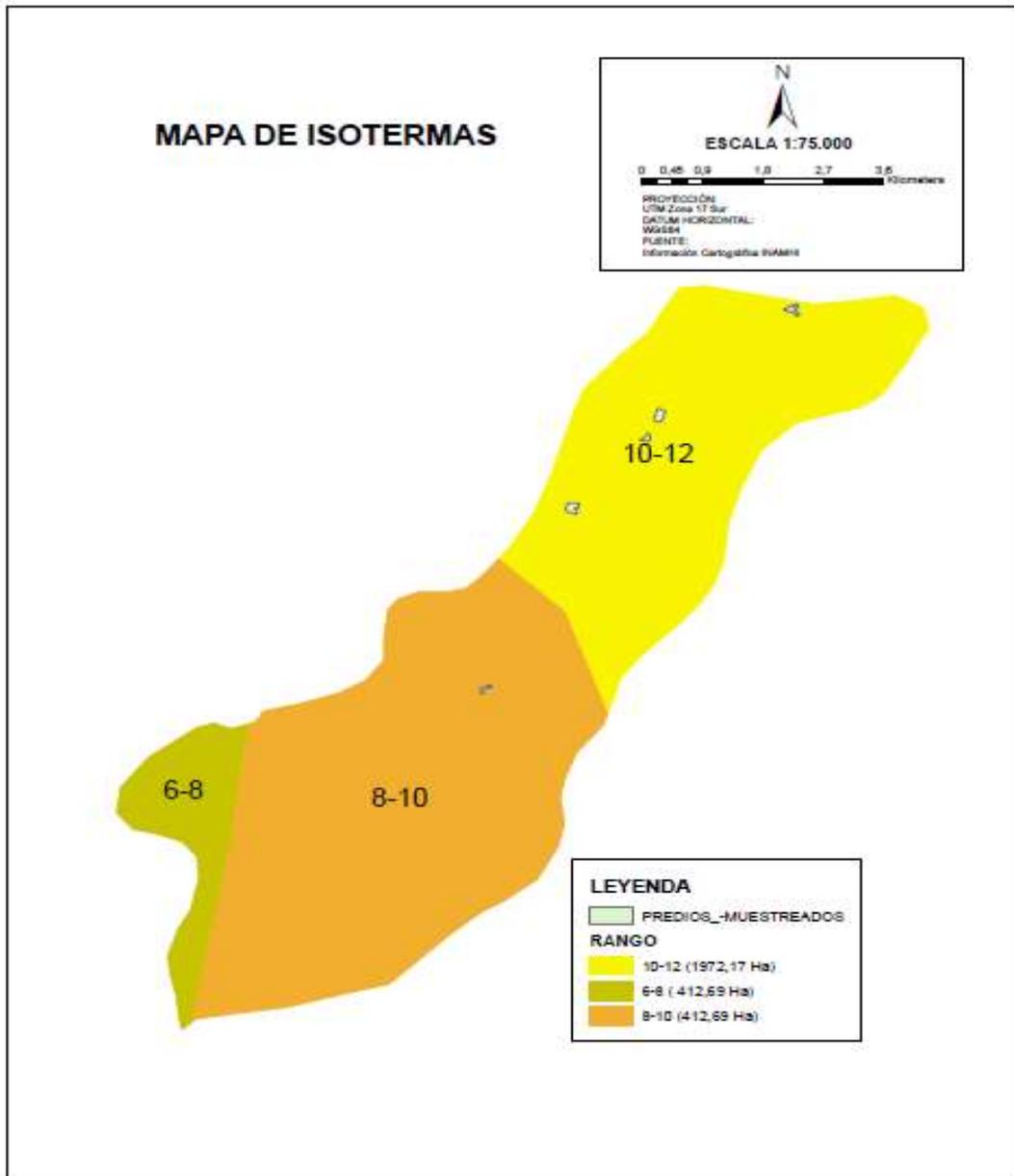
*Temperaturas promedio de las áreas de estudio del micro cuenca*

<b>SECTORES</b>	<b>PROMEDIO DE TEMPERATURA</b>
	<b>°C</b>
EL INCA (Sr. Edwin Moran) .A	11
EL INCA (Sr. Luis Irua). B	11
LOS ARBOLES (Humberto Bolaños) .C	11
M.ACOSTA ( Carlos Ruiz).D	9

En la tabla de temperaturas se registro una temperatura constante e 11°C en los setores seleccionados para la toma de muestras y que son la áreas mas productivas con pocos accidentes geològicos que permiten el cultivo de varios productos en esta micro cuenca.

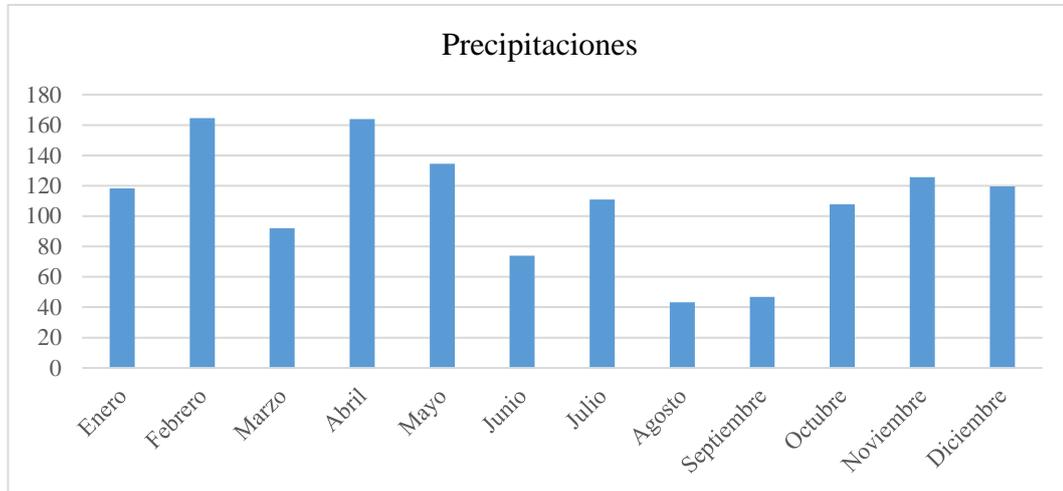
Mientras que la temperatura mas baja se determino en la parroquia Mariano Acosta con un registro de 9°C.

**Mapa 4. Mapa Isotermas**



Tal como se muestra en la leyenda del mapa se registran varios rangos de temperatura que se muestran en el mapa de isotermas de la micro cuenca que van desde 8°C a los 12°C en donde se localizan los predios muestreados.

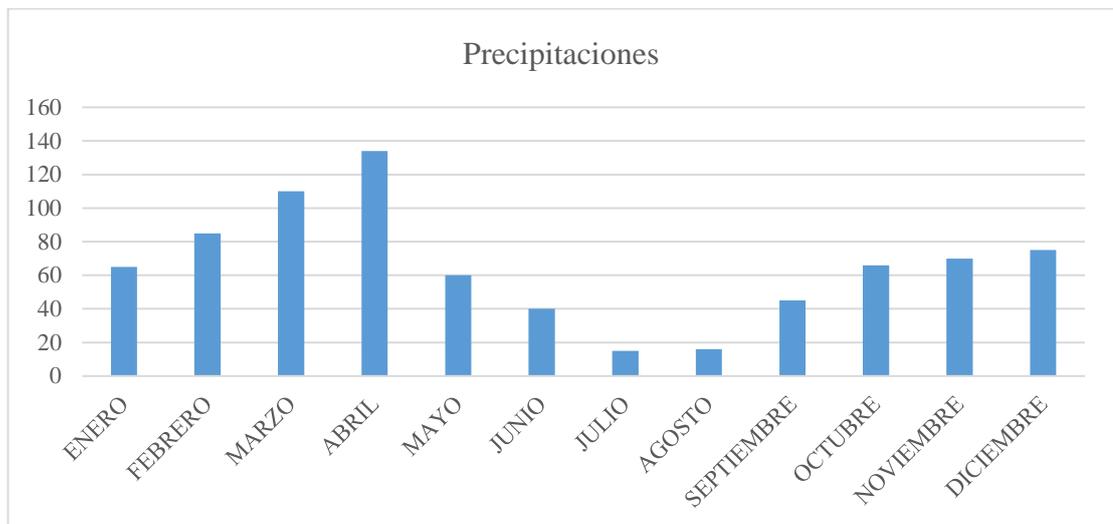
#### 4.4.2. Precipitación:



**Figura 9.** Precipitaciones mensuales de Mariano Acosta, información del INAMHI

#### Análisis

En las precipitaciones mensuales en el gráfico se observa que en la zona alta de la micro cuenca que cubre la parroquia de Mariano Acosta es donde podemos observar que el registro de los meses mas lluviosos son en febrero y abril mientras que los meses mas secos son agosto y septiembre.



**Figura 10.** Precipitaciones mensuales en la parroquia urbana de Pimampiro

#### Análisis

En las precipitaciones mensuales determinadas para la zona media y baja de la micro cuenca que se encuentra dentro de la parroquia urbana de Pimampiro observamos en el gráfico que el registro de los meses mas lluviosos son en marzo y abril mientras que los meses mas secos son julio y agosto.

**Tabla 13.**

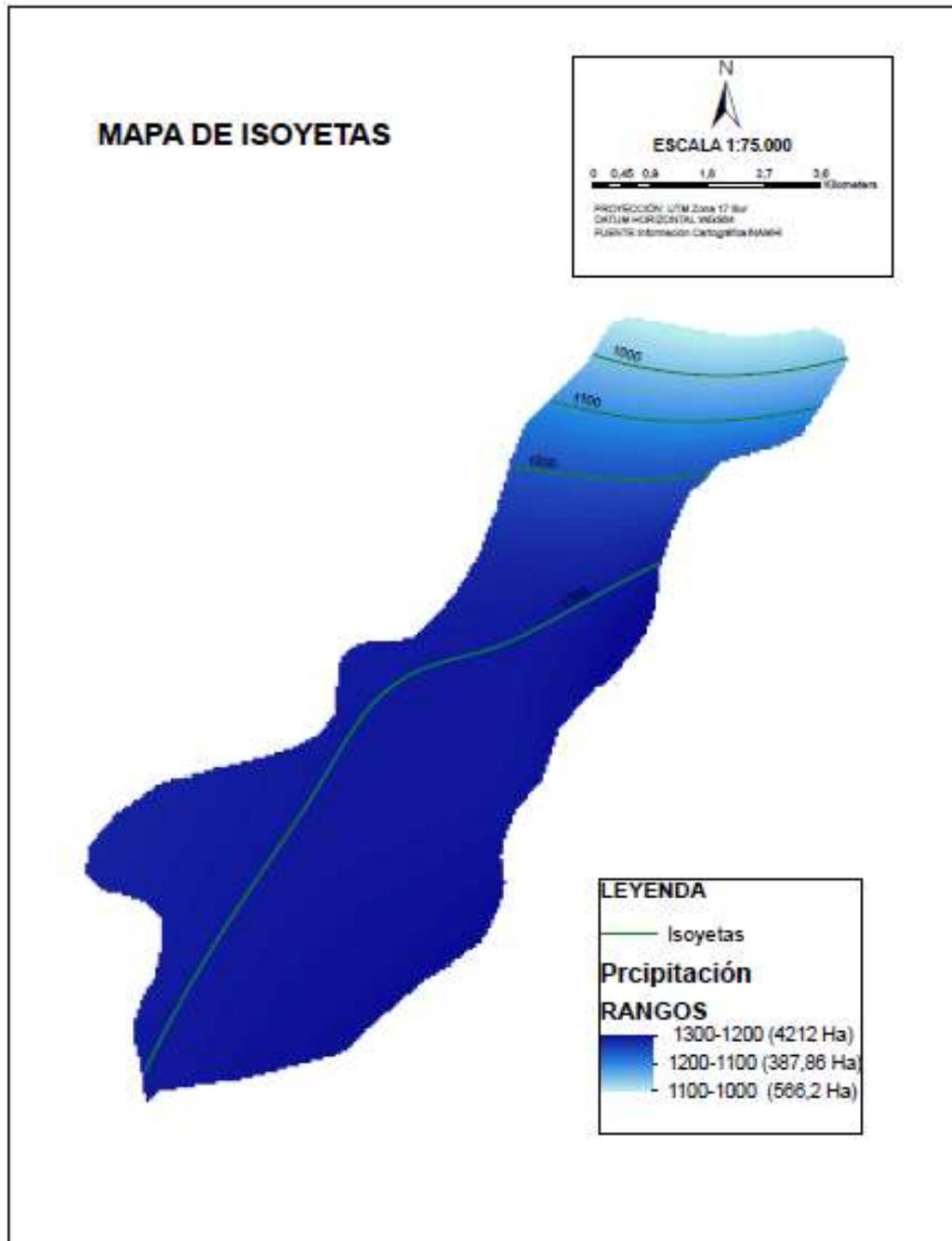
*Promedio de precipitaciones anuales de las áreas de estudio del micro cuenca*

<b>SECTORES</b>	<b>PROMEDIO DE PRECIPITACIÓN ANUAL (mm)</b>
EL INCA (Sr. Edwin Moran). A	1150
EL INCA (Sr. Luis Irua). B	1250
LOS ARBOLES (Humberto Bolaños). C	950
MARIANO ACOSTA (Carlos Ruiz). D	1350

#### Análisis

En la tabla se representa los promedios anuales de precipitaciones de cada sector muestreado de acuerdo a su ubicación en el mapa de isoyetas y tenemos que en la parroquia de Mariano Acosta en la parte alta de la micro cuenca se registra el valor mas elevado de precipitaciones en el año, con 1350 mm/año, mientras que en la parte media (sector el Inca) se registra un valor de 1150 mm/año y en la parte baja de la micro cuenca (comunidad de Los Arboles se registra un valor de 950mm/año.

**Mapa 5. Mapa Isoyetas**

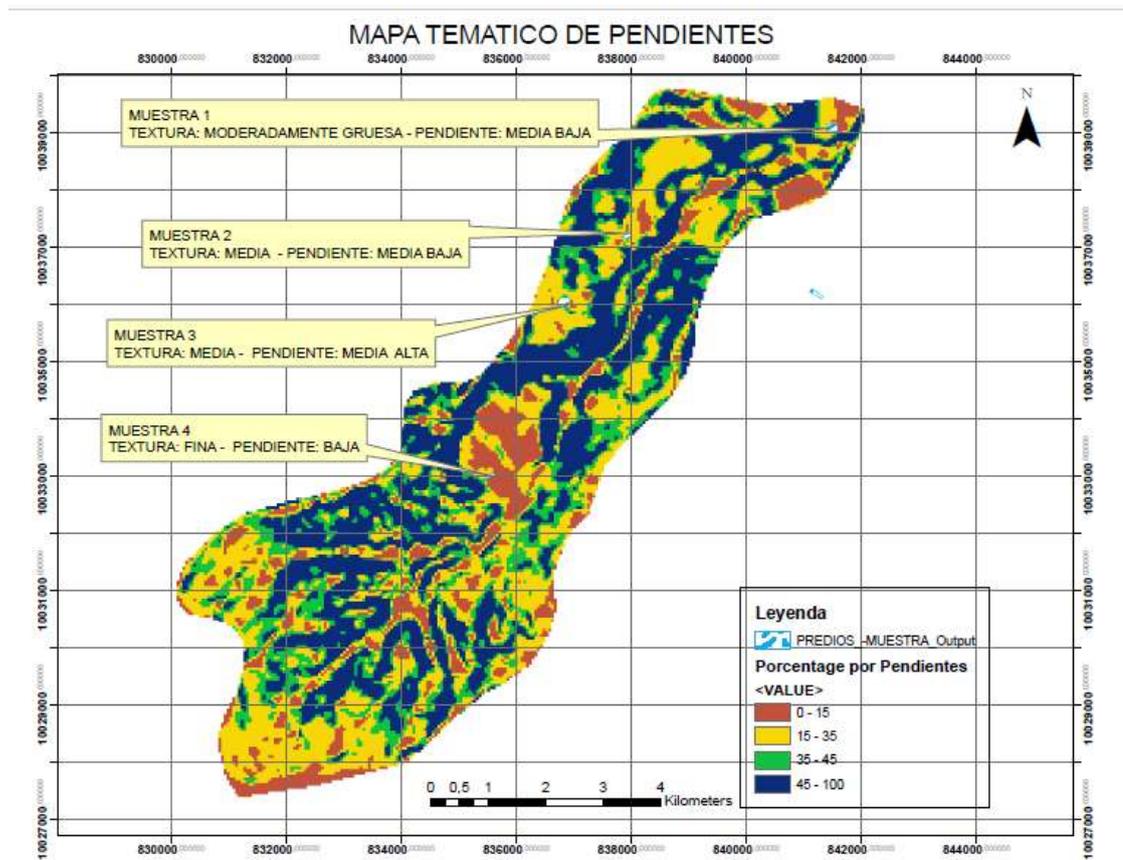


Tal como se muestra en la leyenda del mapa se registran varios rangos de precipitación en la cuenca de acuerdo a la ubicación de los predios de las UPAS seleccionadas.

### 4.4.3. Determinación de Pendientes

Para la determinación de pendientes se elabora un mapa de pendientes con las curvas de nivel.

Mapa 6. Mapa de Pendientes



En la descripción del mapa se evidencia que se establecieron varios rangos con el porcentaje de pendientes. Los predios seleccionados se ubican en los rangos 0-15 % y 15-35% que son áreas planas con ligeras pendientes. La superficie de la cuenca en su mayoría es de color azul que representa valores de pendiente mayores a 45° esto es debido a que la cuenca está ubicada en un área glaciática muy accidentada.

#### **4.5. Parametros de edafologicos y topográficos encontrados en la micro cuenca**

Para determinar el sistema de riego un parámetro importante es el edafológico por lo cual se determinó algunos elementos tales como:

##### **4.5.1. Textura**

**Tabla 14.**

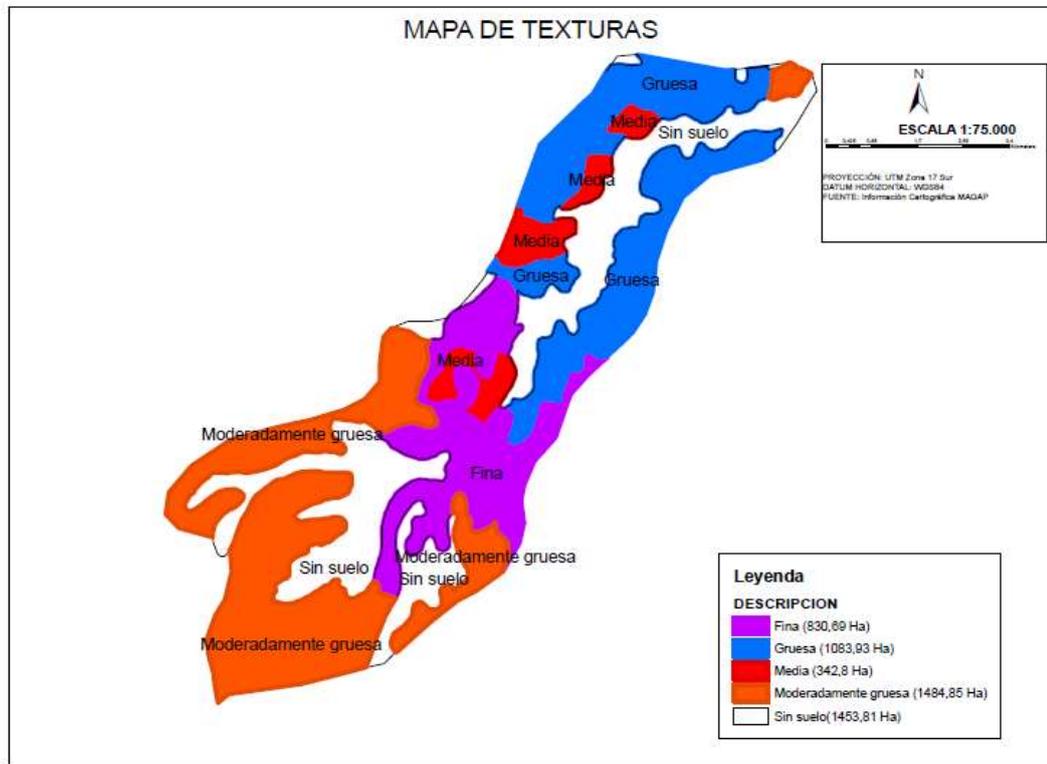
*Texturas de los predios seleccionados en la cuenca del rio Chamachán*

SECTOR	Textura
EL INCA (Sr. Edwin Moran)	Franco
EL INCA (Sr. Luis Irua)	Franco
LOS ARBOLES (Humberto Bolaños)	Franco arenoso
M. ACOSTA (Carlos Ruiz)	Franco

##### **Análisis**

El cuadro muestra que los resultados de el análisis de suelos con respecto a la textura. En los predios en donde se recolectaron las muestras, se evidenció que son de una textura franca en la parte alta y media de la microcuenca mientras que en la parte baja tenemos una textura franca arenosa.

Mapa 7 Mapa de Texturas

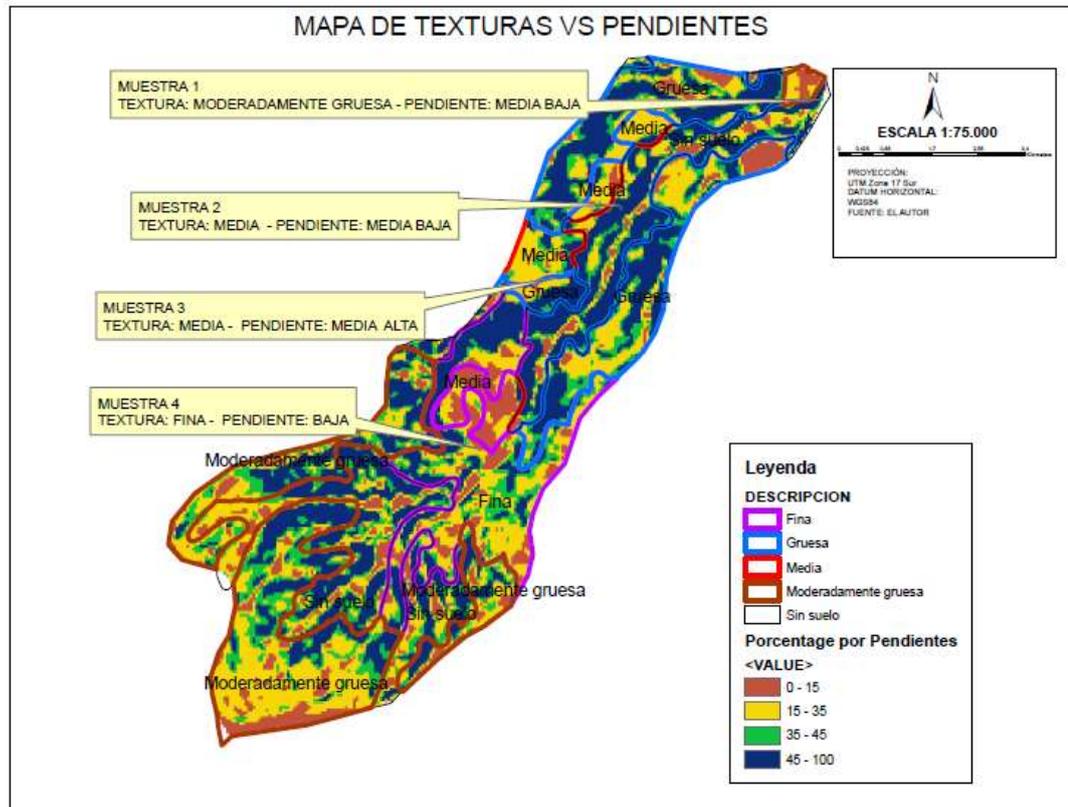


El mapa muestra las diferentes texturas de la micro cuenca del río Chamachan y se indica que existe en la parroquia de Mariano Acosta una textura fina, en la comunidad del Inca que comprende la parte media de la cuenca una textura media y en la parte baja tenemos una textura moderadamente gruesa.

Estos resultados fueron comparados tanto en las bases de texturas de los shp con los que se generó el mapa de texturas y el resultado que se envió las muestras al laboratorio donde se observó que en los dos casos coincide con la textura que se refleja en la tabla.

#### 4.5.2. Topografía y textura de la micro cuenca del Rio Chamachán.

Mapa 8. Mapa de texturas vs Pendientes



Este mapa muestra un cruzamiento entre mapas de texturas y pendientes que nos permite visualizar las condiciones edafológicas y topográficas de los predios seleccionados. Los resultados se muestran en el mapa de la micro cuenca de acuerdo a sus características.

### 4.5.3. Densidad aparente del suelo

**Tabla 15.**

*Densidad aparente EL INCA (Sr. Edwin Moran) A*

PROFUNDIDAD	Da.
20	1,31
40	1,03

Densidad aparente del predio en estudio El Inca

**Tabla 16.**

*Densidad aparente EL INCA (Sr. Luis Irua) B*

Profundidad (cm)	Da.
20	0,99
40	0,91

Densidad aparente del predio en estudio El Inca

**Tabla 17.**

*Densidad aparente Los Arboles (Humberto Bolaños) C*

Profundidad (cm)	Da.
20	1,17
40	1,09

Densidad aparente del predio en estudio Los árboles

**Tabla 18.**

*Densidad aparente Mariano Acosta (Carlos Ruiz) D*

Profundidad (cm)	Da.
20	1,11
40	1,05

Densidad aparente del predio en estudio Mariano Acosta

Los cuadros muestra los resultados de la densidad aparente de los diferentes predios muestreados este valor es necesario para relizar el cálculo de la lâmina de riego.

#### 4.5.4. Densidad real del suelo

**Tabla 19.**

*Densidad real El Inca (Sr. Edwin Moran) A*

Profundidad (cm)	Dr.
20	2,65
40	2,65

Densidad real del predio en estudio El Inca

**Tabla 20.**

*Densidad real EL INCA (Sr. Luis Irua) B*

Profundidad (cm)	Dr.
20	2,65
40	2,65

Densidad real del predio en estudio El Inca

**Tabla 21.**

*Densidad real Los Arboles (Humberto Bolaños) C*

Profundidad (cm)	Dr.
20	2,65
40	2,65

Densidad real del predio en estudio Los árboles

**Tabla 22.**

*Densidad real Mariano Acosta (Carlos Ruiz) D*

Profundidad (cm)	Dr.
20	2,65
40	2,65

Densidad real del predio en estudio

Estas densidades reales fueron determinadas con la finalidad de realizar el cálculo de la lámina de agua.

#### 4.5.5. Porosidad total de los suelos.

##### El Inca I

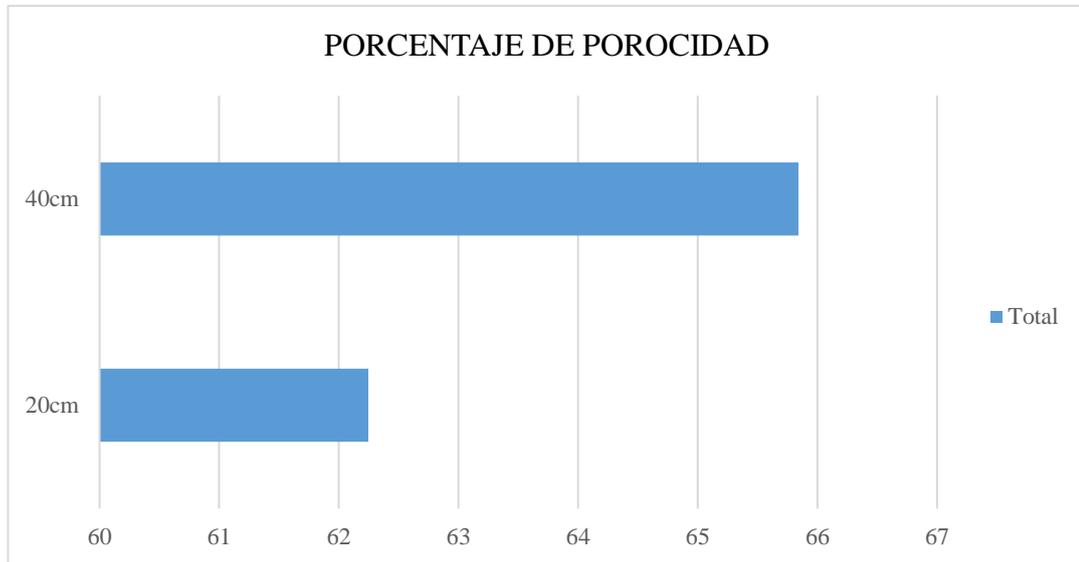
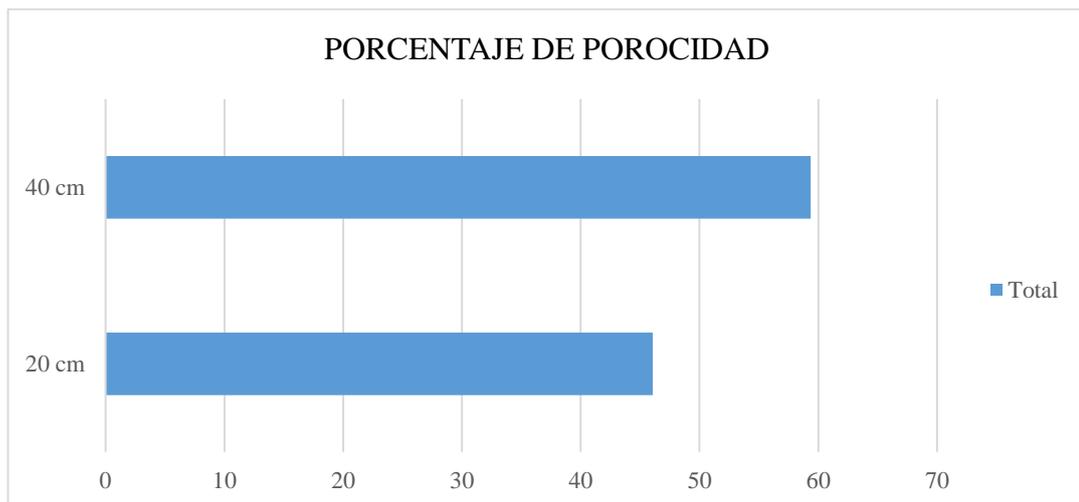


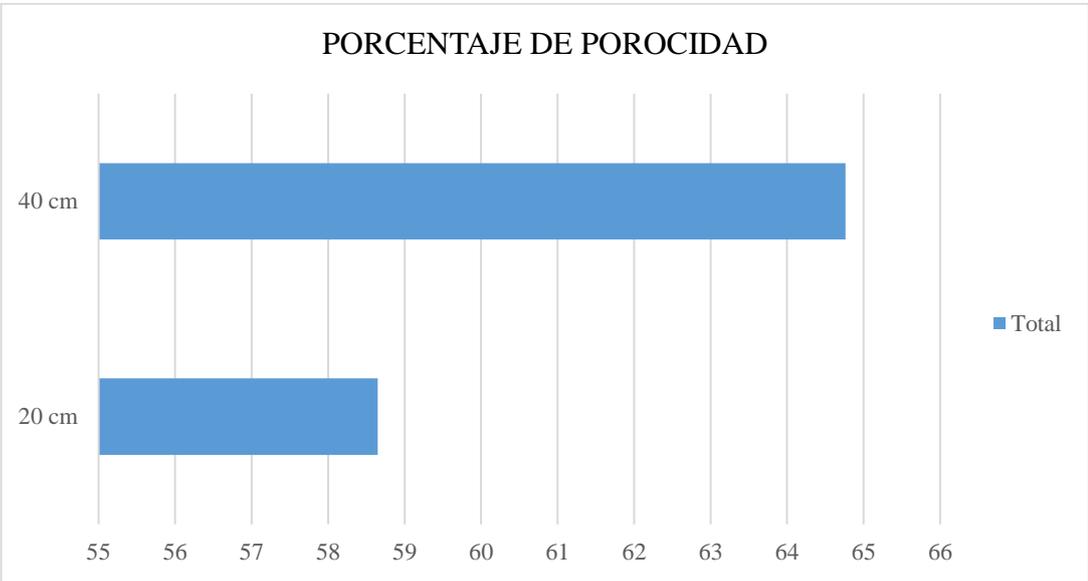
Figura 11. Porcentajes de Porosidad por sector

##### Comunidad el Inca II

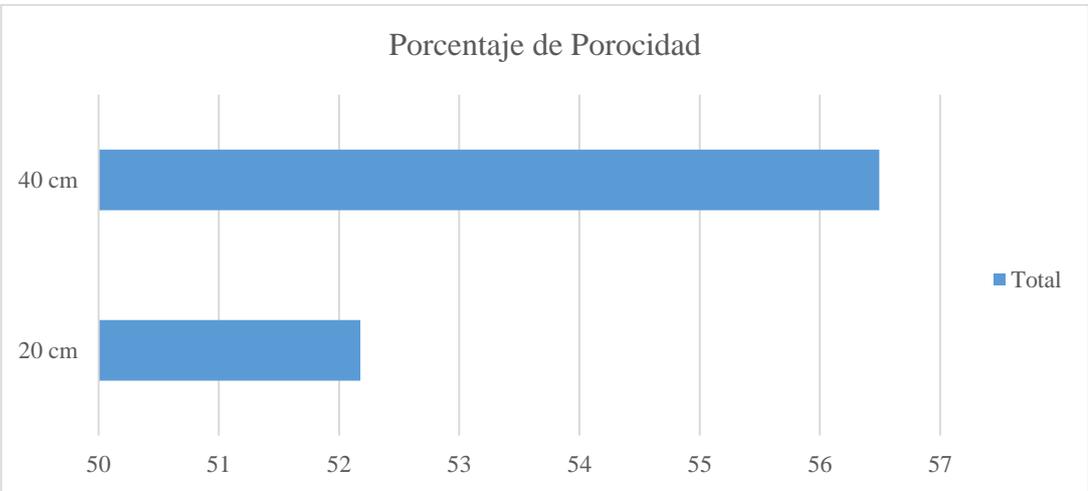
##### Porcentaje de porosidad



**Parroquia Mariano Acosta**



**Comunidad Los Arboles**



**Análisis**

El porcentaje de porosidad que muestran los cuadros fueron tomados a dos profundidades a 20cm y a 40cm de profundidad en todos los casos se encuentra en el rango que va de 50- 66 por ciento es lo que nos demuestra que poseen una capacidad de porosidad que este alrededor del 50% que según V. Cadena 2012. Manifiesta que cuando la porosidad se aproxima al 50% pertenece a un suelo franco que sería nuestro caso.

#### 4.5.6. Capacidad de campo

**Tabla 23.**

*Capacidad de Campo (CC) predios seleccionados en la micro cuenca.*

SECTOR PROPIETARIO	MUESTRA1 (20 cm)	MUESTRA 2 (40cm)	PROMEDIO
EL INCA (Sr. Luis Irua). B	17,47	14,83	16,15

SECTOR PROPIETARIO	MUESTRA 2		PROMEDIO
	MUESTRA1 (20 cm)	(40cm)	
EL INCA (Sr. Edwin Moran). A	14,96	17,32	16,14

SECTOR PROPIETARIO	MUESTRA1	MUESTRA 2	PROMEDIO
	(20 cm)	(40cm)	
LOS ARBOLES (Sr.Humberto Bolaños) .C	19,07	17,51	18,29

SECTOR PROPIETARIO	MUESTRA 2		PROMEDIO
	MUESTRA1 (20 cm)	(40cm)	
M. ACOSTA (Carlos Ruiz). D	37,5	36,2	36,86

Capacidad de campo de los predios en estudio.

#### **Análisis**

Los resultados de la capacidad de campo nos indican un porcentaje de retención de agua en el suelo luego de que el mismo haya sido saturado obtuvimos un 16,15 % en los predio del Sr. Luis Irua y en el predio del Sr. Edwin Moran es de 16,14% los predios pertenecen a la comunidad del Inca se muestran valores similares; tambien tenemos un valor de 18,29% en comunidad Los Árboles del Sr. Humberto Bolaños y el en el predio del Sr. Carlos Ruiz de la parroquia Mariano Acosta encontramos un valor de 36,86% lo que indica una presencia de arcilla.

## Punto de Marchitez Permanente

**Tabla 24.**

*Punto de Marchitez Permanente (PM) predios seleccionados en la micro cuenca.*

MUESTRA1 (20			
SECTOR PROPIETARIO	cm)	MUESTRA 2 (40cm)	PROMEDIO
EL INCA (Sr. Luis Irua). B	7,93	5,98	6,95

MUESTRA1		MUESTRA 2	PROMEDIO
SECTOR PROPIETARIO	(20 cm)	(40cm)	
EL INCA (Sr. Edwin Moran). A	6,07	7,82	6,94

MUESTRA1		MUESTRA	PROMEDIO
SECTOR PROPIETARIO	(20 cm)	2 (40cm)	
LOS ARBOLES (Humberto Bolaños) .C	9,11	7,95	8,53

MUESTRA1 (20		MUESTRA 2	PROMEDIO
SECTOR PROPIETARIO	cm)	(40cm)	
M. ACOSTA (Carlos Ruiz). D	22,75	21,8	22,28

Punto de marchitez en los predios en estudio

### Análisis

Los resultados muestran que existe un rango en los tres primeros predios que se encuentran en un porcentaje que va de los 6,94 -8,53 % que es propio de suelos francos y mientras que el predio del Sr. Carlos Ruiz presenta un valor de 22, 28 % lo que determina que en el suelo existe presencia de arcilla.

#### 4.5.7. Permeabilidad

**Tabla 25.**

*Permeabilidad de los suelos de los predios seleccionados en la cuenca*

Sector	Profundidad (cm)	Tiempo minutos	Infiltración (cm/min)
EL INCA (Sr. Luis Irua).	12,5	14,23	0,88
EL INCA (Sr. Edwin Moran).	18,5	11	1,68
M. ACOSTA (Carlos Ruiz).	17,49	12	1,46
LOS ARBOLES (Humberto Bolaños).	11,5	30	0,38

Permeabilidad de los suelos de los predios en estudio

El cuadro muestra la velocidad de infiltración que se obtuvo en las pruebas de infiltración con doble anillo y los resultados manifiestan que el suelo en el cual existe una mayor velocidad de infiltración es en la comunidad del Inca en la propiedad del Sr. Edwin Moran con una velocidad de 1,67 cm/min y el valor con menor velocidad de infiltración está en la Parroquia Mariano Acosta 0,38cm/min. Este es un dato muy relevante a la hora de determinar el sistema de riego ya que la infiltración influye mucho en el aprovechamiento eficiente del agua de riego.

#### 4.5.8. Profundidad de Enraizamiento

**Tabla 26.**

*Profundidad de Enraizamiento de los predios seleccionados en la cuenca*

Sector	Promedio de Profundidad (cm)
EL INCA (Sr. Luis Irua).	60
EL INCA (Sr. Edwin Moran)	64
LOS ARBOLES (Sr. Humberto Bolaños).	75
M. ACOSTA (Carlos Ruiz).	40

Profundidad de enraizamiento

En la tabla se muestra que la profundidad efectiva de raíz con un 75 cm en el predio del Sr. Humberto Bolaños y el predio que registra la menor profundidad es la del Sr. Carlos Ruiz. Estos rangos muestran que los suelos son profundos para permitir que la raíz se expanda.

#### 4.5.9. Lamina de Riego

**Tabla 27.**

*Lamina de riego de los predios seleccionados*

Lamina de riego	Lamina de riego (cm)
EL INCA (Sr. Luis Irua).	5
EL INCA (Sr. Edwin Moran).	7
LOS ARBOLES (Sr. Humberto Bolaños).	8
M.ACOSTA (Carlos Ruiz).	6

Lámina de riego

Con los parámetros de suelo calculados se determinó la lámina de riego que registra un valor máximo para riego en el predio del Sr. Humberto Bolaños con 8 cm y el menor con 5 cm del Sr. Luis Irua.

#### 4.5.10. Aforo de caudales determinados para cada sector

**Tabla 28.**

*Caudales y disponibilidad de agua en Litros/ semana.*

Sector	Q(l/s)	Fr. (Nº días /seman)	L/semanales
EL INCA (Sr. Edwin Moran)	70	2	120960
EL INCA (Sr. Luis Irua)	70	2	120960
LOS ARBOLES (Humberto Bolaños)	40	1	34560
M.ACOSTA (Carlos Ruiz)	100	3	259200

Disponibilidad de agua

En la tabla se indica los valores del caudal en (l/s) se evidencia que la mayor cantidad de agua reciben los moradores de Mariano Acosta que se debe a que las captaciones son hechas en el sector mientras que la menor cantidad de agua disponible está en la comunidad de Los Arboles que se le atribuye a que está ubicado en la parte baja de la microcuenca y el caudal de agua es de tan solo 40 l/s.

Mediante el análisis se determina que el riego para el predio del sector de los Arboles debe de optimizar el uso del agua y este es un factor importante que tuvo mayor valor en la metodología aplicada.

#### 4.6. Análisis multicriterio

Según Osorio-Gómez (2008) una de las ventajas del AHP como herramienta de apoyo a la toma de decisiones en problemas de selección de múltiples criterios es la posibilidad que brinda frente a la agregación de diferentes tipos de información, tanto cualitativa como cuantitativa, lo cual facilita la participación en el proceso de personas con una marcada tendencia técnica.

El método del AHP, con la construcción de un modelo jerárquico, aprueba de una manera eficaz y clara la información respecto a un problema donde se va priorizando variables para este estudio se ha considerado variables que se detallan en el siguiente cuadro.

**Tabla 29.**

*Parámetros relevantes analizados para la aplicación del método AHP en los predios*

	CLIMÁTICO	SUELO	HÍDRICOS	TOPOGRÁFICOS	CULTIVOS
	Precipitación	Textura	Q=l/s	Pendiente	Tipo de cultivo
EL INCA (Sr. Edwin Moran). A	1150	Franco	70	7,5	CICLO CORTO (ARVEJA)
EL INCA (Sr. Luis Irua). B	1250	Franco	70	25	FRUTALES (DURAZNO)
LOS ARBOLES (Sr. Humberto Bolaños). C	950	Franco arenoso	40	7,5	FRUTALES GRANADILLA
M. ACOSTA (Sr. Carlos Ruiz). D	1350	Franco	100	25	CICLO CORTO (HABAS)

#### Aplicación del método AHP

En el cuadro se priorizo a cuatro predios seleccionados para el muestreo y cinco criterios o variables en nuestro estudio fueron los parámetros: climáticos, suelos, hídricos, topográficos y los cultivos los cuales fueron analizados con cada uno de los predios de acuerdo a sus características.

**Tabla 30.***Resultados del análisis del sistema de riego por goteo en los predios*

Sectores (predios) / Parámetros	Precipitación	Textura	Q=l/s	Pendientes	Tipo de Cultivo	Priorización
EL INCA (Sr. Edwin Moran)	0,14	0,09	70	0,18	0,18	0,17
EL INCA (Sr. Luis Irua)	0,06	0,06	70	0,10	0,22	0,14
LOS ARBOLES M. ACOSTA (Sr. Carlos Ruiz)	0,40	0,46	40	0,42	0,53	<b>0,49</b>
PONDERACIONES	0,13	0,08	0,13	0,21	0,45	0,21

Resultados del sistema de riego por goteo

En este cuadro se comparó las características del sitio y los criterios de la FAO sobre el requerimiento del sistema de riego por goteo en donde el análisis por el método AHP el cual arroja que el predio más apto para este tipo de riego con un valor de 0,49 que es el valor más alto calificado es el del Sr. Humberto Bolaños de la comunidad de los Árboles.

**Tabla 31***Resultados del análisis del sistema de riego por aspersión en los predios*

Sectores (predios)/Parametros	Precipitación	Textura	Q=l/s	Pendientes	Tipo de Cultivo	Priorización
EL INCA (Sr. Edwin Moran)	0,25	0,15	0,22	0,23	0,60	<b>0,39</b>
EL INCA (Sr. Luis Irua)	0,31	0,29	0,15	0,37	0,46	<b>0,37</b>
LOS ARBOLES (Sr. Humberto Bolaños)	0,25	0,25	0,42	0,33	0,33	0,33
M. ACOSTA (Sr. Carlos Ruiz)	0,17	0,25	0,42	0,33	0,29	0,30
PONDERACIONES	0,13	0,08	0,13	0,21	0,45	

Resultados del sistema de riego por aspersión

En este cuadro se comparó las características del sitio y los criterios de la FAO sobre el requerimiento del sistema de riego por aspersión y micro aspersión en donde el análisis por el método AHP arroja que los predios más aptos para este tipo de riego en el primer caso con un valor de 0,39 es el predio perteneciente al Sr. Edwin Moran y en segundo lugar está el predio perteneciente a el Sr. Luis Irua con un valor 0,37 estos son los valores más altos calificados los dos predio pertenecen a la comunidad el Inca.

**Tabla 32.**

*Resultados del análisis del sistema de riego por gravedad en los predios*

Sectores (predios)/Parametros	Precipitación	Textura	Q=l/s	Pendientes	Tipo de Cultivo	Priorización
EL INCA (Sr. Edwin Moran)	0,09	0,22	70	0,09	0,14	0,12
EL INCA (Sr. Luis Irua)	0,07	0,05	70	0,08	0,1	0,09
LOS ARBOLES (Sr.Humberto Bolaños)	0,25	0,22	40	0,28	0,17	0,24
M.ACOSTA ( Sr. Carlos Ruiz)	0,43	0,28	100	0,3	0,28	<b>0,35</b>
Ponderaciones	0,17	0,05	0,15	0,27	0,35	

Resultados del sistema de riego por gravedad

En este cuadro se comparó el criterio para el riego por gravedad en donde el análisis por el método AHP arroja que el predio más apto para este tipo de riego es el del Sr. Carlos Ruiz de la parroquia Mariano Acosta.

En este cuadro se comparó las características del sitio y los criterios de la FAO sobre el requerimiento del sistema de riego por gravedad en donde el análisis por el método AHP arroja que el predio más apto para el sistema de riego por gravedad con un valor de 0,35 que es el valor más alto calificado es el del Sr. Carlos Ruiz de la parroquia Mariano Acosta.

## 4.7. Diseños sugeridos

Con la determinación del sistema de riego por la metodología HPA se estableció un diseño para los diferentes predios muestreados de cada localidad con la finalidad que sea un referente para los demás predios del sector.

### 4.7.1. Riego por Goteo

Mapa 9. Mapa de Diseño de Riego por Goteo



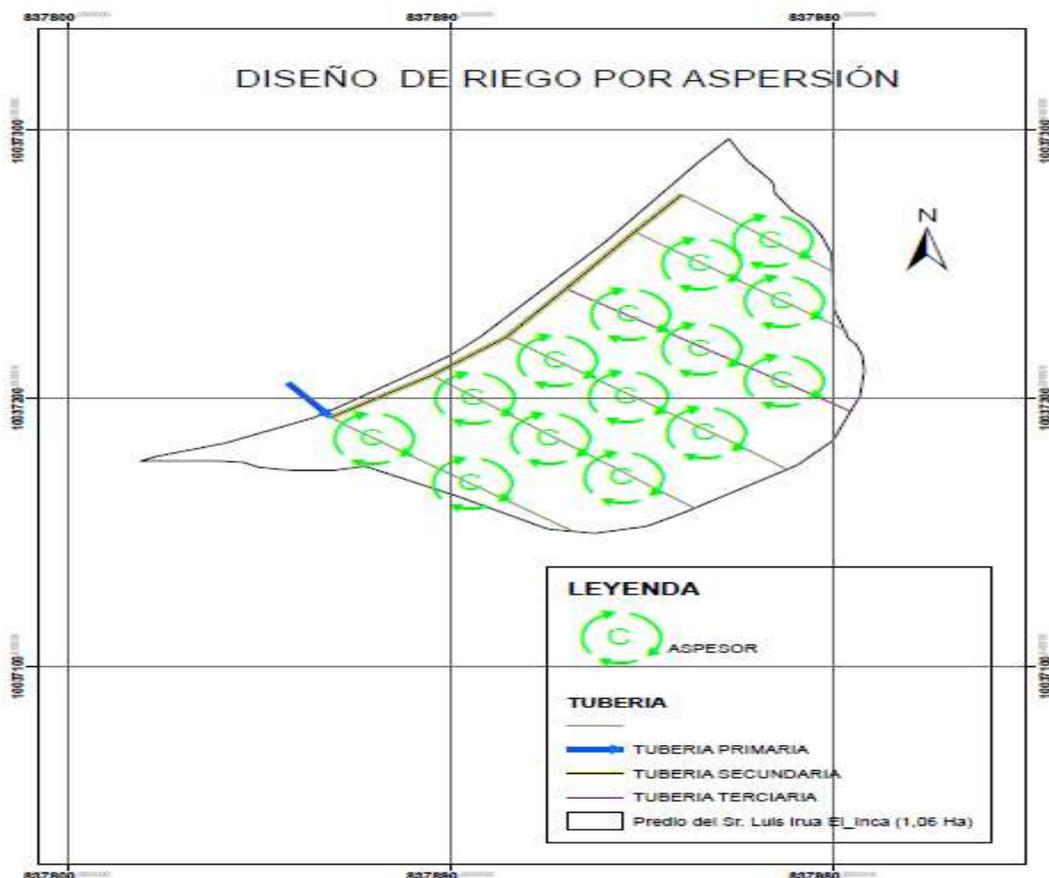
En el mapa se describe el diseño del predio georreferenciado en campo perteneciente al Sr. Humberto Bolaños con una superficie 2,09 ha en la comunidad de Los Árboles en la leyenda se describe los materiales (tuberías y emisores) de los cuales está compuesto este sistema de riego por goteo y su distribución en el terreno.

Según la Subsecretaria de Riego del MAGAP el costo por hectárea de este sistema de riego por goteo es de 6.811 USD/ha, mientras que el proyecto Tisaleo establece un costo de 15.440 USD.

Tomando como referencia el costo promedio de la Subsecretaria de riego se establece un costo de 14.234, 99 USD para las 2,09 ha.

#### 4.7.2. Riego por Aspersión 1

Mapa 10. Mapa de Diseño de Riego por Aspersión 1



En el mapa se describe el diseño del predio georreferenciado en campo perteneciente al Sr. Luis Irua de la comunidad el Inca, con un área de 1,06 ha, en la leyenda se describe los materiales (tuberías y aspersores) de los cuales está compuesto este sistema de riego por micro aspersión y su distribución en el terreno.

Según la Subsecretaria de Riego del MAGAP, el costo por ha de este sistema riego por aspersión es de 2.049 USD/ha, mientras que en el proyecto mientras que en el estudio para el proyecto de riego Tisaleo establece un costo de 3.860 USD/ha.

Tomando como referencia el costo de la Subsecretaria de riego se establece un costo 2.171,94 USD para el predio muestreado.

#### 4.7.2. Riego por Aspersión 2

Mapa 11. Mapa de Diseño de Riego por Aspersión 2



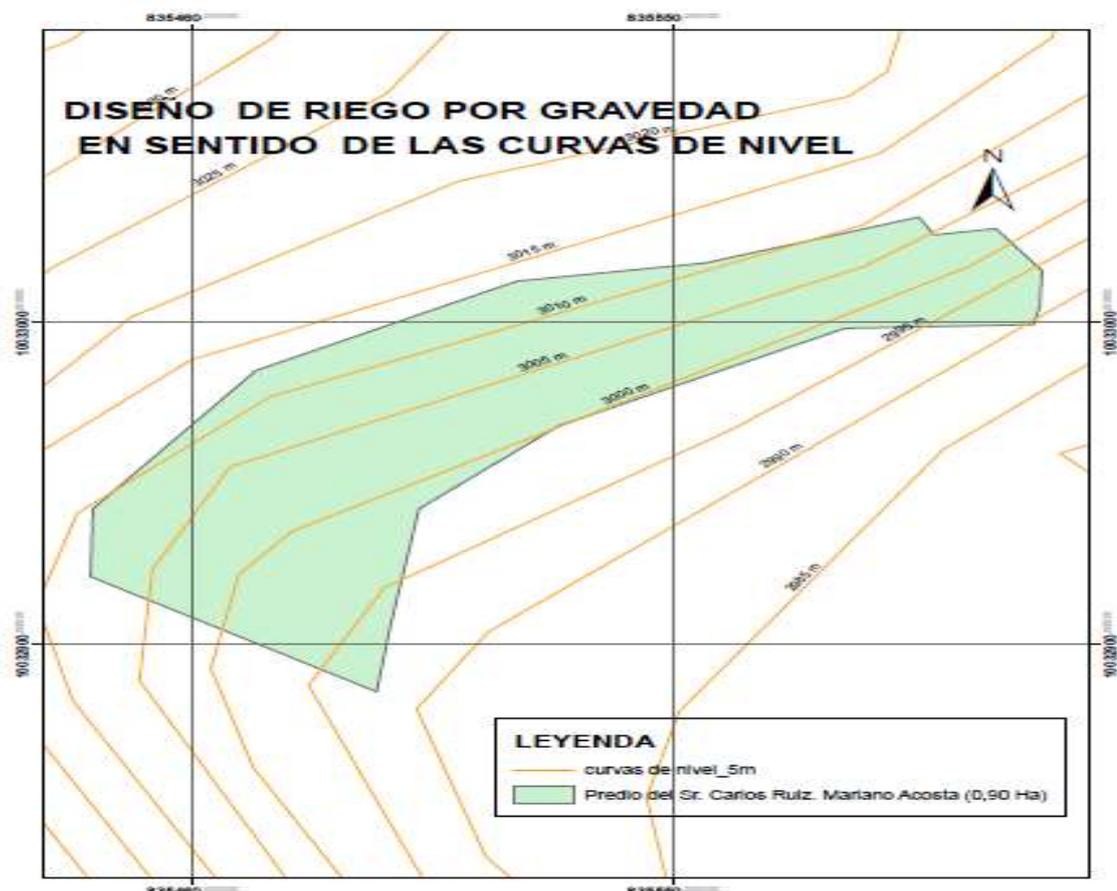
En el mapa se describe el diseño del predio georreferenciado en campo perteneciente al Sr. Edwin Moran de la comunidad el Inca con una superficie de 2,53 ha, y en la leyenda se describe los materiales (tubería y aspersores) de los cuales está compuesto este sistema de riego por aspersión y su distribución en el terreno.

Según la Subsecretaria de Riego del MAGAP, el costo por ha de este sistema riego por aspersión es de 2.049 USD/ha, mientras que en el proyecto Tisaleo se establece un costo de 3.860 USD/ha.

Tomando como referencia el costo de la Subsecretaria de riego se establece un costo de 5.183, 97 USD/ha para el predio muestreado.

#### 4.7.3. Riego por Gravedad

Mapa 12. Mapa de Diseño de Riego por Gravedad



En el mapa se describe el diseño del predio georreferenciado en campo perteneciente al Sr. Carlos Ruiz de la parroquia de Mariano Acosta con un área de 0,90 ha, y en la leyenda se describe la dirección de las curvas de nivel con una ligera inclinación transversal a la pendiente recomendación cuando se realiza este tipo de riego. El costo es el de la mano de obra empleada para este tipo de riego.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1. Conclusiones**

Mediante la caracterización de los diferentes parámetros: Climáticos, edafológicos, hídricos y el tipo de cultivo, de las áreas de estudio de la microcuenca se determinó las características de cada sitio.

En este estudio mediante el análisis multicriterio por el Método AHP (Proceso de Análisis Jerárquico) que compara las características de cada sitio y el requerimientos de cada sistema de riego propuestos por la FAO para la valoración, se determinó el sistema de riego con los siguientes resultados para cada sector:

- Para el sector Inca bajo en el predio perteneciente a el Sr. Edwin Morán con una superficie de 2,53 ha, el sistema de riego más apto para las condiciones encontradas es el riego por aspersión, con una puntuación de 0,39 y un costo de 5.183, 97 USD.
- En el sector el Inca alto en el predio perteneciente a el Sr. Luis Irua con una superficie de 1,06 ha el sistema de riego más apto para las condiciones según los resultados es el riego por micro aspersión con una puntuación de 0,37 y un costo de 2.171,94 USD.
- En el sector de Mariano Acosta en el predio perteneciente a Sr. Carlos Ruiz con una superficie de 0,90 ha. se determinó que el sistema de riego recomendado con una valoración de 0,35 es el riego tradicional por gravedad donde el costo para este sistema es el pago de la mano de obra para las personas que realiza el riego.

- En la parte baja de la cuenca en el sector de Los Árboles en el predio del Sr. Humberto Bolaños con una superficie de 2,09 ha, de acuerdo a los resultados que arroja la metodología aplicada se recomienda el riego por goteo con la finalidad de realizar el uso más eficiente con una puntuación de 0,49 y un costo promedio de implementación de 15.440 USD.
- Una vez definido los diferentes sitios con su respectivo sistema de riego producto de la aplicación de los métodos Método AHP se realizó los diferentes diseños para cada caso: un predio para el sistema de riego por aspersión, un predio para el sistema de riego por micro aspersión, uno por goteo y uno por gravedad.
- La finalidad que persigue este estudio es informar a los moradores sobre cual sistema de riego es el más recomendable para las características de cada comunidad, teniendo en cuenta que en esta cuenca, el caudal de agua es muy bajo y es necesario emprender acciones con el fin de garantizar la sostenibilidad de las actividades agrícolas que se desarrollan en esta zona, ya que una forma eficiente de utilizar el recurso es elegir el sistema de riego más adecuado para cada localidad de la micro cuenca que optimice el agua de riego. Además, que es una estrategia que se debería implementar en varios lugares en donde los recursos hídricos sean escasos tomando en cuenta que el planeta debe adaptarse a las condiciones que se están presentando en estos días con el cambio climático.
- En la socialización los agricultores dieron su punto de vista con respecto a los sistemas de riego propuestos entre ellos tenemos: la desconfianza por adoptar nuevas tecnologías y por una cuestión cultural y de técnicas de riego tradicional que se encuentra muy arraigadas en los agricultores. Los temas abordados en la socialización fueron los costos de estos sistemas que en la zona poco a poco en algunas fincas han adoptado sin tomar en cuenta las características de sus predios. También se observa el desconocimiento por parte de los agricultores

sobre el cambio climático que es uno de los grandes problemas de nuestros tiempos ya que está disminuyendo la cantidad de agua y la demanda sigue creciendo, algunos expertos manifiestan que en los siguientes años se podría generar un problema de escases de agua lo cual causaría una serie de problemas para los habitantes de esta cuenca que su economía depende exclusivamente de la agricultura.

## 5.2. Recomendaciones

- Una de las principales recomendaciones sería realizar charlas sobre la importancia de la el uso eficiente del agua de riego mediante la adopción de nuevas tecnologías, tomando en cuenta que en estos días el Cambio climático es una realidad y es indispensable implementar medidas de adaptación a este suceso contemporáneo, considerando que los servicios ambientales están siendo afectados entre ellos los recursos hídricos, por lo cual sería necesario que las autoridades establezcan dentro de sus ordenanzas una para el uso eficiente de este servicio ya que los costos para llevar el caudal a esto sitios es muy alto y la mayor parte del caudal se pierde infiltración por no tomar en cuenta las características del sitio a la hora de adquirir un sistema de riego o sino simplemente no adoptar un riego tecnificado y continuar con el riego tradicional por gravedad que genera un desperdicio de un 50% del agua adjudicada para los usuarios.
- La recomendación principal para las diferentes autoridades y ministerios sería enfocarse en la caracterización de los diferentes escenarios para levantar información más detallada que les permita recomendar el tipo de riego más adecuado teniendo en cuenta que uno de los pasos más importantes a la hora de adjudicar caudales es saber qué tipo de sistema de riego es más apto para cada sitio con la finalidad de garantizar la sostenibilidad del agro y gestionar recursos para la adquisición de equipos de riego tecnificado.
- Otra recomendación importante es que las autoridades provinciales y municipales se preocupen por la ampliación del sistema de riego ya que según el análisis solo el 6% de la cuenca es regada mientras que el 35 % con un elevado potencial de riego no cuenta con agua para riego y no es suficiente aumentar la superficie de riego únicamente con la adopción de nuevos sistemas de riego. Además de que se recomendaría realizar un estudio sobre la distribución del agua ya que se evidencia muchos problemas en las concesiones a los usuarios.

## Referencias Bibliográficas

- Bustos, R., Sili, M., Sivori, G., Días, G., & Reiter, G. Diagnóstico Integrador y Escenarios Futuros de la Región y la Cuenca del río Colorado (2013).
- Carrión, H. (2005). *Resumen Ejecutivo*. <https://doi.org/10.1787/9789264176362-es>
- Cedillo, E., & Calzada, M. (2010). *Los sistemas de riego y las semillas mejoradas en la agricultura moderna*. Retrieved from <http://www.revistaencuentros.com/wp-content/uploads/2010/08/Los-sistemas-de-riego-y-las-semillas-mejoradas.pdf>
- CEPLAN. (2016). Megatendencias: un análisis del estado global, *1*, 104. Retrieved from <http://www19.iadb.org/intal/intalcdi/PE/2016/16355.pdf>
- Cesa, D. C., & Moran, C. Riego, La Producción y el Mercado (2002).
- Cleves, J., Martínez, L. F., & Toro, J. (2016). Los balances hídricos agrícolas en modelos de simulación agroclimáticos. Una revisión analítica. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, *10*(1), 149–163. <https://doi.org/10.17584/rcch.2016v10i1.4460>
- Cun, R., Pérez, R., Cisneros, E., & Zamora, E. (2017). La hidrometría de explotación, una herramienta importante para el uso eficiente del agua en una agricultura sostenible. *Ingeniería Agrícola*, *7*(2), 66–73.
- Demin, P. E. Aportes para el mejoramiento del manejo de los sistemas de riego Métodos de riego : fundamentos , usos y adaptaciones (2014).
- FAO, F. and A. O. of the U. N. (2015). Towards a water Critical Perspectives for Policy-makers, 62. Retrieved from [http://www.fao.org/nr/water/docs/FAO\\_WWC\\_white\\_paper\\_web.pdf](http://www.fao.org/nr/water/docs/FAO_WWC_white_paper_web.pdf)
- FAO, E. de la D. T. y A. de la. (2013). *Afrontar la Escasez de Agua*.
- Feo, O., Solano, E., Beingolea, L., Aparicio, M., & Villagra, M. (2009). Cambio Climático y Salud en la Región Andina, *26*(1), 83–93.
- Foro, C. A. (2012). Diagnóstico del agua en las américas. In *Diagnostico del Agua en las Americas* (pp. 1–448).
- Foro de Alto Nivel de Expertos. (2009). La agricultura mundial en la perspectiva del año 2050. In *Como Alimentar al Mundi en 2050*.
- Frenken, K., & Gillet, V. (2012). Irrigation water requirement and water withdrawal by country. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, 264.

- Retrieved from [http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water\\_use\\_agr/index.stm](http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water_use_agr/index.stm)
- Galarraga, R. (2000). *Informe Nacional Sobre la Gestion del Agua en el Peru*.
- La, O. M. de, Agencias, P., Agencias, U., Agencias, F. A. O., Agencias, O., Regionales, C., & Mundial, B. (2010). *La crisis mundial del agua*. *Water* (Vol. 3).
- Larrea, D. (2012). *Universidad de Chile*.
- Martínez-Austria, P., & Patiño-Gómez, C. (2012). Efectos del cambio climático en la disponibilidad de agua en México. *Tecnología Y Ciencias Del Agua*, 3(1), 5–20.
- Mendoza, A. Riego por Goteo (2013).
- Mireya, C., Pauta, L., & García, R. P. (2013). Diseño óptimo de sistemas de riego a presión Aplicación en casos ( Ecuador ) Desenho ótimo de sistemas de irrigação por pressão Casos de aplicação ( Equador ). *Revista de Investigación Agraria Y Ambiental*, 4, 64.
- Ojeda, W., Sifuentes, E., Íñiguez, M., & Montero, M. (2011). Impacto del cambio climático en el desarrollo y requerimientos hídricos de los cultivos. *Agrociencia*, 45(1), 1–11.
- Peralta, M. (1998). *Como Elevar la Eficiencia del Riego por Gravedad en el Cultivo de Azúcar*.
- Rodés, C. R. R., Felipe, C. C. L., Mayra, M. S., Reyes, F., Ledyá, M. S., & Puig, B. (2013). Elementos básicos para la zonificación de las tecnologías de riego en función de la evaluación de tierras de regadío en el cultivo de la caña de azúcar en Cuba Basics for zoning of irrigation technologies based on the evaluation of irrigated soil in the c, 3(2), 68–72.
- Rosales, C., & De, S. J. Junta Municipal De Agua Potable Y Alcantarillado De Culiacán . (2010).
- Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83. <https://doi.org/10.1504/IJSSCI.2008.017590>
- Saldívar, A. (2013). Gobernanza multidimensional del agua: la Directiva Marco del Agua europea. Dificultades de su aplicación. *Economía Informa*, 381, 74–90. [https://doi.org/10.1016/S0185-0849\(13\)71329-X](https://doi.org/10.1016/S0185-0849(13)71329-X)
- WWF. (2015). *Modernización de Regadíos Un mal negocio*. España.

## ANEXOS

### Anexo 1. Encuesta

ENCUESTA DE LOS PREDIOS MUESTREADOS EN LA CUENCA DEL RIO CHAMACHAN			
EDAD	CI:		SEXO H
			X
CANTÓN:			SECTOR:
TELEFONO FIJO:			ESTADO CIVIL
		OTROS :	
PUBLICO		PRIVADO	JORNAL
MENSUAL	AGRICULTURA	BONO	OTROS
USOS			
RIEGO	ABREVADERO	CONSUMO HUMANO	
SUPERFICIE/PARCELA		TARIFAS	
AREA TOTAL .HA	AREA BAJO RIEGO	CAUDAL [L/s, m3]	OTROS
FRECUENCIA DEL RIEGO			
QUINSENAL	SEMANAL	OTROS	
TIPO DE INFRAESTRUCTURA			
REVESTIDO	ENTUBADO	OTROS	
TIPO DE RIEGO EN LA PARCELA			
ASPERSIÓN	GOTEO	OTROS	
FRECUENCIA DE REUNIONES			
NO	SEMANAL	QUINSENAL	MENSUAL
TARIFA DE PAGO			
MENSUAL	TURNO	ANUAL	
PROBLEMAS DE LAS JUNTA			
COBRO DE TRARIFAS	ROBOS	DISTRIBUCIÓN	OTROS
TENENCIA DE TIERRA			
PROPIOS	ARRENDADOS	ALPARTIR	
DESCRIPCIÓN DEL TERRENO			
PREPARADO	DESCANZO	CANAGAHUA	

*Figura 12. Encuesta*

## Anexo 2. Análisis de Laboratorio

<b>LABONORT</b>		
LABORATORIOS NORTE		
Av. Cristóbal de Troya 493 y Jaime Roldos	Ibarra-Ecuador.	Telf. cel. 0999591050

### REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICO

NOMBRE: OSCAR MAYANQUER  
MUESTRA: SUELO  
ANÁLISIS: TEXTURA; CC; PMP ;%H  
REPORTE: 8084 -8085  
FECHA : 10 /11/ 2017  
SITIO PIMAMPIRO (El Inca)

### RESULTADOS

MUESTRA	Campo	(%) Arena	(%) Arcilla	(%) Limo	Clase Textural	% CC	% PMP	%H
8084	Lote 1	40,8	14,4	44,8	Franco	14,96	6,07	14,96
8085	Lote2	50,4	11,4	38,2	Franco	17,32	7,82	17,32

Siglas: %CC= capacidad de campo; %PMP= marchitez permanente ; %H= Humedad

#### Método:

Textura: gravimétrico de Bouyoucos

%CC, %H = estufa a 110°C

%PMP= %CC y ecuación de Silva et



Dr. Quím. Edison M. Miño M.  
RESPONSABLE DE LABONORT





# LABONORT

LABORATORIOS NORTE  
Av. Cristobal de Troya 493 y Jaime Roldos Ibarra - Ecuador  
Cel: 0999591050

## REPORTE DE ANÁLISIS SUELO

NOMBRE: OSCAR MAYANQUER  
ANÁLISIS: TEXTURA DEL SUELO  
MUESTRA: LOTE MA (Pimampiro)

FECHA INGRESO: 11 de mayo 2018  
FECHA REPORTE: 15 de mayo 2018

### RESULTADOS

N MUESTRA	% arena	% arcilla	% limo	TEXTURA
8480	47,2	20,8	32,0	Franco

Método: Bouyoucos, análisis granulométrico por densimetría con hidrómetro de Bouyoucos.

Dr. Edison M. Miño M



# LABONORT

LABORATORIOS NORTE  
Av. Cristobal de Troya 493 y Jaime Roldos Ibarra - Ecuador  
Cel: 0999591050

## REPORTE DE ANÁLISIS SUELO

NOMBRE: OSCAR MAYANQUER  
ANÁLISIS: TEXTURA DEL SUELO  
MUESTRA: Imbabura - Pimampiro

FECHA INGRESO: 18 de mayo 2018  
FECHA REPORTE: 21 de mayo 2018

### RESULTADOS

N MUESTRA	N CAMPO	% arena	% arcilla	% limo	TEXTURA
8520	Los Arboles	45,2	14,8	40,0	Franco
8521	El Inca	45,2	16,8	38,0	Franco

Método: Bouyoucos, análisis granulométrico por densimetría con hidrómetro de Bouyoucos.

Dr. Edison M. Miño M  
RESPONSABLE DE LABONORT





### Anexo 3. Galería fotográfica



*Figura 14.* Canal de riego



*Figura 15.* Canal de riego



*Figura 16.* Pruebas de infiltración



*Figura 17.* Toma de muestras para determinar densidades:



*Figura 18.* Profundidad de raíz



*Figura 19.* Cultivos



*Figura 20. Cultivos*



*Figura 21. Encuestas*



*Figura 22.* Encuestas



*Figura 23.* Microcuenca del Rio Chamachan

## Urkund Analysis Result

**Analysed Document:** Oscar Mayanquer MAR 16-2019 tesis N.doc (D49210941)  
**Submitted:** 3/16/2019 5:23:00 PM  
**Submitted By:** jmoncada@utn.edu.ec  
**Significance:** 3 %

### Sources included in the report:

Tesis\_Basantes\_Fernando\_CC3.docx (D32668556)  
Tesis\_Basantes\_Fernando\_CC2.docx (D30704562)  
riego y drenaje.docx (D12325825)  
Tesis Enrique - Manuel.docx (D21103777)  
<https://pt.slideshare.net/NicolasAlbarracin1/7-sistemas-de-riego-a-presion>  
<https://doi.org/10.17584/rcch.2016v10i1.4460>  
<https://doi.org/10.1504/IJSSCI.2008.017590>  
b11b5873-2c46-4de8-8405-6f7321988dd5  
103ff0d7-7965-4921-8b27-8b4a84e35ab8

### Instances where selected sources appear:

14