UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

ANÁLISIS DE LA DISPONIBILIDAD Y DEMANDA DE AGUA, CON FINES DE RIEGO, EN EL SISTEMA CAMPANA- MALACATOS, UTILIZANDO LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)

Tesis de grado previa a la obtención del título de Ingeniero Agrícola

AUTOR:

Alex Leonel Cañar Rivas

DIRECTOR:

Ing. Aníbal González González, Mg. Sc.

Loja – Ecuador

2016

Ing. Aníbal González, Mg. Sc.,

DIRECTOR DE TESIS Y DOCENTE DEL ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

CERTIFICACIÓN

En calidad de Director de la tesis titulada "**ANÁLISIS DE LA DISPONIBILIDAD Y DEMANDA DE AGUA, CON FINES DE RIEGO, EN EL SISTEMA CAMPANA-MALACATOS, UTILIZANDO LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG),** de la autoría del señor egresado de la carrera de Ingeniería Agrícola Alex Leonel Cañar Rivas, ha concluido dentro del cronograma y autorizo se continúe con el trámite de graduación.

Loja, 04 de Febrero del 2016

.....
Ing. Aníbal González González Mg. Sc.
DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICACIÓN DE MIEMBROS DEL TRIBUNAL

C E R T I F I C AN:

Que el documento de Tesis **ANÁLISIS DE LA DISPONIBILIDAD Y DEMANDA DE AGUA, CON FINES DE RIEGO, EN EL SISTEMA CAMPANA-MALACATOS, UTILIZANDO LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)**, de autoría del señor Alex Leonel Cañar Rivas, egresado de la Carrera de Ingeniería Agrícola, ha sido revisado, por lo que autorizamos la impresión y publicación.

Loja, 14 de Junio del 2016

Edison Ramiro Vásquez, PhD.
PRESIDENTE

Ing. Luis Sivisaca Caraguay, Mg.Sc
VOCAL

Ing. Oscar Juela Sivisaca, Mg.Sc.
VOCAL

AUTORÍA

Yo, Alex Leonel Cañar Rivas, declaro se autor del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.

Autor: Alex Leonel Cañar Rivas

Firma:……..

Cédula: 1105244584

Fecha: Loja, 29 de Junio de 2016

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO

Yo, **Alex Leonel Cañar Rivas,** declaro ser autor de la tesis titulada **"ANÁLISIS DE LA DISPONIBILIDAD Y DEMANDA DE AGUA, CON FINES DE RIEGO, EN EL SISTEMA CAMPANA-MALACATOS, UTILIZANDO LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)",** como requisito para optar al grado de Ingeniero Agrícola, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional.

Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los 29 días del mes de junio de dos mil dieciséis firma el autor.

Firma:.....

Autor: Alex Leonel Cañar Rivas

Número de cedula: 1105244584

Dirección: Loja, Av. Paltas y Guangala esquina 10-141

Correo electrónico: leonelc2008@hotmail.es

Teléfono: 2583098 **Celular:** 0985981155

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de Tesis: Ing. Aníbal González González Mg. Sc.

Tribunal de Grado: Ing. Edison Ramiro Vásquez, PhD
Ing. Luis Sivisaca Caraguay Mg.Sc.
Ing. Oscar Juela Sivisaca Mg. Sc.

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo de Tesis se realizó gracias al apoyo incondicional de personas naturales, docentes, técnicos y familiares.

A la planta docente de la carrera de Ingeniería Agrícola, gracias por brindarme sus conocimientos y experiencias que han transcurrido en estos cinco años de arduo trabajo, por formarme como un profesional ético, humano y científico-técnico en todas las ramas del conocimiento de la ingeniería.

Un agradecimiento especial a mi director de Tesis el Ing. Aníbal González, por su confianza, respeto, amistad y conocimientos compartidos. Así mismo a la Ing. Fernanda Livisaca y al Ing. Marlon Chamba por sus palabras de aliento y perseverancia en los últimos días antes de finalizar este trabajo a fin de lograr mi objetivo planteado.

Finalmente agradezco a mis padres, hermanos, tíos y familiares que en los momentos más difíciles supieron brindarme la amistad, confianza pero sobre todo ese espíritu de lucha constante y perseverancia, a fin de ser uno de los mejores ingenieros agrícolas que contribuyan al progreso de mi pueblo Nambacola.

El Autor.

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico y fue gracias al todo poderoso, por darme una oportunidad de vida, a mis padres Marta Rivas y Edgar Cañar, que estuvieron y están siempre en mi corazón, apoyándome económica y mentalmente en cada amanecer de la vida.

Con mucho cariño a mi hermano Edgar Patricio, que con su ejemplo de esfuerzo y superación, motor fundamental para seguir adelante y pensar en grande, con el objetivo de ser igual o mejor que él, a mis tías María y Gladys por sus continuos consejos de lucha y superación.

A mis amigos de ecuavoly Humberto, Edison, Klever, Edwin, que supieron alentarme y ahora sentirse orgullosos de aquel niño que creció, lloró y desarrolló sus habilidades superándose y es un profesional ejemplo para las futuras generaciones

Alex Leonel

Índice General

Certificado del Director de tesis……..ii

Certificado del tribunal de Grado……...iii

Autoría……iv

Carta de Autorización……..v

Agradecimiento……...vi

Dedicatoria……vii

Índice general……...viii

1 Introducción..... 1

2 Revisión bibliográfica 3

2.1 Planeación de los recursos hídricos en cuencas hidrográficas..... 3

2.2 Estimación de la disponibilidad de agua para riego 4

2.2.1 La cuenca hidrológica……4

2.2.2 Características morfométricas de las cuencas……4

2.2.3 Precipitación media de la cuenca……...5

2.2.4 Escurrimientos……...6

2.3 Necesidades hídricas de los cultivos..... 10

2.3.1 Evapotranspiración de referencia (ETo)……..10

2.3.2 Evapotranspiración de los cultivos (ETc)……12

2.4 Precipitación efectiva……...13

2.4.1 Fórmulas empíricas……..13

2.4.2 Método del soil conservation service……..14

2.5 Patrón de cultivos 14

2.6 Requerimiento hídrico de los cultivos (IRReq) 15

2.7 Los sistemas de información geográfica (SIG) en los sistemas de riego 16

2.7.1 Análisis espacial……..16

3 Materiales y métodos..... 17

3.1 Ubicación de la zona de estudio 17

3.2 Metodología..... 20

3.2.1 Estimación de la disponibilidad del recurso hídrico en la cuenca del río campana hasta el sitio de captación, para el sistema de riego Campana-Malacatos……...20

3.2.2 Demanda de agua de los cultivos en la zona de riego del sistema Campana-Malacatos26

3.2.3 Confrontación de la oferta y demanda agua, con fines de riego en la perspectiva de estructurar alternativas para su optimización…….28
4 Resultados y discusión……29
4.1 Estimación de la Disponibilidad de agua en la Cuenca de captación Campana-Malacatos…….29
4.1.1 Análisis morfométrico…….29
4.1.2 Precipitación media de la cuenca…….30
4.1.3 Escurrimientos medios superficiales……...33
4.1.4 Disponibilidad de agua para riego……...35
4.2 Requerimientos hídricos de los cultivos……..36
4.2.1 Evapotranspiración potencial (ETo)……36
4.2.2 Determinación del coeficiente de cultivo (kc)…….38
4.2.3 Precipitación efectiva de la zona de riego (Peff)…….40
4.2.4 Requerimientos de riego……..43
4.3 Análisis entre oferta y demanda de agua…….45
5 Conclusiones y recomendaciones……47
5.1 Conclusiones……....47
5.2 Recomendaciones……47
6 Bibliografía…….....48
7 Anexos…….....50

Índice de Anexos

Anexo 1 Precipitación base de la Estación La Argelia (mm) 50
Anexo 2 Precipitación base de la estación Yangana (mm) 51
Anexo 3 Precipitación base de la estación Malacatos (mm) 52
Anexo 4 Precipitación base de la estación San Francisco (mm) 53
Anexo 5 Precipitación base de la estación de Cajanuma (mm) 54
Anexo 6 Análisis de consistencia de datos 55
Anexo 7 Coeficientes de ajuste por cada mes, entre el análisis espacial y la estación base (La Argelia) 56
Anexo 8 Precipitación media mensual ponderada de la cuenca (mm) 57
Anexo 9 Mapa de pendiente de la cuenca (%), ... 58
Anexo 10 Mapa de cobertura vegetal presente en la cuenca 59
Anexo 11 Altura media de la cuenca 60
Anexo 12 Perfil del cauce principal 60
Anexo 13 Volúmenes medios escurridos (m3), hasta el punto de captación 61
Anexo 14 Caudales medios mensuales, obtenidos por el método racional (m^3/s) 62
Anexo 15 Caudales medios mensuales (m^3/s), estimados mediante el método del polinomio ecológico . 63
Anexo 16 Caudales medios mensuales (m^3/s), estimados mediante el criterio del coeficiente calculado . 64
Anexo 17 Temperatura máxima de la estación La Argelia (^0C) 65
Anexo 18 Temperatura media de la estación La Argelia (^0C) 66
Anexo 19 Temperatura máxima de la estación Malacatos (^0C) 67
Anexo 20 Temperatura media de la estación Malacatos (^0C) 68
Anexo 21 Radiación extraterrestre 69
Anexo 22 Factor de corrección de la Eto, método Thornthwaite 69
Anexo 23 Evapotranspiración potencial método de CROPWAT 8.0 70
Anexo 24 Evapotranspiración potencial método de Hargreaves de la estación Malacatos 71
Anexo 25 Patrón de cultivos 72
Anexo 26 Ejemplo de la determinación de Kc, cultivo de maíz 73
Anexo 27 Requerimientos de riego por junta sectorial (mm) 74
Anexo 28. Cuenca de captación 78

ANÁLISIS DE LA DISPONIBILIDAD Y DEMANDA DE AGUA, CON FINES DE RIEGO, EN EL SISTEMA CAMPANA-MALACATOS, UTILIZANDO LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG).

Resumen

El recurso hídrico es un factor determinante en el desarrollo económico y social y, al mismo tiempo, cumple la función básica de mantener la integridad del entorno natural, además por ser uno de los recursos naturales vitales, resulta imperativo que los temas hídricos no sean tratados de forma aislada; por lo que, tanto organismos gubernamentales como del sector privado, han de tomar decisiones complicadas sobre la asignación del agua, debido a que se enfrentan a una oferta que disminuye frente a una demanda creciente. Al mismo tiempo, los factores como los cambios demográficos, climáticos y la falta de información hidrometeorológica en las cuencas de captación influyen directamente a la buena visión integral de planificación del recurso hídrico en especial en las zonas de riego.

En tal virtud, el presente estudio conlleva a estimar la disponibilidad de agua en la cuenca del río Campana hasta el sitio de captación, analizar la demanda de agua de los cultivos; y, confrontar la oferta y demanda de agua, con fines de riego en la perspectiva de estructurar alternativas para su optimización. La disponibilidad de agua con fines de riego y el consumo de agua de los cultivos en el sistema de riego Campana-Malacatos, ubicado en el cantón Loja al Sur de Ecuador, fueron estimados mediante métodos empíricos indirectos: método racional, polinomio ecológico y del coeficiente de escorrentía calculado, y el ajuste del método Hargreaves respectivamente. Además con la finalidad de poder determinar el método empírico que más se ajusta a las condiciones de la cuenca del sistema de riego, se realizaron aforos de caudal en un intervalo de tiempo (ocho días) en el punto de captación.

La metodología que mejor se ajustó a las condiciones de la cuenca en estudio fue el método racional, el mismo que permitió estimar una disponibilidad de agua en el punto de captación de 0.68 m^3/s a una probabilidad del 75%.

La demanda de agua de los cultivos fue de 0.578 m^3/s para irrigar 743 ha.

Con el caudal disponible, se puede incrementar, ya sea 96,3 ha de riego por surcos con una eficiencia de aplicación del 50%, 516,0 ha de riego por aspersión a una eficiencia de 75%; ó un área de 767,8 ha, de riego por goteo al 90% de eficiencia de aplicación.

Finalmente, la presente investigación deja información valiosa para la planificación y sostenibilidad del sistema de riego Campana-Malacatos.

Summary

The water resource is a determinant factor in the economic and social development and, at the same time, it fulfills the basic function to support the integrity of the natural environment, in addition for being one of the natural vital resources, turns out to be imperative that the water topics are not treated as an isolated form; for what, so much governmental organisms as of the private sector, they have to take decisions complicated on the assignment of the water, due to the fact that they face an offer that diminishes opposite to an increasing demand. At the same time, the factors like the demographic, climatic changes and the lack of information hidrometeorológica in the basins of capture influence directly to the good integral vision of planning of the water resource especially the zones of irrigation.

In such a virtue, the present study carries when the water availability estimates in the basin of the river Bell up to the site of capture, to analyze the water demand of the cultures; and, to confront the offer and water demand, with ends of irrigation in the perspective to structure alternatives for his optimization. The water availability with ends of irrigation and the water consumption of the cultures in the system of irrigation Campana-Malacatos, located in the canton Loja to the south of Ecuador, they were estimated by means of empirical indirect methods: rational method, ecological polynomial and of the coefficient of run-off calculated, and the adjustment of the method Hargreaves respectively. In addition with the purpose of being able to determine the empirical method that more adjusts to the conditions of the basin of the system of irrigation, appraisals of flow were realized in an interval of time (eight days) in the point of capture.

The methodology that better adjusted to the conditions of the basin in study was the rational method, the same one who allowed estimating a water availability in the point of capture of 0.68 m3/s to a probability of 75 %. The water demand of the crops was of 0.578 m^3/s to irrigate 743 hectares.

With the available flow, it is possible to increase, already it is 96,3 it hectares of irrigation for ruts with an efficiency of application of 50 %, 516,0 it hectares of irrigation for aspersion to an efficiency of 75 %; ó an area of 767,8 hectares, of irrigation for drip to 90 % of efficiency of application. Finally, the present investigation leaves valuable information for the planning and sustainability of the system of irrigation Campana-Malacatos.

1 Introducción

El recurso hídrico, al ser uno de los insumos fundamentales para el desarrollo de los seres vivos, hoy en día su calidad y disponibilidad es limitada, como consecuencia del mal manejo antrópico de las cuencas hidrográficas, que conlleva a la racionalidad del uso, manejo y eficiencia del agua. Al crecer la población y ser necesaria una mayor producción de alimentos, el agua se vuelve un recurso valioso para lograr la máxima rentabilidad en la producción agrícola, la misma que exige, una etapa de planificación, un conocimiento adecuado del efecto del agua de riego sobre el crecimiento del cultivo y su rendimiento, en las distintas condiciones de desarrollo, logrando la mayor productividad, aportar a la soberanía alimentaria del Ecuador, concretamente en la Provincia de Loja.

La empresa pública de Riego y Drenaje del Sur RIDRENSUR (2012), señala que los sistemas de riego en la actualidad cubren 29218 ha, y el 92 % de ellos se encuentran en malas condiciones de operación, debido a la falta de mantenimiento. Las zonas agro-productivas requieren de la implementación de infraestructura para riego, capacitación y recursos económicos que permitan la rentabilidad y competitividad agropecuaria, ante ello se debe realizar estudios de planeación hídrica y rehabilitación de canales con el fin de obtener un beneficio sostenible y sustentable para los agricultores. Históricamente, los sistemas de riego en la provincia de Loja no disponen de información básica para la planificación de los recursos hídricos, debido al escaso monitoreo de cuencas hidrográficas, especialmente los parámetros climatológicos (precipitación, evaporación, evapotranspiración y temperatura), complementando a ello los requerimientos hídricos de los cultivos, factores limitantes para la ampliación del área agrícola y directamente a la economía del pequeño y media productor.

El sistema de riego Campana-Malacatos no es la excepción, es una obra de infraestructura hidráulica construida en el año de 1978 por el ex INERHI y puesta en funcionamiento en 1993, sin estudios previos de impacto ambiental, disponibilidad de agua y requerimiento hídrico de los cultivos, capta sus aguas en el rio Campana en la cota 1745 m.s.n.m., con una concesión de agua de 0.436 m^3/s, con una área regable de 722 ha, beneficiando a más de 1016 usuarios. Actualmente el sistema de riego atraviesa problemas severos, la baja producción de alimentos y la base de los recursos naturales determina nuevas acciones de sobrevivencia, lo que ha desembocado en el abandono del campo y la utilización de las áreas potencialmente productivas

como sitios de construcción de casas vacacionales, claudicando la inversión agrícola y fortaleciendo la emigración hacia otras latitudes en búsqueda de nuevas oportunidades de vida.(Plan de Desarrollo y Ordenamiento territorial de Loja, 2012)

La presente investigación forma parte del proyecto denominado "Los Sistemas de Información Geográfica aplicados a la optimización del uso del agua en el sistema de riego Campana-Malacatos", además está orientado a generar aportes valiosos, no solo para la Universidad Nacional de Loja enfocándose en el área del manejo y conservación de los recursos hídricos como tal; sino permitirá entregar información valiosa sobre la estimación de disponibilidad de agua para riego en la cuenca hasta el punto de captación mediante métodos empíricos y el consumo de agua de los cultivos, que facilite el uso, eficiencia y optimización del agua para ampliar la frontera agrícola.

En la presente investigación la hipótesis señala: con la disponibilidad actual del agua de la cuenca de captación del rio campana y con el conocimiento de los requerimientos hídricos de los cultivos, es posible ampliar zonas de riego en el sistema Campana-Malacatos, cuya verificación se la realizó planteando los siguientes objetivos:

- Estimar la disponibilidad del recurso hídrico en la cuenca del río Campana hasta el sitio de captación, para el sistema de riego Campana-Malacatos.
- Analizar la demanda de agua de los cultivos en la zona de riego del sistema Campana-Malacatos.
- Confrontar la oferta y demanda de agua, con fines de riego en la perspectiva de estructurar alternativas para su optimización.

Finalmente la presente investigación permitirá contribuir a la optimización del uso del agua, con fines de riego del sistema de riego Campana-Malacatos, en la perspectiva de mejorar la producción de los cultivos y la implementación de nuevas áreas de riego.

2 Revisión bibliográfica

2.1 Planeación de los recursos hídricos en cuencas hidrográficas

Según Otto y Helweg (1992), la planeación se considera un paraguas bajo el cual puede desarrollarse el análisis de sistemas, la economía y otras disciplinas. La planeación debe ser algo más que optimizadores y hacer algo más que maximizar los beneficios netos, es tener la capacidad de integrar todos estos elementos para lograr el mejor futuro posible con recursos limitados. Los estudios cuidadosos de todos los recursos disponibles, sin recurrir a nociones preconcebidas, es probable que muchos de dichos proyectos no se hubieran emprendido, y esta es la razón de ser de la planeación de los recursos hidráulicos: hacer un uso óptimo de los recursos hidráulicos disponibles, a fin de alcanzar el equilibrio entre la conservación y el agotamiento, entre el buen y el mal uso. López A. (2015), añade que la planificación de los recursos hídricos se presenta como una herramienta indispensable para la ordenación y gestión de los mismos, así como para el desarrollo socioeconómico sustentable y sostenible en el tiempo, sin embargo Dourojeanni (2000), manifiesta que la planificación consiste en la definición lógica de una serie de estrategias que permitirán organizar y dirigir la gestión integrada del recurso hídrico. Estas estrategias debidamente documentadas constituyen un plan y son el resultado de un proceso de análisis, toma de decisiones y diseño de esas estrategias con sus respectivas actividades, para alcanzar objetivos predeterminados por y para un grupo relativamente grande de actores que dependen y comparten un mismo recurso y territorio.

La Organización para la Agricultura y la Alimentación de las Naciones Unidas (FAO 1992), señala que las cuencas hidrográficas constituyen las unidades geográficas idóneas para planificar el desarrollo socioeconómico de una región, el uso racional y sostenido de los recursos naturales básicos: suelo, agua y vegetación. Palacios (1989), añade que esta planificación involucra un balance entre los volúmenes de agua estimados disponibles y los volúmenes necesarios para satisfacer las demandas de los usuarios, Springall (1990), manifiesta que como generalmente no existen estaciones de aforo en cuencas pequeñas, la estimación de los escurrimientos tiene que hacerse, en la mayoría de los casos, mediante métodos empíricos, los cuales utilizan solamente datos de precipitación.

2.2 Estimación de la disponibilidad de agua para riego

2.2.1 La cuenca hidrológica.

Según Jiménez (2005), la cuenca hidrológica como el espacio de territorio delimitado por la línea divisoria de las aguas, conformado por un sistema hídrico que conducen sus aguas a un río principal, a un río muy grande, a un lago o a un mar. Puyol y Villa (2006), señala que la cuenca hidrológica es aquella superficie en la cual el agua precipitada se transfiere a las partes topográficas bajas por medio del sistema de drenaje, concentrándose generalmente en un colector que descarga a otras cuencas aledañas, o finalmente al océano. La cuenca hidrológica, junto con los acuíferos, son las unidades fundamentales de la hidrología

2.2.2 Características morfométricas de las cuencas.

Existen métodos que permiten subsanar algunos aspectos relacionados con la disponibilidad de datos para el análisis de los sistemas hidrológicos. Verstappen (1983), y Tricart (1982), consideran que el análisis geomorfológico de la red de drenaje permite obtener fundamentos que expliquen su dinámica y evalúen las condiciones ambientales. Además, gran parte de los estudios en cuencas fundamentan su análisis a partir de considerar variables geomorfológicas cualitativas y cuantitativas (Goudie, *et.al.*, 1981).

Según Kenneth, *et. al.*, (1992), el recurso hídrico considerado desde la perspectiva del manejo de cuencas, es un elemento fundamental en el análisis del medio que se relaciona de manera múltiple con la vegetación, las formas del relieve, el suelo y con las formas de producción del hombre. Esto es, que el manejo de cuencas considera tanto la protección de los recursos del agua como la capacidad y disponibilidad de la tierra y de los recursos de vegetación que se pueden manejar para la producción de alimentos y servicios.

Para Fattorelli y Fernández (2011), los factores que intervienen en los estudios hidrológicos son muy diversos: topografía, geología, edafología, climatología, vegetación, etc. La influencia de estos elementos no puede ser reducida a expresiones puramente matemáticas, pero el estudio de ciertas relaciones puede dar una idea cualitativa del problema. Morales y Rodríguez (2009), añade que la forma de la cuenca de drenaje principalmente afecta al tiempo de

concentración, en el cual el agua es abastecida a la corriente y como ésta llega a la salida, sin embargo la pendiente general del terreno también tiene una compleja relación con el fenómeno de escurrimiento superficial por causa de su influencia sobre la infiltración, contenido de humedad del suelo y crecimiento vegetal; por lo tanto, la cubierta del suelo, uso del suelo, condiciones de infiltración superficial, tipo de suelo, condiciones geológicas o permeabilidad y capacidad de almacenamiento superficial, son condiciones topográficas favorables para la disponibilidad y almacenamientos de los lagos y lagunas.

2.2.3 Precipitación media de la cuenca.

González (2010), señala para una serie de requerimientos hidrológicos es necesaria la determinación de la precipitación media sobre un área, para tormentas específicas, anuales o mensuales; en el caso de tormentas se requiere de un mayor detalle puesto que puede llegar hasta duraciones de minutos. En cualquiera de los casos hay necesidad de convertir la precipitación puntual en valores medios sobre el área en consideración.

Los procedimientos más conocidos para la obtención de la precipitación media son: polígonos de Thiessen e isoyetas. El método de los polígonos de Thiessen se calcula mediante un factor de ponderación, trata de compensar la falta de uniformidad en la distribución de los pluviómetros, obteniéndose resultados más exactos que los calculados por el promedio aritmético. El método presenta poca flexibilidad ante los cambios que se presentaren en la red de estaciones lo cual obliga a la elaboración de nuevos mapas cuando esto ocurre. Al no considerar la influencia orográfica el procedimiento supone una variación lineal de la precipitación lo cual obviamente no es real.

La ecuación es la siguiente:

$$P_m = \frac{P_1 * A_1 + P_2 * A_2 + ... + P_n * A_n}{A_T}$$

$$P_m = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{P_i * A_i}{A_T}$$

Dónde:

Pm = Precipitación media (mm)

Pi = Precipitación de cada estación (mm).

Ai = Área parcial de cada polígono (km^2).

AT = Área total de la cuenca (km^2).

El método de las isoyetas es el más exacto para determinar la precipitación media sobre un área, puesto que permite el uso y la interpretación de la información disponible y permite un análisis y discusión profundas sobre la influencia orográfica, así como definir el origen y las condiciones sinópticas de la zona en estudio. La exactitud del método de las isoyetas depende de la experiencia y conocimientos que de la zona tenga el analista.

2.2.4 Escurrimientos.

González (2010), afirma que los aspectos fundamentales para la hidrología de cuencas hidrográficas, es la estimación de los volúmenes de escorrentía, sean anuales, mensuales o estacionales, los mismos que se necesitan para determinar posibilidades de embalse o para planificar el uso del recurso disponible, aspectos que nos conducen a buscar metodologías que resuelvan el problema. El análisis hidrológico requiere conocer cuál es la capacidad que tiene una cuenca para producir escorrentía y determinar su cantidad con fines de diseño de obras de riego, drenaje etc.

La escorrentía puede ser estimada a partir de la precipitación y básicamente se trata de restar de la lluvia caída sobre una cuenca, todas las pérdidas que se producen por infiltración, evapotranspiración, intercepción y almacenamiento superficial. Springall (1990), añade "generalmente no existen estaciones de aforo en cuencas pequeñas, la estimación de los escurrimientos tiene que hacerse, en la mayoría de los casos, mediante métodos empíricos, los cuales utilizan solamente datos de precipitación". Entre los procedimientos más generalizados, flexibles y fáciles de adaptar destacan los métodos de los coeficientes de escurrimiento (SARH, 1978), polinomio ecológico (Gómez, 1990) y (INERHI 1991).

2.2.4.1 Criterio del Coeficiente de Escurrimiento.

La SARH (1978), propuso este método que basa en la estimación de los coeficientes de escurrimientos medios anuales (Ce), requerido para analizar los volúmenes anuales de

escurrimiento (Ve) a utilizarse para el riego. Los tipos de suelos que interesan en cuanto a su mayor o menor permeabilidad se clasifican en:

- Suelos muy permeables, tales como arenas profundas, y poco compactos
- Suelos medianamente permeables, tales como arenas de media profundidad, algo más compactos que los correspondientes a los suelos A, terrenos migajosos.
- Suelos casi permeables, tales como arenas muy delgados, sobre una capa impermeable o bien arcillas.

Para el cálculo del coeficiente de escorrentía se tiene:

$$Ce = K * \frac{P - 250}{2000} \; para \; K \leq 0.15$$

$$Ce = K * \frac{P - 250}{2000} + \frac{K - 0.15}{1.5} \; para \; K > 0.15$$

Dónde:

P= precipitación anual (mm)

K= Parámetro que depende del tipo y uso del suelo (adimensional)

Ce= Coeficiente de escorrentía (adimensional)

2.2.4.2 *<u>Método del polinomio ecológico.</u>*

Propuesto por Gómez (1990), está basado en las características geomorfológicas, de regulación natural y ecología de las cuencas mediante la adopción de ciertos coeficientes típicos de las condiciones de las cuencas en estudio.

Considera además este método la relación entre la Evapotranspiración potencial y la precipitación. La expresión es la siguiente:

$$Q_i = K * A^n \left(0{,}70 * P_i + 0{,}29 * P_{i-1} + 0{,}01 * P_{i-2}\right)^m$$

Dónde:

Qi = Caudal (m^3/s)

A = Área de la cuenca (km^2)

Pi = Precipitación mensual del mes actual (mm)

Pi-1 = Precipitación mensual del mes anterior (mm)

Pi-2 = Precipitación del mes tras anterior (mm)

k, m, n = Coeficientes que dependen de las condiciones de las cuencas (Tabla. 1)

2.2.4.3 *Método Racional.*

Según González (2010), el coeficiente de escorrentía C es la variable menos precisa del método racional, al considerar una relación fija entre la tasa de escorrentía y la tasa de lluvia, lo cual en la realidad no es cierto, se requiere una selección apropiada del coeficiente de escorrentía y lógicamente es función de la experiencia del hidrólogo.

El coeficiente de escorrentía depende también de las características y las condiciones del suelo. Debe escogerse un valor razonable que integre los efectos de: porcentaje de permeabilidad, pendiente, características de encharcamiento, tasa de infiltración, condiciones de humedad antecedente, grado de compactación del suelo, almacenamiento por depresión y la vegetación. Para el caso de obtener caudales mensuales se lo hace mediante la siguiente ecuación:

$$V_m = C * P_m * A_c$$

Dónde:

V_m = Volumen medio que puede escurrir la cuenca (m^3)

C = Coeficiente de escurrimiento (adimensional)

P_m = Precipitación media mensual (mm)

A_c = Área de la cuenca (km^2)

Tabla 1. Coeficientes k,m,n. método del polinomio ecológico

Características geomorfológicas de la cuenca	Exponente (m)
Area de drenaje < 1.0 Km²	1,00
Terreno escarpado, pendiente > 50%	0,90
Terreno impermeable, empinado, A < 10 Km²	0,80
Presencia de nevados, lagos y pantanos, páramos	0,70
Bosques, buena cubierta vegetal, pendiente < 25 %	0,60
Topografía ondulada A < 100 Km²	0,50
Topografía Plana	0,40
Cuencas muy grandes A < 1000 Km²	0,30
Características de regulación natural de la cuenca	**Exponente (n)**
Selva – llanura	1,00
Pie de cordillera	0,90
Montaña baja	0,80
Mesetas – valles interandinos	0,70
Montañas altas	0,60
Región sub andina	0,50
Región andina	0,40
Región nival	0,30

Tabla de coeficiente ecológico (k)

Relación Evapotranspiración sobre lluvia	Nieve	Tundra	Puna o paramo	Estepa	Monte	Bosque	Sabana	**Linea jungla**
0,125	0,0058	0,0064	0,0070	0,0076	0,0082	0,0088	0,0094	0,0100
0,250	0,0052	0,0058	0,0064	0,0070	0,0076	0,0082	0,0088	0,0094
0,500	0,0046	0,0052	0,0058	0,0064	0,0070	0,0076	0,0082	0,0088
1,000	0,0040	0,0046	0,0052	0,0058	0,0064	0,0070	0,0076	0,0082
2,000		0,0040	0,0046	0,0052	0,0058	0,0064	0,0070	0,0076
4,000			0,0040	0,0046	0,0052	0,0058	0,0064	0,0070
8,000				0,0040	0,0046	0,0052	0,0058	0,0064
16,000					0,0040	0,0046	0,0052	0,0058
32,000							0,0046	0,0052
64,000								0,0046

Nota: González (1997). Tesis de maestría pág. 51

2.2.4.4 Curva de duración de caudales

La curva de duración de caudales es muy usada en estudios previos de aprovechamiento de un río ya que muestra el porcentaje de tiempo en el que un cierto valor de caudal es igualado o excedido. Se usa también para la definición de caudal ecológico, se puede construir anual, mensual, estacional o diaria dependiendo de las necesidades del proyecto. Además la curva de duración de caudales se usa para definir (en estudios previos) el potencial de un río para satisfacer una demanda y a la vez define límites de generación que tienen fuertes implicancias económicas para la puesta en marcha de proyecto y la toma de decisiones. (González, 2010).

2.3 Necesidades hídricas de los cultivos

Según Cob (2004), el conocimiento de las necesidades hídricas de los cultivos es fundamental para mejorar el diseño, la planificación, y la gestión de los polígonos y sistemas de riego. Es necesario considerar tres definiciones distintas de necesidades hídricas para estimar adecuadamente los requerimientos de agua de los cultivos.

2.3.1 Evapotranspiración de referencia (ETo)

La superficie de referencia es un cultivo hipotético de pasto, con una altura asumida de 0,12 m, con una resistencia superficial fija de 70 s m-1 y un albedo de 0,23. La superficie de referencia es muy similar a una superficie extensa de pasto verde, bien regada, de altura uniforme, creciendo activamente y dando sombra totalmente al suelo.

Entre los métodos de cálculo de la evaporación se cuentan:

- El tanque evaporimétrico de clase A.
- Los métodos que utilizan sólo datos de temperatura, como "Thornthwaite" y "Blaney-Criddle"
- Métodos que tienen en cuenta además de la temperatura la insolación, como el de "Makkink";
- Finalmente, métodos que tienen en cuenta la temperatura, insolación, humedad del aire y el viento "Penman Monteith"
- El método de Hargreaves.

Independientemente del método utilizado para el cálculo de la evapotranspiración, es fundamental calibrar el método comparando estos valores con valores medidos de la evapotranspiración en condiciones locales (FAO 2006).

2.3.1.1 Método de Penman-Monteith

Según la FAO (2006), el método fue desarrollado haciendo uso de la definición del cultivo de referencia como un cultivo hipotético con una altura asumida de 0,12 m, una resistencia superficial y un albedo de 0,23 y que representa a la evapotranspiración de una

superficie extensa de pasto verde de altura uniforme, creciendo activamente y adecuadamente regado. El método reduce las imprecisiones del método anterior de FAO Penman y produce globalmente valores más consistentes con datos reales de uso de agua de diversos cultivos.

La ecuación de FAO Penman-Monteith es una representación clara, precisa y simple de los factores físicos y fisiológicos que gobiernan el proceso de la evapotranspiración.

$$ETo = \frac{0.40\Delta(Rn - G) + Y\frac{900}{T + 273}U_2(e_s - e_a)}{\Delta + Y * (1 + 0.34 * U_2)}$$

Dónde:

ETo = evapotranspiración de referencia (mm/ día)

Rn = radiación neta en la superficie del cultivo (MJ m^2/ día)

Ra = radiación extraterrestre (mm/día)

G = flujo del calor de suelo (MJ m^2/día)

T = temperatura media del aire a 2 m de altura (°C)

u2 = velocidad del viento a 2 m de altura (m/s)

e_s = presión de vapor de saturación (kPa)

e_a = presión real de vapor (kPa)

$e_s – e_a$ = déficit de presión de vapor (kPa)

Δ = pendiente de la curva de presión de vapor (kPa/°C)

Y= constante psicrométrica (kPa/ °C)

2.3.1.2 <u>Método de Hargreaves</u>

Maffei (2012). La cuantificación de la ETo en forma directa, es altamente costosa e impráctica en nuestro medio, y su cálculo mediante métodos indirectos aún es difícil debido a la escases de registros meteorológicos. Trezza (2008). Si bien es cierto que actualmente existen en el mercado equipos de medición de parámetros climatológicos como lo son las estaciones micrometeorológicas automáticas, éstas no pueden ser adquiridas por todos los productores o asociaciones de ellos, sería una situación ideal poder contar con toda información climatológica necesaria para la estimación temporal de la ETo, y de esta forma garantizar un manejo eficiente del riego en el área de influencia de la estación.

Una alternativa a esto, es la utilización del método de Hargreaves- Samani (Hargreaves y Samani, 1985), recomendado para las condiciones de Venezuela por Trezza (2008), el cual es de uso general y sólo precisa el valor de la radiación extraterrestre y registros de temperatura máxima y mínima, datos de fácil obtención para nuestras zonas de producción.

El propósito del presente estudio fue estimar la ETo mediante el uso del método FAO 56-Penman Monteith, utilizando registros diarios de parámetros climatológicos obtenidos con estación meteorológica automática y calibrar la ecuación de Hargreaves-Samani, para las condiciones de una zona de páramo.

$$Eto = [(0.0023 * (Tmedia + 17.8) * (Tmax - Tmin)]^{0.5} * Ra$$

Dónde:

ETo= Evapotranspiración potencial (mm/día)

T= Temperatura media, máx, min (^{0}C)

Ra= Radiación extraterrestre (mm/día)

2.3.2 Evapotranspiración de los cultivos (ETc).

Para la FAO (2006), la evapotranspiración del cultivo se refiere a la cantidad de agua perdida a través de la evapotranspiración, cuya cantidad de agua requerida para compensar la pérdida por evapotranspiración del cultivo se define como necesidades de agua del cultivo, pero las necesidades de agua de los cultivos básicamente representa la diferencia entre la necesidad de agua del cultivo y la precipitación efectiva.

La evapotranspiración del cultivo puede ser calculada a partir de datos climáticos e integrando directamente los factores de la resistencia del cultivo, el albedo y la resistencia del aire en el enfoque de Penman-Monteith. Debido a que todavía existe una considerable falta de información para los diferentes cultivos, el método de Penman-Monteith se utiliza solo para la estimación de la tasa de evapotranspiración del cultivo estándar de referencia (ETo). La relación ETc/ETo que puede ser determinada experimentalmente para diferentes cultivos y es conocida como Coeficiente del Cultivo (Kc), y se utiliza para relacionar ETc a ETo de manera que ($ETc = Kc * Eto$)

La precipitación efectiva depende de la capacidad de retención del suelo y de la profundidad de las raíces. Es el agua que queda disponible para el cultivo tras una lluvia, ya que parte del agua se pierde en percolación profunda, escorrentía y evaporación. La precipitación efectiva depende de la frecuencia e intensidad de lluvia, de las características orográficas del terreno, del contenido de humedad previa del suelo y de las prácticas culturales.

2.3.2.1 Software "CROPWAT 8.0".

El CROPWAT 8.0 es el programa informático, utilizado para el cálculo de las necesidades hídricas de los cultivos, es el paso previo al cálculo hidráulico del riego. Consiste en calcular los turnos, caudales y tiempos de riego basándose en las necesidades de agua del cultivo que viene determinado por el tipo de suelo, clima y cultivo. Los datos climatológicos que requiere el programa son los siguientes: a) información básica de la estación meteorológica: nombre del país, nombre de la estación, altitud, latitud y longitud; y b) datos climáticos mensuales de: precipitación (p), temperatura máxima, mínima y media, humedad relativa, insolación (horas brillo sol) y velocidad del viento. González (1997).

2.4 Precipitación efectiva

La precipitación efectiva es aquella fracción de la precipitación total que es aprovechada por las plantas. Depende de múltiples factores como pueden ser la intensidad de la precipitación o la aridez del clima, y también de otros como la inclinación del terreno, contenido en humedad del suelo o velocidad de infiltración.

2.4.1 Fórmulas empíricas.

Como primera aproximación, Brouwer y Heibloem (1990), proponen las siguientes fórmulas para su aplicación en áreas con pendientes inferiores al 5 %. Así en función de la precipitación caída durante el mes tenemos:

$Pe = (0.8P - 25)$ Si P > 75 mm/mes

$Pe = (0.6P - 10)$ Si P < 75 mm/mes

Dónde:

P = precipitación mensual (mm/mes)

Pe = precipitación efectiva (mm/mes)

En climas secos las lluvias inferiores a 5 mm no añaden humedad a la reserva del suelo, si la precipitación es inferior a 5 mm se considera una precipitación efectiva nula. Por otro lado, sólo un 75 % de la lluvia sobre los 5 mm se puede considerar efectiva. Se puede usar la expresión:

$$Pe = [(0.75 * (lluvia\ caida - mm)])$$

En climas húmedos en los que llueve continuamente durante varios días, la precipitación efectiva se obtiene sumando todos los volúmenes de precipitación, salvo cuando en un día llueve menos de 3 mm. (FAO 1992).

2.4.2 Método del soil conservation service.

Según el método del USDA, Soil Conservation Service, (citado por el Estudio FAO, Riego y Drenaje, N° 46), la Pef se puede calcular de acuerdo a:

$Pef = \frac{Ptot(125 - 0{,}2xPtot)}{125}$; para Ptot < 250 mm

$Pef = (125 + 0.1) * Ptot$; para Ptot > 250 mm

Dónde:

Pef= Precipitación efectiva (mm)

Ptot= Precipitación total del mes (mm)

2.5 Patrón de cultivos

Según la FAO (1977), un patrón de cultivos es una secuencia anual y distribución espacial de cultivos y barbechos, para definir un patrón de cultivos se debe considerar dos aspectos fundamentales:

- Aspectos económicos.- se debe pensar en el tipo de cultivo, desde la obtención de la semilla, el proceso del cultivo, la cosecha, así como el tiempo de recuperación de la inversión y la comercialización del producto a su fin.
- Aspectos de sostenibilidad y sustentabilidad.- como sustentable para desarrollar el proyecto se debe considerar el recurso suelo y el recurso hídrico, mientras que como sostenible debe entenderse el no incidir negativamente en el aspecto ambiental tanto puede ser el desmejoramiento del suelo, o perdidas de la capa vegetal, problemas con la hidrología del sector y otros problemas que se puedan originar.
- Cultivos que mejor reaccionen al riego, especialmente desde el punto de vista de su sensibilidad fisiológica a la falta de agua.
- Introducir en el patrón de cultivos plantas mejoradoras del suelo (legumbres anuales y perennes).
- Considerar los sistemas de cultivos asociados y de siembras inmediatas, para mantener el suelo cubierto el mayor tiempo posible y evitar pérdidas de agua por evaporación y eventuales problemas de salinidad secundaria.

2.6 Requerimiento hídrico de los cultivos (IRReq)

El cálculo del requerimiento de riego de los cultivos resulta de aplicar la expresión:

$$IRReq = (Etc - Peff)$$

Dónde:

IRReq= Requerimientos de riego (mm/mes)

Etc= Evapotranspiración del cultivo (mm)

Peff= Precipitación efectiva (mm)

2.7 Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en los sistemas de riego

2.7.1 Análisis espacial.

Según Díaz *et al*. (2004), en la actualidad, las técnicas de teledetección, conjuntamente con los sistemas de información geográfica (SIG) y los sistemas de posicionamiento global (GPS), se han convertido en herramientas tecnológicas de amplia difusión en las investigaciones de los ecosistemas acuáticos. Estas técnicas proporcionan datos espaciales que son analizados con avanzados medios de cómputo para obtener información de la existencia, estado y ubicación espacial de los elementos en la superficie terrestre.

La generación de información temática y espacial mediante herramientas geomáticas, permite la conformación de un completo y preciso escenario territorial que favorece el análisis y comprensión de las múltiples variables que determinan el potencial productivo, base para establecer esquemas de producción agrícola adecuados a las condiciones existentes. En este contexto, la determinación de sectores homogéneos de intervención mediante geo-procesamiento, permite el análisis conjunto e integrado de variables territoriales factibles de ser expresadas espacialmente, lo cual constituye el punto de partida necesario para establecer una tipología de explotaciones que oriente las líneas de acción en un nuevo escenario con mayor y mejor disponibilidad del recurso agua.Específicamente la geomática, a través de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), la teledetección y el Sistema de Posicionamiento Global (GPS), están tomando un rol preponderante en el manejo de los recursos hídricos, al conjugar la dimensión espacial y temática en la representación precisa de los componentes territoriales (Bastiaanssen et al., 2003).

3 Materiales y métodos

3.1 Ubicación de la zona de estudio

El sistema de riego Campana-Malacatos, se ubica en el cantón Loja, al norte de la parroquia de Malacatos, limita al Norte por el denominado canal San José, que riega la parte baja de Malacatos, al Sur por la quebrada del mismo nombre, al Este con la quebrada Chorrillos y al Oeste con la quebrada San Francisco. (Bravo y Moreno, 2007)

La cuenca de captación se halla ubicada geográficamente en las coordenadas:

Coordenada Norte: 9 534 500 m – 9 537 000 m
Coordenada Este: 693 000 m – 698 000 m
Altitud parte baja: 1 760 m.s.n.m.
Altitud parte alta: 3 657 m.s.n.m.

La zona de riego abarca los sectores de El Sauce, Belén, El Carmen, La Granja, Piedra Grande, San Francisco y Palenque, ubicada geográficamente en las coordenadas:

Coordenada Norte: 9 536 000 m – 9 541 000 m
Coordenada Este: 695 000 m – 710 000 m
Altitud parte baja: 1 516 m.s.n.m.
Altitud parte alta: 1 718 m.s.n.m.

Las dos ubicaciones geográficas se encuentran en la proyección UTM WGS 84 correspondiente a la zona 17 Sur.

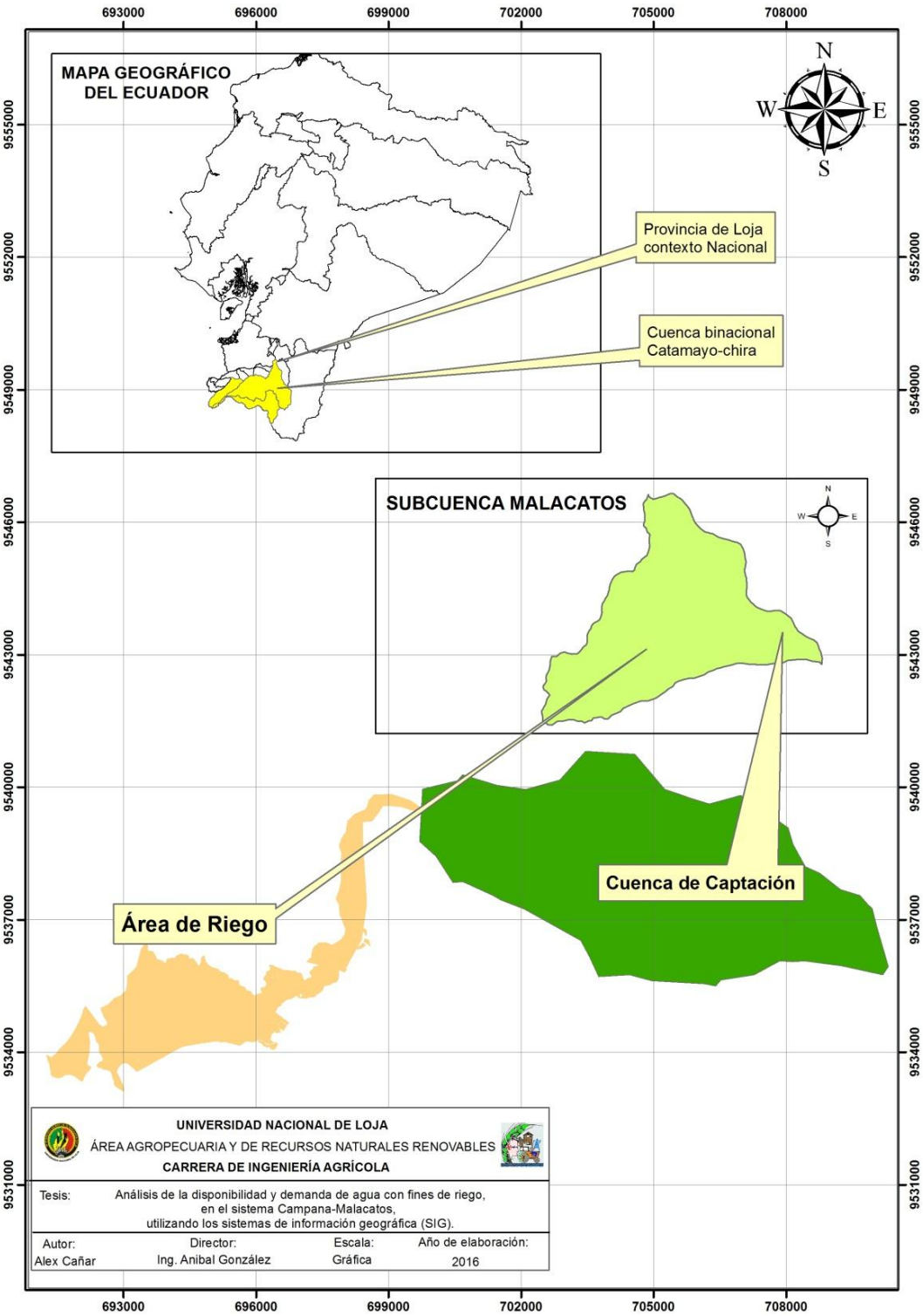


Figura 1
Ubicación de la zona de estudio

Ecológicamente en la cuenca existen tres zonas de vida según la clasificación de Holdridge: bosque seco montano bajo (bs-MB), bosque húmedo montano (bh-M), y páramo (P). La Subcuenca del río Campana, geológicamente pertenece a la serie Zamora, constituida por filitas y cuarcitas, gneiss biotítico, esquistos, granito metasomático y formado por la orogenia Varística, en el Paleozoico, la distribución de las filitas, cuarcitas y conglomerados sigue un patrón desordenado, que corresponde a la dinámica de la orogenia (PREDESUR 2001).

Según la clasificación de Formaciones Vegetales o Zonas de Vida Natural del Mundo de L. R. Holdridge, la misma que considera a la biotemperatura y la temperatura como elementos básicos que inciden en la supervivencia y formación de las especies vegetales, que conjugada con los pisos altitudinales determinan las características eco-climáticas de una zona de vida, bosque seco Premontano (bs–PM), el mismo que se identifica por las siguientes características:

Temperatura	=	17- 24 (°C)
Precipitación	=	500- 1000 (mm)
PE/p	=	1.0- 2,0°C/ (mm).
Altitud	=	850- 2000 (msnm).
Piso térmico	=	Caliente

Según esta descripción en el sistema de riego se observa la siguiente vegetación:

- Herbáceo: Ramírez (Asteraceae Parthenlum hysterophorus), Amor Seco (Asteraceae Bidens pilosa), Chilena (Poaceae Pinicum máximun Jac.), Verbena (Vervenaceae Verbena litoralis), Mortiño (Solanaceae Solanum americana), grama.
- Arbustivo: Cactus (Cactaceae Opuntia pubescens W.P.), Sauco (Solanaceae Cestrum auriculatum), Piñón (Euphorbiaceae Jatropa curcas L.), Mataperro (Solanaceae Solanum albudum).
- Arbóreo: Faique (Mimosaceae Acacia macracantha), Ceibo (Bombacaceae Ceiba trochristandra).
- Cultivos: Maíz (Poaceae Zea mays), Fréjol (Fabaceae Phaseolus vulgaris), Poroto de Palo (baceae Cajanus cajan), Limón (Rutaceae Citrus limón), Naranja (Rutaceae Citrus sinensis), Mango (Anacardiaceae Mangifera indica), Caña de Azucar (Poaceae Saccharum officinarum), Papaya (Caricaceae Carica papaya). (Livisaca, 2007)

3.2 Metodología

3.2.1 Estimación de la disponibilidad del recurso hídrico en la cuenca del río campana hasta el sitio de captación, para el sistema de riego Campana-Malacatos.

Se procedió a generar información base, a partir del análisis de la información cartográfica publicada por el Instituto Geográfico Militar (IGM), datos que se manejaron y procesaron en el Sistema de Información Geográfica (SIG) ArcMap 10.1, y el Idrisi Selva.

Para generar volúmenes y caudales disponibles de riego mediante métodos indirectos, fue fundamental disponer de información secundaria confiable de los registros meteorológicos publicados en el portal de internet del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI).

3.2.1.1 Cálculo de los parámetros morfométricos de la cuenca de captación.

Los parámetros de forma: área, perímetro, factor de forma y de elongación; parámetros de relieve: pendiente media y elevación media; y, parámetros relativos de la red de drenaje: densidad de drenaje y de corrientes; así como, la longitud, pendiente del cauce principal y el tiempo de concentración se determinaron de forma digital a través del Software "IDRISI SELVA", el mismo que utiliza las coordenadas planas del punto de interés y el modelo digital del terreno (MDT).

3.2.1.2 Estimación de la precipitación media.

La precipitación media se determinó en base a los registros meteorológicos de las estaciones circundantes a la cuenca (La Argelia, Yangana, Malacatos, San Francisco y Cajanuma) con una serie estadística de 23 años. (Anexo del 1 al 5 respectivamente)

- El relleno de datos faltantes, se lo realizó mediante la correlación lineal simple, el mismo que consiste en establecer relaciones lineales entre dos estaciones, con una serie estadística llamada estación base y otra a la cual se requiere llenar o extender, considerando que tengan la misma similitud climática como: precipitación, temperatura y altitud.

- La consistencia de datos se verificó con el análisis de doble masa, la cual hace comparaciones de las precipitaciones acumuladas anuales de una estación, con varias estaciones; en donde, en las ordenadas se coloca la precipitación de la estación comparada y en las abscisas la sumatoria de varias estaciones consideradas. (Tabla. 2). Se tomó en cuenta que las estaciones a comparar debían tener similitud climática y ubicación geográfica. Sin embargo, al presentar el gráfico una curva no muy pronunciada la serie estadística todavía es confiable, si hay paralelismo en la gráfica, la serie estadística es consistente y si se produce un cambio de pendiente en alguna gráfica se debe modificar los valores anuales, siempre y cuando debe estar respaldada y sustentada técnica y científicamente la información (Anexo 6).

Tabla 2. Análisis de similitud

Año	Quinara	Acumulado	∑ estaciones	Acumulado
1990	623.2	623.2	1069.8	1069.8
1991	515.5	1138.7	959.7	2029.5
1992	519.1	1657.8	726.7	2756.2
1993	1104.7	2762.5	1109.2	3865.4
1994	395.5	3158.0	951.6	4817.0
1995	707.6	3865.6	608.4	5425.4
1996	737.2	4602.8	614.9	6040.4
1997	591.0	5193.7	761.3	6801.7
1998	413.4	5607.1	790.1	7591.8
1999	1024.3	6631.5	1326.8	8918.6
2000	971.8	7603.2	1167.1	10085.7
2001	693.0	8296.2	838.6	10924.3
2002	615.5	8911.8	823.4	11747.7
2003	759.5	9671.3	836.2	12583.8
2004	800.3	10471.6	1003.3	13587.1
2005	493.8	10965.4	921.4	14508.5
2006	1311.3	12276.7	958.2	15466.6
2007	824.8	13101.5	1000.3	16466.9
2008	1249.4	14350.9	1333.4	17800.3
2009	1044.6	15395.5	933.8	18734.1
2010	862.6	16258.1	786.3	19520.4
2011	1152.5	17410.6	1327.0	20847.4
2012	1304.6	18715.2	1121.3	21968.7

- La precipitación media de la cuenca, se la determinó mediante isoyetas, que son líneas de igual precipitación, cuyo proceso constructivo mediante el SIG es generar una base de datos en Excel, la cual se exporta y procesa en Arc Map 10.1. Utilizando el método de interpolación Spline se obtuvo las capas raster de precipitación para cada uno de los

meses de toda la serie estadística en estudio y para las estaciones meteorológicas involucradas. Además con el límite de la cuenca se realizó una extracción por máscara, evidenciando la precipitación espacializada máxima y mínima de cada mes, obteniendo finalmente los coeficientes de ajuste (Anexo 7 y 8)

3.2.1.3 Estimación de los Escurrimientos Medios Superficiales.

Los volúmenes medios se determinaron con tres métodos empíricos:

- *Método Racional*.- el cual utiliza capas de permeabilidad del suelo, pendiente, cobertura vegetal (anexo 9 y 10) y el modelo digital del terreno (MDT), obtenidas del gestor de descargas del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP) y las fotografías áreas del Centro Integrado de Geomática Ambiental (CINFA) de la Universidad Nacional de Loja, de esta información se hizo la delimitación exclusiva para la cuenca de captación del rio Campana, además se utilizó el diagrama de modelamiento descrito en la fig. 2, para obtener los volúmenes medios escurridos en la cuenca (Anexo 13).
- *Método del polinomio ecológico***.-** el cual utiliza los coeficientes k, m, n, de la tabla 1 y la ecuación descrita en el acápite 2.2.4.2 de la revisión bibliográfica. (Anexo 15)
- *Criterio del coeficiente de escurrimiento (Ce).*- para ello se utilizó el tipo de suelo y cobertura vegetal que permite determinar el coeficiente adimensional (k) de la tabla 3, que sirve para el cálculo de los volúmenes medios escurridos mediante la ecuación 3, descrita en la revisión bibliográfica y su caudal. (Anexo 16)

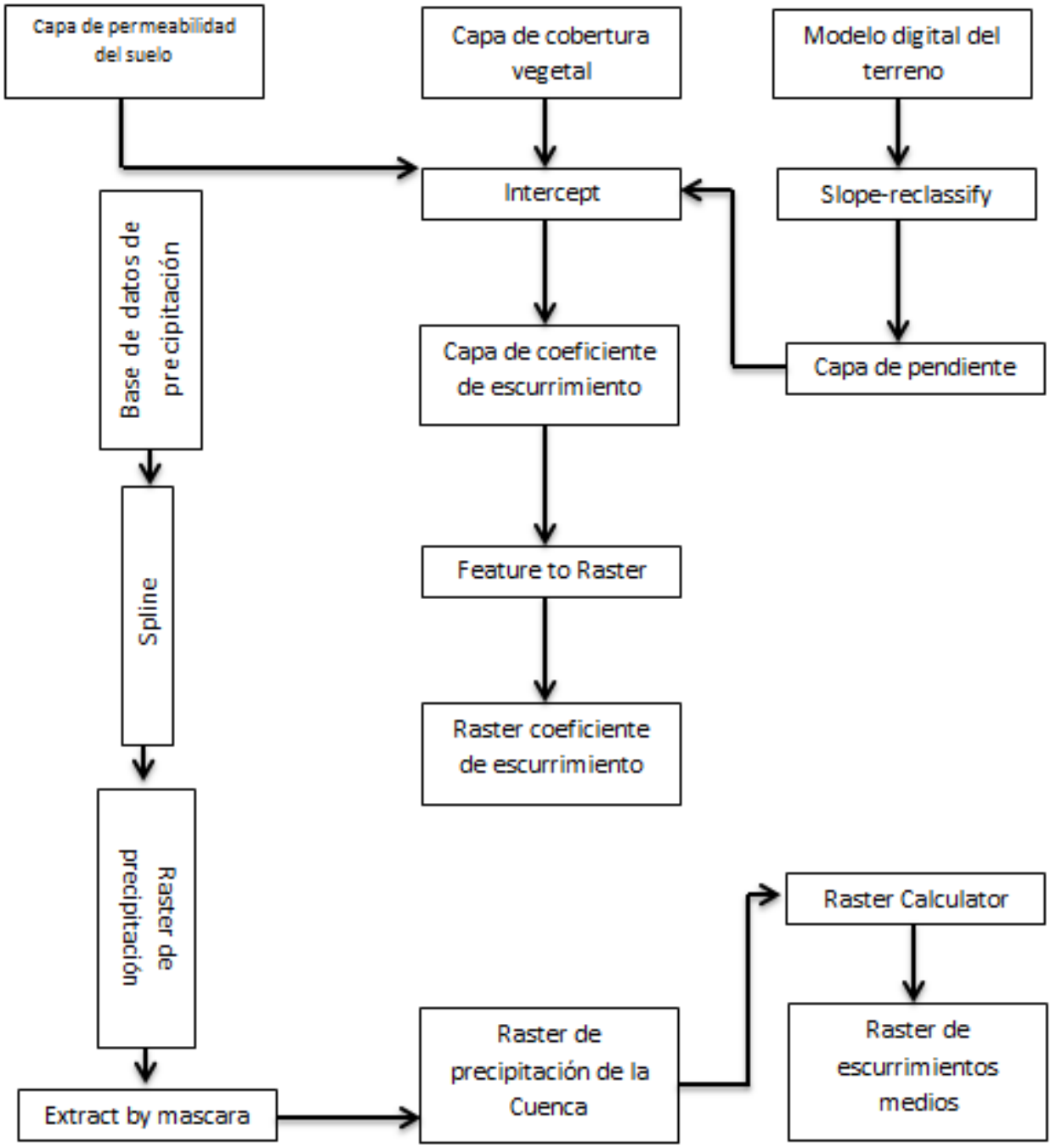


Figura 2

Diagrama de modelación para escurrimientos medios-Método racional

Tabla 3. Valores de "K", en función del tipo y uso del suelo

Uso o cobertura del suelo	Tipo de suelo		
	A	B	C
Barbecho, áreas incultas, desnudas	0.26	0.28	0.3
Cultivos:			
En hilera	0.24	0.27	0.3
Legumbres o rotación de ladera	0.24	0.27	0.3
Granos pequeños	0.24	0.27	0.3
Pastizal			
% del suelo cubierto o pastoreo			
Más del 75%..... Poco	0.14	0.2	0.28
Del 50 al 75%..... Regular	0.2	0.24	0.3
Menos del 50%... Excesivo	0.24	0.28	0.3
Bosque			
Cubierto más del 75%	0.07	0.16	0.24
Cubierto del 50 al 75%	0.12	0.22	0.26
Cubierto del 25 al 50%	0.17	0.26	0.28
Cubierto menos del 25%	0.22	0.28	0.3
Cascos y zonas con edificaciones	0.26	0.3	0.32
Caminos, incluyendo derecho de via	0.27	0.3	0.33
Pradera permanente	0.18	0.24	0.3

Fuente: Aníbal González. Tesis de maestría pág. 49

3.2.1.4 Cálculo de la curva de duración general.

Se elaboró con caudales medios mensuales de la siguiente manera:

Identificando el mayor y menor caudal, los mismos que fueron agrupados en intervalos y ordenados de mayor a menor, con lo que se procede a buscar el número de ocurrencia en todos los caudales, para calcular los meses de superávit – déficit; y, a su vez el % de tiempo con la siguiente expresión:

$$\%\,\boldsymbol{tiempo} = \frac{\boldsymbol{Número\ de\ meses\ superavit}}{\boldsymbol{\sum Total\ de\ numero\ de\ ocurrencia}} * \mathbf{100}$$

Finalmente se dibujó una curva, donde en el eje de las ordenadas se coloca el caudal y en las abscisas el % de tiempo, determinando el caudal disponible para una probabilidad del 75%.

3.2.1.5 *Aforo de la corriente en el sitio de captación.*

Con la finalidad de hacer un contraste entre los escurrimientos estimados por métodos empíricos y lo cuantificado in situ, se realizaron aforos utilizando el molinete hidráulico, para lo cual se identificó una sección estable y de fácil acceso, dividiéndola en ocho secciones de un metro lineal, haciendo la medición en cada una de éstas, para posteriormente aplicar la ecuación

$$V = (0.007 + 0.3345 * n)$$

Cuando n < 3.328 rev/seg

$$V = (-0.013 + 0.3403 * n)$$

Cuando 3.328< n < 7.084

Dónde:

V= velocidad del agua en m/s

Constantes= 0.007, 0.3345, -0.013, 0.3403

N= número de revoluciones por segundo

Finalmente se calculó las áreas de cada tramo y con la ecuación de continuidad se determinó el caudal.

$$Q = (A * V)$$

Dónde:

Q= Caudal (m^3/s)

A= Área de cada tramo en (m^2)

V = Velocidad (m/s)

3.2.2 Demanda de agua de los cultivos en la zona de riego del sistema Campana-Malacatos".

Con el objeto de determinar el volumen de agua requerido por los cultivos mediante métodos indirectos, fue necesario disponer de información meteorológica confiable de las estaciones La Argelia, Cajanuma, Malacatos, Quinara y Yangana, además un conocimiento detallado de la zona de estudio, el que sirvió para determinar los siguientes parámetros.

3.2.2.1 Evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo).

El cálculo de la ETo, se la determinó con la ayuda de los siguientes métodos:

- *Método Penman-Monteith.*- la estimación se la hizo mediante el software Cropwat 8.0 para la estación La Argelia, cuyos resultados servirán para la correlación entre este método y Hargreaves de la misma estación.
- *Método de Hargreaves.*- para su estimación se aplicó la ecuación del ítem 2.3.1.2, la cual considera la temperatura máxima, media, mínima y la radiación extraterrestre de las estaciones La Argelia y Malacatos. (Anexo del 17 al 21)

Con los datos estimados de la ETo método de Penman-Monteith (La Argelia) y Hargreaves (Malacatos), se realizó una regresión lineal simple, con la finalidad de poder determinar una ecuación de ajuste al método de Hargreaves para la zona de estudio.

$$Y = (0.416 + 0.524X)$$

Dónde:

Y = Evapotranspiración potencial definitiva del sistema de riego

X= Evapotranspiración potencial método Hargreaves de la Estación Malacatos.

Constantes= 0.416 y 0.524

3.2.2.2 Cálculo de la Evapotranspiración del Cultivo (Etc).

Mediante gestión se solicitó al departamento provincial de SIGTIERRAS el catastro del sistema de riego y las fotografías áreas, la finalidad fue realizar la actualización de usuarios, delimitación de juntas sectoriales de riego y las áreas de cada cultivo establecido, a través del

ArcMap 10.1, y recorridos de campo con el presidente, canaleros e infantes, con el fin de constatar en situ. Además el patrón de cultivos de definió en base a la rentabilidad, producción, condiciones ancestrales y culturales de la zona.

Para determinar el Kc del cultivo se utilizó las tablas de Kc de la FAO 56 que considera tres fases de desarrollo: inicial, desarrollo, mediados de período y final. Sin embargo, para obtener el coeficiente promedio mensual que permitió calcular la evapotranspiración mensual del cultivo, fue necesario construir la curva *Kc*, donde en el eje de las abscisas va la escala del tiempo, y en el eje las ordenadas el *Kc* y con un intervalo de tiempo de 15 días se procedió a determinar en la curva de kc el valor mensual, con estos valores finalmente se aplicó la ecuación siguiente:

$$ET_c = Et_o * K_c$$

Dónde:

Et: Evapotranspiración de los cultivos (mm/mes)

Eto: Evapotranspiración de referencia (mm/mes)

Kc: coeficiente de cultivo, (adimensional)

3.2.2.3 *<u>Requerimientos de riego.</u>*

Para ello, la precipitación media de las estaciones consideradas con una serie estadística de 23 años, se espacializaron en el ArcMap 10.1 mediante isoyetas, a fin de determinar un factor de corrección entre la precipitación media del sistema de riego y la estación Malacatos, cuyo factor fue multiplicado para cada mes de la estación que influye directamente en la zona, obteniendo como resultado la precipitación media ajustada para la estación Malacatos, el mismo que fue colocado en el software Cropwat 8.0, para determinar la precipitación efectiva. Con los datos de Etc y Peff se aplicó la siguiente expresión:

$$IRReq = (Etc - Peff)$$

Dónde:

IRReq= Requerimiento Hídrico del cultivo (mm)

Etc= Evapotranspiración del cultivo (mm/día)

Peff= Precipitación efectiva (mm)

Finalmente, se calculó el volumen de agua para irrigar cada junta sectorial, considerando que 1 mm de lluvia es igual a 10 m^3/ha, cuyo valor se lo multiplicó por la superficie de cada junta

sectorial y éste al dividirlo para la eficiencia de aplicación del riego se obtiene el volumen bruto aplicar.

3.2.3 Confrontación de la oferta y demanda agua, con fines de riego en la perspectiva de estructurar alternativas para su optimización.

En la hoja electrónica Excel, con la información obtenida y ligada entre sí, se realizó una base de datos, la misma que constó del número de hectáreas, patrón de cultivos, requerimiento hídrico de los cultivos, eficiencia del método de riego y la disponibilidad del recurso hídrico, para realizar una comparación entre la oferta y la demanda de agua, donde cambiando el caudal disponible, y el método de riego se puede observar el área agrícola a incrementar.

4 Resultados y discusión

4.1 Estimación de la Disponibilidad de agua en la Cuenca de captación Campana-Malacatos

Para la estimación de la disponibilidad del recurso hídrico, se realizó un análisis morfométrico de toda la cuenca, seguido de un análisis de precipitación y una comparación entre el método indirecto que más se ajuste a los aforos realizados in situ.

4.1.1 Análisis morfométrico.

Los parámetros de forma según la tabla 4, indica que la cuenca tiene un área de 33.6 km^2 categorizada según Chow (1994) como cuenca pequeña, el factor de forma según el coeficiente de compacidad de Gravelius es 1.3 que tiende su forma de redonda a oval, permitiendo que las precipitaciones sean uniformes, además afecta al tiempo de concentración como lo señala Morales & Rodríguez (2005).

La pendiente media de la cuenca es de 57.3%, la que influye en la direccionalidad de los escurrimientos superficiales hacia el cauce natural de la quebrada Campana, además se puede asegurar que ésta no produce efectos erosivos significativos, debido a la densa cobertura vegetal.

La longitud del cauce considerado desde el punto más alto (3640 msnm) hasta la captación (1760 msnm) es de 12.5 km, con una pendiente media de 19.2 %, lo que determina un tiempo de concentración según Kirtpich de una hora, tiempo en el cual la gota más alejada se tarda en llegar al punto de captación, permitiendo tomar medidas preventivas en el periodo de lluvias a fin de precautelar la infraestructura hidráulica. Estos parámetros, están relacionados y son el resultado de las características geomorfológicas que presenta la cuenca, ya que forma parte del bosque húmedo del Parque Nacional Poducarpus.

Tabla 4. Parámetros morfo métricos de la cuenca

Micro cuenca de captación Campana-Malacatos		
Parámetros de forma		Interpretación
Área	33.6 Km^2	Cuenca pequeña
Perímetro	27.3 Km	
Factor de forma (Gravelius)	1.3	Redonda a oval
Factor de elongación	0.6	Pendientes fuertes
Parámetros de relieve		
Pendiente media	57.3%	
Elevación media (Curva hipsométrica)	2700msnm	Cuenca joven (desequilibrio)
Parámetros relativos de drenaje		
Densidad de drenaje (Horton)	1.3 km/km^2	Baja densidad de drenaje
Densidad de corrientes (Densidad de corrientes)	0.68 #corrientes/km^2	
Longitud del cauce	12.5 km	
Pendiente media del cauce	19.25 %	
Tiempo de concentración	1 horas	

4.1.2 Precipitación media de la cuenca.

En la zona de captación se estima una precipitación media de 152.7 mm, determinada mediante el método de las isoyetas. Según la tabla 5, se observa la distribución de la época seca y de lluvia, presentándose en el mes de Septiembre un valor medio mínima de 87.5 mm, mientras que el máximo valor medio de precipitación es en Marzo con 221.1 mm. La precipitación media anual es de 1832.8 mm para el periodo comprendido 1990-2012, la misma que se ha incrementado en un 23 % con respecto al determinado (1147.5 mm) por Bravo y Moreno (2007), tal incremento justificado se debe a que aguas arriba del punto de captación en la actualidad es zona protegida.

En la figura 2, se observa la variabilidad de la precipitación en función de su contraste, producto de la relación altitud-precipitación, como lo afirma (González 2012).

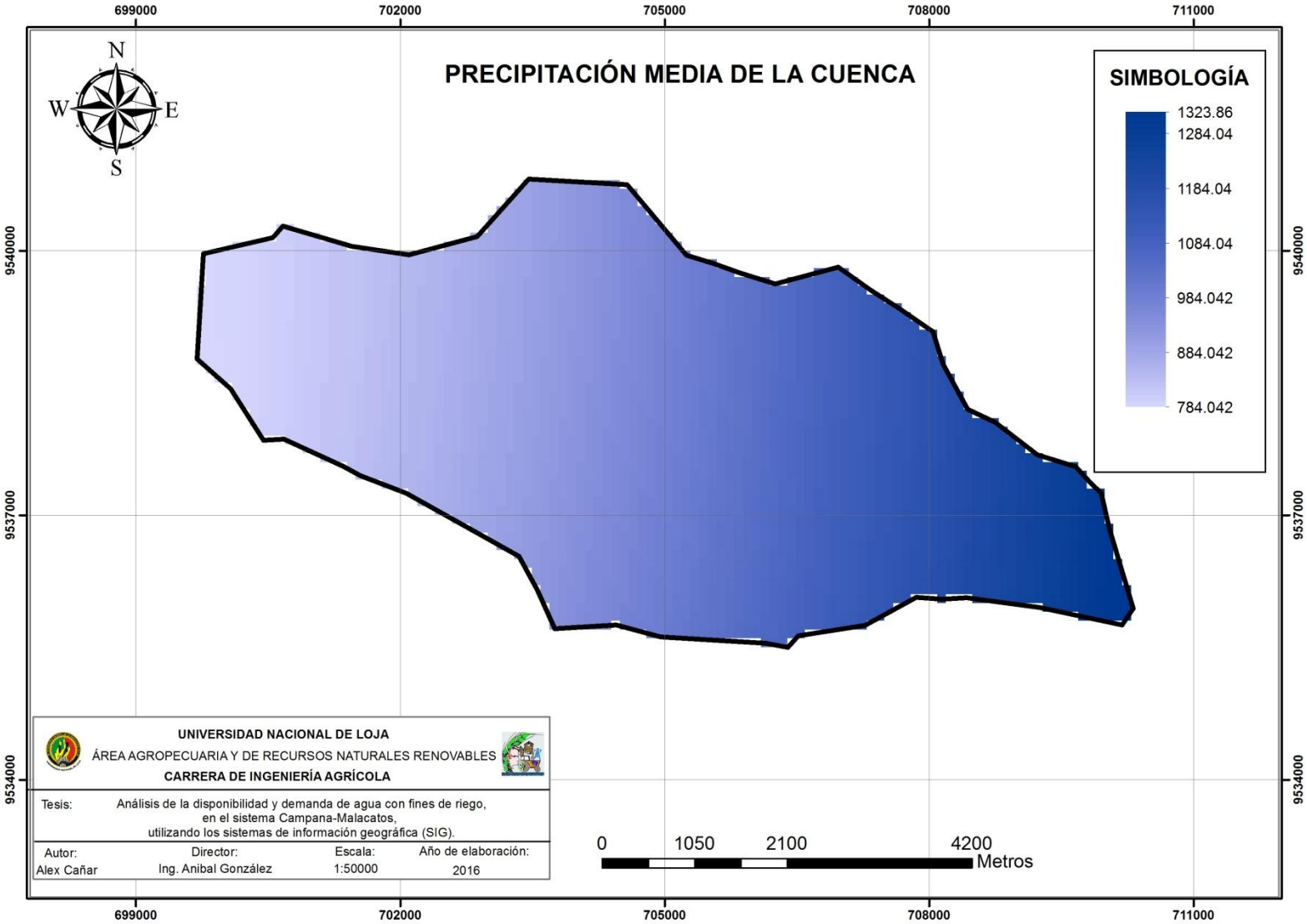


Figura 2
Precipitación media espacializada de la cuenca

Tabla 5. Precipitación media de la cuenca (m³)

Año	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total	Media
1990	243.8	241.5	218.9	234.0	198.3	220.8	120.3	82.8	60.6	119.9	160.0	221.8	2122.7	176.9
1991	209.3	229.8	301.9	106.4	180.3	170.2	107.7	154.4	69.1	85.6	33.6	128.3	1776.7	148.1
1992	154.5	187.6	144.2	173.1	148.1	126.9	138.5	39.2	88.1	66.1	153.8	124.4	1544.6	128.7
1993	158.1	157.8	486.2	166.7	60.2	133.8	172.3	72.9	102.0	128.5	71.3	382.1	2091.6	174.3
1994	272.8	306.9	313.6	248.4	67.6	14.6	16.2	31.9	20.4	311.7	108.8	90.3	1803.3	150.3
1995	110.7	131.7	143.2	94.2	166.4	26.9	92.3	49.6	49.9	51.7	191.5	234.0	1342.1	111.8
1996	181.9	188.5	236.3	174.6	79.0	123.7	106.1	85.8	83.0	81.3	19.3	52.1	1411.5	117.6
1997	126.0	163.5	155.1	124.8	118.8	55.1	137.9	87.8	93.9	84.1	109.3	239.0	1495.3	124.6
1998	74.8	152.5	208.8	158.0	131.7	200.0	136.0	89.1	70.2	163.8	127.4	75.6	1587.9	132.3
1999	230.1	447.8	202.6	149.4	309.1	156.7	164.3	125.2	182.7	39.0	71.4	225.1	2303.5	192.0
2000	281.5	267.2	294.4	187.4	210.4	230.9	101.9	125.5	151.4	44.4	37.7	111.1	2043.9	170.3
2001	153.2	174.6	104.7	124.6	163.8	231.1	223.1	130.0	93.9	47.0	190.0	189.6	1825.7	152.1
2002	188.8	148.5	82.0	226.1	175.4	104.3	172.6	14.7	40.7	95.0	106.0	136.2	1490.3	124.2
2003	154.2	169.6	288.1	122.8	237.6	143.4	93.7	17.2	55.9	102.9	83.9	206.0	1675.3	139.6
2004	89.0	178.1	272.2	354.6	119.6	227.2	130.5	30.2	56.4	176.6	141.5	185.7	1961.7	163.5
2005	85.9	204.3	266.1	281.3	84.9	210.1	42.0	33.4	40.5	121.0	92.8	189.6	1652.0	137.7
2006	255.6	132.9	288.6	147.6	86.4	208.8	92.6	32.9	50.3	52.2	138.2	174.7	1661.0	138.4
2007	92.7	99.3	143.3	176.9	207.5	319.2	31.0	380.2	123.0	78.2	227.6	149.7	2028.7	169.1
2008	115.3	375.8	364.6	245.9	191.9	136.5	245.9	223.8	46.1	191.5	152.8	243.6	2533.6	211.1
2009	246.2	135.0	206.0	166.2	111.4	79.3	153.0	154.4	124.4	97.9	38.6	228.4	1740.6	145.1
2010	109.9	164.1	71.0	135.3	181.8	206.1	85.5	115.3	135.5	48.3	89.1	156.4	1498.3	124.9
2011	107.7	307.3	201.4	275.8	224.0	149.2	277.5	136.5	200.8	113.6	231.5	315.7	2541.1	211.8
2012	272.1	301.8	92.7	174.6	211.1	218.6	45.6	79.8	73.4	163.4	163.5	226.2	2022.9	168.6
Suma	3914.1	4866.1	5086.0	4248.6	3665.3	3693.3	2886.7	2292.9	2012.3	2463.8	2739.5	4285.6	42154.2	3512.8
Max	281.5	447.8	486.2	354.6	309.1	319.2	277.5	380.2	200.8	311.7	231.5	382.1	2541.1	211.8
Media	170.2	211.6	221.1	184.7	159.4	160.6	125.5	99.7	87.5	107.1	119.1	186.3	1832.8	152.7
Min	74.8	99.3	71.0	94.2	60.2	14.6	16.2	14.7	20.4	39.0	19.3	52.1	1342.1	111.8
Desv	68.5	86.6	100.2	64.2	62.6	73.7	65.6	81.0	46.8	63.0	60.2	76.0	337.4	28.1
Cv	0.4	0.4	0.5	0.3	0.4	0.5	0.5	0.8	0.5	0.6	0.5	0.4	0.2	0.2

4.1.3 Escurrimientos medios superficiales

Estos volúmenes fueron generados a través de métodos indirectos como el racional, polinomio ecológico y el criterio del coeficiente calculado.

Según el anexo 13, el volumen medio estimado por el método racional es de 31500.3 m^3, presentando una variación entre Marzo y Septiembre con 3800.6 m^3 y 1503.7 m^3 respectivamente, de estos se determina un caudal máximo de 1.42 m^3/s para Marzo y 0.58 m^3/s en Septiembre, valores justificados por la variabilidad de las precipitaciones durante el año, como se observa en la tabla 6.

Con el método del polinomio ecológico, se ha determinado caudales medios mensuales con una variabilidad entre Marzo y Septiembre con 3.44 y 1.71 m^3/s, valores que presentan el mismo comportamiento determinados por el método racional; en cambio, los caudales obtenidos por el criterio del coeficiente calculado son bajos, aunque con la misma dinámica de los métodos anteriores como se puede observar en la figura 3.

De lo antes mencionado, se establece que los dos primeros métodos presentan valores confiables para el cálculo de los escurrimientos, aunque por las condiciones edafológicas y los aforos realizados in situ (tabla 7), se seleccionó los caudales del método racional, a fin de estimar la disponibilidad de agua en el sitio de captación.

Tabla 6. Caudal medio mensual (m^3/s), para los tres métodos empíricos.

	Racional	Polinomio ecológico	COE calculado
Enero	1.09	2.81	0.86
Febrero	1.40	3.30	1.18
Marzo	1.42	3.44	1.11
Abril	1.22	3.00	0.96
Mayo	1.02	2.66	0.80
Junio	1.06	2.66	0.84
Julio	0.81	2.25	0.63
Agosto	0.64	1.84	0.50
Septiembre	0.58	1.71	0.46
Octubre	0.69	1.99	0.54
Noviembre	0.79	2.14	0.62
Diciembre	1.20	3.00	0.94
Total	12.02	30.80	9.43
Media	1.00	2.57	0.79
Desv	0.30	0.58	0.24
Cv	0.30	0.22	0.30

Nota: Coeficiente de escorrentía (COE)

Tabla 7 Aforo del rio Campana en el sitio de captación.

Fecha de aforo	Caudal (m^3/s)
6 de Agosto	2.6
13 de Agosto	2.6
20 de Agosto	1.4
27 de Agosto	1.4
03 de Septiembre	1.1
10 de Septiembre	2.5
17 de Septiembre	0.7
24 de Septiembre	1.0
01 de Octubre	1.0
08 de Octubre	1.1
22 de octubre	0.8
29 de Octubre	1.1
12 de Noviembre	1.5
19 de Noviembre	1.4
26 de Noviembre	1.1
03 de Diciembre	2.6
09 de Diciembre	3.3
Total	27.2
media	1.6
desv	0.8
Cv	0.5

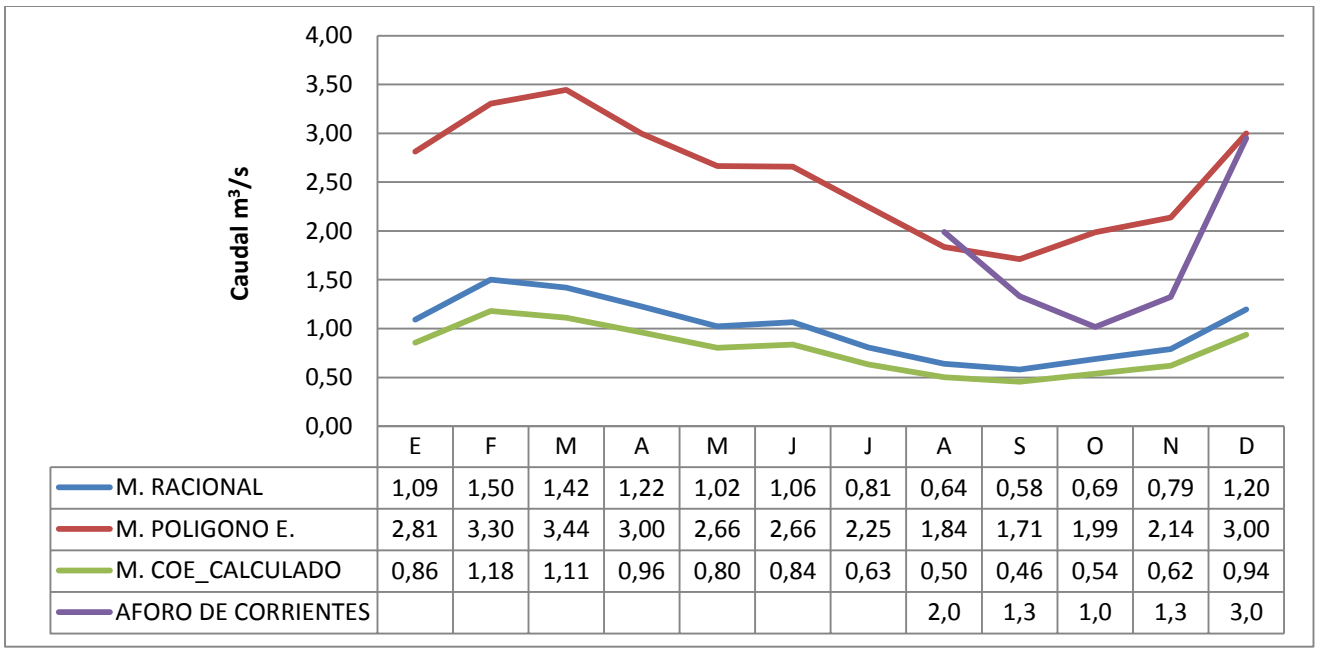


Figura 3
Análisis comparativo entre los tres métodos empíricos y el aforo de corriente (m^3/s).

4.1.4 Disponibilidad de agua para riego.

La cuenca de captación del sistema de riego Campana-Malacatos a una probabilidad de ocurrencia del 75 % es de 0.68 m^3/s, mientras que a una probabilidad del 80% es de 0.64 m^3/s, como se demuestra en la figura 4. Cabe señalar que la empresa pública de Riego y Drenaje del Sur (RIDRENSUR) tiene concesionado un caudal de 0.43 m^3/s, el mismo que se encuentra dentro de la disponibilidad estimada en el presente estudio.

En tal virtud, según el presente estudio se puede incrementar la cantidad de agua a captar y por ende aumentar el área de riego en función de los requerimientos de los cultivos y eficiencias de aplicación del riego.

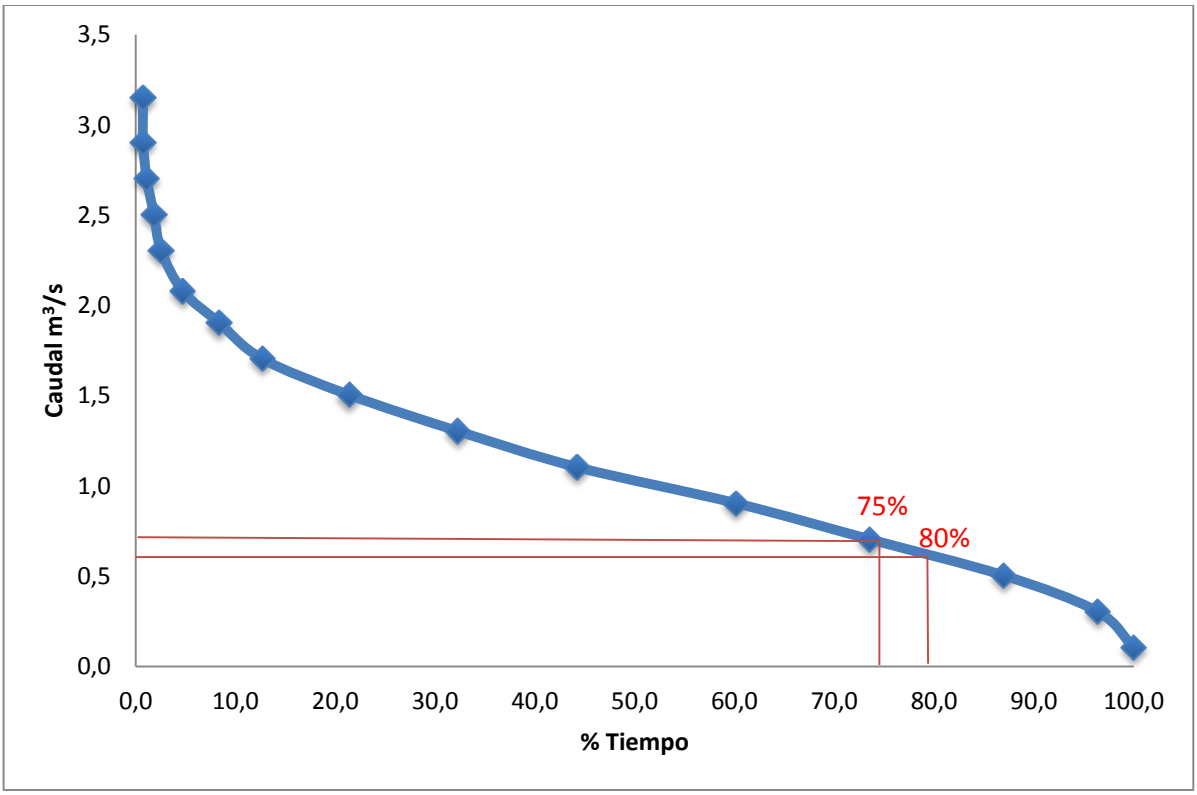


Figura 4
Curva de duración general, método racional.

4.2 Requerimientos hídricos de los cultivos

4.2.1 Evapotranspiración potencial (ETo).

La ETo se estimó mediante el método de Penman-Monteith, Thornthwaite y Hargreaves para una serie estadística de 23 años, arrojando los siguientes resultados.

La Eto por el método de Penman-Monteith de la estación La Argelia, presenta un valor máximo de 3.20 mm/día para Octubre y Noviembre y una mínima de 2.55 mm/día para Junio como se indica en la tabla 8 y anexo 23.

El método de Thornthwaite se ha estimado un valor máximo de 2.10 mm/día de Octubre a Diciembre y el mínimo de 1.79 mm/día para Junio referidos a la estación La Argelia, mientras que el mismo método para la estación Malacatos es de 2.55 mm/día en Noviembre y Diciembre y 2.37mm/día en Mayo, máximo y mínimo valor respectivamente.

La Eto estimada mediante Hargreaves para la estación La Argelia presenta un valor máximo de 4.55 mm/día en Noviembre y un mínimo de 3.20 mm/día en Julio, en tanto que para la estación Malacatos es 6.22 mm/día en Octubre y 5.02 mm/día en Junio. (Anexo 24)

Ante estos resultados, se estima que la variabilidad existente entre los métodos está relacionada directamente con los parámetros meteorológicos que utiliza cada uno de ellos, es así que el método de Penman-Monteith estima valores bajos debido a que utiliza los parámetros descritos en la ecuación 6, en cambio los valores altos que arroja el método de Hargreaves son justificados; ya que este precisa solamente los valores de radiación extraterrestre y registros de temperaturas máxima y mínima, datos de fácil obtención para el área de estudio. (FAO 1992)

Con estas consideraciones, la Eto ajustada para la zona de riego se la determinó mediante una regresión lineal simple con los datos estimados de Penman-Monteith y Hargreaves de la estación La Argelia y Malacatos respectivamente. La Eto máxima se reporta en Octubre con 3.84 mm/día y la mínima en Junio con 3.35 mm/día, los mismos que no demuestran una diferencia significativa según el coeficiente de variabilidad (0.05). Estos métodos han sido seleccionados por presentar valores más consistentes y reales como lo afirma la FAO 56, y por no disponer de registros meteorológicos suficientes en el área de estudio (Trezza 2008), respectivamente.

Tabla 8. Evapotranspiración potencial del área de riego, mediante métodos empíricos (mm/día)

Penman -Monteith (Cropwat 8.0)		Thornthwaite		*Hargreaves*		
Mes	Argelia	Argelia	Malacatos	Argelia	Malacatos	Malacatos ajustada
Enero	2.91	2.03	2.51	4.07	6.02	3.56
Febrero	2.83	2.02	2.42	4.03	6.06	3.78
Marzo	2.84	2.05	2.39	4.07	6.08	3.79
Abril	2.82	2.05	2.40	3.92	5.66	3.61
Mayo	2.68	1.97	2.37	3.56	5.30	3.47
Junio	2.55	1.88	2.38	3.21	5.02	3.35
Julio	2.61	1.79	2.42	3.20	5.15	3.40
Agosto	2.95	1.86	2.40	3.48	5.53	3.56
Septiembre	3.11	2.00	2.50	4.05	6.00	3.75
Octubre	3.20	2.10	2.53	4.51	6.22	3.84
Noviembre	3.20	2.10	2.55	4.55	6.15	3.81
Diciembre	3.05	2.10	2.55	4.29	6.00	3.75
Total	34.75	23.95	29.42	46.92	69.18	43.87
Media	2.90	2.00	2.45	3.91	5.77	3.66
Desv	0.22	0.10	0.07	0.46	0.42	0.17
Cv	0.07	0.05	0.03	0.12	0.07	0.05

Según la figura 5, se aprecia que los valores altos (3.84 mm/día) se encuentran en la parte Sur del sistema de riego y los menores (3.35 mm/día) se ubican en el sector Norte del mismo.

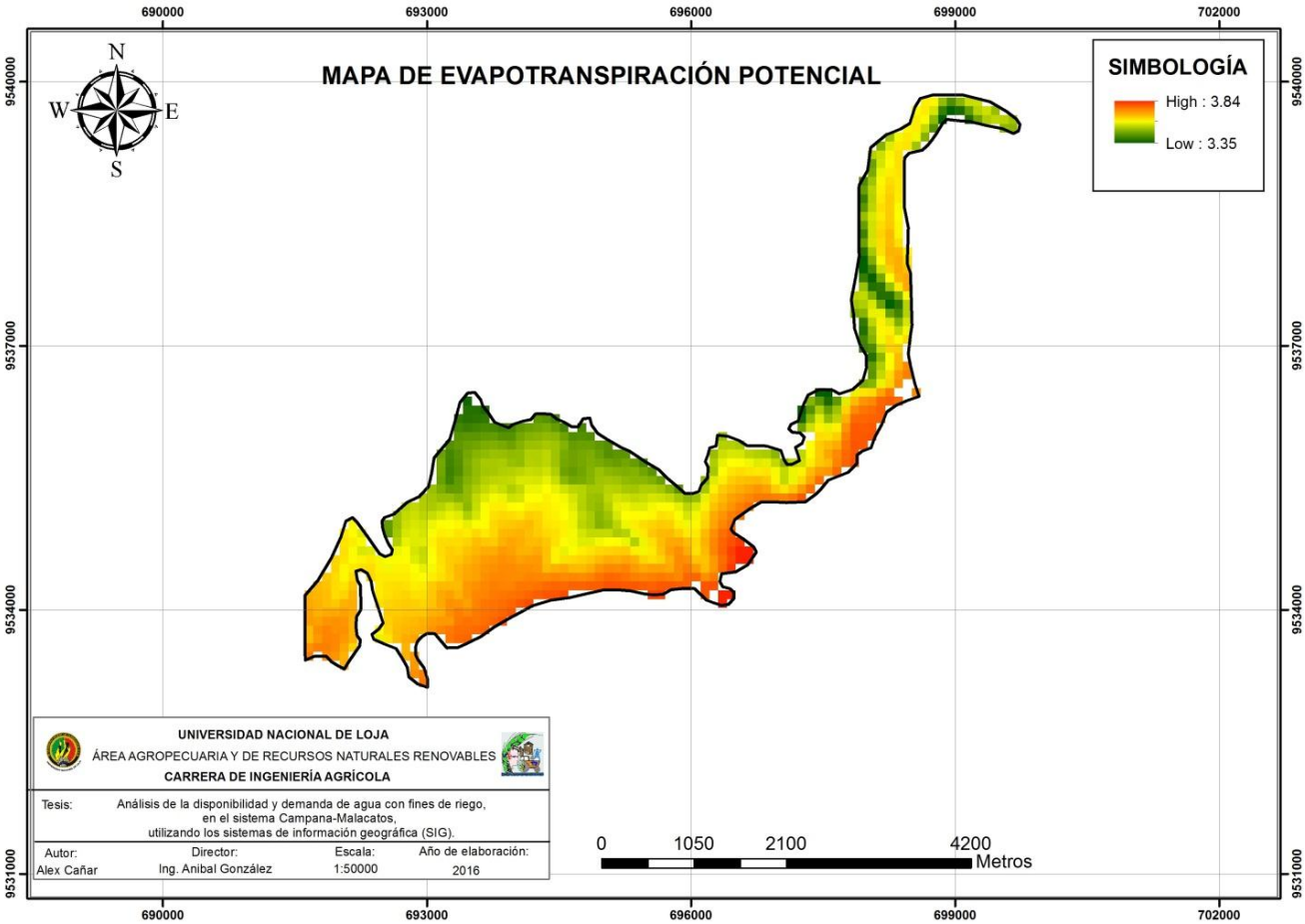


Figura 5
Evapotranspiración potencial (Eto) espacializada para el sistema de riego (mm/día)

4.2.2 Determinación del coeficiente de cultivo (kc)

En la figura 6 y anexo 25, se muestra el patrón de cultivos identificado en la zona de riego, el mismo que está distribuido en su mayor parte con caña de azúcar con un área de 266.4 ha equivalente al 35.8 %, seguido por cultivos asociados con 169. 3 ha que representa el 22.8 %, pastos 156.8 ha, con el 21.1%, cítricos 56.2 ha, equivalente al 7.6%, maíz 44.8 ha, correspondiente al 6%, hortalizas y guineo 20.1 ha con 2.7%; y el menos representativo es fréjol con 10.7 ha que corresponde al 1.4% del área total.

Definido el patrón de cultivos se determinó el (kc) como se indica en la tabla 9, del cual se destaca que el cultivo de caña, café, tomate, achira, pimiento y fréjol presentan valores significativos, mientras que los valores menos significativos son para el pasto y cítricos, los

mismos que están en función de las etapas fenológicas de cada cultivo, un ejemplo se observa en el anexo 26.

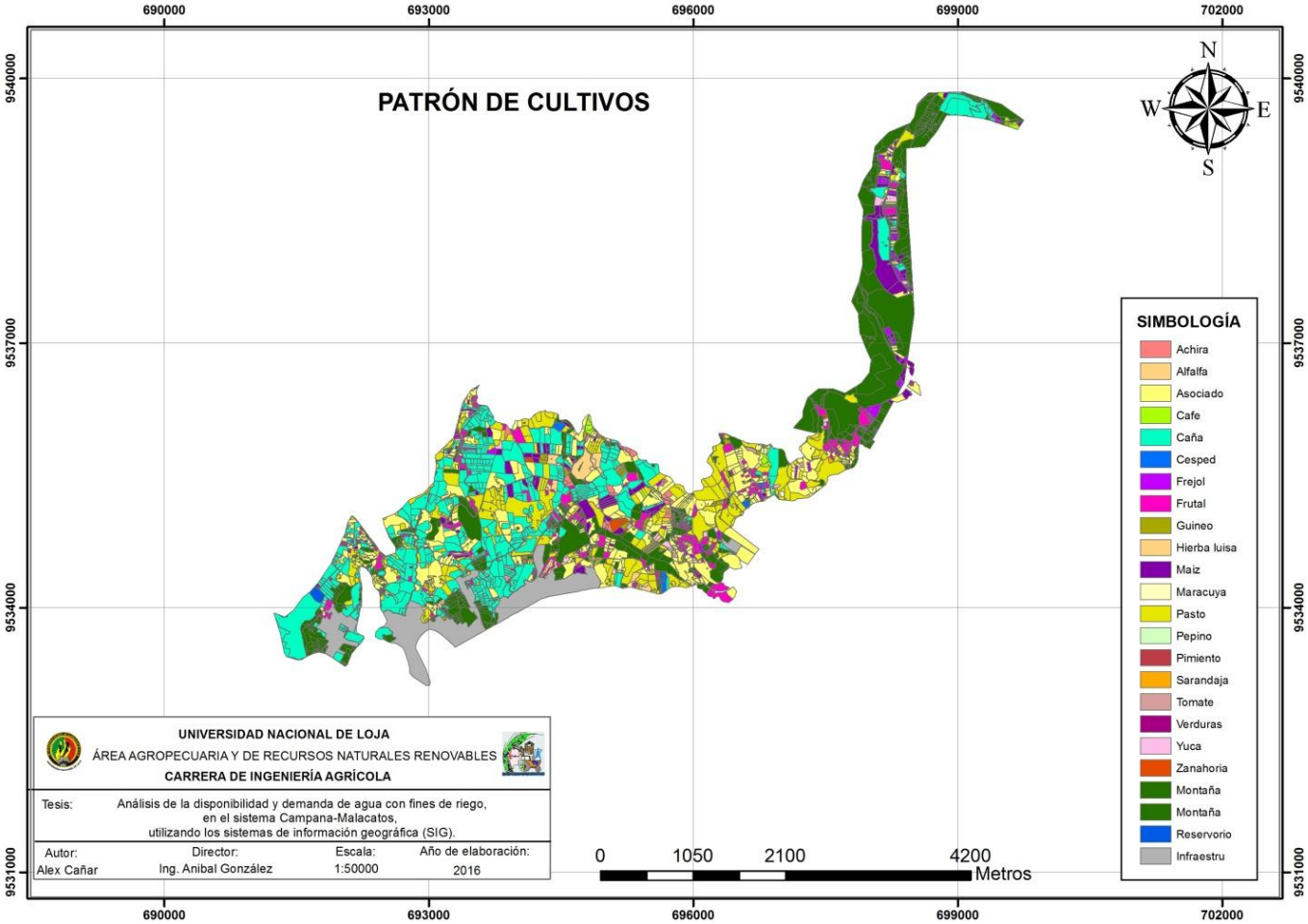


Figura 6
Patrón de cultivos del sistema de riego

Tabla 9. Coeficiente del cultivo Kc

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Maíz	1.2	0.6		0.3	0.7	1.2	0.6				0.3	0.7
Frejol	0.5	0.8	1.1	1.0		0.5	0.8	1.1	1.0			
Tomate		0.6	0.7	1.1	1.1	0.9		0.6	0.7	1.1	1.2	0.9
Pimiento		1.0	1.1	1.0		0.6	1.0	1.1	1.0	0.6		
Caña	0.4	0.7	1.1	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.2	1.0	0.8	
Cítricos	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Guineo	0.8	0.5	0.5	0.5	0.7	0.9	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Café	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Yuca					0.4	0.7	0.8	0.8	0.8	0.6	0.4	
Pasto							0.4	0.7	0.8	0.4	0.7	0.8
Pepino	0.9				0.6	0.8	1.0	0.9		0.6	0.8	1.0
Zanahoria	0.8	1.0	1.0		0.8	1.0	1.0		0.8	1.0	1.0	
Alfalfa	0.6	1.2	1.2				0.6	1.2	1.2			
Cesped	0.8	0.9	0.9					0.8	0.9	0.9		
Achira	0.4	0.5	0.9	1.2	1.2	1.2	1.2	1.0	0.8			
Asociado	1.1	0.6	0.9	0.8	1.1	0.5	0.3	0.8	1.1	0.5	1.2	1.1
Lechuga	1.0		1.0	1.0	0.9	1.0				1.0	1.0	0.9

4.2.3 Precipitación efectiva de la zona de riego (Peff)

De la tabla 10, los valores medios de precipitación determinados a través del método de isoyetas, se puede destacar que Enero y Febrero presentan los valores máximos de la serie estadística con 201.69 y 187.49 mm respectivamente, mientras que los menores están en Julio con 8.29 mm y Agosto 8.26 mm, obteniéndose una media anual de 1023.29 mm en el área de riego. Estas precipitaciones guardan estrecha relación con la distribución espacial de las lluvias durante el año.

Así mismo, la distribución espacial de las lluvias en el proyecto según la figura 7, se aprecia que las mayores precipitaciones se localizan en la parte alta junto al sitio de captación y las menores en la parte baja del sistema del sistema de riego, ratificando la relación altitud-precipitación como lo menciona (González 2010).

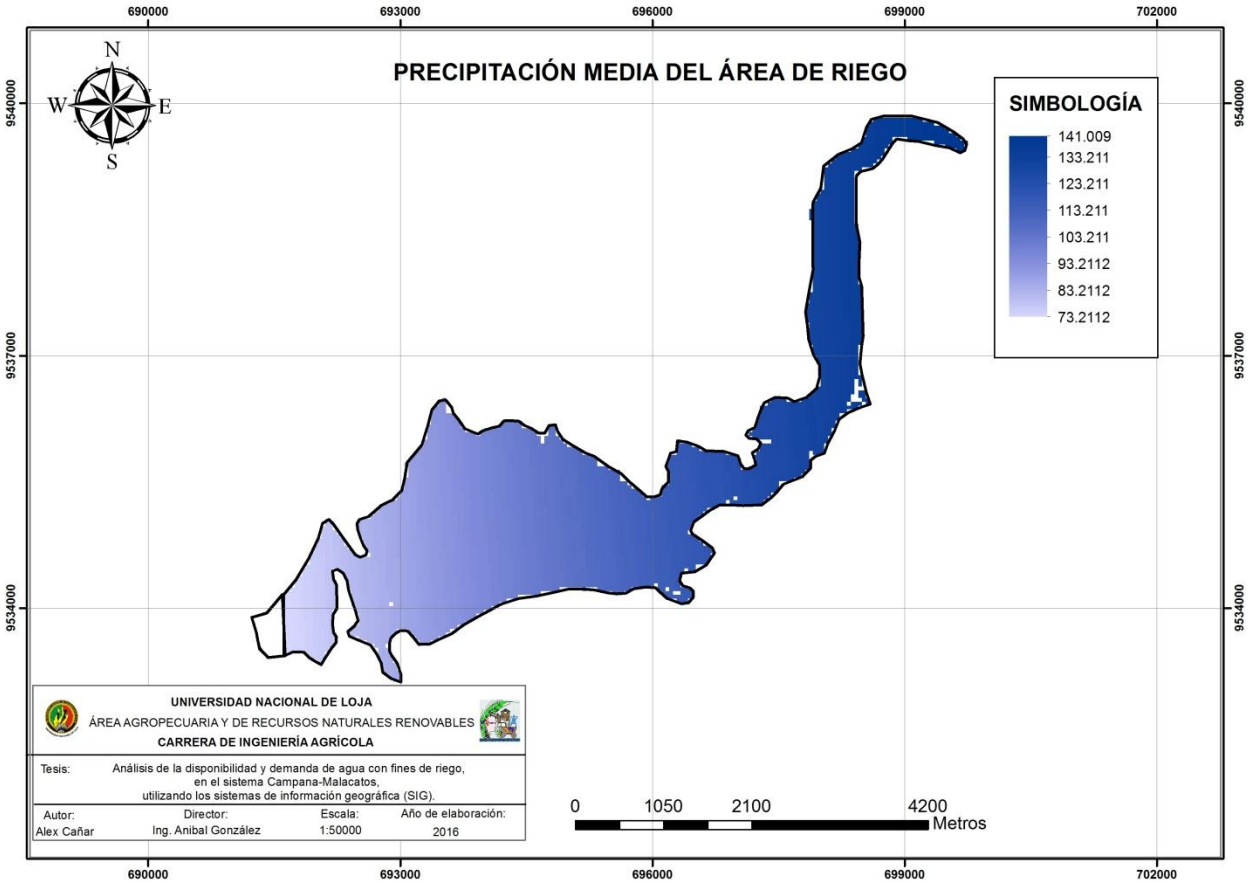


Figura 7
Precipitación media espacializada del área de riego (mm)

Considerando las precipitaciones medias determinadas en la tabla 10, se calculó la precipitación efectiva del área de riego con ayuda del software CROPWAT 8.0, cuyos resultados se muestran en la tabla 11, del cual se destaca que las mayores precipitaciones se dan en Febrero, Marzo y Abril, con valores de 131.3, 128.7 y 111.3 mm y las menores precipitaciones se presentan en Julio y Agosto con 8.2 mm, sumando total anual de 811.3 mm en el área de riego, cuya variabilidad es significativa de acuerdo al coeficiente de variación (0.67).

Tabla 10 Precipitación media mensual del área de riego (mm), (Malacatos *1.44)

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual	Media
1990	151.27	186.06	32.21	402.32	18.98	10.93	30.63	5.90	83.11	57.37	146.52	53.49	1178.78	181.35
1991	148.39	44.14	336.18	104.39	135.59	0.86	17.40	0.00	74.63	39.40	37.96	22.72	961.66	147.95
1992	63.84	32.64	211.66	41.41	25.31	4.75	0.00	0.14	57.95	0.00	75.49	115.18	628.36	96.67
1993	92.74	269.89	268.89	98.06	40.98	9.20	0.00	0.00	28.90	193.54	27.18	141.63	1171.02	180.16
1994	146.95	107.27	112.59	61.83	44.14	0.00	0.00	26.74	6.90	60.10	61.54	91.59	719.66	110.72
1995	14.95	116.76	170.39	12.08	37.39	0.00	0.00	5.03	22.14	12.37	75.49	55.79	522.39	80.37
1996	55.65	120.93	21.86	60.10	23.29	0.00	0.00	0.00	25.45	98.35	0.00	0.00	405.63	62.40
1997	97.92	5.90	57.52	141.78	25.31	67.72	0.00	0.00	27.03	103.67	71.32	59.82	657.98	101.23
1998	71.46	196.13	156.15	113.88	15.24	0.00	0.00	0.00	0.00	202.89	0.00	0.00	755.76	116.27
1999	242.86	490.32	411.24	30.63	118.63	21.77	4.03	0.58	26.17	47.74	51.05	142.35	1587.34	244.21
2000	160.90	621.46	284.27	445.46	94.04	24.73	0.00	0.00	102.23	9.49	0.00	138.90	1881.48	289.46
2001	98.93	68.44	135.02	82.39	47.21	8.97	8.34	0.00	0.00	103.82	28.47	186.06	767.65	118.10
2002	63.84	84.98	48.89	222.30	6.47	0.00	0.00	7.14	28.47	118.79	40.55	183.04	804.48	123.77
2003	25.31	143.79	155.58	121.79	3.02	0.00	11.65	0.00	0.14	236.96	28.47	39.25	765.96	117.84
2004	31.35	41.84	29.33	206.91	45.87	7.33	20.99	42.27	42.27	166.22	217.41	154.43	1006.24	154.81
2005	31.20	131.42	328.56	59.96	73.91	22.00	0.00	0.00	0.00	148.53	41.99	80.38	917.95	141.22
2006	76.64	190.95	320.36	110.57	1.73	55.79	30.34	0.00	2.30	63.55	196.27	196.42	1244.93	191.53
2007	44.43	77.36	223.16	214.68	66.72	16.68	8.20	20.71	8.91	113.02	205.19	89.44	1088.48	167.46
2008	65.57	281.40	248.76	119.92	77.79	32.06	0.14	21.14	29.62	234.23	92.74	246.17	1449.54	223.01
2009	249.91	237.11	235.81	125.96	83.40	5.46	8.20	9.06	7.62	52.05	11.93	100.65	1127.16	173.41
2010	5.18	167.51	102.52	115.03	134.16	54.50	35.95	22.86	18.12	66.86	132.57	108.70	963.96	148.30
2011	143.50	374.28	157.59	216.83	47.45	27.90	14.52	28.33	74.77	148.53	145.66	167.23	1546.59	237.94
2012	337.47	321.66	122.36	222.59	12.22	0.43	0.29	0.00	26.17	104.39	113.16	121.93	1382.68	212.72
Total	2420.26	4312.23	4170.89	3330.87	1178.83	371.09	190.66	189.90	692.92	2381.89	1800.96	2495.17	23535.67	3620.87
Media	201.69	187.49	181.34	144.82	51.25	16.13	8.29	8.26	30.13	103.56	78.30	108.49	1023.29	164.85
Desv	83.38	151.95	110.47	108.19	40.47	19.92	11.44	12.30	29.44	69.38	67.00	64.87	371.32	87.70
Cv	0.41	0.81	0.61	0.75	0.79	1.23	1.38	1.49	0.98	0.67	0.86	0.60	0.36	0.84

Tabla 11 Precipitación efectiva del área de riego (mm/mes)

Mes	Peff (mm)
Enero	87.5
Febrero	131.3
Marzo	128.7
Abril	111.3
Mayo	47.1
Junio	15.7
Julio	8.2
Agosto	8.2
Septiembre	28.7
Octubre	86.4
Noviembre	68.5
Diciembre	89.7
Total	811.3
Media	67.6
Desv	45.3
Cv	0.67

Nota: Precipitación efectiva (Peff)

4.2.4 Requerimientos de riego.

En la tabla 12, se encuentran los requerimientos mensuales para el sistema de riego, así como para cada junta sectorial, los mismos que están en función Etc, Peff y área, durante un año calendario de siembra, En el referido cuadro se observa que las mayores demandas son para Junio a Septiembre, con un máximo de 641015 m^3 en Agosto, mientras que la menor es en Marzo con 4234 m^3, se debe recalcar que Febrero no presenta requerimiento alguno, debido a que la precipitación efectiva es mayor a la Etc. En este mismo cuadro se presentan los valores de requerimiento para cada junta sectorial (anexo 27), las mismas que están en función del área correspondiente, destacándose un valor máximo para la Junta 10, con 589 631 m^3 para regar 114,56 ha y un requerimiento mínimo de 122 665 m^3, con 49,87 ha para la Junta 2. Finalmente se determina que se requiere de 6121468 m^3 para regar el sistema de Riego Campana Malacatos, con una eficiencia del 50 %.

Tabla 12. Requerimientos de riego por juntas (m^3)

Meses	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL
Junta 1	14679		329	5146	31441	53575	48027	37946	35651	6620	11697	3425	248535
Junta 2	5559		5	102	12075	11117	18035	26291	31350	285	12575	5270	122665
Junta 3	5953		68	1172	29570	14095	19275	34477	31528	2476	13881	5849	158345
Junta 4	12230		24	634	25923	19664	24959	50055	47700	531	20926	11634	214280
Junta 5	13939		569	9580	56659	68267	73486	88334	77186	13170	29484	8642	439315
Junta 6	9872		259	3847	29705	32963	38802	58167	52112	5271	20217	7239	258454
Junta 7	6475		522	7248	34198	44446	52980	66137	56245	9115	16242	3110	296718
Junta 8	6043		700	10677	48176	57343	67103	82601	70921	12358	21355	4485	381762
Junta 9	8389		605	9163	46729	50745	56271	72762	65078	10622	23548	7117	351029
Junta 10	8413		1154	17608	77551	89503	102174	124245	107547	20286	33631	7519	589631
Total	91551		4234	65175	392027	441719	501112	641015	575319	80734	203557	64291	3060734

Por otro lado en la tabla 13, se muestra los requerimientos de riego en l/s de cada junta sectorial, considerando una eficiencia de riego del 50% por gravedad. Así se tiene que para la Junta 2, se requiere un caudal de 11,60 l/s, la junta 5, 41,5 l/s y para la junta 10, 55,7 l/s, los mismos que están en función del área, tipo de cultivo y época de siembra.

Tabla 13. Requerimiento de riego (l/s)

Junta	Volumen (m^3)	Tiempo (seg)	Caudal (l/s)	Eficiencia de riego (%)	Caudal (l/s)	Frecuencia de riego (días)	Caudal (l/s)
1	248535		11.74		23.5		82.2
2	122665		5.79		11.6		40.6
3	158345		7.48		15.0		52.4
4	214280		10.12		20.2		70.9
5	439315	21168000	20.75	50	41.5	2	145.3
6	258454		12.21		24.4		85.5
7	296718		14.02		28.0		98.1
8	381762		18.03		36.1		126.2
9	351029		16.58		33.2		116.1
10	589631		27.85		55.7		195.0

4.3 Análisis entre oferta y demanda de agua

La oferta y demanda del agua se ha calculado con la finalidad de determinar si se puede ampliar el área de riego, en función del caudal disponible, método de riego y caudal requerido.

De este análisis se determina que con un caudal disponible de 0.68 m^3/s, se puede incrementar, ya sea 96,3 ha de riego por surcos con una eficiencia de aplicación del 50%; 516,0 ha de riego por aspersión a una eficiencia de 75%; ó un área de 767,8 ha, de riego por goteo con una eficiencia de aplicación de 90%. (Tabla 14)

Tabla 14. Análisis entre oferta y demanda de agua, para la ampliación de la zona de riego

Caudal disponible	680	l/s
Etc max	3.5	mm/día
Constante	8.64	
Eficiencia de aplicación		
Surcos	50	%
Aspersión	75	%
Goteo	90	%
Área a incrementar		
Surcos	96.3	ha
Aspersión	516.0	ha
Goteo	767.8	ha

Se mencionar además que el área a implementarse se encuentra ubicada en la parte final del sistema de riego, tal como se muestra en la figura 8.

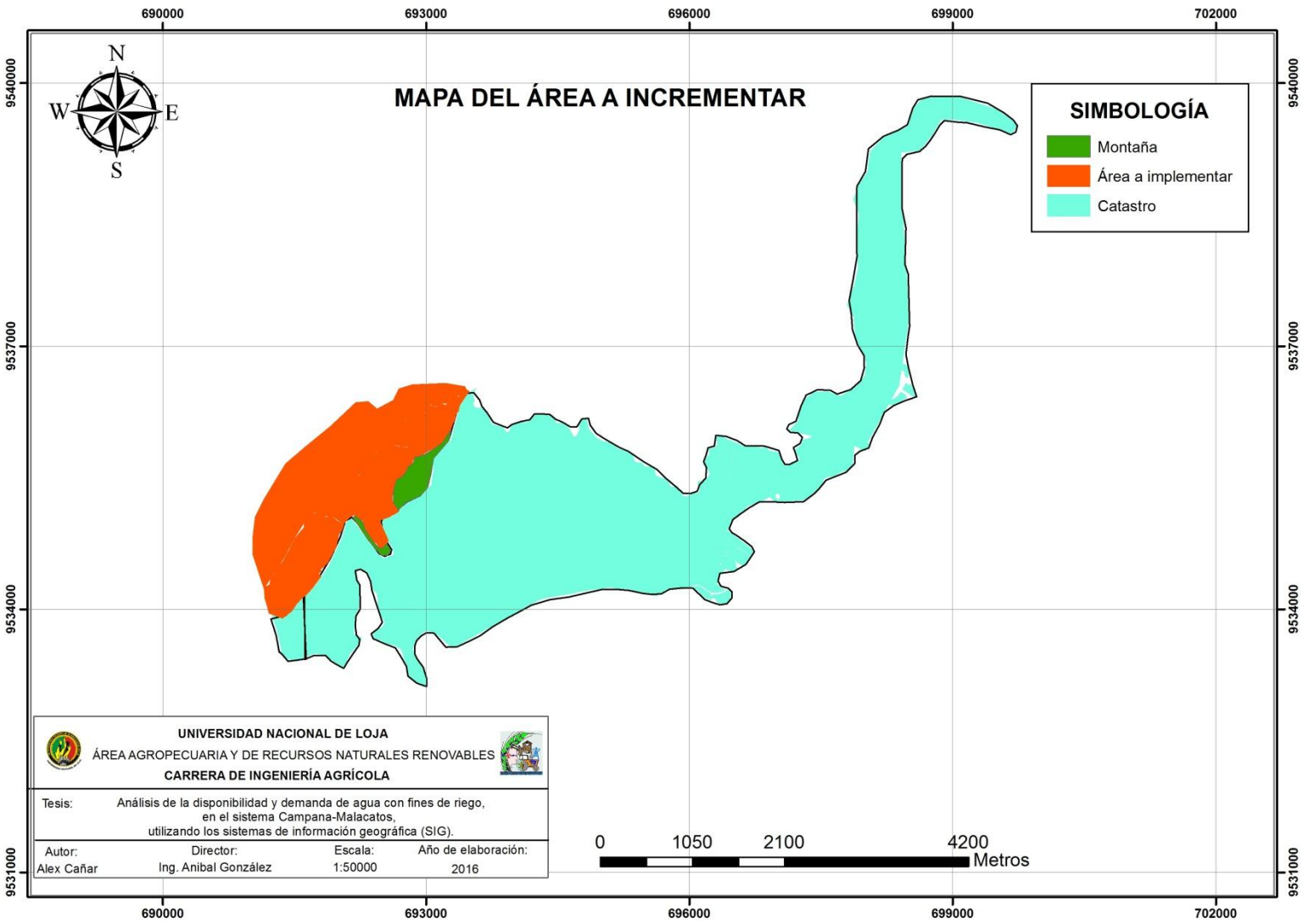


Figura 8
Área total a incrementar

5 Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

- Los resultados permitieron comprobar la hipótesis de estudio y los objetivos planteados, logrando ampliar la zona de riego para la producción agropecuaria, a fin de mejorar la calidad de vida de los usuarios del sistema de riego.
- Los valores de escurrimiento disponibles para riego, el método empírico que mejor se adaptó a las condiciones climáticas y de acuerdo a los registros simultáneos de aforo del río Campana, fue el método Racional.
- El sistema de riego Campana-Malacatos, cuenta con 1825 usuarios y 10 juntas sectoriales con un área total de 743 ha
- La cuenca en el punto de captación a una probabilidad del 75 %, dispone de 0.680 m^3/s.
- Los volúmenes estimados para regar un área de 743 ha con una eficiencia de aplicación del riego (50 %) es de 6121468 m^3.
- La disponibilidad de agua permite incrementar 96.3 ha de riego por surcos con una eficiencia del 50%, mientras que irrigando por aspersión se puede ampliar 516 ha considerando el 75 % de eficiencia ó 767.8 ha de riego por goteo a una eficiencia del 90%.

5.2 Recomendaciones

- Se instale una estación hidrometeorológica, que permita tener información base actualizada en el sistema de riego.
- Actualizar el mapa temático del patrón de cultivos y padrón de usuarios.
- Realizar la programación de riego, a fin de optimizar el recurso hídrico regulando las entregas y cobros de agua en cada junta sectorial del sistema.
- Promover campañas de concienciación del uso, aprovechamiento y tratado del recurso hídrico con fines agropecuarios.
- Realizar reuniones con los usuarios del sistema de riego Campana-Malacatos, los días domingos en la tarde.
- Reestructuración de los reglamentos, donde se estipule la prohibición de construir casas vacacionales en terrenos potencialmente agrícolas.

6 Bibliografía

Bastiaanssen et al. (2003). Citado por. González A. (2015). Los Sistemas de Información Geográfica (SIG), aplicados a la optimizaci[on del uso del agua, en el sistema de riego Camapan-Malacatos.

Bravo A, Moreno A. (2007), Planeación de los recursos hídricos del sistema de riego Campana-Malacatos, utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG). Loja –Ecuador 2007. Recuperado www.unl.edu.ec

Brouwer y Heibloem (1990). Citado por, Maldonado T. **(**2013). Diseño de métodos de riego superficiales por gravedad. Carrera de Ingeniería Agrícola.

Cob A. (2004). El conocimiento de las necesidades hídricas de los cultivos es fundamental para mejorar el diseño, planificación y gestión del polígono y sistemas de riego. Necesidades Hídricas en cultivos hortícolas. Pág. 34

Chow, V. T., Maidment, D.R. & L. Mays. 1994. Hidrología Aplicada. Ediciones de Cuencas Hidrográficas. Buenos Aires, Argentina, pp 70 - 76.

Dourojeanni, A. (2000). *Desafíos para la gestión integrada de los recursos hídricos*. Policy and Institutions for Integrated Water Resources Management. International Water Resources Association (IWRA), 19 p.

Díaz C. & Esteller V. & López F. Segunda Ed. (2006). Recursos Hídricos. Uruguay

FAO (1977). Las necesidades de agua de los cultivos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Riego y Drenaje, Nº 36. Roma, Italia.

FAO. (1992). Manual de Campo para la Ordenación de Cuencas Hidrográficas. Estudio y Planificación de Cuencas Hidrográficas. Roma, Italia. 185 p.

FAO (2006). Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Roma 2006

Fattorelli S., Fernandéz P. Segunda (Ed.). (2011). Diseño Hidrológico. Zaragosa

Gonzalez A. (1997). Planeación de los Recursos Hidráulicos, con fines de riego, en la zona andina del Ecuador (Tesis de maestría). Universida Nacional de Loja. Recuperado www.unl.edu.ec

González R. (2010). Guía didáctica de Hidrología.

González A. (1997). Planeación de los Recursos Hidráulicos, con fines de riego, en la zona andina del Ecuador (Tesis de maestría). Universida Nacional de Loja.

Gómez F. (1990). Observación y Medición de caudales en Cuencas de la Zona Andina del Ecuador. Instituto Ecuatoriano de Recursos Hidráulicos (INERHI).

Helweg O. (1992). Estados Unidos de América: Recursos hidráulicos, Planeación y Administración. Texas a. & University & Water Studies center

Jiménez, F. 2005. Gestión integral de cuencas hidrográficas. Enfoques y estrategias actuales. CATIE Recursos, Ciencia y decisión. No.2.

Kenneth .B., Folliott F., Gregersen M. y Thames L. (1992). Hydrology and the management of water sheds. Iowa State University Press. 2nd. printing. Iowa.383 p.

López A.(2015). Necesidades de la planeación de los recursos hídricos, en países en vías de desarrollo. Recuperado. http://www.iagua.es/blogs/agustina-lopez/necesidad-de-la-planificacion-de-los-recursos-hidricos-en-paises-en-vias-de-desarrollo

Livisaca F. (2010). Estudio edafológico de la segunda etapa del sistema de Riego Campa-Malacatos.

Morales G., Rodríguez A. (Mayo, 2009). Nuevo Plan de Hidrología Superficial. Apuntes de hidrología superficial UMSNH. Facultad de Ingeniería Civil. Horas totales 75

Maffei M. (2012). Desempeño de la ecuación de Hargreaves en la estación de la evapotranspiración de referencia (Eto) en una zona de páramo en Trujillo, Venezuela. CP 3150. Pág. 380-381

Palacios E. (1989). Introducción a la Teoría de la Operación de Distritos y Sistemas de Riego. Centro de Hidrociencias. Colegio de Posgraduados. Montecillo, México.

Puyol A, Villa M. (2006). Principios y Fundamentos de la Hidrología Superficial. Universidad Autónoma Metropolitana. Ciudad de México.

Riego y Drenaje del Sur (RIDRENSUR-EP) (2012), Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Loja. Ed. Digital

Springall R. (1990). Evolución de la Hidrología Superficial en México. Facultad de Ingeniería. UNAM. Octubre México.

Trezza, R. 2008. Estimación de evapotranspiración de referencia a nivel mensual en Venezuela. ¿Cuál método utilizar?. Bioagro 20(2):89-95.

Verstappen (1983), Tricart (1982) y (Goudie et al 1981). Citado por. Bravo A, Moreno A. (2007), Planeación de los recursos hídricos del sistema de riego Campana-Malacatos, utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG). Loja –Ecuador 2007.

7 Anexos

Anexo 1 Precipitación base de la Estación La Argelia (mm)

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual	Media
1990	131.7	161.3	142.8	131.1	77.1	83.0	43.8	33.2	27.1	85.4	107.8	115.0	1139.3	94.9
1991	113.1	153.5	197.0	59.6	70.1	64.0	39.2	61.9	30.9	61.0	22.6	66.5	939.4	78.3
1992	83.5	125.3	94.1	97.0	57.6	47.7	50.4	15.7	39.4	47.1	103.6	64.5	825.9	68.8
1993	85.4	105.4	317.2	93.4	23.4	50.3	62.7	29.2	45.6	91.5	48.0	198.1	1150.2	95.9
1994	147.4	205.0	204.6	139.2	26.3	5.5	5.9	12.8	9.1	222.0	73.3	46.8	1097.9	91.5
1995	59.8	88.0	93.4	52.8	64.7	10.1	33.6	19.9	22.3	36.8	129.0	121.3	731.7	61.0
1996	98.3	125.9	154.2	97.8	30.7	46.5	38.6	34.4	37.1	57.9	13.0	27.0	761.4	63.5
1997	68.1	109.2	101.2	69.9	46.2	20.7	50.2	35.2	42	59.9	73.6	123.9	800.1	66.7
1998	40.4	101.9	136.2	88.5	51.2	75.2	49.5	35.7	31.4	116.7	85.8	39.2	851.7	71.0
1999	124.3	299.1	132.2	83.7	120.2	58.9	59.8	50.2	81.7	27.8	48.1	116.7	1202.7	100.2
2000	152.1	178.5	192.1	105.0	81.8	86.8	37.1	50.3	67.7	31.6	25.4	57.6	1066.0	88.8
2001	82.8	116.6	68.3	69.8	63.7	86.9	81.2	52.1	42.0	33.5	128.0	98.3	923.2	76.9
2002	102.0	99.2	53.5	126.7	68.2	39.2	62.8	5.9	18.2	67.7	71.4	70.6	785.4	65.5
2003	83.3	113.3	188.0	68.8	92.4	53.9	34.1	6.9	25	73.3	56.5	106.8	902.3	75.2
2004	48.1	119.0	177.6	198.7	46.5	85.4	47.5	12.1	25.2	125.8	95.3	96.3	1077.5	89.8
2005	46.4	136.5	173.6	157.6	33.0	79.0	15.3	13.4	18.1	86.2	62.5	98.3	919.9	76.7
2006	138.1	88.8	188.3	82.7	33.6	78.5	33.7	13.2	22.5	37.2	93.1	90.6	900.3	75.0
2007	50.1	66.3	93.5	99.1	80.7	120	11.3	152.4	55	55.7	153.3	77.6	1015.0	84.6
2008	62.3	251	237.9	137.8	74.6	51.3	89.5	89.7	20.6	136.4	102.9	126.3	1380.3	115.0
2009	133.0	90.2	134.4	93.1	43.3	29.8	55.7	61.9	55.6	69.7	26.0	118.4	911.1	75.9
2010	59.4	109.6	46.3	75.8	70.7	77.5	31.1	46.2	60.6	34.4	60.0	81.1	752.7	62.7
2011	58.2	205.3	131.4	154.5	87.1	56.1	101.0	54.7	89.8	80.9	155.9	163.7	1338.6	111.6
2012	147.0	201.6	60.5	97.8	82.1	82.2	16.6	32.0	32.8	116.4	110.1	117.3	1096.4	91.4
Anual	2114.8	3250.5	3318.3	2380.4	1425.2	1388.5	1050.6	919.0	899.7	1754.9	1845.2	2221.9	22569.0	1880.8
Media	91.9	141.3	144.3	103.5	62.0	60.4	45.7	40.0	39.1	76.3	80.2	96.6	981.3	81.8
Máxima	152.1	299.1	317.2	198.7	120.2	120.0	101.0	152.4	89.8	222.0	155.9	198.1	1380.3	115.0
Mínima	40.4	66.3	46.3	52.8	23.4	5.5	5.9	5.9	9.1	27.8	13.0	27.0	731.7	61.0
Desv	37.00	57.82	65.35	35.97	24.34	27.69	23.86	32.45	20.93	44.84	40.55	39.42	182.84	15.24
Cv	0.40	0.41	0.45	0.35	0.39	0.46	0.52	0.81	0.53	0.59	0.51	0.41	0.19	0.19

Anexo 2 Precipitación base de la estación Yangana (mm)

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual	Media
1990	78.2	95.5	19.2	202.8	12.6	8.6	18.4	6.1	44.4	31.7	75.9	29.7	623.2	201.0
1991	76.8	25.1	170.0	55.0	70.5	3.6	11.8	3.2	40.2	22.8	22.0	14.5	515.5	192.8
1992	67.5	78.7	96.4	90.5	38.3	6.2	0.0	5.3	32.0	3.2	40.7	60.3	519.1	193.2
1993	49.2	153.3	136.6	83.8	50.9	0.3	2.0	0.0	127.0	135.9	72.5	293.2	1104.7	238.3
1994	76.1	56.4	59.1	33.9	25.1	3.2	3.2	16.5	6.6	33.0	33.7	48.6	395.5	183.8
1995	30.8	136.2	130.7	107.4	32.6	0.0	4.0	0.0	4.8	74.7	85.7	100.7	707.6	207.9
1996	159.0	70.2	193.6	114.1	37.6	59.8	0.8	1.3	2.7	44.8	31.4	21.9	737.2	210.2
1997	51.8	6.1	31.7	73.5	9.1	25.7	0.0	0.0	71.1	69.2	125.7	127.0	591.0	199.1
1998	38.7	100.5	80.7	59.7	10.8	3.2	3.2	3.2	3.2	103.8	3.2	3.2	413.4	185.5
1999	123.7	246.4	207.2	18.4	62.0	14.0	9.3	6.8	50.2	17.6	114.2	154.5	1024.3	232.6
2000	83.0	311.5	144.2	224.2	49.9	15.5	3.2	3.2	53.9	7.9	3.2	72.1	971.8	228.6
2001	113.9	99.3	145.5	81.6	41	10.3	3.2	0.3	11.0	71.8	18.4	96.7	693.0	207.2
2002	34.9	98.8	27.5	126.5	42.8	8.5	3.2	1.2	0	100.2	78.0	94.0	615.5	201.3
2003	47.1	94.2	220.7	92.8	15.9	3.4	1.5	0.0	28.0	101.9	80.8	73.2	759.5	212.5
2004	66.1	91.8	76.3	105	34.2	4.4	11.6	0.0	23.7	61.5	162.4	163.3	800.3	215.7
2005	18.7	68.4	166.2	33.0	39.9	14.1	3.2	3.2	3.2	76.9	24.0	43.1	493.8	192.2
2006	140.4	217.6	272.5	223.1	7.6	68.2	22.6	0.0	2.0	75.0	114.5	167.8	1311.3	255.2
2007	64.3	94.0	137.9	114.4	36.2	2.5	11.2	11.0	8.5	81.7	164.8	98.3	824.8	217.8
2008	99.8	269.9	268.1	215.9	71.7	23	3.1	6	7.4	78.6	92.6	113.3	1249.4	250.6
2009	136.6	258.2	284.1	120.3	40.1	7.6	0.0	3.1	0.0	24.9	68.3	101.4	1044.6	234.9
2010	18.5	161.9	107.7	91.2	50.8	97.7	13.1	9.1	32.4	45.3	107.7	127.2	862.6	221.0
2011	119	249.5	84.9	207.2	30.2	14.1	16.5	4	37.4	103.6	182	104.1	1152.5	243.3
2012	274.5	281.4	128.7	158	13.8	5.1	0	0	3	94.9	261.4	83.8	1304.6	255.1
Suma	1968.6	3264.9	3189.3	2632.2	823.5	399.1	145.2	83.6	592.8	1460.9	1963.2	2192.0	18715.2	4979.9
Media	85.6	142.0	138.7	114.4	35.8	17.4	6.3	3.6	25.8	63.5	85.4	95.3	813.7	216.5
Máxima	274.5	311.5	284.1	224.2	71.7	97.7	22.6	16.5	127.0	135.9	261.4	293.2	1311.3	255.2
Mínima	18.5	6.1	19.2	18.4	7.6	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	3.2	3.2	395.5	183.8
Desv	57.34	89.30	76.74	62.86	18.66	24.60	6.60	4.21	30.22	35.67	64.10	62.90	284.14	22.18
Cv	0.67	0.63	0.55	0.55	0.52	1.42	1.05	1.16	1.17	0.56	0.75	0.66	0.35	0.10

Anexo 3 Precipitación base de la estación Malacatos (mm)

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual	Media
1990	105.2	129.4	22.4	279.8	13.2	7.6	21.3	4.1	57.8	39.9	101.9	37.2	819.8	216.1
1991	103.2	30.7	233.8	72.6	94.3	0.6	12.1	0.0	51.9	27.4	26.4	15.8	668.8	204.6
1992	44.4	22.7	147.2	28.8	17.6	3.3	0.0	0.1	40.3	0.0	52.5	80.1	437.0	186.8
1993	64.5	187.7	187.0	68.2	28.5	6.4	0.0	0.0	20.1	134.6	18.9	98.5	814.4	216.0
1994	102.2	74.6	78.3	43.0	30.7	0.0	0.0	18.6	4.8	41.8	42.8	63.7	500.5	191.9
1995	10.4	81.2	118.5	8.4	26.0	0.0	0.0	3.5	15.4	8.6	52.5	38.8	363.3	181.4
1996	38.7	84.1	15.2	41.8	16.2	0.0	0.0	0.0	17.7	68.4	0.0	0.0	282.1	175.2
1997	68.1	4.1	40.0	98.6	17.6	47.1	0.0	0.0	18.8	72.1	49.6	41.6	457.6	188.8
1998	49.7	136.4	108.6	79.2	10.6	0.0	0.0	0.0	0.0	141.1	0.0	0.0	525.6	194.1
1999	168.9	341.0	286.0	21.3	82.5	15.1	2.8	0.4	18.2	33.2	35.5	99.0	1103.9	238.7
2000	111.9	432.2	197.7	309.8	65.4	17.2	0.0	0.0	71.1	6.6	0.0	96.6	1308.5	254.5
2001	68.8	47.6	93.9	57.3	32.8	6.2	5.8	0.0	0.0	72.2	19.8	129.4	533.9	195.0
2002	44.4	59.1	34.0	154.6	4.5	0.0	0.0	5.0	19.8	82.6	28.2	127.3	559.5	197.0
2003	17.6	100.0	108.2	84.7	2.1	0.0	8.1	0.0	0.1	164.8	19.8	27.3	532.7	195.1
2004	21.8	29.1	20.4	143.9	31.9	5.1	14.6	29.4	29.4	115.6	151.2	107.4	699.8	208.0
2005	21.7	91.4	228.5	41.7	51.4	15.3	0.0	0.0	0.0	103.3	29.2	55.9	638.4	203.3
2006	53.3	132.8	222.8	76.9	1.2	38.8	21.1	0.0	1.6	44.2	136.5	136.6	865.8	220.9
2007	30.9	53.8	155.2	149.3	46.4	11.6	5.7	14.4	6.2	78.6	142.7	62.2	757.0	212.6
2008	45.6	195.7	173.0	83.4	54.1	22.3	0.1	14.7	20.6	162.9	64.5	171.2	1008.1	232.0
2009	173.8	164.9	164.0	87.6	58.0	3.8	5.7	6.3	5.3	36.2	8.3	70.0	783.9	214.8
2010	3.6	116.5	71.3	80.0	93.3	37.9	25.0	15.9	12.6	46.5	92.2	75.6	670.4	206.2
2011	99.8	260.3	109.6	150.8	33.0	19.4	10.1	19.7	52.0	103.3	101.3	116.3	1075.6	237.4
2012	234.7	223.7	85.1	154.8	8.5	0.3	0.2	0.0	18.2	72.6	78.7	84.8	961.6	228.7
Suma	1683.2	2999.0	2900.7	2316.5	819.8	258.1	132.6	132.1	481.9	1656.5	1252.5	1735.3	16368.2	4799.3
Media	73.2	130.4	126.1	100.7	35.6	11.2	5.8	5.7	21.0	72.0	54.5	75.4	711.7	208.7
Máxima	234.7	432.2	286.0	309.8	94.3	47.1	25.0	29.4	71.1	164.8	151.2	171.2	1308.5	254.5
Mínima	3.6	4.1	15.2	8.4	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	282.1	175.2
Desv	58.0	105.7	76.8	75.2	28.1	13.9	8.0	8.6	20.5	48.3	46.6	45.1	258.2	20.1
Cv %	0.79	0.81	0.61	0.75	0.79	1.23	1.38	1.49	0.98	0.67	0.86	0.60	0.36	0.10

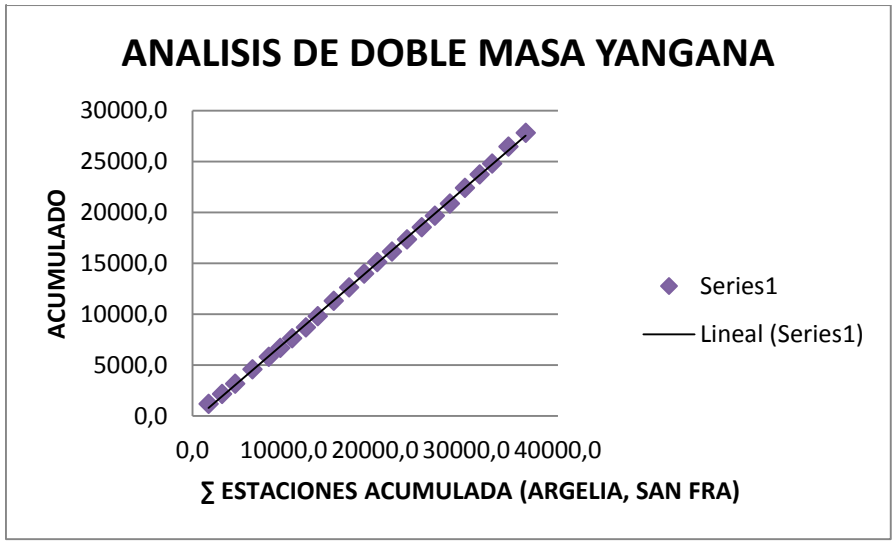
Anexo 4 Precipitación base de la estación San Francisco (mm)

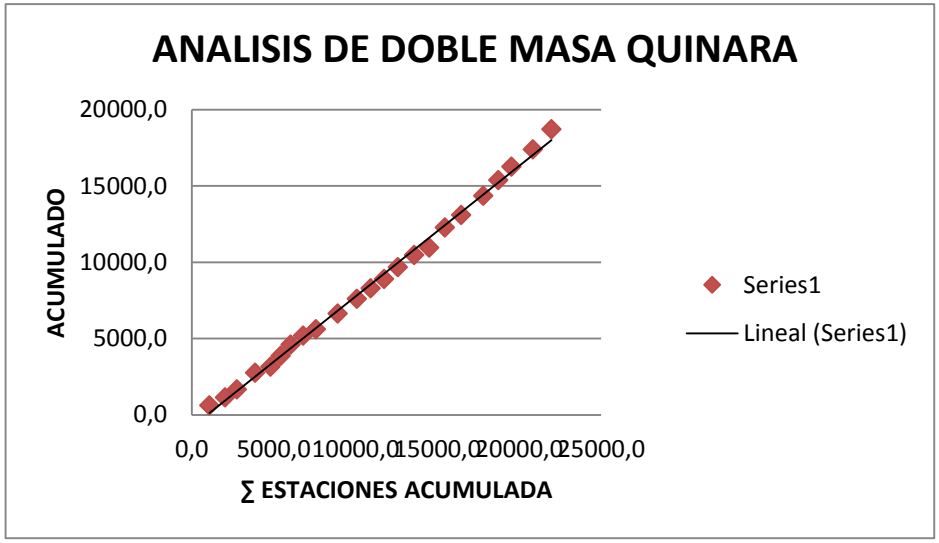
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual	Media
1990	281.0	113.3	394.4	167.1	136.4	217.3	220.7	161.7	116.4	133.9	229.8	180.6	2352.6	196.1
1991	76.7	173.2	194.7	187.7	196.8	343.8	243.1	177.8	82.6	164.4	90.0	77.5	2008.3	167.4
1992	66.5	142.4	183.1	234.6	183.1	297.5	251.9	117.3	206.0	140.6	131.4	133.2	2087.6	174.0
1993	166.8	135.3	267.5	257.6	160.9	362.5	314.5	236.8	181.7	219.9	77.5	239.2	2620.2	218.4
1994	152.0	157.3	128.5	216.9	290.9	359.6	297.3	198.4	250.3	112.1	81.7	241.9	2486.9	207.2
1995	116.0	110.8	138.6	145.2	336.1	168.7	188.7	84.8	103.4	94.5	125.6	157.2	1769.6	147.5
1996	56.1	168.8	154.9	208.7	164.0	150.3	239.0	174.8	142.9	173.8	94.7	88.4	1816.4	151.4
1997	35.6	212.3	183.8	314.0	371.3	113.2	272.1	201.1	129.6	82.9	150.1	134.7	2200.7	183.4
1998	87.3	89.9	150.0	208.0	136.2	320.3	227.5	113.7	82.4	158.5	84.4	113.8	1772.0	147.7
1999	199.1	150.0	149.7	342.0	335.5	264.0	288.5	185.2	118.8	84.8	39.1	123.4	2280.1	190.0
2000	80.6	127.4	128.4	205.6	531.4	274.2	157.3	210.6	214.7	141.2	85.2	151.6	2308.2	192.4
2001	130.0	138.9	118.2	263.9	203.5	485.7	272.5	223.7	135.6	154.0	87.6	141.1	2354.7	196.2
2002	75.1	96.6	93.0	294.9	252.7	171.6	384.7	139.6	136.1	123.8	228.1	122.3	2118.5	176.5
2003	134.7	110.8	143.4	252.6	517.4	252.8	217.9	124.4	142.6	118.9	85.3	199.2	2300.0	191.7
2004	71.5	89.1	267.8	260.8	239.0	477.5	233.9	142.9	119.1	97.4	101.9	146.8	2247.7	187.3
2005	94	340.4	156.4	444.9	176.7	380.3	190.9	103.7	100.6	122.2	104.8	89.3	2304.2	192.0
2006	202.2	161.5	169.7	141.7	222.3	233.4	177.0	141.7	152.2	99.7	109.1	159.7	1970.2	164.2
2007	166.5	86.1	181.4	166.7	187.0	507.5	67.3	211.7	180.6	118.3	262.7	100.5	2236.3	186.4
2008	106.3	185.3	102.2	151.5	176.9	166	308.8	172.6	206.1	211.7	108	62.8	1958.2	163.2
2009	152.3	157.1	166.9	282.6	210.7	217.8	325.3	222.4	156.0	136.6	111.8	125.6	2265.1	188.8
2010	101	166.4	136.4	217.2	249.7	424.4	217	80.3	190.2	97.4	60.8	65.8	2006.6	167.2
2011	145.6	209.8	90.2	229.2	192.2	214.4	403.9	138.4	213.8	84.5	102.6	216.7	2241.3	186.8
2012	211.9	154.2	275	233.5	307.3	380.9	296.8	205.1	171.7	91.8	155.4	203.5	2687.1	223.9
Suma	2908.8	3476.9	3974.2	5426.9	5778.0	6783.7	5796.6	3768.7	3533.4	2962.9	2707.6	3274.8	50392.5	4199.4
Media	126.5	151.2	172.8	236.0	251.2	294.9	252.0	163.9	153.6	128.8	117.7	142.4	2191.0	182.6
Máxima	281.0	340.4	394.4	444.9	531.4	507.5	403.9	236.8	250.3	219.9	262.7	241.9	2687.1	223.9
Mínima	35.6	86.1	90.2	141.7	136.2	113.2	67.3	80.3	82.4	82.9	39.1	62.8	1769.6	147.5
Desv	59.5	54.7	70.2	70.1	107.9	113.9	74.0	46.3	45.8	38.3	55.2	52.1	244.0	20.3
Cv	0.5	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.5	0.4	0.1	0.1

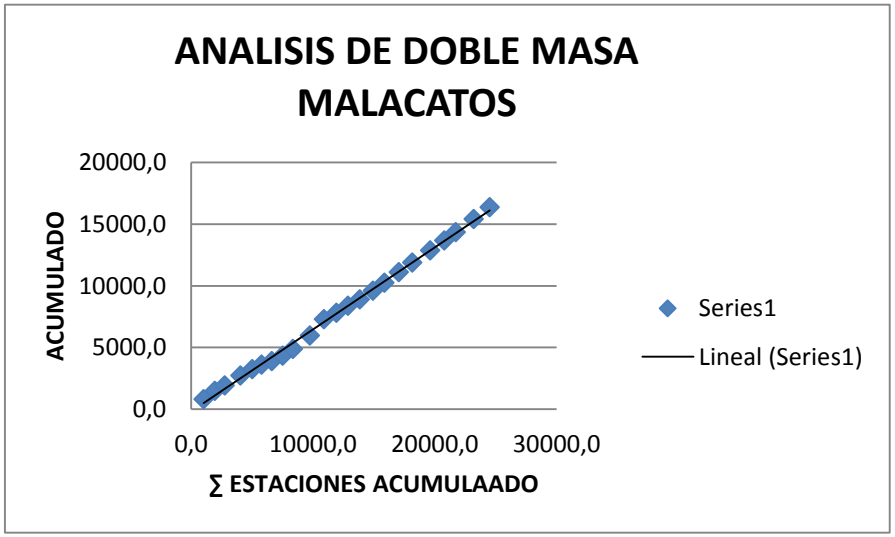
Anexo 5 Precipitación base de la estación de Cajanuma (mm)

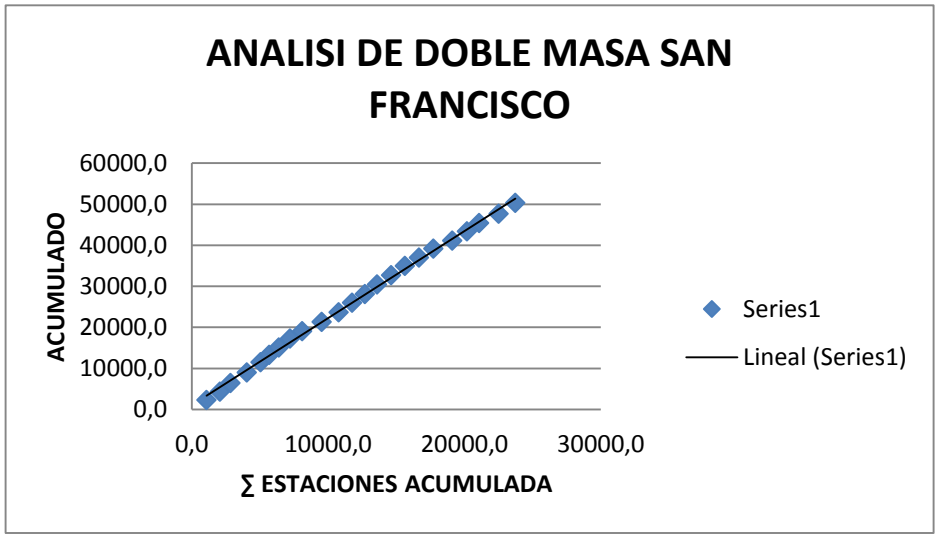
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual	Media
1990	134.5	204.4	157.2	126.3	85.2	73.6	30.4	24.6	26.6	129.7	125.8	132.0	1250.3	104.2
1991	99.9	199.9	270.6	144.2	103.1	89.6	19.5	78.8	27.0	64.6	67.7	106.1	1271.0	105.9
1992	112.6	132.1	110.3	121.1	64.1	50.9	49.7	7.8	52.9	43.7	103.6	68.4	917.2	76.4
1993	103.9	99.1	339.8	103.6	27.6	61	65	28.6	44.2	151.4	87.5	251.2	1362.9	113.6
1994	300.0	74.1	197.4	120.9	87.3	65.9	60.0	96.6	31.8	59.9	44.7	117.8	1256.4	104.7
1995	57.6	121.9	97.1	50.3	92.3	6.7	31.8	10.2	18.4	28.2	89.1	126.7	730.3	60.9
1996	114.7	178.7	148.7	100.8	41.9	38.7	26.3	28.8	16.0	43.8	19.7	43.2	801.3	66.8
1997	160.2	106.8	121.4	84.8	57.2	27.4	61.8	44.3	52.3	73.2	89.1	147.8	1026.3	85.5
1998	50.4	122.2	162.2	106.5	63.0	91.1	66.4	37.8	22.4	115.2	92.9	63.0	993.1	82.8
1999	234.9	347.1	223.0	135.4	164.2	67.9	81.8	58.9	93	49.0	41.8	176.8	1673.8	139.5
2000	105.7	149.9	168.7	111.4	87.1	86.5	40.8	83.8	119.0	59.2	37.5	77.2	1126.8	93.9
2001	101.5	181.6	69.1	96.0	80.9	115.6	82.9	56.2	47.5	36.9	110.2	80.2	1058.6	88.2
2002	126.2	189.2	63.8	204.5	73.9	56.9	76.8	10.5	17.3	102.3	79.0	124.8	1125.2	93.8
2003	97.2	176.1	176.5	83.3	115.4	80.0	38.3	8.2	28.1	71.4	49.3	149.7	1073.5	89.5
2004	56.7	130.8	254.3	150.8	74.2	91.3	46.0	11.9	26.0	113.6	128.7	148.2	1232.5	102.7
2005	53.5	176.9	234.4	210.6	47.6	106.2	19.2	7.8	27.5	81.4	70.4	170.3	1205.8	100.5
2006	158.6	106.8	211.3	100.4	48.9	96.0	49.0	27.5	37.2	52.7	111.3	108.7	1108.4	92.4
2007	66.2	83.2	111.8	117.6	98.3	139.6	25.5	173.6	71.4	72.1	174.5	95.1	1228.8	102.4
2008	77.5	280.8	266.7	158.9	90.8	65.7	106.8	107.0	32.6	157.3	121.3	146.5	1611.8	134.3
2009	153.7	107.6	155.2	110.7	57.0	42.5	70.4	77.1	70.3	85.5	38.4	138.0	1106.4	92.2
2010	74.4	128.5	60.3	92.1	86.6	93.9	43.9	60.2	75.7	47.5	75.0	97.8	935.7	78.0
2011	73.1	231.6	152.0	176.8	104.2	70.8	119.2	69.3	107.1	97.6	178.4	186.8	1566.9	130.6
2012	168.8	227.6	75.6	115.8	98.8	99.0	28.3	44.9	45.7	135.8	129.0	136.8	1306.0	108.8
Suma	2681.7	3756.9	3827.2	2822.8	1849.7	1716.8	1239.8	1154.4	1090.1	1871.9	2064.9	2892.9	26969.0	2247.4
Media	116.6	163.3	166.4	122.7	80.4	74.6	53.9	50.2	47.4	81.4	89.8	125.8	1172.6	97.7
Máxima	300.0	347.1	339.8	210.6	164.2	139.6	119.2	173.6	119.0	157.3	178.4	251.2	1673.8	139.5
Mínima	50.4	74.1	60.3	50.3	27.6	6.7	19.2	7.8	16.0	28.2	19.7	43.2	730.3	60.9
Desv	60.4	66.0	74.7	38.1	29.0	29.9	27.1	40.5	29.2	37.5	42.1	46.4	236.3	19.7
Cv	0.5	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4	0.5	0.8	0.6	0.5	0.5	0.4	0.2	0.2

Anexo 6 Análisis de consistencia de datos







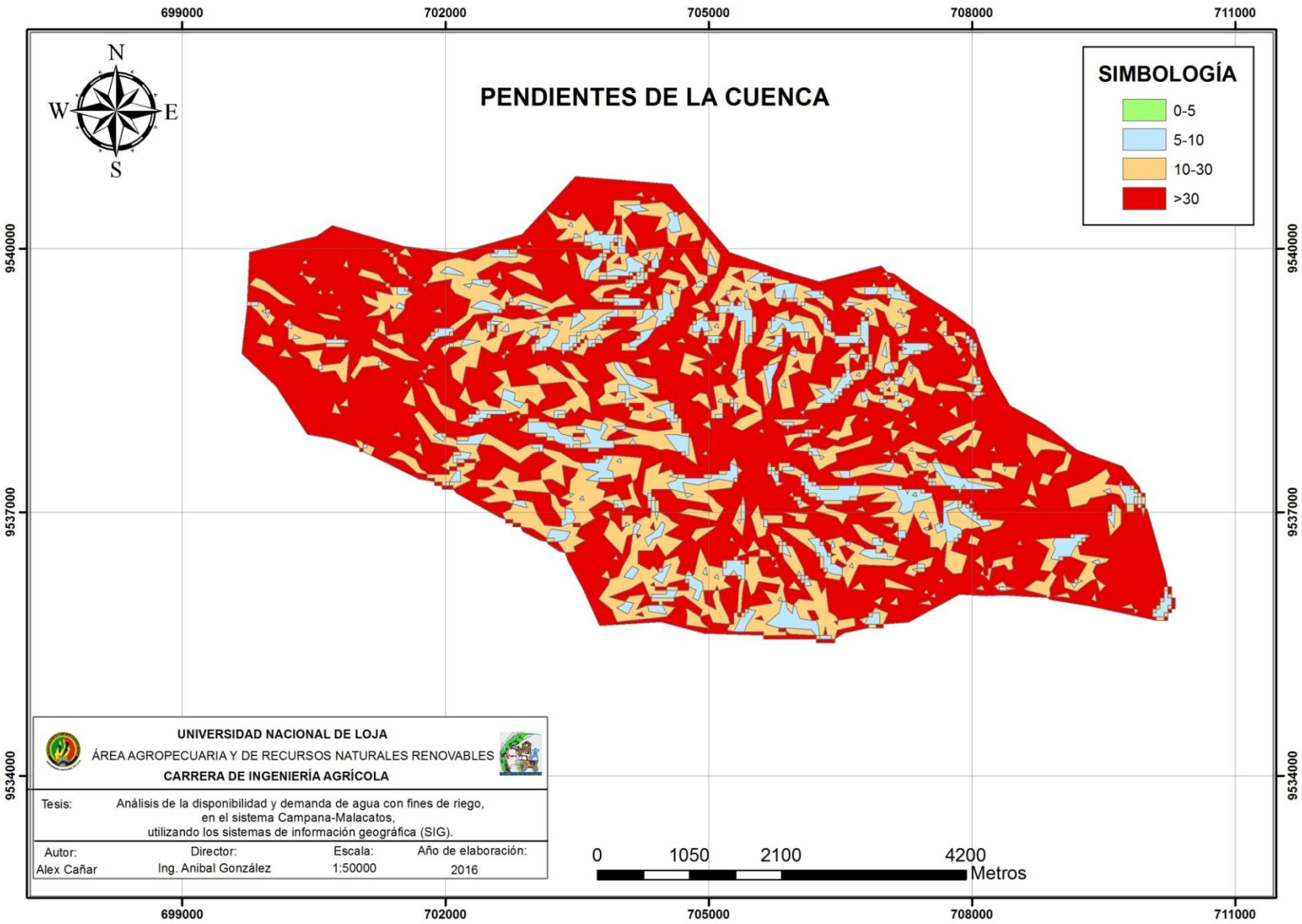


Anexo 7 Coeficientes de ajuste por cada mes, entre el análisis espacial y la estación base (La Argelia)

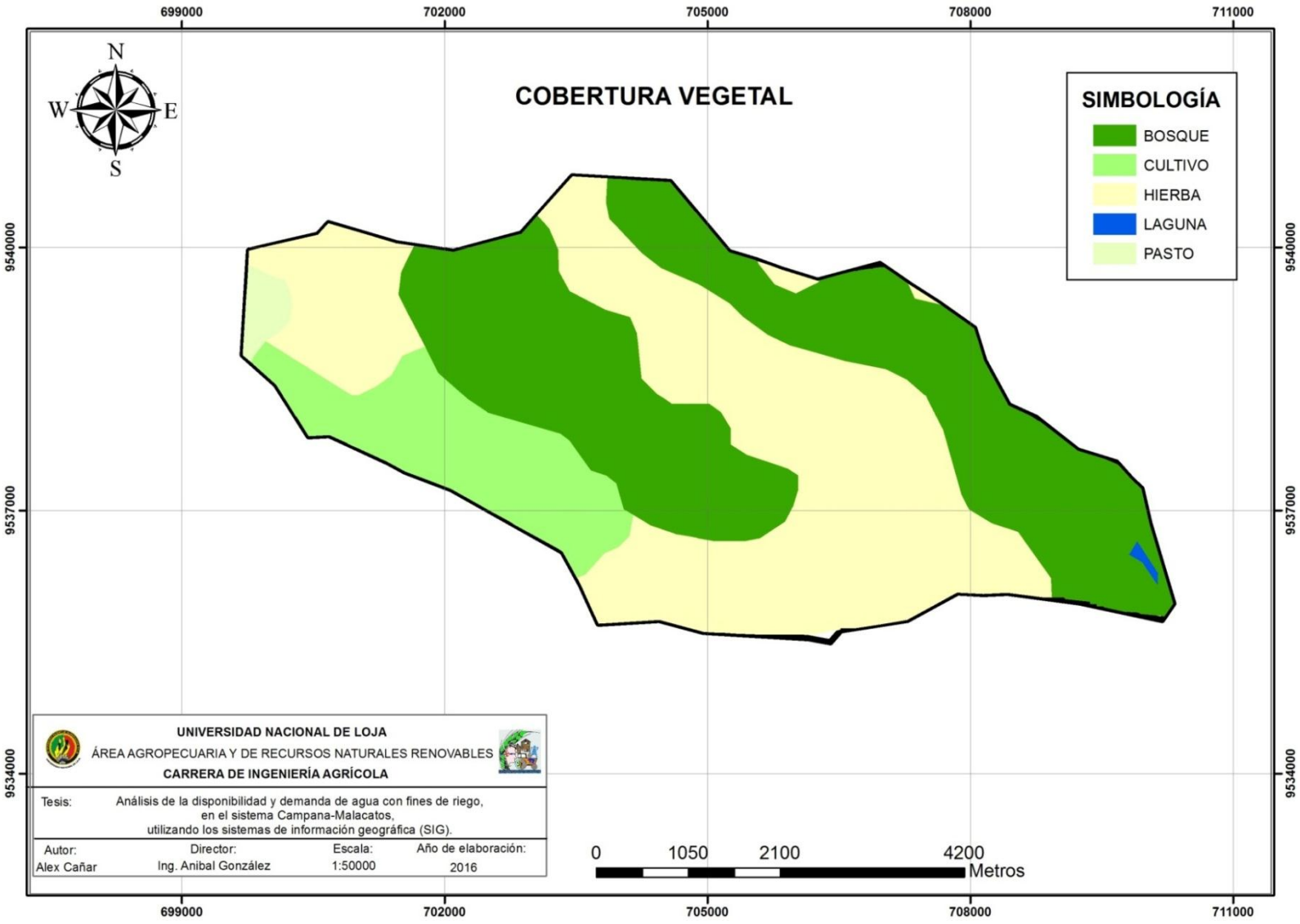
Meses	Precipitación media de la Zona de riego	Precipitación media de la estación la Argelia	Factor de corrección
Enero	170.18	91.95	1.85
Febrero	211.57	141.33	1.50
Marzo	221.13	144.27	1.53
Abril	184.72	103.50	1.78
Mayo	159.36	61.97	2.57
Junio	160.58	60.37	2.66
Julio	125.51	45.68	2.75
Agosto	99.69	39.96	2.49
Septiembre	87.49	39.12	2.24
Octubre	107.12	76.30	1.40
Noviembre	119.11	80.23	1.48
Diciembre	186.33	96.60	1.93

Anexo 8 Precipitación media mensual ponderada de la cuenca (mm)

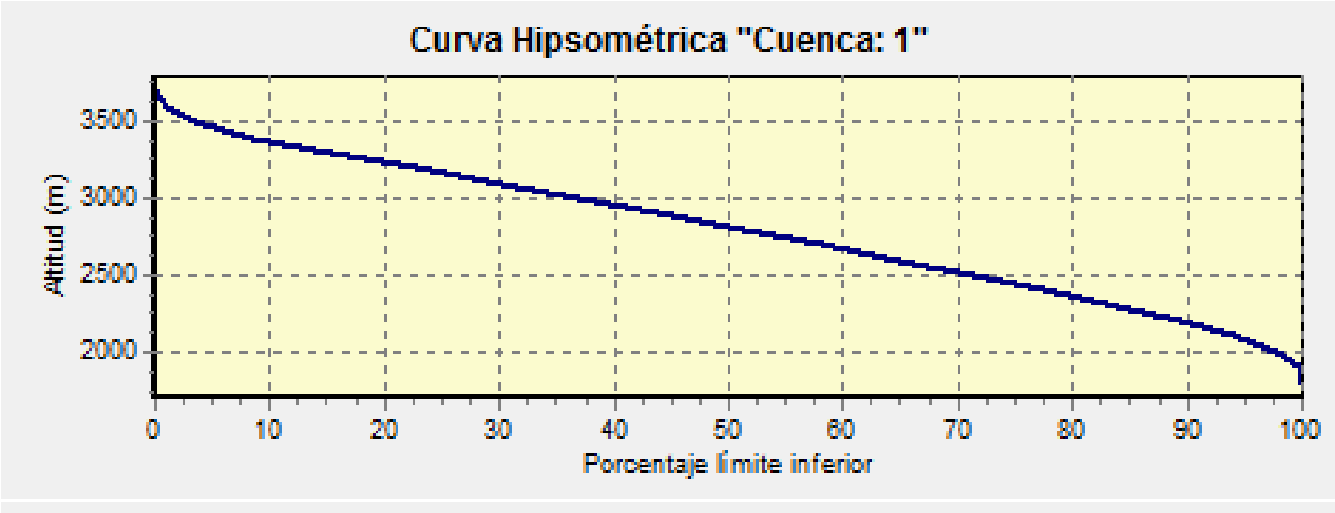
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total	Media
1990	243.8	241.5	218.9	234.0	198.3	220.8	120.3	82.8	60.6	119.9	160.0	221.8	2122.7	176.9
1991	209.3	229.8	301.9	106.4	180.3	170.2	107.7	154.4	69.1	85.6	33.6	128.3	1776.7	148.1
1992	154.5	187.6	144.2	173.1	148.1	126.9	138.5	39.2	88.1	66.1	153.8	124.4	1544.6	128.7
1993	158.1	157.8	486.2	166.7	60.2	133.8	172.3	72.9	102.0	128.5	71.3	382.1	2091.6	174.3
1994	272.8	306.9	313.6	248.4	67.6	14.6	16.2	31.9	20.4	311.7	108.8	90.3	1803.3	150.3
1995	110.7	131.7	143.2	94.2	166.4	26.9	92.3	49.6	49.9	51.7	191.5	234.0	1342.1	111.8
1996	181.9	188.5	236.3	174.6	79.0	123.7	106.1	85.8	83.0	81.3	19.3	52.1	1411.5	117.6
1997	126.0	163.5	155.1	124.8	118.8	55.1	137.9	87.8	93.9	84.1	109.3	239.0	1495.3	124.6
1998	74.8	152.5	208.8	158.0	131.7	200.0	136.0	89.1	70.2	163.8	127.4	75.6	1587.9	132.3
1999	230.1	447.8	202.6	149.4	309.1	156.7	164.3	125.2	182.7	39.0	71.4	225.1	2303.5	192.0
2000	281.5	267.2	294.4	187.4	210.4	230.9	101.9	125.5	151.4	44.4	37.7	111.1	2043.9	170.3
2001	153.2	174.6	104.7	124.6	163.8	231.1	223.1	130.0	93.9	47.0	190.0	189.6	1825.7	152.1
2002	188.8	148.5	82.0	226.1	175.4	104.3	172.6	14.7	40.7	95.0	106.0	136.2	1490.3	124.2
2003	154.2	169.6	288.1	122.8	237.6	143.4	93.7	17.2	55.9	102.9	83.9	206.0	1675.3	139.6
2004	89.0	178.1	272.2	354.6	119.6	227.2	130.5	30.2	56.4	176.6	141.5	185.7	1961.7	163.5
2005	85.9	204.3	266.1	281.3	84.9	210.1	42.0	33.4	40.5	121.0	92.8	189.6	1652.0	137.7
2006	255.6	132.9	288.6	147.6	86.4	208.8	92.6	32.9	50.3	52.2	138.2	174.7	1661.0	138.4
2007	92.7	99.3	143.3	176.9	207.5	319.2	31.0	380.2	123.0	78.2	227.6	149.7	2028.7	169.1
2008	115.3	375.8	364.6	245.9	191.9	136.5	245.9	223.8	46.1	191.5	152.8	243.6	2533.6	211.1
2009	246.2	135.0	206.0	166.2	111.4	79.3	153.0	154.4	124.4	97.9	38.6	228.4	1740.6	145.1
2010	109.9	164.1	71.0	135.3	181.8	206.1	85.5	115.3	135.5	48.3	89.1	156.4	1498.3	124.9
2011	107.7	307.3	201.4	275.8	224.0	149.2	277.5	136.5	200.8	113.6	231.5	315.7	2541.1	211.8
2012	272.1	301.8	92.7	174.6	211.1	218.6	45.6	79.8	73.4	163.4	163.5	226.2	2022.9	168.6
Suma	3914.1	4866.1	5086.0	4248.6	3665.3	3693.3	2886.7	2292.9	2012.3	2463.8	2739.5	4285.6	42154.2	3512.8
Max	281.5	447.8	486.2	354.6	309.1	319.2	277.5	380.2	200.8	311.7	231.5	382.1	2541.1	211.8
Media	170.2	211.6	221.1	184.7	159.4	160.6	125.5	99.7	87.5	107.1	119.1	186.3	1832.8	152.7
Min	74.8	99.3	71.0	94.2	60.2	14.6	16.2	14.7	20.4	39.0	19.3	52.1	1342.1	111.8
Desv	68.5	86.6	100.2	64.2	62.6	73.7	65.6	81.0	46.8	63.0	60.2	76.0	337.4	28.1
Cv	0.4	0.4	0.5	0.3	0.4	0.5	0.5	0.8	0.5	0.6	0.5	0.4	0.2	0.2



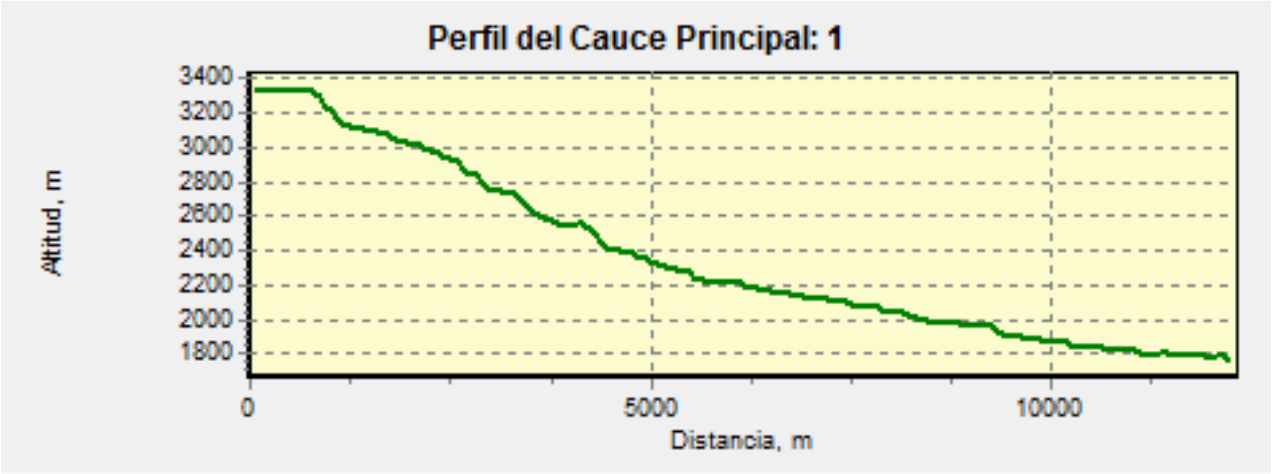
Anexo 9 Mapa de pendiente de la cuenca (%),



Anexo 10 Mapa de cobertura vegetal presente en la cuenca



Anexo 11 Altura media de la cuenca



Anexo 12 Perfil del cauce principal

Anexo 13 Volúmenes medios escurridos (m^3), hasta el punto de captación

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiem	Octubre	Noviem	Diciemb	Total	Media
1990	4189.4	4150.2	3761.7	4021.6	3407.9	3794.5	2068.4	1423.6	1041.7	2060.6	2750.8	3812.3	36482.7	3040.2
1991	3597.7	3949.5	5189.5	1828.3	3098.5	2925.9	1851.2	2654.3	1187.8	1471.9	576.7	2204.5	30535.7	2544.6
1992	2656.2	3223.9	2478.8	2975.5	2546.0	2180.7	2380.1	673.2	1514.6	1136.5	2643.6	2138.2	26547.3	2212.3
1993	2716.6	2711.9	8355.9	2865.1	1034.3	2299.5	2961.0	1252.1	1752.9	2207.8	1224.8	6567.1	35949.0	2995.8
1994	4688.8	5274.6	5389.7	4270.0	1162.5	251.4	278.6	548.9	349.8	5356.7	1870.4	1551.4	30992.9	2582.7
1995	1902.3	2264.2	2460.4	1619.7	2859.8	461.7	1586.7	853.3	857.2	888.0	3291.7	4021.1	23066.2	1922.2
1996	3126.9	3239.3	4062.0	3000.1	1357.0	2125.8	1822.9	1475.1	1426.1	1397.1	331.7	895.1	24259.2	2021.6
1997	2166.3	2809.7	2665.9	2144.2	2042.1	946.3	2370.7	1509.4	1614.5	1445.3	1878.1	4107.3	25699.8	2141.6
1998	1285.1	2621.8	3587.9	2714.8	2263.1	3437.9	2337.6	1530.8	1207.0	2815.9	2189.4	1299.5	27290.9	2274.2
1999	3954.0	7695.7	3482.5	2567.5	5313.0	2692.7	2824.0	2152.6	3140.6	670.8	1227.4	3868.6	39589.5	3299.1
2000	4838.3	4592.7	5060.4	3220.9	3615.6	3968.2	1752.0	2156.9	2602.4	762.5	648.1	1909.5	35127.7	2927.3
2001	2633.9	3000.1	1799.2	2141.2	2815.6	3972.8	3834.6	2234.1	1614.5	808.3	3266.2	3258.7	31379.1	2614.9
2002	3244.6	2552.4	1409.3	3886.6	3014.5	1792.1	2965.7	253.0	699.6	1633.6	1821.9	2340.4	25613.7	2134.5
2003	2649.8	2915.2	4952.4	2110.5	4084.2	2464.1	1610.4	295.9	961.0	1768.7	1441.7	3540.4	28794.2	2399.5
2004	1530.1	3061.8	4678.5	6095.2	2055.3	3904.2	2243.2	518.9	968.7	3035.5	2431.8	3192.4	33715.5	2809.6
2005	1476.0	3512.1	4573.1	4834.5	1458.6	3611.6	722.5	574.6	695.8	2080.0	1594.8	3258.7	28392.2	2366.0
2006	4393.0	2284.8	4960.3	2536.9	1485.2	3588.7	1591.5	566.0	864.9	897.6	2375.6	3003.4	28548.0	2379.0
2007	1593.7	1705.9	2463.0	3039.9	3567.0	5486.0	533.6	6535.1	2114.2	1344.0	3911.8	2572.5	34866.7	2905.6
2008	1981.8	6458.1	6266.9	4227.1	3297.4	2345.3	4226.6	3846.4	791.9	3291.2	2625.7	4186.9	43545.3	3628.8
2009	4230.8	2320.8	3540.5	2855.9	1913.9	1362.4	2630.4	2654.3	2137.3	1681.8	663.4	3925.0	29916.4	2493.0
2010	1889.5	2820.0	1219.7	2325.2	3125.0	3543.0	1468.7	1981.1	2329.5	830.1	1531.0	2688.5	25751.2	2145.9
2011	1851.4	5282.3	3461.4	4739.4	3849.9	2564.7	4769.7	2345.6	3452.0	1952.1	3978.1	5426.7	43673.1	3639.4
2012	4676.1	5187.1	1593.7	3000.1	3628.9	3757.9	783.9	1372.2	1260.8	2808.7	2809.4	3888.5	34767.4	2897.3
Total	67272.3	83633.8	87412.9	73020.0	62995.2	63477.4	49614.2	39407.6	34584.9	42344.6	47084.3	73656.4	724503.7	60375.3
Max	4838.3	7695.7	8355.9	6095.2	5313.0	5486.0	4769.7	6535.1	3452.0	5356.7	3978.1	6567.1	1449007.4	5703.6
Med	2924.9	3636.3	3800.6	3174.8	2738.9	2759.9	2157.1	1713.4	1503.7	1841.1	2047.1	3202.5	31500.2	2625.0
Min	1285.1	1705.9	1219.7	1619.7	1034.3	251.4	278.6	253.0	349.8	670.8	331.7	895.1	23066.2	824.6
Desv	1151.0	1455.0	1683.5	1079.1	1052.1	1238.1	1102.0	1361.0	786.7	1058.2	1012.0	1278.1	5672.1	1188.1
Cv	0.39	0.40	0.44	0.34	0.38	0.45	0.51	0.79	0.52	0.57	0.49	0.40	0.18	0.45

Anexo 14 Caudales medios mensuales, obtenidos por el método racional (m^3/s)

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total	Media
1990	1.56	1.72	1.40	1.55	1.27	1.46	0.77	0.53	0.40	0.77	1.06	1.42	13.93	1.16
1991	1.34	1.63	1.94	0.71	1.16	1.13	0.69	0.99	0.46	0.55	0.22	0.82	11.64	0.97
1992	0.99	1.33	0.93	1.15	0.95	0.84	0.89	0.25	0.58	0.42	1.02	0.80	10.16	0.85
1993	1.01	1.12	3.12	1.11	0.39	0.89	1.11	0.47	0.68	0.82	0.47	2.45	13.63	1.14
1994	1.75	2.18	2.01	1.65	0.43	0.10	0.10	0.20	0.13	2.00	0.72	0.58	11.87	0.99
1995	0.71	0.94	0.92	0.62	1.07	0.18	0.59	0.32	0.33	0.33	1.27	1.50	8.78	0.73
1996	1.17	1.34	1.52	1.16	0.51	0.82	0.68	0.55	0.55	0.52	0.13	0.33	9.27	0.77
1997	0.81	1.16	1.00	0.83	0.76	0.37	0.89	0.56	0.62	0.54	0.72	1.53	9.79	0.82
1998	0.48	1.08	1.34	1.05	0.84	1.33	0.87	0.57	0.47	1.05	0.84	0.49	10.41	0.87
1999	1.48	3.18	1.30	0.99	1.98	1.04	1.05	0.80	1.21	0.25	0.47	1.44	15.21	1.27
2000	1.81	1.90	1.89	1.24	1.35	1.53	0.65	0.81	1.00	0.28	0.25	0.71	13.43	1.12
2001	0.98	1.24	0.67	0.83	1.05	1.53	1.43	0.83	0.62	0.30	1.26	1.22	11.97	1.00
2002	1.21	1.06	0.53	1.50	1.13	0.69	1.11	0.09	0.27	0.61	0.70	0.87	9.77	0.81
2003	0.99	1.21	1.85	0.81	1.52	0.95	0.60	0.11	0.37	0.66	0.56	1.32	10.95	0.91
2004	0.57	1.27	1.75	2.35	0.77	1.51	0.84	0.19	0.37	1.13	0.94	1.19	12.88	1.07
2005	0.55	1.45	1.71	1.87	0.54	1.39	0.27	0.21	0.27	0.78	0.62	1.22	10.87	0.91
2006	1.64	0.94	1.85	0.98	0.55	1.38	0.59	0.21	0.33	0.34	0.92	1.12	10.87	0.91
2007	0.60	0.71	0.92	1.17	1.33	2.12	0.20	2.44	0.82	0.50	1.51	0.96	13.27	1.11
2008	0.74	2.67	2.34	1.63	1.23	0.90	1.58	1.44	0.31	1.23	1.01	1.56	16.64	1.39
2009	1.58	0.96	1.32	1.10	0.71	0.53	0.98	0.99	0.82	0.63	0.26	1.47	11.35	0.95
2010	0.71	1.17	0.46	0.90	1.17	1.37	0.55	0.74	0.90	0.31	0.59	1.00	9.85	0.82
2011	0.69	2.18	1.29	1.83	1.44	0.99	1.78	0.88	1.33	0.73	1.53	2.03	16.70	1.39
2012	1.75	2.14	0.60	1.16	1.35	1.45	0.29	0.51	0.49	1.05	1.08	1.45	13.32	1.11
Total	25.12	34.57	32.64	28.17	23.52	24.49	18.52	14.71	13.34	15.81	18.17	27.50	276.56	23.05
Max	1.81	3.18	3.12	2.35	1.98	2.12	1.78	2.44	1.33	2.00	1.53	2.45	26.10	2.17
Med	1.09	1.50	1.42	1.22	1.02	1.06	0.81	0.64	0.58	0.69	0.79	1.20	12.02	1.00
Min	0.48	0.71	0.46	0.62	0.39	0.10	0.10	0.09	0.13	0.25	0.13	0.33	3.79	0.32
Desv	0.44	0.61	0.64	0.43	0.40	0.49	0.42	0.52	0.31	0.40	0.40	0.49	2.22	0.19
Cv	0.40	0.41	0.45	0.35	0.39	0.46	0.52	0.81	0.53	0.59	0.51	0.41	0.19	0.19

Anexo 15 Caudales medios mensuales (m^3/s), estimados mediante el método del polinomio ecológico

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total	Media
1990	3.4	3.4	3.4	3.0	2.7	2.8	1.9	1.5	1.3	2.2	2.2	2.8	30.5	2.5
1991	3.4	3.6	4.1	2.5	3.0	3.0	2.1	2.4	1.4	1.9	1.5	2.7	31.5	2.6
1992	2.9	3.2	3.1	2.7	2.7	2.5	2.3	1.5	1.7	1.5	2.2	2.3	28.5	2.4
1993	2.7	2.8	5.2	2.8	1.7	2.4	2.7	1.4	1.9	2.1	1.9	4.4	32.0	2.7
1994	3.7	3.9	5.0	3.5	1.4	1.2	1.4	1.0	1.1	3.9	1.9	2.9	30.8	2.6
1995	2.7	3.0	3.2	2.5	2.4	0.7	1.5	1.1	1.0	2.3	2.8	3.1	26.3	2.2
1996	2.8	2.9	3.3	2.6	2.0	1.8	1.9	1.6	1.5	1.6	1.5	2.0	25.5	2.1
1997	2.5	2.9	3.0	2.5	2.0	1.6	2.3	1.7	1.8	1.7	1.7	3.0	26.6	2.2
1998	1.8	2.7	3.1	2.6	2.3	2.7	2.4	1.8	1.6	2.5	2.2	2.2	27.9	2.3
1999	3.0	5.0	3.3	2.6	3.9	2.8	2.7	2.1	2.6	1.6	1.8	3.0	34.3	2.9
2000	4.0	4.5	4.0	2.9	3.7	3.3	2.2	2.3	2.7	1.0	1.1	2.5	34.3	2.9
2001	3.1	3.3	2.7	2.5	3.0	3.6	3.1	2.3	2.1	1.1	2.5	2.8	32.1	2.7
2002	3.0	2.7	1.8	3.2	2.9	2.5	3.1	1.1	1.3	1.6	2.3	2.6	28.1	2.3
2003	2.8	2.8	3.5	2.6	3.4	2.4	2.2	0.5	1.2	1.9	1.8	3.0	28.2	2.3
2004	2.1	2.9	4.1	4.2	2.7	3.2	2.2	0.7	1.3	2.7	2.3	3.1	31.3	2.6
2005	1.7	3.2	4.0	4.4	1.9	3.4	1.5	0.8	1.1	2.4	2.0	3.1	29.4	2.5
2006	3.3	2.7	4.1	3.1	1.7	3.3	1.6	0.8	1.1	1.5	2.3	3.0	28.5	2.4
2007	2.5	2.1	3.1	2.8	2.9	4.2	1.1	4.1	1.9	1.5	3.2	2.7	32.1	2.7
2008	2.1	4.3	4.3	3.5	3.2	3.1	3.0	4.0	1.5	2.7	2.9	3.4	37.9	3.2
2009	3.3	3.3	3.8	3.1	2.4	1.9	3.0	2.9	1.9	2.3	1.5	3.6	33.0	2.8
2010	2.6	2.7	2.1	2.5	2.7	2.8	2.0	2.3	2.4	1.4	1.6	3.0	28.1	2.3
2011	2.1	3.9	2.8	3.6	3.3	2.8	3.5	2.3	3.0	1.8	3.1	4.0	36.2	3.0
2012	3.5	4.4	2.3	3.3	3.4	3.2	2.1	1.9	2.1	2.6	3.0	3.8	35.4	2.9
Total	64.7	76.0	79.2	68.9	61.3	61.2	51.7	42.2	39.4	45.7	49.2	69.0	708.3	59.0
Max	4.0	5.0	5.2	4.4	3.9	4.2	3.5	4.1	3.0	3.9	3.2	4.4	48.5	4.0
Med	2.8	3.3	3.4	3.0	2.7	2.7	2.2	1.8	1.7	2.0	2.1	3.0	30.8	2.6
Min	1.7	2.1	1.8	2.5	1.4	0.7	1.1	0.5	1.0	1.0	1.1	2.0	17.0	1.4
Desv	0.60	0.72	0.85	0.53	0.66	0.81	0.61	0.94	0.56	0.63	0.57	0.56	3.33	0.28
Cv	0.21	0.22	0.25	0.18	0.25	0.31	0.27	0.51	0.33	0.32	0.27	0.19	0.11	0.11

Anexo 16 Caudales medios mensuales (m^3/s), estimados mediante el criterio del coeficiente calculado

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total	Media
1990	1.23	1.35	1.10	1.22	1.00	1.15	0.61	0.42	0.32	0.60	0.83	1.12	10.93	0.91
1991	1.05	1.28	1.52	0.55	0.91	0.89	0.54	0.78	0.36	0.43	0.17	0.65	9.13	0.76
1992	0.78	1.05	0.73	0.90	0.75	0.66	0.70	0.20	0.46	0.33	0.80	0.63	7.97	0.66
1993	0.80	0.88	2.45	0.87	0.30	0.70	0.87	0.37	0.53	0.65	0.37	1.92	10.69	0.89
1994	1.37	1.71	1.58	1.29	0.34	0.08	0.08	0.16	0.11	1.57	0.57	0.45	9.31	0.78
1995	0.56	0.73	0.72	0.49	0.84	0.14	0.46	0.25	0.26	0.26	1.00	1.18	6.89	0.57
1996	0.92	1.05	1.19	0.91	0.40	0.64	0.53	0.43	0.43	0.41	0.10	0.26	7.27	0.61
1997	0.63	0.91	0.78	0.65	0.60	0.29	0.69	0.44	0.49	0.42	0.57	1.20	7.68	0.64
1998	0.38	0.85	1.05	0.82	0.66	1.04	0.68	0.45	0.37	0.82	0.66	0.38	8.17	0.68
1999	1.16	2.49	1.02	0.78	1.56	0.81	0.83	0.63	0.95	0.20	0.37	1.13	11.93	0.99
2000	1.42	1.49	1.48	0.97	1.06	1.20	0.51	0.63	0.79	0.22	0.20	0.56	10.53	0.88
2001	0.77	0.97	0.53	0.65	0.82	1.20	1.12	0.65	0.49	0.24	0.99	0.95	9.39	0.78
2002	0.95	0.83	0.41	1.18	0.88	0.54	0.87	0.07	0.21	0.48	0.55	0.69	7.66	0.64
2003	0.78	0.95	1.45	0.64	1.20	0.75	0.47	0.09	0.29	0.52	0.44	1.04	8.59	0.72
2004	0.45	0.99	1.37	1.84	0.60	1.18	0.66	0.15	0.29	0.89	0.74	0.93	10.10	0.84
2005	0.43	1.14	1.34	1.46	0.43	1.09	0.21	0.17	0.21	0.61	0.48	0.95	8.53	0.71
2006	1.29	0.74	1.45	0.77	0.43	1.09	0.47	0.17	0.26	0.26	0.72	0.88	8.52	0.71
2007	0.47	0.55	0.72	0.92	1.04	1.66	0.16	1.91	0.64	0.39	1.18	0.75	10.41	0.87
2008	0.58	2.09	1.84	1.28	0.97	0.71	1.24	1.13	0.24	0.96	0.79	1.23	13.05	1.09
2009	1.24	0.75	1.04	0.86	0.56	0.41	0.77	0.78	0.65	0.49	0.20	1.15	8.90	0.74
2010	0.55	0.91	0.36	0.70	0.92	1.07	0.43	0.58	0.70	0.24	0.46	0.79	7.72	0.64
2011	0.54	1.71	1.01	1.43	1.13	0.78	1.40	0.69	1.04	0.57	1.20	1.59	13.10	1.09
2012	1.37	1.68	0.47	0.91	1.06	1.14	0.23	0.40	0.38	0.82	0.85	1.14	10.45	0.87
Total	19.70	27.11	25.60	22.10	18.45	19.21	14.53	11.54	10.47	12.40	14.25	21.57	216.91	18.08
Max	1.42	2.49	2.45	1.84	1.56	1.66	1.40	1.91	1.04	1.57	1.20	1.92	20.47	1.71
Med	0.86	1.18	1.11	0.96	0.80	0.84	0.63	0.50	0.46	0.54	0.62	0.94	9.43	0.79
Min	0.38	0.55	0.36	0.49	0.30	0.08	0.08	0.07	0.11	0.20	0.10	0.26	2.98	0.25
Desv	0.34	0.47	0.49	0.33	0.31	0.37	0.32	0.40	0.24	0.31	0.31	0.37	4.26	0.36
Cv	0.39	0.40	0.44	0.34	0.38	0.45	0.51	0.79	0.52	0.57	0.49	0.40	0.45	0.45

Anexo 17 Temperatura máxima de la estación La Argelia (ºC)

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1990	20.8	22.5	20.7	21.7	20.5	19.2	19.3	19.8	21.2	23.6	22.3	22
1991	21.6	21.6	22.6	21.8	21.4	21.7	19.3	18.2	22	21.4	23.9	24.4
1992	21.8	22.1	21.5	22	22.4	19.8	18.5	20.7	21.9	22.9	23.8	22.7
1993	21.5	21.5	21.7	22.2	22.3	19.4	19.5	19.8	21	21.2	23.2	22.3
1994	21	20.3	21.1	21.4	21.7	19.7	18.8	18.5	20.3	23	22.6	22.2
1995	20.8	22.8	22	21.9	21.3	21.6	21	21.8	21.1	23.2	23.1	22.4
1996	21.2	20.5	21.9	21.9	21.7	20.5	19.6	19.3	20.6	23	21.9	21.9
1997	22.3	19.9	21.4	21.6	20.2	22.6	18.6	18.9	22.4	23.3	22.2	21.4
1998	20.9	22.6	22.1	22.8	21.8	19.7	19.4	21.1	23.1	22.5	22.7	23.4
1999	21.7	20.6	21.3	20.1	20.7	21.2	18.6	19.5	21.2	21.9	23.7	20.7
2000	21.5	21.2	21.4	21	21.5	20.6	19.7	18.6	21.2	22.1	23.6	21.8
2001	21.4	19.8	22	21.5	21.7	20	19.9	18.5	21.4	23.8	23.4	23.3
2002	21.7	20.8	22	21.5	21.2	19.8	19.8	19.2	22.1	22.3	21.4	22.1
2003	20.2	20.6	20.9	21.6	20.3	20.9	19.2	20.9	23	23.9	24.3	21.9
2004	23.7	22.5	20.4	22.5	22.2	18.5	20.1	20.2	21.6	22.9	23.8	23.5
2005	22.8	22.1	22.6	22.6	22.4	20.8	20.7	21.2	22.6	23.6	23.4	22.9
2006	21.8	22	22	22.4	21.7	20.9	20.4	21.2	22.4	24.2	24.2	23.4
2007	22	22.1	22	23.2	22.1	19.1	21.7	20.5	20.4	22.9	21.4	22
2008	20.4	20	21.8	21.7	20.9	20.9	19.4	20.7	20.8	22.6	23.1	23
2009	21	20.9	22.1	21.6	21.9	20.7	19.8	20.3	20.6	22.9	23.2	23.6
2010	20.7	21.7	22.4	23.4	22.7	20.6	22.6	21.5	22.4	23.3	22.8	22.3
2011	21.8	22	22.5	22.4	21.1	21.5	19.2	20.6	20.5	22.9	23.1	21.6
2012	21.9	21.3	21.5	22.6	20.7	20.1	19.4	20.4	20.5	22.5	23.2	22.3
Media	21.5	21.4	21.7	22.0	21.5	20.4	19.8	20.1	21.5	22.9	23.1	22.5

Anexo 18 Temperatura media de la estación La Argelia (^{0}C)

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1990	16.0	16.4	15.8	16.5	16.2	15.4	15.0	15.3	16.1	16.7	16.7	16.1
1991	16.1	16.2	16.5	16.2	16.2	16.1	15.1	14.8	16.5	16.2	17.0	17.3
1992	11.9	11.9	12.5	11.7	12.0	12.3	10.9	11.9	11.5	12.3	10.9	11.7
1993	12.1	12.3	12.4	12.2	12.1	11.8	12.0	11.9	12.7	10.2	11.8	12.7
1994	15.8	15.8	16.3	16.1	16.3	15.3	14.9	14.9	16.1	16.1	16.4	16.8
1995	15.8	16.7	16.3	16.7	16.2	16.3	15.5	16.3	16.2	16.6	16.8	16.2
1996	15.8	15.7	16.4	16.4	16.1	15.6	14.5	15.0	16.1	16.3	16.5	16.4
1997	15.9	15.6	16.3	16.1	15.9	16.2	15.0	15.5	16.7	17.2	16.7	16.3
1998	15.9	15.7	16.4	16.3	16.0	15.9	14.8	15.3	16.4	16.8	16.6	16.4
1999	15.9	15.6	16.3	16.2	16.0	16.1	14.9	15.4	16.6	17.0	16.7	16.3
2000	15.9	15.8	16.0	16.2	16.1	15.6	15.2	14.9	15.6	16.6	15.8	16.3
2001	16.3	15.8	16.5	16.5	16.7	15.5	15.3	15.1	15.8	17.6	16.8	17.2
2002	16.0	15.9	16.4	16.0	16.4	15.6	15.5	15.1	16.3	16.2	15.8	16.4
2003	15.4	15.8	15.8	16.0	15.7	15.8	15.0	16.1	16.7	17.2	16.9	16.3
2004	16.8	16.5	16.1	16.6	16.5	14.6	14.8	15.6	16.1	16.5	16.9	16.7
2005	16.7	16.8	16.9	16.8	16.6	16.0	15.7	16.1	16.8	16.9	16.1	16.4
2006	16.5	16.6	16.6	16.8	16.3	16.1	16.1	16.5	17.1	17.1	17.3	17.3
2007	17.2	16.7	16.6	17.4	16.4	14.7	15.8	15.5	16.0	16.3	16.3	16.2
2008	15.9	15.5	16.0	16.1	15.9	15.5	14.8	15.2	15.9	16.4	16.7	16.6
2009	16.1	16.1	16.5	16.6	16.4	15.9	15.5	15.8	16.3	17.0	16.8	17.2
2010	16.3	17.1	17.5	17.7	17.2	16.0	16.3	15.7	16.4	17.0	16.0	16.0
2011	16.1	16.3	16.4	16.6	15.9	16.1	15.2	16.2	16.1	16.4	16.5	16.4
2012	16.2	16.7	17.0	17.2	16.6	16.1	15.8	16.0	16.3	16.7	16.3	16.2
Media	15.8	15.8	16.1	16.1	15.9	15.4	14.9	15.2	15.9	16.2	16.1	16.1

Anexo 19 Temperatura máxima de la estación Malacatos (^{0}C)

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1990	29.0	28.6	28.6	28.3	29.1	28.8	27.2	27.9	28.7	28.0	29.9	28.2
1991	29.8	27.6	28.7	28.4	28.7	28.9	27.8	27.6	30.1	29.0	29.7	28.5
1992	29.1	28.3	28.7	29.3	28.5	28.9	27.8	29.0	29.2	28.6	28.8	29.3
1993	28.7	28.3	28.1	27.7	28.3	28.5	27.9	29.0	28.9	29.1	29.6	29.7
1994	29.1	29.0	29.3	29.0	28.3	28.1	28.6	26.8	29.4	29.7	29.3	29.8
1995	29.9	30.0	29.7	29.6	29.9	29.1	29.2	29.3	29.6	30.3	30.1	29.5
1996	29.4	29.3	29.9	29.4	29.6	29.4	29.3	30.1	29.8	30.1	30.1	29.8
1997	30.1	29.7	30.0	29.9	29.3	29.9	29.9	30.1	29.9	30.2	30.0	30.0
1998	29.5	29.9	30.0	29.4	29.0	28.5	30.2	30.0	29.8	29.3	28.7	27.6
1999	29.7	29.4	29.8	29.3	29.1	29.0	29.6	29.6	29.6	29.8	29.4	29.3
2000	29.8	29.5	29.7	29.2	29.0	29.0	29.6	29.6	29.6	29.8	29.3	29.2
2001	29.8	28.9	28.6	29.3	28.7	28.6	28.8	29.1	29.4	29.9	29.2	29.6
2002	29.8	29.4	30.3	28.3	29.0	28.8	29.6	29.0	29.2	29.7	29.4	29.6
2003	29.0	28.9	29.1	28.5	29.0	28.0	29.6	28.9	28.9	29.5	29.4	29.6
2004	29.2	29.6	28.6	29.0	29.4	28.9	29.5	29.3	28.9	29.6	30.0	29.7
2005	29.9	29.1	28.7	28.9	29.2	29.0	30.1	29.7	29.6	29.9	30.2	30.2
2006	29.0	28.6	29.0	20.1	29.4	28.8	29.0	28.9	29.9	30.6	30.8	29.5
2007	29.3	28.9	28.7	28.1	28.3	26.5	28.7	27.9	27.8	29.1	28.6	29.3
2008	28.1	27.1	27.5	27.2	27.3	27.3	25.8	27.3	28.2	28.4	28.0	28.0
2009	26.3	26.9	27.4	27.7	28.0	27.2	27.3	27.7	29.5	30.3	30.7	30.3
2010	28.4	28.1	28.5	29.8	28.6	27.1	28.4	28.2	28.2	29.1	28.0	27.5
2011	27.3	27.2	27.9	27.4	27.3	27.8	26.4	27.6	27.3	29.4	29.2	28.3
2012	27.3	27.0	28.0	27.5	27.4	27.9	27.0	27.7	28.1	28.2	28.7	28.1
Media	29.0	28.7	28.9	28.3	28.7	28.4	28.6	28.7	29.1	29.5	29.4	29.2

Anexo 20 Temperatura media de la estación Malacatos (^{0}C)

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1990	20.30	20.20	19.90	19.50	19.55	19.64	19.60	19.90	19.30	20.10	19.90	20.00
1991	20.50	19.30	19.20	20.00	20.40	20.10	20.10	19.40	20.70	19.90	19.80	19.80
1992	19.90	20.10	19.40	19.90	19.90	20.50	19.90	19.90	20.00	20.00	19.90	19.60
1993	19.30	18.60	18.30	18.70	19.80	19.70	19.40	19.80	19.60	19.10	20.10	19.60
1994	19.50	19.40	19.40	19.90	19.50	19.40	20.00	17.40	19.90	20.10	19.90	20.10
1995	20.50	20.00	19.40	20.20	20.30	19.50	19.70	19.50	20.35	20.60	20.20	20.20
1996	20.10	19.90	20.60	20.10	20.40	20.30	20.30	20.50	20.80	20.40	20.05	20.75
1997	19.90	20.50	20.10	20.40	19.95	20.50	20.80	21.30	20.80	20.00	19.90	21.30
1998	20.10	19.60	19.30	19.40	19.50	20.70	21.60	21.20	21.00	18.50	18.90	19.00
1999	19.98	19.63	19.87	19.60	19.65	19.96	20.37	20.27	20.30	19.65	19.74	19.86
2000	19.10	19.50	20.00	19.90	19.40	19.70	19.80	19.10	20.00	19.40	19.10	20.00
2001	20.20	19.80	19.30	19.60	19.35	19.55	19.30	19.60	19.70	19.80	19.80	19.10
2002	19.90	19.10	20.70	18.90	19.30	19.40	20.40	19.43	20.00	19.30	19.90	19.10
2003	19.70	18.90	19.20	19.20	19.40	19.30	19.80	19.60	19.50	19.90	19.90	19.90
2004	19.50	19.40	18.90	19.10	19.50	19.20	19.30	19.40	18.90	19.60	19.10	19.30
2005	20.10	19.10	18.50	19.40	19.30	19.60	20.00	19.90	20.10	19.60	19.90	20.00
2006	19.40	18.50	18.60	19.30	19.60	18.90	19.10	19.30	20.40	21.90	21.50	21.30
2007	21.50	21.20	20.90	20.70	20.40	19.60	20.30	20.10	20.30	20.70	20.10	20.60
2008	20.20	19.60	20.30	20.30	20.00	19.60	19.30	19.70	20.60	20.60	20.90	20.30
2009	19.40	19.80	20.30	20.30	20.50	19.70	20.00	19.90	21.00	21.50	21.70	21.70
2010	20.20	20.80	20.30	20.80	20.30	20.00	20.20	19.90	20.40	20.70	20.10	20.10
2011	20.20	20.00	20.20	19.70	19.60	20.30	19.80	20.20	19.90	20.80	20.90	20.40
2012	19.70	19.70	20.00	19.60	19.90	20.30	20.00	20.40	20.30	20.10	19.90	20.20
Media	19.96	19.68	19.68	19.76	19.80	19.80	19.96	19.81	20.17	20.10	20.05	20.10

Anexo 21 Radiación extraterrestre

Enero	15.34
Febrero	15.63
Marzo	15.50
Abril	14.69
Mayo	13.63
Junio	12.97
Julio	13.18
Agosto	14.12
Septiembre	15.10
Octubre	15.50
Noviembre	15.34
Diciembre	15.18

Nota: Tomado de FAO 56.

Anexo 22 Factor de corrección de la Eto, método Thornthwaite

Enero	31.8
Febrero	28.5
Marzo	31.2
Abril	30.0
Mayo	30.6
Junio	29.7
Julio	30.6
Agosto	30.9
Septiembre	30.0
Octubre	31.5
Noviembre	30.9
Diciembre	31.8

Nota: Recuperado de Texto Guía. Ing Temistocles Maldonado

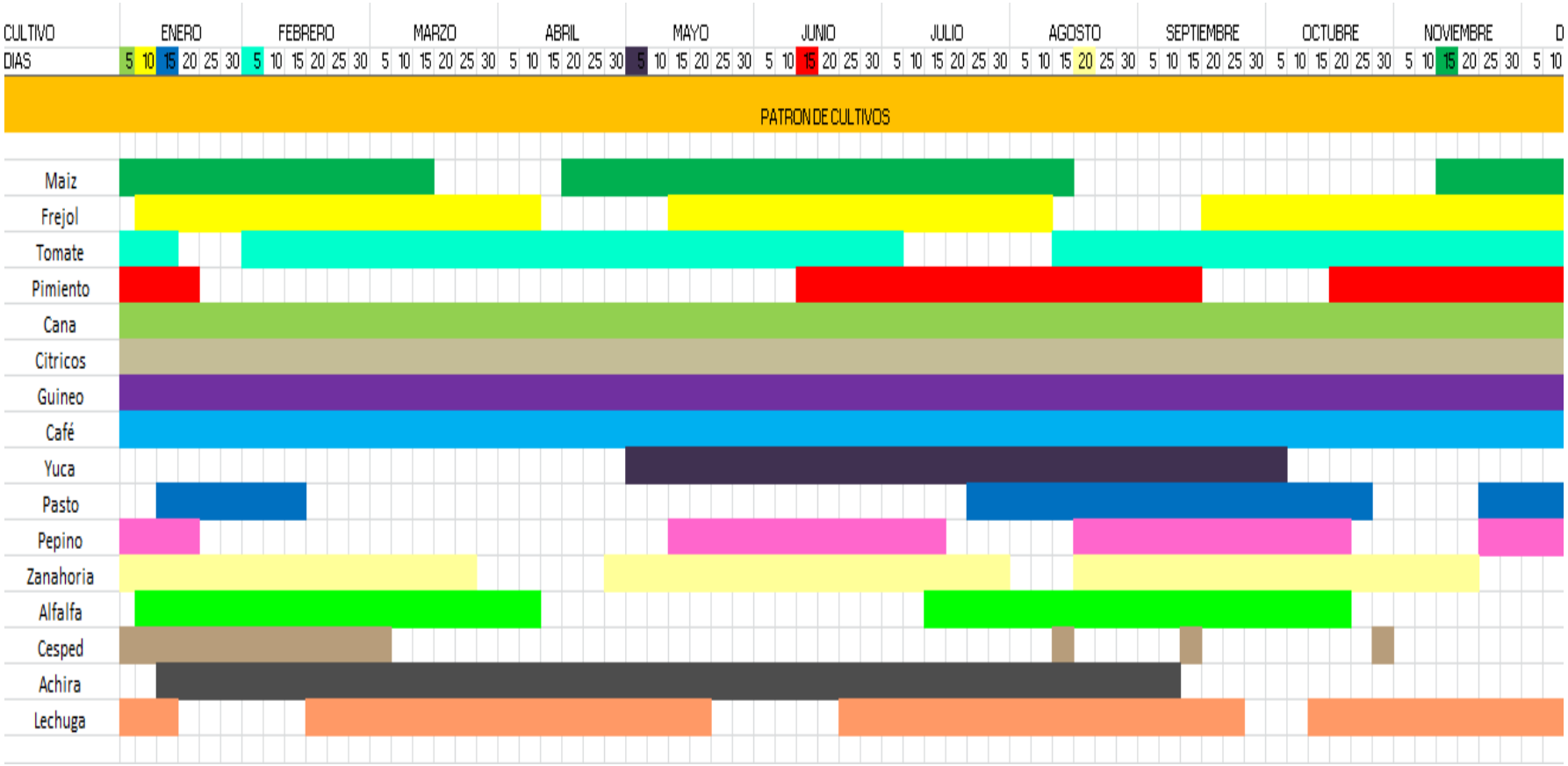
Anexo 23 Evapotranspiración potencial método de CROPWAT 8.0

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1990	2.80	3.23	2.83	2.84	2.67	2.57	2.56	3.03	3.05	3.24	3.02	3.14
1991	3.12	2.97	3.10	2.98	2.62	2.92	2.74	2.87	3.57	3.30	3.30	3.57
1992	3.05	3.22	2.82	2.85	2.87	2.64	2.61	3.32	3.13	3.52	3.45	3.08
1993	2.95	2.94	2.79	2.96	2.79	2.64	2.59	3.19	2.92	2.95	3.28	3.05
1994	2.73	2.83	2.88	2.89	2.72	2.51	2.73	2.73	3.09	3.40	2.99	3.17
1995	3.10	3.19	3.06	2.75	2.56	2.80	2.76	3.19	3.26	3.43	3.14	3.17
1996	2.87	2.67	2.94	2.92	2.68	2.54	2.85	2.74	3.07	3.23	3.73	3.06
1997	2.94	2.62	3.08	2.84	2.61	2.81	2.66	2.89	3.27	3.24	2.92	2.77
1998	2.77	3.00	2.80	2.81	2.84	2.41	2.40	2.84	3.34	3.07	3.25	3.46
1999	2.90	2.57	2.77	2.57	2.56	2.33	2.43	2.84	2.72	3.18	3.40	2.61
2000	2.97	2.77	2.75	2.57	2.52	2.28	2.48	2.33	2.83	3.36	3.50	2.94
2001	2.89	2.63	2.84	2.79	2.50	2.62	2.45	2.84	2.85	3.39	3.21	3.02
2002	2.90	2.71	2.70	2.63	2.66	2.51	2.51	2.88	3.11	2.87	2.66	2.79
2003	2.58	2.66	2.50	2.73	2.50	2.33	2.50	2.88	3.28	3.09	3.02	2.72
2004	3.35	2.87	2.44	2.69	2.60	2.28	2.34	3.11	2.98	2.90	3.18	3.22
2005	3.18	2.84	2.71	2.80	2.78	2.39	2.69	2.92	3.17	2.96	3.31	2.82
2006	2.96	2.75	2.84	2.96	2.94	2.81	3.02	3.20	3.36	3.45	3.41	3.14
2007	2.95	3.02	2.67	2.85	2.56	2.26	2.84	2.85	2.91	2.87	2.89	3.08
2008	2.69	2.52	2.90	2.87	2.66	2.66	2.31	2.79	2.97	3.03	3.25	3.20
2009	2.61	2.61	3.06	2.94	2.90	2.59	2.68	2.90	3.12	3.42	3.37	3.35
2010	2.76	2.79	2.89	2.91	2.75	2.41	2.85	3.09	3.12	3.44	3.18	2.85
2011	3.00	2.92	3.14	2.83	2.64	2.62	2.37	3.21	2.97	3.30	3.04	2.78
2012	2.82	2.73	2.78	2.92	2.62	2.73	2.75	3.22	3.41	2.92	3.16	3.10
Media	2.91	2.83	2.84	2.82	2.68	2.55	2.61	2.95	3.11	3.20	3.20	3.05

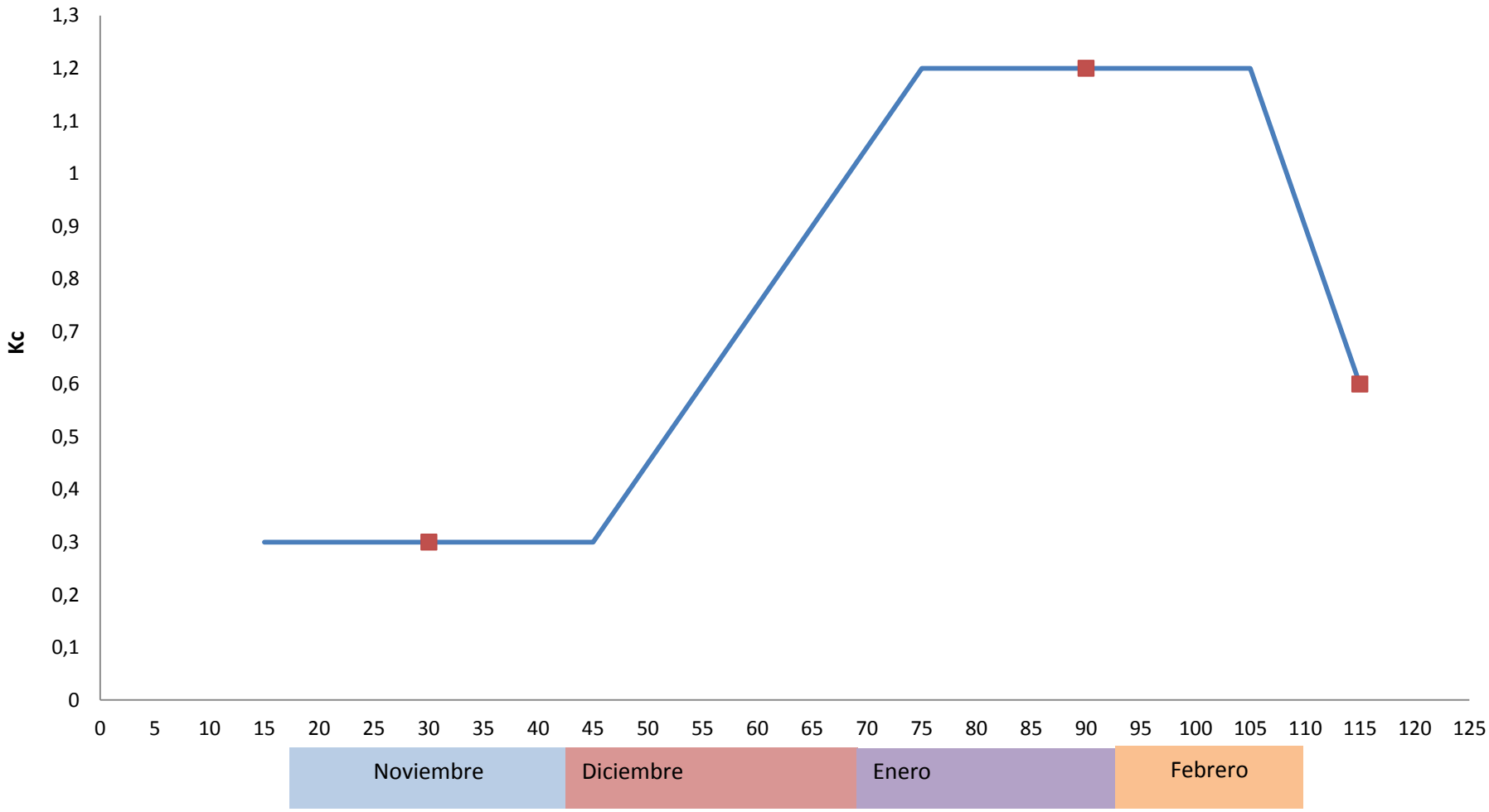
Anexo 24 Evapotranspiración potencial método de Hargreaves de la estación Malacatos

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1990	5.9	6.0	6.0	5.4	5.2	5.0	4.8	5.3	5.8	6.0	6.1	5.7
1991	6.0	5.7	5.9	5.7	5.2	5.0	4.9	5.3	6.1	6.0	6.1	5.8
1992	6.0	5.8	5.9	5.7	5.1	5.0	4.8	5.4	5.8	5.8	5.8	5.9
1993	5.8	5.8	5.7	5.3	5.1	5.0	4.9	5.5	5.8	6.0	6.2	6.1
1994	6.1	6.0	6.0	5.7	5.1	4.9	5.3	5.1	6.0	6.2	6.1	6.1
1995	6.3	6.4	6.2	5.9	5.5	5.1	5.2	5.6	6.0	6.3	6.2	5.9
1996	6.0	6.1	6.3	5.6	5.4	5.0	5.2	5.7	6.0	6.2	6.2	5.9
1997	6.1	6.3	6.2	6.0	5.4	5.3	5.4	5.9	6.2	6.3	6.2	5.9
1998	6.1	6.3	6.3	5.8	5.3	4.9	5.3	5.7	6.0	6.1	5.9	5.6
1999	6.1	6.2	6.2	5.7	5.3	5.1	5.3	5.7	6.1	6.2	6.1	5.9
2000	6.0	6.2	6.2	5.8	5.3	5.0	5.2	5.5	6.0	6.2	6.0	6.0
2001	6.1	6.1	5.9	5.8	5.3	5.0	5.1	5.6	6.1	6.3	6.1	6.0
2002	6.1	6.2	6.3	5.5	5.3	5.1	5.3	5.6	6.1	6.2	6.2	6.0
2003	6.0	6.0	6.0	5.7	5.4	5.0	5.3	5.6	6.0	6.2	6.2	6.1
2004	6.1	6.2	6.0	5.8	5.5	5.1	5.3	5.7	5.9	6.3	6.2	6.1
2005	6.3	6.2	6.0	5.8	5.5	5.2	5.5	5.8	6.2	6.3	6.4	6.3
2006	6.1	6.1	6.0	4.6	5.6	5.1	5.2	5.6	6.3	6.8	6.7	6.5
2007	6.4	6.4	6.3	5.9	5.3	4.8	5.3	5.4	5.6	6.1	5.9	6.0
2008	5.8	5.7	6.0	5.5	5.0	4.7	4.5	5.1	5.8	6.0	5.9	5.7
2009	5.4	5.8	5.9	5.6	5.4	4.9	5.0	5.5	6.3	6.7	6.7	6.4
2010	6.0	6.2	6.2	6.1	5.5	5.0	5.3	5.6	6.0	6.4	6.0	5.8
2011	5.8	6.0	6.1	5.5	5.2	5.1	4.9	5.6	5.9	6.4	6.4	6.0
2012	5.8	5.9	6.2	5.7	5.3	5.1	5.1	5.5	6.1	6.1	6.0	6.1
Media	6.0	6.1	6.1	5.7	5.3	5.0	5.1	5.5	6.0	6.2	6.1	6.0

Anexo 25 Patrón de cultivos



Anexo 26 Ejemplo de la determinación de Kc, cultivo de maíz



Anexo 27 Requerimientos de riego por junta sectorial (mm)

Junta 1										
	Peff	Maíz	Frejol	Cana	Yuca	Asociado	Café	Pasto	Guineo	Cítricos
Enero	87.5	52.3	-29.2	-40.9		40.7	35.4		11.2	-11.8
Febrero	131.3	-67.8	-45.6	-61.5		-67.8	-17.6		-78.4	-62.5
Marzo	128.7		-5.5	1.6		-23.1	-0.2		-70.0	-53.8
Abril	111.3	-78.8	-5.6	24.2		-24.6	8.0		-57.1	-44.2
Mayo	47.1	31.7		87.2		71.1	71.1		22.7	17.9
Junio	15.7	104.9	34.6	109.9	55.7	34.6	94.9		69.7	44.6
Julio	8.2	55.1	77.2	123.6	76.2	23.4	107.8	28.7	102.5	55.1
Agosto	8.2		107.6	129.7	80.0	80.0	108.2	69.6	113.1	58.0
Septiembre	28.7		81.1	107.0	61.4	95.2	92.3	55.7	95.2	38.9
Octubre	86.4			27.9	-14.9	-26.9	44.0	-44.7	44.6	-13.2
Noviembre	68.5	-34.2		24.7	-27.3	68.7	57.3	12.1	57.3	3.1
Diciembre	89.7	-4.4		-89.7	-89.7	38.2	38.2	-2.5	34.7	-14.7

Junta 2										
	Peff	Pasto	Cítricos	Yuca	Cana	Frejol	Tomate	Zanahoria	Asociado	Café
Enero	87.5		-11.8		-40.9	-29.2		1.1	40.7	35.4
Febrero	131.3		-62.5		-61.5	-45.6	-67.8	-22.9	-67.8	-17.6
Marzo	128.7		-53.8		1.6	-5.5	-46.5	-11.3	-23.1	-0.2
Abril	111.3		-44.2		24.2	-5.6	6.4		-24.6	8.0
Mayo	47.1		17.9	-8.4	87.2		74.7	34.6	71.1	71.1
Junio	15.7		44.6	55.7	109.9	34.6	78.8	87.3	34.6	94.9
Julio	8.2	28.7	55.1	76.2	123.6	77.2		97.3	23.4	107.8
Agosto	8.2	69.6	58.0	80.0	129.7	107.6	58.0		80.0	108.2
Septiembre	28.7	55.7	38.9	61.4	107.0	81.1	50.1	56.9	95.2	92.3
Octubre	86.4	-44.7	-13.2	-14.9	27.9		42.8	35.7	-26.9	44.0
Noviembre	68.5	12.1	3.1	-27.3	24.7		63.0	45.9	68.7	57.3
Diciembre	89.7	-2.5	-14.7				19.6		38.2	38.2

Junta 3												
	Peff	Pasto	Asociado	Caña	Tomate	Frejol	Cesped	Guineo	Cítricos	Pepino	Maíz	Café
Enero	87.5		40.7	-40.9		-29.2	9.2	11.2	-11.8	14.5	52.3	35.4
Febrero	131.3		-67.8	-61.5	-67.8	-45.6	-41.4	-78.4	-62.5		-67.8	-17.6
Marzo	128.7		-23.1	1.6	-46.5	-5.5	-28.9	-70.0	-53.8			-0.2
Abril	111.3		-24.6	24.2	6.4	-5.6		-57.1	-44.2		-78.8	8.0
Mayo	47.1		71.1	87.2	74.7			22.7	17.9	17.4	31.7	71.1
Junio	15.7		34.6	109.9	78.8	34.6	-15.7	69.7	44.6	68.7	104.9	94.9
Julio	8.2	28.7	23.4	123.6		77.2		102.5	55.1	97.3	55.1	107.8
Agosto	8.2	69.6	80.0	129.7	58.0	107.6	83.3	113.1	58.0	88.3		108.2
Septiembre	28.7	55.7	95.2	107.0	50.1	81.1	67.0	95.2	38.9			92.3
Octubre	86.4	-44.7	-26.9	27.9	42.8		14.8	44.6	-13.2	-14.9		44.0
Noviembre	68.5	12.1	68.7	24.7	63.0			57.3	3.1	27.6	-34.2	57.3
Diciembre	89.7	-2.5	38.2		19.6			34.7	-14.7	26.6	-4.4	38.2

Junta 4													
	Peff	Caña	Cítricos	Asociado	Pasto	Lechuga	Yuca	Frejol	Tomate	Guineo	Café	Alfalfa	Achira
Enero	87.5	-40.9	-11.8	40.7		23.2		-29.2		11.2	35.4	-17.6	-46.7
Febrero	131.3	-61.5	-62.5	-67.8				-45.6	-67.8	-78.4	-17.6	-4.4	-77.3
Marzo	128.7	1.6	-53.8	-23.1		-11.3		-5.5	-46.5	-70.0	-0.2	6.3	-21.9
Abril	111.3	24.2	-44.2	-24.6		-5.0		-5.6	6.4	-57.1	8.0		18.8
Mayo	47.1	87.2	17.9	71.1		54.4	-8.4		74.7	22.7	71.1		81.8
Junio	15.7	109.9	44.6	34.6		79.8	55.7	34.6	78.8	69.7	94.9		104.9
Julio	8.2	123.6	55.1	23.4	28.7		76.2	77.2		102.5	107.8	55.1	116.2
Agosto	8.2	129.7	58.0	80.0	69.6		80.0	107.6	58.0	113.1	108.2	124.1	99.9
Septiembre	28.7	107.0	38.9	95.2	55.7		61.4	81.1	50.1	95.2	92.3	100.8	56.9
Octubre	86.4	27.9	-13.2	-26.9	-44.7	32.7	-14.9		42.8	44.6	44.0		
Noviembre	68.5	24.7	3.1	68.7	12.1	43.6	-27.3		63.0	57.3	57.3		
Diciembre	89.7		-14.7	38.2	-2.5	20.2			19.6	34.7	38.2		

Junta 5													
	Peff	Caña	Asociado	Pasto	Maíz	Yuca	Achira	Guineo	Café	Zanahoria	Tomate	Pimiento	Cítricos
Enero	87.5	-40.9	40.7		52.3		-46.7	11.2	35.4	1.1			-11.8
Febrero	131.3	-61.5	-67.8		-67.8		-77.3	-78.4	-17.6	-22.9	-67.8	-30.3	-62.5
Marzo	128.7	1.6	-23.1				-21.9	-70.0	-0.2	-11.3	-46.5	-5.5	-53.8
Abril	111.3	24.2	-24.6		-78.8		18.8	-57.1	8.0		6.4	-7.2	-44.2
Mayo	47.1	87.2	71.1		31.7	-8.4	81.8	22.7	71.1	34.6	74.7		17.9
Junio	15.7	109.9	34.6		104.9	55.7	104.9	69.7	94.9	87.3	78.8	47.6	44.6
Julio	8.2	123.6	23.4	28.7	55.1	76.2	116.2	102.5	107.8	97.3		92.5	55.1
Agosto	8.2	129.7	80.0	69.6		80.0	99.9	113.1	108.2		58.0	107.6	58.0
Septiembre	28.7	107.0	95.2	55.7		61.4	56.9	95.2	92.3	56.9	50.1	79.4	38.9
Octubre	86.4	27.9	-26.9	-44.7		-14.9		44.6	44.0	35.7	42.8	-11.4	-13.2
Noviembre	68.5	24.7	68.7	12.1	-34.2	-27.3		57.3	57.3	45.9	63.0		3.1
Diciembre	89.7		38.2	-2.5	-4.4			34.7	38.2		19.6		-14.7

Junta 6													
	Peff	Caña	Pasto	Asociado	Yuca	Cítricos	Pimiento	Tomate	Cesped	Guineo	Maíz	Café	Alfalfa
Enero	87.5	-40.9		40.7		-11.8			9.2	11.2	52.3	35.4	-17.6
Febrero	131.3	-61.5		-67.8		-62.5	-30.3	-67.8	-41.4	-78.4	-67.8	-17.6	-4.4
Marzo	128.7	1.6		-23.1		-53.8	-5.5	-46.5	-28.9	-70.0		-0.2	6.3
Abril	111.3	24.2		-24.6		-44.2	-7.2	6.4		-57.1	-78.8	8.0	
Mayo	47.1	87.2		71.1	-8.4	17.9		74.7	-47.1	22.7	31.7	71.1	
Junio	15.7	109.9		34.6	55.7	44.6	47.6	78.8	-15.7	69.7	104.9	94.9	
Julio	8.2	123.6	28.7	23.4	76.2	55.1	92.5			102.5	55.1	107.8	55.1
Agosto	8.2	129.7	69.6	80.0	80.0	58.0	107.6	58.0	83.3	113.1		108.2	124.1
Septiembre	28.7	107.0	55.7	95.2	61.4	38.9	79.4	50.1	67.0	95.2		92.3	100.8
Octubre	86.4	27.9	-44.7	-26.9	-14.9	-13.2	-11.4	42.8	14.8	44.6		44.0	
Noviembre	68.5	24.7	12.1	68.7	-27.3	3.1		63.0		57.3	-34.2	57.3	
Diciembre	89.7		-2.5	38.2		-14.7		19.6		34.7	-4.4	38.2	

Junta 7										
	Peff	Caña	Pasto	Frutal	Asociado	Maíz	Alfalfa	Guineo	Zanahoria	Cesped
Enero	87.5	-40.9		-11.8	40.7	52.3	-17.6	11.2	1.1	9.2
Febrero	131.3	-61.5		-62.5	-67.8	-67.8	-4.4	-78.4	-22.9	-41.4
Marzo	128.7	1.6		-53.8	-23.1		6.3	-70.0	-11.3	-28.9
Abril	111.3	24.2		-44.2	-24.6	-78.8		-57.1		
Mayo	47.1	87.2		17.9	71.1	31.7	-47.1	22.7	34.6	-47.1
Junio	15.7	109.9		44.6	34.6	104.9	-15.7	69.7	87.3	-15.7
Julio	8.2	123.6	28.7	55.1	23.4	55.1	55.1	102.5	97.3	
Agosto	8.2	129.7	69.6	58.0	80.0		124.1	113.1		83.3
Septiembre	28.7	107.0	55.7	38.9	95.2		100.8	95.2	56.9	67.0
Octubre	86.4	27.9	-44.7	-13.2	-26.9			44.6	35.7	14.8
Noviembre	68.5	24.7	12.1	3.1	68.7	-34.2		57.3	45.9	
Diciembre	89.7		-2.5	-14.7	38.2	-4.4		34.7		

Junta 8									
	Peff	Caña	Pasto	Maíz	Fréjol	Yuca	Guineo	Frutal	Asociado
Enero	87.5	-40.9		52.3	-29.2		11.2	-11.8	40.7
Febrero	131.3	-61.5		-67.8	-45.6		-78.4	-62.5	-67.8
Marzo	128.7	1.6			-5.5		-70.0	-53.8	-23.1
Abril	111.3	24.2		-78.8	-5.6		-57.1	-44.2	-24.6
Mayo	47.1	87.2		31.7		-8.4	22.7	17.9	71.1
Junio	15.7	109.9		104.9	34.6	55.7	69.7	44.6	34.6
Julio	8.2	123.6	28.7	55.1	77.2	76.2	102.5	55.1	23.4
Agosto	8.2	129.7	69.6		107.6	80.0	113.1	58.0	80.0
Septiembre	28.7	107.0	55.7		81.1	61.4	95.2	38.9	95.2
Octubre	86.4	27.9	-44.7			-14.9	44.6	-13.2	-26.9
Noviembre	68.5	24.7	12.1	-34.2		-27.3	57.3	3.1	68.7
Diciembre	89.7		-2.5	-4.4			34.7	-14.7	38.2

Junta 9								
	Peff	Caña	Asociado	Frutal	Pasto	Maíz	Alfalfa	Tomate
Enero	87.5	-40.9	40.7	-11.8		52.3	-17.6	
Febrero	131.3	-61.5	-67.8	-62.5		-67.8	-4.4	-67.8
Marzo	128.7	1.6	-23.1	-53.8			6.3	-46.5
Abril	111.3	24.2	-24.6	-44.2		-78.8		6.4
Mayo	47.1	87.2	71.1	17.9		31.7		74.7
Junio	15.7	109.9	34.6	44.6		104.9		78.8
Julio	8.2	123.6	23.4	55.1	28.7	55.1	55.1	
Agosto	8.2	129.7	80.0	58.0	69.6		124.1	58.0
Septiembre	28.7	107.0	95.2	38.9	55.7		100.8	50.1
Octubre	86.4	27.9	-26.9	-13.2	-44.7			42.8
Noviembre	68.5	24.7	68.7	3.1	12.1	-34.2		63.0
Diciembre	89.7		38.2	-14.7	-2.5	-4.4		19.6

Junta 10						
	Peff	Caña	Asociado	Frutal	Pasto	Maíz
Enero	87.5	-40.9	40.7	-11.8		52.3
Febrero	131.3	-61.5	-67.8	-62.5		-67.8
Marzo	128.7	1.6	-23.1	-53.8		
Abril	111.3	24.2	-24.6	-44.2		-78.8
Mayo	47.1	87.2	71.1	17.9		31.7
Junio	15.7	109.9	34.6	44.6		104.9
Julio	8.2	123.6	23.4	55.1	28.7	55.1
Agosto	8.2	129.7	80.0	58.0	69.6	
Septiembre	28.7	107.0	95.2	38.9	55.7	
Octubre	86.4	27.9	-26.9	-13.2	-44.7	
Noviembre	68.5	24.7	68.7	3.1	12.1	-34.2
Diciembre	89.7		38.2	-14.7	-2.5	-4.4

Anexo 28. Cuenca de captación

Áreas potencialmente agrícolas sistema de Riego Campana-Malacatos

Crecimiento poblacional desmesurado