



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



TEMA:

**“PLANEACIÓN DE LOS RECURSOS
H Í D R Í C O S ,
DEL SISTEMA DE RIEGO CAMPANA -
MALACATUS, UTILIZANDO SISTEMAS DE
INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)”**

Autores:

Danny Alexander Bravo Torres

Ausberto Fabricio Moreno Bravo

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

Director:

Ing. Aníval González G. M. Sc.

Asesores:

Ing. Temístocles Maldonado M. Sc.

Ing. Rafael González

LOJA ó ECUADOR

2007

APROBACIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

AREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

TESIS

**“PLANEACIÓN DE LOS RECURSOS
H Í D R I C O S ,
DEL SISTEMA DE RIEGO CAMPANA –
MALACATUS, UTILIZANDO SISTEMAS DE
INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)”**

**PRESENTADA A LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL CALIFICADOR COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE:**

INGENIERO AGRÍCOLA

Ing. Ermel Loaiza C.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Ramiro Castillo B.

VOCAL

Ing. Gonzalo Jaramillo G.

VOCAL

Ing. Marco Reinoso A.

VOCAL

Ing. Omar Ojeda O.

VOCAL

LOJA ó ECUADOR



2007

CERTIFICACIÓN

Ingeniero

Aníval González G. Mg. Sc.

CATEDRÁTICO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

CERTIFICA QUE:

El presente trabajo de investigación titulado: **“PLANEACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS, DEL SISTEMA DE RIEGO CAMPANA ó MALACATUS, UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)”**, de los señores egresados *Danny Alexander Bravo Torres* y *Ausberto Fabricio Moreno Bravo* de la Carrera de Ingeniería Agrícola, ha sido debidamente revisado, por lo cual autorizo su respectiva publicación y defensa.

Loja, febrero de 2007

Ing. Aníval González G. Mg. Sc.

DIRECTOR



PDF
Complete

Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

AUTORÍA

Los criterios expresados en el presente trabajo de investigación, son de absoluta responsabilidad de los autores.

Danny Alexander Bravo Torres

Ausberto Fabricio Moreno Bravo



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

DEDICATORIA

Principalmente a Dios principio y fin de todo, con mucho cariño a mis padres por haberme enseñado la ética de superación y trabajo, a mi familia por brindarme su apoyo incondicional, anímico, moral, material y económico durante el transcurso de estos años y a mis amigos por su apoyo y paciencia.

Danny

Con mucho amor a mi madre, por ser guía de mi camino y brindarme todo su cariño.

Fabricio

GRADECIMIENTO

Expresamos nuestros sinceros agradecimientos a la Universidad Nacional de Loja, en especial a los catedráticos de las Carreras de Ingeniería Agrícola y Agronómica, del Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, quienes han contribuido con sus conocimientos y criterios oportunos para nuestra formación moral, ética y profesional.

En especial al Comité asesor, Ing. Aníbal González G., en calidad de Director, por la orientación y conducción de la presente tesis de grado. A los señores ingenieros Rafael González G. y Temístocles Maldonado, quienes en calidad de asesores hicieron posible la culminación favorable de la investigación. De igual manera a los miembros del tribunal calificador quienes, así mismo con sus importantes aportes hicieron posible la presentación final de la tesis.

Finalmente queremos expresar nuestro profundo agradecimiento a los ingenieros Fabián Sotomayor y José Merino, técnicos del Centro Integrado de Geomática Ambiental (CINFA), al Sr. Víctor Llivisaca, presidente de la junta de regantes del Sistema de riego òCampana-Malacatosö, a nuestros compañeros y amigos, que supieron apoyarnos desinteresadamente en el desarrollo del presente trabajo.

INDICE

	<i>Pag.</i>
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. LA CUENCA HIDROGRÁFICA	4
2.1.1. Definición	4
2.1.2. Enfoque sistémico de la cuenca hidrográfica	5
2.1.3. Cuenca de drenaje	5
2.1.4. Subcuenca.....	6
2.1.5. Microcuenca.....	6
2.2. LA PRECIPITACIÓN ATMOSFÉRICA	6
2.2.1. Formación de la precipitación.....	7
2.2.2. La precipitación anual	8
2.2.3. La precipitación estacional o mensual.....	8
2.3. ANÁLISIS HÍDRICO BAJO EL ENFOQUE GEOMORFOLÓGICO ...	8
2.4. ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL Y CAUDAL	9
2.5. LA PLANIFICACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS	9
2.5.1. Evapotranspiración de los cultivos.....	10
2.5.1.1. <i>Coefficiente de cultivo</i>	12
2.5.1.2. <i>Determinación del Coeficiente de Cultivo</i>	13
2.5.2. Requerimientos hídricos del proyecto.....	14
2.5.3. Programación de riego.....	15
2.5.3.1. <i>Métodos de programación del Riego</i>	15
2.6. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG).....	18

	cción de un SIG.....	19
2.6.2.	Componentes de un SIG.....	20
2.6.2.1.	<i>Equipos (Hardware)</i>	20
2.6.2.2.	<i>Programas (Software)</i>	20
2.6.2.3.	<i>Datos</i>	21
2.6.2.4.	<i>Recurso humano</i>	21
2.6.2.5.	<i>Procedimientos</i>	21
2.6.3.	¿Qué hace un SIG con la información?.....	24
2.6.4.	Aplicaciones de los sistemas de información geográfica SIG....	25
2.6.5.	Beneficios y ventajas.....	27
2.6.6.	¿Qué es una base de datos geográfica?	28
2.6.7.	Diseño de Bases de Datos.....	29
2.6.8.	Modelo Relacional de la Base de Datos.....	30
2.7.	TRABAJOS REALIZADOS SOBRE SIG Y SISTEMAS DE RIEGO EN EL ECUADOR	31
2.7.1.	Sistemas de Información Geográfica para aplicaciones Agropecuarias en el Ordenamiento de Territorios y Manejo Integral de Cuencas.....	31
2.7.2.	Propuesta de gestión ambiental para la subcuenca alta del río Cañar, mediante la utilización de un SIG.....	32
2.7.3.	Planificación de los Recursos Hidráulicos con fines de Riego en la zona Andina del Ecuador	33
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	34
3.1.	UBICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO	34
3.1.1.	Ubicación Geográfica.....	35
3.1.2.	Ubicación Política	35
3.1.3.	Ubicación Ecológica	36
3.2.	MATERIALES.....	36

3.3.1. Recopilar, validar, sistematizar y actualizar la información básica biofísica y socioeconómica existente del sistema de riego CampanaóMalacatos, tanto de la cuenca de captación como de la zona de riego.....	37
3.3.1.1. Cuenca de captación.....	37
a) Datos climáticos e hidrológicos	37
3.3.1.2. Caracterización biofísica.....	38
a) Mapa de cobertura vegetal.....	38
b) Datos geomorfológicos e hidrometeorológicos..	38
3.3.1.3. Zona de riego.....	41
a) Datos climáticos e hidrológicos.....	41
b) Información temática: mapas	42
3.3.2. Estructuración de la base de datos geográfica, utilizando los Sistemas de Información Geográfica (SIG) que contenga tanto datos descriptivos (numérico estadístico) como cartográficos.....	43
3.3.2.1. Escaneo y Georeferenciación de mapas	43
a) Escaneo de mapas	43
b) Georeferenciación y georectificación de mapas	43
c) Digitalización de mapas en pantalla.....	44
d) Identificación de capas de datos.....	44
e) Exportación.....	45
f) Estructuración de la base de datos geográfica	46
g) Análisis de los datos.....	48
3.3.2.2. Elaboración de mapas temáticos.....	48
3.3.2.3. Presentación de los resultados	53
3.3.3. Definir la programación de riego para un año agrícola, con ayuda de los Sistemas de Información Geográfica (SIG)	54
3.3.3.1. Requerimientos de riego	54
a) Formulación del patrón de Cultivos	54

	b)	<i>Cálculo del requerimiento de riego</i>	55
	c)	<i>Elaboración del mapa de pendientes</i>	57
	d)	<i>Cálculo del riego por surcos</i>	59
	e)	<i>Cálculo del riego por aspersión</i>	61
	f)	<i>Cálculo del riego por goteo</i>	64
3.3.4.		<i>Programación de riego aplicando SIG.....</i>	69
3.3.4.1.		<i>Programación de riego</i>	69
	a)	<i>Cálculo de turno de riego o calendario de riego.....</i>	70
	b)	<i>Diseño de la base de datos para la programación de riego aplicando SIG.....</i>	71
	c)	<i>Consulta de la base de datos</i>	73
3.3.5.		<i>Transferencia de resultados generados en el proyecto a agricultores e interesados, para su conocimiento y aplicación ...</i>	73
IV.		RESULTADOS Y DISCUSIÓN	74
4.1.		INFORMACIÓN BÁSICA DE LA MICROCUENCA DE CAPTACIÓN Y DE LA ZONA DE RIEGO.....	74
4.1.1.		<i>Características morfológicas de la microcuenca de captación.....</i>	74
4.1.2.		<i>Parámetros hidrometeorológicos de la microcuenca de captación.....</i>	76
4.1.3.		<i>Información meteorológica de la estación Malacatos.....</i>	78
4.2.		SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG).....	79
4.2.1.		<i>Mapa base de la microcuenca òCampanaö</i>	79
4.2.2.		<i>Mapa de cobertura vegetal de la microcuenca òCampanaö.....</i>	79
4.2.3.		<i>Mapa de pendientes de la microcuenca òCampanaö.....</i>	79
4.2.4.		<i>Mapa base del sistema de riego òCampana-Malacatosö</i>	82
4.2.5.		<i>Mapa de pendientes del sistema de riego òCampana-Malacatosö.....</i>	82
4.2.6.		<i>Mapa de catastro del sistema de riego òCampana-Malacatosö... </i>	86

	patrón de cultivos del sistema de riego òCampana-Malacatosö.....	86
4.2.8.	Mapa de tipos de riego del sistema de riego òCampana-Malacatosö.....	86
4.2.9.	Mapa de clase textural del sistema de riego òCampana-Malacatosö.....	86
4.2.10.	Mapa de sectores de riego del sistema òCampana-Malacatosö ..	90
4.3.	PROGRAMACIÓN DEL RIEGO.....	93
4.3.1.	Patrón de cultivos.....	93
4.3.2.	Requerimientos de riego del proyecto.....	94
4.3.3.	Programación de riego aplicando los Sistemas de Información Geográfica (SIG)	96
V.	CONCLUSIONES	98
VI.	RECOMENDACIONES	100
VII.	RESUMEN	101
VIII.	BIBLIOGRAFÍA.....	105
IX.	ANEXOS	108

CUADROS

Pag.

1.	Elementos geográficos (capas o coberturas) de los diferentes mapas de la cuenca de captación y de la zona de riego.....	44
2.	Capas de datos y atributos de los diferentes mapas de la cuenca de captación y de la zona de riego.....	46
3.	Patrón de cultivos para un año agrícola.....	54
4.	Base de datos para la programación del riego, aplicando SIG	72
5.	Parámetros geomorfológicos de la microcuenca òCampanaö. Loja, junio de 2 006.....	75
6.	Parámetros hidrometeorológicos de la microcuenca òCampanaö. Loja, junio de 2 006.....	77
7.	Patrón de cultivos implantados para un año agrícola en el sistema de riego òCampana-Malacatosö	93
8.	Requerimientos de riego, del sistema de riego òCampana - Malacatosö	95

FIGURAS

	<i>Pag.</i>
1. Componentes de un Sistema de Información Geográfica (SIG).....	22
2. Funciones de un Sistema de Información Geográfica (SIG).....	24
3. Proceso de la información en un Sistema de Información Geográfica (SIG).....	25
4. Mapa de ubicación en el contexto de la provincia de Loja del Sistema de Riego òCampana ó Malacatosö.....	34
5. Flujograma para el proceso de elaboración del mapa base cuenca de captación.....	49
6. Flujograma para el proceso de elaboración del mapa de pendientes de la cuenca de captación	50
7. Flujograma para el proceso de elaboración del mapa de Cobertura vegetal de la cuenca de captación	51
8. Flujograma para el proceso de elaboración del mapa base zona de riego	52
9. Flujograma para el proceso de elaboración del mapa catastral zona de riego.....	53
10. Flujograma para el proceso de elaboración del mapa de pendientes zona de riego	58
11. Flujograma para el proceso de elaboración del mapa de patrón de cultivos, zona de riego	68



PDF Complete

Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.

[Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Proceso de elaboración del mapa

de tipos de riego de la zona.....69

13. Curva de Duración General, Microcuenca "Campana" 129

LÁMINAS

	<i>Pag.</i>
1. Mapa base de la microcuenca òCampanaö	80
2. Mapa de cobertura vegetal de la microcuenca òCampanaö	81
3. Mapa de pendientes de la microcuenca òCampanaö	83
4. Mapa base del sistema de riego òCampana-Malacatosö.....	84
5. Mapa de pendientes del sistema de riego òCampana-Malacatosö	85
6. Mapa catastral del sistema de riego òCampana-Malacatosö.....	87
7. Mapa de patrón de cultivos del sistema de riego òCampana-Malacatosö	88
8. Mapa de tipos de riego del sistema de riego òCampana-Malacatosö.....	89
9. Mapa de clase textural del sistema de riego òCampana-Malacatosö	91
10. Mapa de sectores de riego del sistema òCampana-Malacatosö	92
11. Mapa de planificación del riego	97

ANEXOS

	<i>Pag.</i>
1. Información meteorológica de la estación òMalacatosö.....	109
2. Lista de usuarios del sistema de riego òCampana-Malacatosö.....	110
3. Coeficiente de cultivo (Kc) para caña	117
4. Coeficiente de cultivo (Kc) para pastos.....	117
5. Coeficiente de cultivo (Kc) para maíz.....	117
6. Coeficiente de cultivo (Kc) para fréjol.....	117
7. Coeficiente de cultivo (Kc) para frutales.....	118
8. Coeficiente de cultivo (Kc) para hortalizas (tomate)	118
9. Coeficiente de cultivo (Kc) para leguminosas (fréjol verde).....	118
10. Programación de Riego en el Sistema de Riego òCampana- Malacatosö, aplicando SIG, sector Belén	119
11. Programación de Riego en el Sistema de Riego òCampana- Malacatosö, aplicando SIG, sector San José.....	121
12. Precipitación media mensual de la Estación Meteorológica òCajanumaö.....	123
13. Precipitación media mensual de la Estación Meteorológica òSan Franciscoö.....	124



PDF Complete

Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.

[Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features](#)

nsual de la

	Estación Meteorológica ðVilcabambaö.....	125
15.	Precipitación media mensual de la Estación Meteorológica ðYanganaö.....	126
16.	Precipitación media mensual de la Microcuenca de Captación ðCampanaö. Método del U.S. National Weather Service.....	127
17.	Caudal medio mensual de la Microcuenca de Captación ðCampanaö. Método del Polinomio Ecológico.....	128
18.	Cálculos de requerimientos hídricos, riego por surcos, del Sistema de Riego ðCampana-Malacatosö.....	130

La zona del proyecto de riego Campana-Malacatos se ubica al sur oriente de la ciudad de Loja y hacia la parte norte de la población de Malacatos. Es una importante área de producción por sus condiciones agro climáticas. La principal actividad es la agricultura, que genera ingresos para satisfacer en parte las principales necesidades de los pequeños agricultores asentados en esta área. Es importante señalar, que el agricultor está condicionado a producir en pequeña escala a consecuencia del tamaño reducido de sus propiedades. En la actualidad estas pequeñas áreas son aprovechadas en mejor forma debido a la introducción del riego, notándose un mayor interés por parte de los agricultores para la introducción de nuevos cultivos. El recurso agua ha sido una de las necesidades más apremiantes de los agricultores asentados en las áreas rurales de la provincia de Loja y mucho más tratándose de zonas tan importantes como la parroquia Malacatos, debiendo cuidar este recurso para su aprovechamiento racional.

El agua es fundamental para la producción de cultivos, por lo que se requiere un uso oportuno y en cantidades suficientes del agua disponible para lograr una producción eficiente y de altos rendimientos. Esto exige, en la etapa de planificación, un conocimiento adecuado del efecto del agua de lluvia y/o riego sobre el crecimiento del cultivo y su rendimiento, en las distintas condiciones de desarrollo.

Resulta, por tanto imperativo, para el Proyecto Campana-Malacatos, una planificación eficaz, que permita optimizar el agua disponible en la compleja y dinámica producción agrícola del lugar; en forma oportuna y equitativa de acuerdo a los requerimientos del cultivo y del área a cultivar por parte de cada agricultor.

La falta de asesoramiento técnico entre otros, es uno de los principales problemas para el manejo eficiente del agua, ya que el agricultor al momento de realizar el riego lo hace según sus conocimientos; por lo que no existe una planificación adecuada del riego (lámina de agua aprovechable, intervalo de riego, período de riego, horas de riego por turno, etc.).

Información Geográfica (SIG) son un conjunto de equipos informáticos, de programas, de datos geográficos y técnicos, organizados para recoger, almacenar, actualizar, manipular, analizar y presentar eficientemente todas las formas de información georeferenciadas.

Dentro del contexto antes mencionado, para la provincia de Loja no existe una información sobre la planificación de los recursos hídricos utilizando los sistemas de información geográfica SIG., que satisfaga las necesidades de riego especialmente en las zonas que requieren dicha planificación. La falta de estudios hidrológicos tanto de la cuenca de captación como del área de riego, trae como consecuencia tener información obsoleta, además de no ser confiable y presentar un gran margen de error, ya que no existe suficiente información (precipitación, evapotranspiración, temperatura, etc.) y estudios (patrón de cultivos, textura del suelo, etc.), realizados en este sector.

Para cumplir con la presente investigación, se plantearon los siguientes objetivos:

Objetivo general:

- Desarrollar e implantar, en el Sistema de Riego òCampanaóMalacatosö, una metodología que en base a las técnicas actuales de manejo de información por computadora, sirva como instrumento normal de trabajo, para así proveer a los responsables del funcionamiento del sistema de riego, de mayores elementos de juicio que les permitan la toma adecuada de decisiones.

Objetivos específicos:

- Recopilar, validar, sistematizar y actualizar toda la información básica biofísica y socioeconómica existente del sistema de riego òCampanaóMalacatosö, tanto de la cuenca de captación como de la zona de riego,
- Estructurar una base de datos geográfica, utilizando los Sistemas de Información Geográfica (SIG) que contenga tanto datos descriptivos (numéricoóestadístico) como cartográficos,



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

ón de riego para un año agrícola, con ayuda de los
Sistemas de Información Geográfica (SIG),

- Transferencia de resultados generados en el proyecto a agricultores e interesados, para su conocimiento y aplicación.

Los aspectos más importantes considerados en la revisión de literatura son los siguientes:

2.1. LA CUENCA HIDROGRÁFICA

2.1.1. Definición

Una cuenca hidrográfica es el sistema, área o ámbito geográfico, delimitado por el *divortium aquarum*, donde ocurre el ciclo hidrológico e interactúan los factores naturales, sociales, económicos, políticos e institucionales y que son variables en el tiempo. (Vásquez, 1997)

La cuenca posee elementos identificables: los recursos naturales y el factor antrópico (acción humana), que considera los asentamientos humanos, infraestructura desarrollada, prácticas agro-productivas, también la organización institucional, la coordinación interinstitucional y el marco normativo que se pueda tener para el manejo o tratamiento de las cuencas hidrográficas. (Vásquez, 1997)

Una cuenca hidrográfica es también la unidad natural definida por la existencia de la divisoria de aguas en un territorio dado. Sus límites quedan establecidos por la divisoria geográfica principal de las aguas de las precipitaciones; también conocido como òparteaguasö. El parteaguas, teóricamente, es una línea imaginaria que une los puntos de máximo valor de altura relativa entre dos laderas adyacentes pero de exposición opuesta; desde la parte más alta de la cuenca hasta su punto de emisión, en la zona hipsométricamente más baja. Al interior de las cuencas se pueden delimitar subcuencas o cuencas de orden inferior. Las divisorias que delimitan las subcuencas se conocen como parteaguas secundarios. Los procesos de los ecosistemas que describen el intercambio de materia y flujo de energía a través de la vinculación de los elementos estructurales del ecosistema pueden ser vistos como un sistema, pues dentro de la cuenca, se tienen los componentes hidrológicos, ecológicos, ambientales y socio-económicos, que desempeña cada uno determinadas funciones. La cuenca integra

osistemas, donde las plantas y los animales ocupan una diversidad de hábitat generado por variaciones de tipos de suelo, geomorfología y clima en un gradiente altitudinal. (www.ine.gob.mx)

2.1.2. Enfoque sistémico de la cuenca hidrográfica

Un sistema es el conjunto de componentes que conforman un todo y que interactúan entre sí, dentro de un límite determinado, donde reciben insumos y generan productos a través de diferentes procesos y fenómenos naturales. El enfoque sistemático considera que en el análisis de una cuenca lo más importante no consiste en considerar la actuación o papel particular de cada uno de los elementos constitutivos: agua, suelo, clima, vegetación, fauna hombre, etc, sino la interacción entre estos, para conocer a cabalidad la dinámica real de la cuenca. (CCTA, 1999)

Vásquez (1997), señala que la suerte de cada uno de los elementos de la cuenca depende de lo que ocurra con los otros, por lo tanto, los trabajos que se ejecuten en ella deben considerar las interacciones y flujos de energía que se den entre sus partes y componentes.

2.1.3. Cuenca de drenaje

Una cuenca es el área de terreno que drena hacia una corriente en un lugar dado. O dicho de otra forma, es el área de captación de agua de un río (Chow, 1994). Es además, un sistema que se puede conceptualizar como una unidad homogénea factible de ser manejada bajo un concepto ambientalósistémico (López-Blanco, 1988).

Cuenca es el área recolectora de un punto de interés (toma de agua, presa, boca de río, etc.) de una red de drenaje, es el total del área que es drenada por un río o quebrada aguas arriba de su desembocadura u otro punto de interés.

Generalmente cuando se habla de cuenca, se refiere a la cuenca total, usando como el punto de terminación de la cuenca, el punto donde la red de drenaje entra al

ntera del país. La cuenca puede ser formada por varias subcuencas, dependiendo de la definición de los puntos de interés (Rodríguez, 1997).

2.1.4. Subcuenca

Es una subdivisión de una cuenca, la subcuenca es usualmente determinada por puntos donde se unen ríos ó puntos como presas, tomas de agua, etc. (Rodríguez, 1997).

2.1.5. Microcuenca

Es un término usado para definir una subcuenca pero de un tamaño no mayor a 40 Km², que provee agua a uno o más mini riegos. La determinación de límites de la microcuenca está basada en términos técnicos, usando la toma de agua para sistemas de mini riego como puntos de referencia. La microcuenca generalmente se determina bajo el concepto de la cuenca hidrográfica aunque en algunos casos la geología influye en la delimitación de la microcuenca (Rodríguez, 1997).

2.2. LA PRECIPITACIÓN ATMOSFÉRICA

La precipitación es el producto líquido o sólido de la condensación del vapor de agua que cae de las nubes y se deposita en el terreno procedente de la atmósfera, dicho término comprende: lluvia, llovizna, granizo, nieve, rocío, escarcha y la precipitación de la neblina.

Por un lado, se requiere conocer la precipitación media. Este dato se refiere a la entrada de agua al sistema hidrológico que se realiza mediante el fenómeno de la lluvia o de cualquier otro tipo de precipitación. La precipitación, es la caída de agua desde la atmósfera en estado líquido ólluviaó o sólido ónieve, granizo, escarchaó a partir del fenómeno de condensación. Esta información en conjunto con la del tipo textural del suelo permite definir el almacenamiento y los cambios en la humedad del suelo.

relación con diversos factores climáticos como la altitud, el relieve y la vegetación (ITC, Lecture Notes, 1999). En este sentido, se pueden establecer relaciones que permitan inferir aproximadamente la cantidad de lluvia sobre un área específica.

Lo anterior, puede realizarse si se tienen datos de precipitación de estaciones cercanas a dicha área y estos datos se correlacionan con la altitud (a mayor altitud, mayor precipitación), el relieve (zonas de influencia, exposición a los vientos dominantes, etc.) y la cobertura vegetal (requerimientos de lluvia para cada tipo de vegetación) del área en estudio. Unido a esto, se deberá tener información respecto al comportamiento climático regional y el comportamiento también regional de la precipitación. Además de lo anterior, es posible aprovechar la información que proporciona el análisis de imágenes satelitales.

2.2.1. Formación de la precipitación

La condensación del vapor atmosférico se lleva a cabo alrededor de innumerables núcleos higroscópicos, en forma tal que las partículas de las nubes son tan pequeñas ($\pm 0,01$ mm) que un movimiento del aire a 15 cm/minuto, es suficiente para mantenerlas en suspensión. Bajo condiciones favorables, las gotas de agua o de cristales de hielo según la temperatura, comienzan a aumentar de tamaño hasta tal punto que ya el aire es incapaz de sostenerlos y entonces caen.

Las gotas con un radio menor de 0,1 mm en su viaje hacia el suelo a través del aire, con un 90 % de humedad relativa, se evaporan a una distancia de 3,0 m, mientras que gotas de 0,5 mm pueden caer hasta 22 000 m es evidente que gran parte del agua que emana de las nubes, nunca alcanza el suelo; y para el propósito de la hidrología, la precipitación se define como el agua en forma líquida o sólida que llega al suelo. Un radio de 0,1 mm es aceptado como el tamaño de gota que marca la frontera entre las nubes y la precipitación.

Los elementos esenciales para la formación de la precipitación son la humedad disponible en el aire y un mecanismo que produzca la condensación y la formación de

que produce el ascenso del aire da lugar a los tres tipos de precipitación: convectiva, orográfica y ciclónica (Silva, 1979).

2.2.2. La precipitación anual

Representa el volumen total de agua que cae anualmente sobre una región o localidad dada. Este volumen varía considerablemente de un año para otro, por lo cual el dato correspondiente tiene una importancia limitada a menos que los registros se hayan tomado durante un número considerable de años y la información se haya analizado para determinar los límites de desviación correspondientes (Silva, 1979).

2.2.3. La precipitación estacional o mensual

Es una información sobre la distribución estacional o mensual de las lluvias, permite diferenciar los períodos húmedos de los secos, puede así establecerse el régimen de las lluvias durante los períodos considerados, de tal manera que cualquier predicción que vaya hacerse en este sentido será solo aproximada y estará sujeta a la desviación de promedio que se haya calculado en base a muchos años de registro (Silva, 1979).

2.3. ANÁLISIS HÍDRICO BAJO EL ENFOQUE GEOMORFOLÓGICO

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).

Por otro lado, 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

la capacidad y disponibilidad de la tierra y de los recursos de vegetación que se pueden manejar para la producción de alimentos y servicios (Kenneth, *et. al.*, 1992).

2.4. ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL Y CAUDAL

Es el agua superficial que fluye sobre la superficie terrestre y tiene relación directa con el almacenamiento de la humedad del suelo y el flujo subsuperficial ó infiltración, flujo de aguas subterráneasó dentro del contexto del balance hídrico. Su cálculo afecta la cantidad de agua total expresada en el balance hídrico.

Caudal o gasto es el volumen de agua que pasa por una sección dada durante la unidad de tiempo. Se expresa generalmente en m^3/s o l/s .

2.5. LA PLANIFICACIÓN DE LOS RECURSOS HIDRICOS

Según la FAO (1992), las cuencas hidrográficas constituyen las unidades geográficas idóneas para planificar el desarrollo socioeconómico de una región y el uso racional y sostenido de los recursos naturales básicos: suelo, agua y vegetación. Dentro de ellas, a medida que las presiones de desarrollo y la población aumentan, la planificación de los recursos hidráulicos con fines de riego se ha convertido en un campo de investigación importante.

Palacios (1989) señala 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. Entre los procedimientos más generalizados, flexibles y fáciles de adaptar destacan los métodos de los coeficientes de escurrimiento (SARH, 1978), el del polinomio ecológico (Gómez, 1990) y el del INERHI (1991).

de importancia fundamental cuando no existen aforos de la corriente que se está analizando. El análisis de los registros de lluvia para estimar la avenida máxima de diseño de una estructura hidráulica, es a través de la caracterización de las tormentas en relación con su período de retorno (SARH, 1978). Aunque en la actualidad se dispone de numerosos métodos para estimar las avenidas máximas, ninguno de ellos se ha adoptado unánimemente, lo cual enfatiza la importancia y complejidad del problema hidrológico en la estimación de una avenida, por lo que es necesario estudiar el problema mediante distintos métodos y disponer de una serie de resultados, con base en los cuales y en un proceso de selección y rechazo se podrá definir la magnitud de la avenida estimada con mayor seguridad (Springall, 1968).

2.5.1. Evapotranspiración de los cultivos

La evapotranspiración de un cultivo es el agua que necesita para su crecimiento óptimo. Esta palabra, òevapotranspiraciónö representa la suma del agua necesaria para cubrir la evaporación que se produce desde la superficie del suelo y la transpiración que realizan las plantas desde sus partes verdes (sobre todo desde las hojas).

En el regadío, el estudio de la evapotranspiración sirve para:

- Determinar las necesidades de riego de los cultivos,
- Programar los riegos para alcanzar una eficiencia óptima,
- Diseñar sistemas de riego y embalses,
- Evaluar los costes de energía y mano de obra necesarios,

Los métodos de cálculo de las necesidades hídricas de los cultivos deben ser contrastados en las condiciones climáticas de cada zona regable. Normalmente se utiliza la metodología de la FAO (Organización para la Agricultura y la Alimentación de las Naciones Unidas) por su sencillez y sentido práctico. Además, estos métodos de cálculo han sido probados con éxito en distintas zonas y climas del mundo.

rológicos se calcula la ÷evapotranspiración de referenciaö, que se corresponde con la evapotranspiración de un cultivo de pradera. Técnicamente, la evapotranspiración de referencia es la tasa de evapotranspiración de una superficie extensa de gramíneas verdes de 8 a 15 cm. de altura, uniforme, en crecimiento activo, sombreando totalmente el suelo y bien provista de agua.

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";
- Y finalmente, métodos que tienen en cuenta la temperatura, insolación, humedad del aire y el viento "Penman Monteith"

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.

La evapotranspiración de cada cultivo se puede calcular multiplicando la evapotranspiración de referencia por el coeficiente de cultivo. Estos coeficientes de cultivo también han sido desarrollados por la FAO, y dependen de las características del cultivo, del período vegetativo, del clima, de la fecha de siembra, de la duración del riego y de la frecuencia de lluvias.

Las necesidades netas de riego, se calculan restando de la evapotranspiración del cultivo la precipitación efectiva (la lluvia). 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

características orográficas del terreno, del contenido de humedad previa del suelo y de las prácticas culturales.

Las necesidades brutas de riego se calculan dividiendo las necesidades netas por la eficiencia de aplicación. La eficiencia tiene en cuenta la uniformidad de distribución y el exceso de agua de riego a aportar para lavar las sales (Las necesidades de lavado dependen del tipo y calidad del suelo, calidad del agua de riego y del cultivo), las pérdidas por escorrentía, percolación y evaporación. La eficiencia de aplicación depende más del manejo que del sistema de riego. Estas necesidades totales de riego son superiores a las netas ya que deben compensarse las pérdidas antes reseñadas.

Según Castany (1971): «La evapotranspiración es la suma de las pérdidas por transformación del agua en vapor, sea cual sea el factor que ha actuado. Es evidente que este fenómeno es función esencialmente de la alimentación en agua, y por consiguiente del grado de humedad del suelo, el cual limita con frecuencia su acción. Así, pues, la evapotranspiración real, que aparece en las condiciones naturales de humedad del suelo, está estrechamente vinculada a éste. Por este motivo ha sido introducida la noción de evapotranspiración potencial, la cual representa la cantidad de agua que resultaría evaporada y transpirada si las reservas en agua fuesen suficientes para compensar las pérdidas máximas. A. Coutagne le ha dado el nombre de «evapotranspiración máxima hidrológica». Cuando el contenido en agua del terreno es suficiente, la evapotranspiración real es igual a la evapotranspiración potencial. En caso de déficit es inferior. La cantidad de agua evapotranspirada se expresa en altura de agua en milímetros.»

2.5.1.1. Coeficiente de cultivo

El coeficiente de cultivo (K_c) describe las variaciones de la cantidad de agua que las plantas extraen del suelo a medida que se van desarrollando, desde la siembra hasta la recolección.

En los cultivos anuales normalmente se diferencian 4 etapas o fases de cultivo:

siembra hasta un 10% de la cobertura del suelo aproximadamente.

Desarrollo: Desde el 10% de cobertura y durante el crecimiento activo de la planta.

Media: Entre floración y fructificación, correspondiente en la mayoría de los casos al 70-80% de cobertura máxima de cada cultivo.

Maduración: Desde madurez hasta recolección.

El K_c , comienza siendo pequeño y aumenta a medida que la planta cubre más el suelo. Los valores máximos de K_c se alcanzan en la floración, se mantienen durante la fase media y finalmente decrece durante la fase de maduración. Lo mejor es disponer de valores de K_c para cada cultivo obtenidos en la zona y para distintas fechas de siembras, pero en ausencia de esta información se pueden usar valores orientativos.

Para los cultivos leñosos, permanentes, los coeficientes de cultivo suelen venir expresados por meses y usualmente en función del grado de cobertura del suelo (que indica el porcentaje de superficie de suelo que ocupa la masa arbórea).

En caso de que exista algún cultivo implantado entre las filas de los árboles, los coeficientes de cultivo aumentarían debido al consumo que tal cultivo implica. Ocurriría lo mismo si existieran malas hierbas.

2.5.1.2. Determinación del Coeficiente de Cultivo

Según Saavedra y Morales (1998): "Los factores que afectan los valores de K_c son principalmente: Las características del cultivo, fecha de siembra, ritmo de desarrollo del cultivo, duración del período vegetativo, condiciones climáticas y la frecuencia de lluvia o riego, especialmente durante la primera fase de crecimiento. El coeficiente K_c de cada cultivo, tendrá una variación estacional en función de las fases de desarrollo del cultivo y que son las siguientes:

Comprende el período de germinación y crecimiento inicial, cuando la superficie del suelo esta cubierta apenas por el cultivo, es decir cuando la planta comienza la emergencia. Desde la siembra hasta el 10% de cobertura vegetal.

Fase de Crecimiento o Desarrollo del Cultivo (Fase 2): Comprende desde el final de la Fase 1 hasta que se llega a una cubierta sombreada efectiva completa del orden del 70 al 80%.

Fase de Medios del Período o Maduración (Fase 3): Compreendida desde que se obtiene la cubierta sombreada efectiva completa hasta el momento de iniciarse la maduración que se hace evidente por la decoloración o caída de hojas.

Fase Final del Período Vegetativo o Cosecha (Fase 4): Comprende desde el final de la fase anterior hasta que se llega a la plena maduración o cosecha.

2.5.2. Requerimientos hídricos del proyecto

En la zona de estudio los requerimientos hídricos de los cultivos no han sido determinados experimentalmente, por lo que se requiere estimarlos mediante el concepto de evapotranspiración potencial o de referencia. Al respecto existen varios métodos empíricos. Uno de los más completos, que considera el balance de energía, es el propuesto por Penman, modificado por Doorenbos y Pruitt (1977); pero al observar que en ciertas condiciones sobrestimaba la evapotranspiración, la FAO (1995) propuso el método de Penman-Monteith como herramienta para estimar la evapotranspiración de los cultivos en zonas en las que se dispone de datos sobre temperatura, humedad relativa, velocidad del viento y las horas de fuerte insolación o nubosidad (Aguilar et al., 1995).

Además, existen varios programas de cómputo que sirven para determinar las demandas hídricas de los cultivos a través del método de Penman-Monteith. Uno de los más utilizados y recomendados por la FAO es el CROPWAT, útil para la planificación y el manejo de sistemas de riego (FAO, 1995).

La programación del riego es una metodología que nos permite decidir cuándo regar y qué dosis de riego aplicar a un cultivo para cumplir uno o varios objetivos. La programación debe tener en cuenta:

- El clima de la zona (temperatura, precipitación, radiación solar, viento, humedad);
- El suelo de la parcela a regar (profundidad, capacidad de retención de agua)
- El cultivo (fecha de siembra y recolección, períodos de crecimiento); y,
- El sistema de riego (tipo de riego, pluviometría, eficiencia...)

La programación se puede realizar en tiempo real para obtener la máxima producción con la cantidad de agua estrictamente necesaria. Hay básicamente tres métodos de programación del riego:

- Midiendo la humedad del suelo (tensiómetros, bloques de yeso, sonda de neutrones);
- Midiendo el estado hídrico de la planta (por ejemplo con un termómetro de infrarrojos);
- Y haciendo un balance de agua.

2.5.3.1. Métodos de programación del riego

La programación del Riego es un conjunto de procedimientos técnicos desarrollados para predecir cuánto y cuándo regar. Los métodos de programación del riego se basan en:

- Medida del contenido de agua en el suelo

➤ Medida de parámetros climáticos

Método basado en la Medida del contenido de agua en el suelo: El agua de riego se almacena en el suelo, que actúa como un depósito, para luego ser usada por las plantas. El agua almacenada en el suelo y que puede ser utilizada por el cultivo (agua total disponible), es la diferencia entre la cantidad de agua almacenada a capacidad de campo (CC; contenido de agua a una tensión de humedad del suelo de 1/3 atm) y punto de marchitez permanente (PMP; contenido de agua a una tensión de humedad en el suelo de 15 atm) (Allen et al., 1998). CC es el contenido de agua de un suelo cuando ha sido mojado abundantemente por riego y después se ha dejado drenar libremente hasta que éste sea despreciable, y PMP es el contenido de agua que hay en un suelo cuando la planta se marchita de forma permanente. Si se parte de un suelo con un contenido de humedad próximo a su CC el cultivo va extrayendo agua sin que se reduzca la ETc, sin embargo, el valor de la ETc empieza a disminuir antes de alcanzar PMP. La reducción de la ETc por debajo de su valor máximo se suele traducir en una reducción de la producción. La fracción del agua total disponible que un cultivo puede extraer del suelo sin que sufra estrés es el agua realmente disponible (Allen et al., 1998).

Los sensores que miden el contenido de agua en el suelo permiten conocer cómo el cultivo va extrayendo el agua del suelo, de forma que el riego puede programarse para mantener un contenido de agua en el suelo entre dos niveles de humedad. El límite superior es fijado para evitar drenajes, y por tanto lavado de fertilizantes, y el límite inferior representaría el punto a partir del cual el cultivo sufre estrés hídrico. Los sensores más utilizados para la medida del contenido de agua en el suelo son:

- Tensiómetros
- Watermark
- TDR (Time Domain Reflectometry)
- EnviroScan

Método basado en la Medida del estado hídrico del Cultivo: Estos métodos incluyen técnicas que miden directamente las pérdidas de agua de una parte de la planta, de la planta entera o de un grupo de plantas, o miden características relevantes de las plantas que facilitan la estimación de la transpiración. Los avances en electrónica han hecho que el uso de sensores que monitorizan en continuo el estado hídrico de la planta facilite la toma de decisiones en la programación del riego.

El estado hídrico del cultivo puede determinarse mediante la utilización de sensores como:

- Sensores de medida del diámetro de los órganos de la planta
- Sensores de flujo de savia

Método basado en parámetros climáticos: Estos métodos se basan en la utilización de parámetros climáticos, que a partir de expresiones matemáticas permiten estimar el volumen de agua consumido por el cultivo. La información que proporcionan los sensores climáticos no puede utilizarse directamente en la gestión del riego y exige que previamente se establezcan relaciones entre el consumo de agua del cultivo, los parámetros climáticos y el estado de desarrollo del cultivo.

El método más utilizado para estimar el consumo de agua de los cultivos o ETC es el recomendado por la FAO (Dórenlos y Pruitt, 1977), en el que la ETC se calcula como el producto de dos términos: $ET_c = ET_o \times K_c$.

K_c , es el coeficiente de cultivo y representa la disponibilidad del cultivo y suelo para atender la demanda evaporativa de la atmósfera, y depende del cultivo en cuestión, su estado de desarrollo y disponibilidad de agua en el suelo. Los valores de K_c deben determinarse experimentalmente.

ET_o , es la evapotranspiración de referencia y cuantifica la demanda evaporativa de la atmósfera, y representa la evapotranspiración de una pradera de gramíneas con una

...ce sin limitaciones de agua y nutrientes en el suelo y sin incidencia de plagas y/o enfermedades. La estimación de la ETo en una determinada zona se realiza a partir de datos climáticos empleando fórmulas empíricas.

2.6. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)

Los SIG son el resultado de una necesidad para el manejo de datos espaciales, proporcionando soluciones para solventar problemas geográficos y facilitando la transferencia de datos.

Valenzuela (1989), define a los SIG como: "sistema computarizado que permite la entrada, almacenamiento, representación y salida eficiente de datos espaciales (mapas) y atributos (descriptivos) de acuerdo a especificaciones y requerimientos concretos; también se los considera como una combinación de software y hardware capaz de manipular entidades que contengan propiedades de localización y atributos".

Morales (1998), nos define un SIG como: "un sistema informatizado de almacenamiento, análisis y recuperación de datos en el que los datos se hallan identificados por sus coordenadas geográficas (norte, este, oeste, sur). Además de los datos primarios, como por ej.: características climáticas y del suelo. Para calcular valores derivados como el peligro de erosión, clase de producto forestal o aptitud de la tierra para determinados tipos de aprovechamiento. Los datos se extraen normalmente de los mapas, mientras que los valores derivados pueden presentarse en forma de mapas".

Por otra parte debemos recalcar que los SIG deben hacer énfasis en lo relacionado con el proceso de datos espaciales y especialmente con las funciones que integran los datos provenientes de los recursos naturales, así como los datos socioeconómicos.

Lo anteriormente expuesto nos indica que la información almacenada debe estar referenciada geográficamente, ya sea que se trate de mapas estadísticos o climáticos sobre una determinada superficie, razón por la cual todas estas variables pueden relacionarse mutuamente y de formas muy diversas.

con los siguientes objetivos:

- Ser sistemas normales de recolección de datos.
- Reunir información organizada, así como sistematizada.
- Ubicar espacialmente un problema determinado.
- Representar gráficamente el problema planteado.
- Hacer posible el manejo de modelos complejos e interactivos.

En cuanto a los datos espaciales que manejan los SIG, estos representan objetos que tienen dimensión física sobre, en, o debajo de la superficie terrestre en una posición definida, el cual puede ser descrito mediante diversos atributos, así mismo su relación con otros elementos en el espacio puede ser establecida.

El análisis de estos datos es de interés multidisciplinario, ya que son un conjunto de datos heterogéneos, los cuales tienen una serie de elementos como: suelos, usos de tierra, cobertura vegetal, así como estadísticas de población; a menudo estos incluyen datos a diferentes escalas, diferentes sistemas de coordenadas, etc. Así mismo muchos de estos datos se originan en múltiples formatos como ser textos, mapas, cuadros, e imágenes obtenidas de sensores remotos.

2.6.1. Construcción de un SIG

La construcción e implementación de un SIG en cualquier organización es una tarea siempre progresiva, compleja, laboriosa y continúa. Los análisis y estudios anteriores a la implantación de un SIG son similares a los que se deben realizar para establecer cualquier otro sistema de información. Pero en los SIG, además, hay que considerar las especiales características de los datos que utiliza y sus correspondientes procesos de actualización.

Los datos son el principal activo de cualquier sistema de información. Por ello el éxito y la eficacia de un SIG se miden por el tipo, la calidad y vigencia de los datos con los que opera.

Los esfuerzos y la inversión necesaria para crear las bases de datos y tener un SIG eficiente y funcional no son pequeños, ni tampoco es una gran inversión. Es un esfuerzo permanente por ampliar y mejorar los datos almacenados, utilizando las herramientas más eficientes para nuestro propósito.

2.6.2. Componentes de un SIG

Los SIG tienen los siguientes componentes:

2.6.2.1. Equipos (Hardware)

Es donde opera el SIG. Hoy por hoy, programas de SIG se pueden ejecutar en un amplio rango de equipos, desde servidores hasta computadores personales usados en red o trabajando en modo "desconectado".

2.6.2.2. Programas (Software)

Los programas de SIG proveen las funciones y las herramientas necesarias para almacenar, analizar y desplegar la información geográfica. Los principales componentes de los programas son:

- Herramientas para la entrada y manipulación de la información geográfica.
- Un sistema de manejador de base de datos (DBMS)
- Herramientas que permitan búsquedas geográficas, análisis y visualización.
- Interfase gráfica para el usuario (GUI) para acceder fácilmente a las herramientas.



PDF
Complete

Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Datos

Probablemente la parte más importante de un sistema de información geográfico son sus datos. Los datos geográficos y tabulares pueden ser adquiridos por quien implementa el sistema de información, así como por terceros que ya los tienen disponibles. El sistema de información geográfico integra los datos espaciales con otros recursos de datos y puede incluso utilizar los manejadores de base de datos más comunes para manejar la información geográfica.

2.6.2.4. Recurso humano

La tecnología de los SIG está limitada si no se cuenta con el personal que opera, desarrolla y administra el sistema; y que establece planes para aplicarlo en problemas del mundo real.

2.6.2.5. Procedimientos

Un SIG operará acorde con un plan bien diseñado y con unas reglas claras del negocio, que son los modelos y las prácticas operativas características de cada organización.

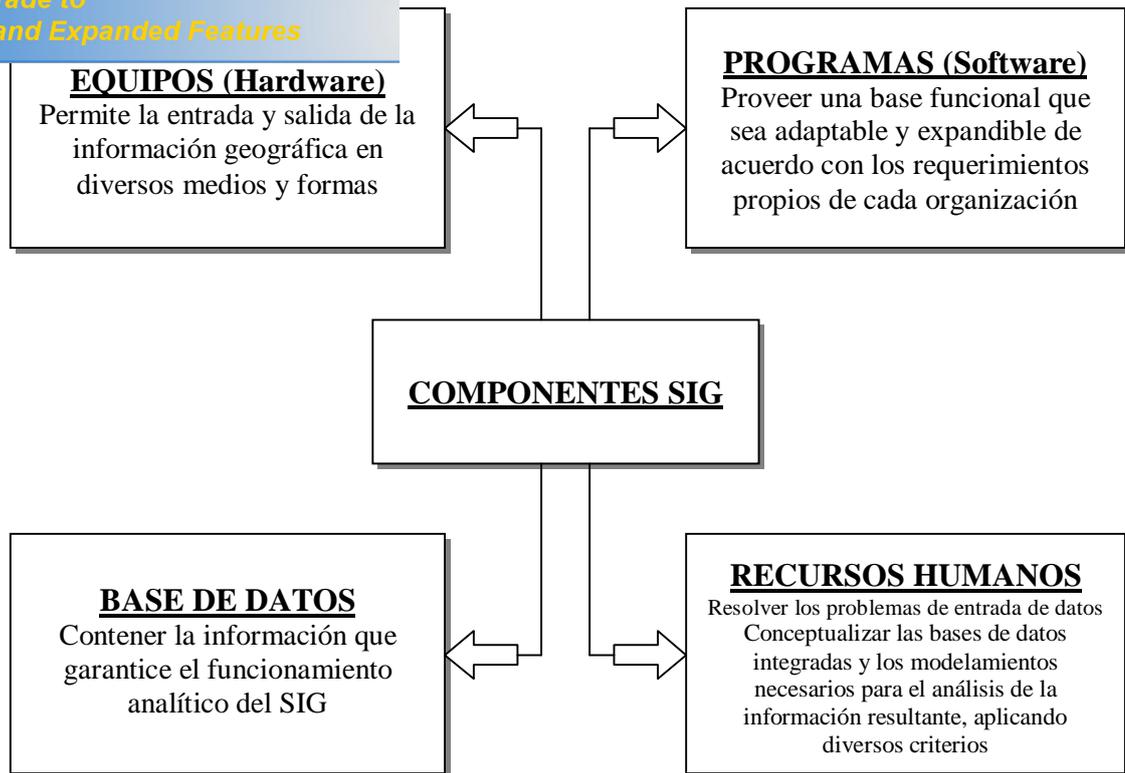


Figura 1: Componentes de un Sistema de Información Geográfica (SIG).

Dentro de las funciones básicas de un sistema de información podemos describir la captura de la información, esta se logra mediante procesos de digitalización, procesamiento de imágenes de satélite, fotografías, videos, procesos aerofotogramétricos, entre otros.

Otra función básica de procesamiento de un SIG hace referencia a la parte del análisis que se puede realizar con los datos gráficos y no gráficos, se puede especificar la función de contigüidad de objetos sobre una área determinada, del mismo modo, se puede especificar la función de coincidencia que se refiere a la superposición de objetos dispuestos sobre un mapa.

La manera como se agrupan los diversos elementos constitutivos de un SIG quedan determinados por una serie de características comunes a varios tipos de objetos en el modelo, estas agrupaciones son dinámicas y generalmente obedecen a condiciones y necesidades bien específicas de los usuarios.

El concepto categoría o cobertura, queda determinado como una unidad básica de agrupación de varios mapas que comparten algunas características comunes en forma de temas relacionados con los objetos contenidos en los mapas. Sobre un mapa se definen objetos (tienen una dimensión y localización respecto a la superficie de la tierra), estos poseen atributos, y éstos últimos pueden ser de tipo gráfico o de tipo alfanumérico.

A un conjunto de mapas relacionados se le denomina entonces categoría, a un conjunto de categorías se les denomina un tema y al conjunto de temas dispuesto sobre un área específica de estudio se agrupa en forma de índices temáticos o geoíndice del proyecto SIG. De tal suerte que la arquitectura jerárquica de un proyecto queda expuesta por el concepto de índice, categoría, objetos y atributos.

Las categorías definidas pueden ser los puntos de control, el modelo de formación y conservación catastral, la categoría transporte, las coberturas vegetales, la hidrología, el relieve y áreas en general.

Los objetos para la categoría puntos de control son: el punto geodésico, el punto de nivelación, el punto estereoscópico, entre otros. Para ilustrar con otro ejemplo, los objetos para la categoría catastro son: Zona urbana, Sector Urbano, Manzana, Edificación, Parque, Sitio de interés, entre otros.

Los atributos para el objeto zona urbana son: El código de identificación del departamento, código del municipio, código de la zona urbana, entre otros. Ahora bien, la representación gráfica del objeto zona urbana son tramos de línea continua separados por triángulos para delimitar la zona propiamente dicha.

¿Cómo se hace un SIG con la información?

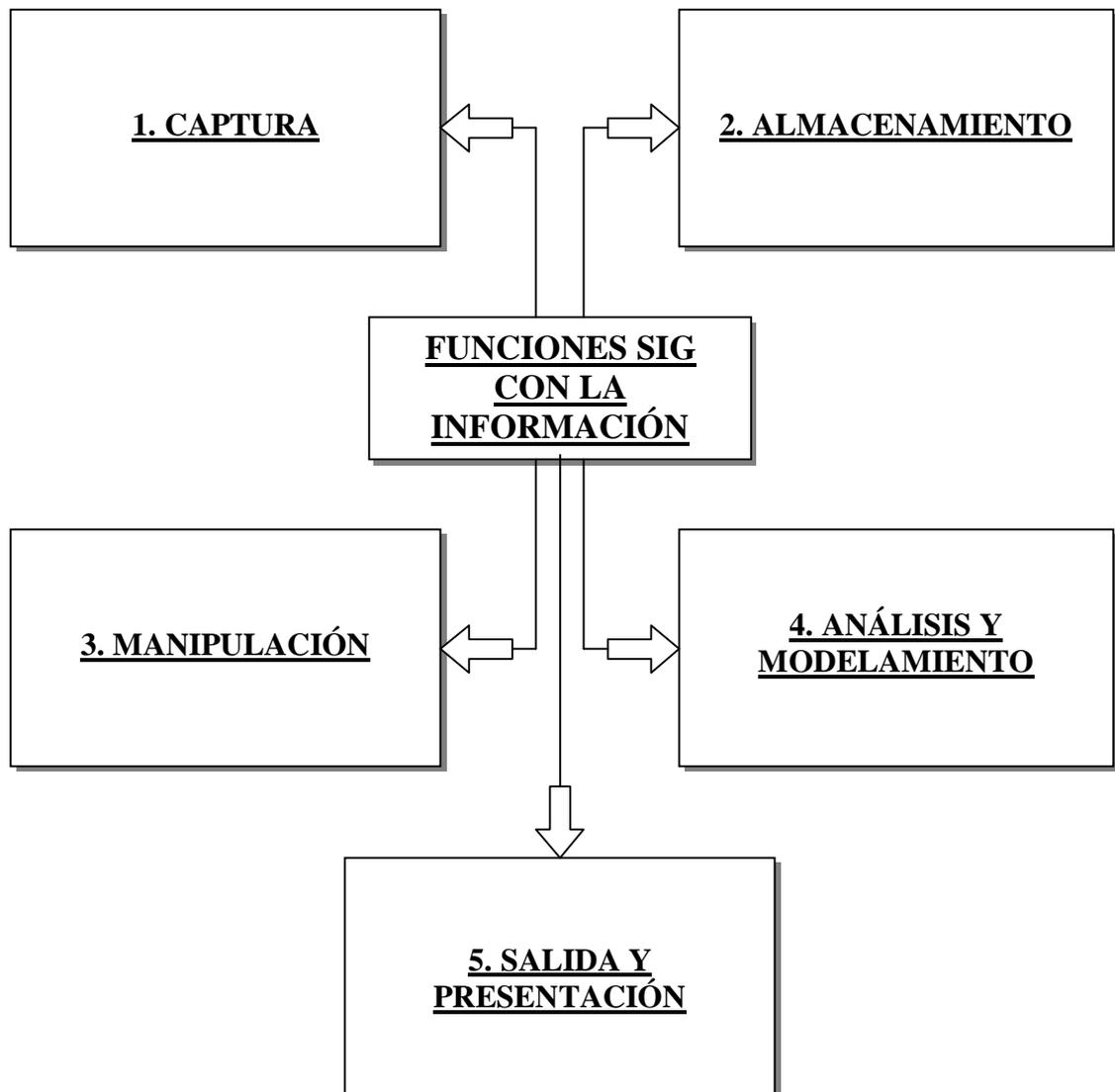


Figura 2: Funciones de un Sistema de Información Geográfica (SIG).

El diagrama adjunto, representa como *ENTRADA*, el ingreso de la información ya sea de forma digital o a digitalizar.

Respecto al *MANEJO* de la data, esta fase corresponde al almacenamiento, actualización de las correspondientes bases de datos geográficas, esto quiere decir que se encuentren georeferenciadas (latitud, longitud).

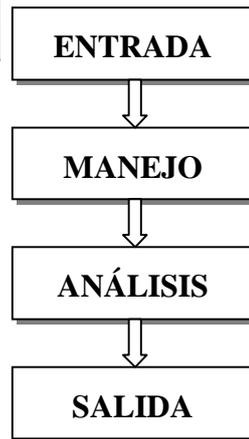


Figura 3: Proceso de la información en un Sistema de Información Geográfica (SIG).

La interpretación, también denominada *ANÁLISIS*, permitirá utilizar nuestro método científico para la elaboración de modelos espaciales, normas, monitoreos y poseer de manera versátil la información.

La *SALIDA* de la información será a través de los diversos productos que requerimos, dependerá de la data que necesitemos para nuestras investigaciones o para los diversos usuarios.

Finalmente, cabe señalar que en la fase de *ENTRADA*, se ingresará la data que disponemos, en tanto que en la última fase (*SALIDA*), obtendremos un valor agregado intelectual (información multidisciplinaria). Asimismo, la calidad del producto está en función de los datos utilizados.

2.6.4. Aplicaciones de los sistemas de información geográfica SIG

La utilidad principal de un Sistema de Información Geográfica radica en su capacidad para construir modelos o representaciones del mundo real a partir de las bases de datos digitales y para utilizar esos modelos en la simulación de los efectos que un proceso de la naturaleza o una acción antrópica produce sobre un determinado escenario en una época específica. La construcción de modelos constituye un instrumento muy eficaz para analizar las tendencias y determinar los factores que las

evaluar las posibles consecuencias de las decisiones de planificación sobre los recursos existentes en el área de interés.

En el ámbito municipal pueden desarrollarse aplicaciones que ayuden a resolver un amplio rango de necesidades, como por ejemplo:

- Producción y actualización de la cartografía básica.
- Administración de servicios públicos (acueducto, alcantarillado, energía, teléfonos, entre otros)
- Inventario y avalúo de predios.
- Atención de emergencias (incendios, terremotos, accidentes de tránsito, entre otros).
- Estratificación socioeconómica.
- Regulación del uso de la tierra.
- Control ambiental (saneamiento básico ambiental y mejoramiento de las condiciones ambientales, educación ambiental)
- Evaluación de áreas de riesgos (prevención y atención de desastres)
- Localización óptima de la infraestructura de equipamiento social (educación, salud, deporte y recreación)
- Diseño y mantenimiento de la red vial.
- Formulación y evaluación de planes de desarrollo social y económico.



PDF Complete
*Your complimentary use period has ended.
Thank you for using PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features](#)

os y ventajas

En la actualidad, debido a la disminución del coste de los Sistemas Informáticos, están materializándose importantes beneficios económicos en las empresas y organismos que disponen de la tecnología SIG. Entre estos beneficios se destacan:

- Ahorro de tiempo en producción de mapas, mantenimiento y administración.
- Información exacta, actualizada y centralizada.
- Acceso rápido a los datos.
- Reducción de actividades redundantes o tediosas.
- Análisis complejos imposibles de hacer por métodos tradicionales.
- Menores costes de operación.
- Ayuda a la toma de decisiones, para la realización de inversiones más efectivas.
- Intercambio, venta de información impresa o en soporte magnético.
- Creación de nuevos servicios, derechos por el uso de las bases de datos, etc.
- Obtención inmediata de estadísticas, mapas temáticos, etc.
- Mejora del servicio a los clientes
- Fácil acceso a la información (por dirección, calle, número de parcela, et.)
- Análisis e informes de gran calidad (mapas temáticos, estadísticas, listados, etc.)
- Eliminación de información redundante en distintos departamentos, al estar totalmente integrada.

2.6.6. ¿Qué es una base de datos geográfica?

Es la esencia de un SIG. Esta es, una colección de datos acerca de objetos localizados en una determinada área de interés en la superficie de la tierra, organizados en una forma tal que puede servir eficientemente a una o varias aplicaciones. Una base de datos geográfica requiere de un conjunto de procedimientos que permitan hacer un mantenimiento de ella tanto desde el punto de vista de su documentación como de su administración. La eficiencia está determinada por los diferentes tipos de datos almacenados en diferentes estructuras. El vínculo entre las diferentes estructuras se obtiene mediante el campo clave que contiene el número identificador de los elementos. Tal número identificador aparece tanto en los atributos gráficos como en los no gráficos. Los atributos no gráficos son guardados en tablas y manipulados por medio de un sistema manejador de bases de datos.

Los atributos gráficos son guardados en archivos y manejados por el software de un sistema SIG. Los objetos geográficos son organizados por temas de información, o capas de información, llamadas también niveles. Aunque los puntos, líneas y polígonos pueden ser almacenados en niveles separados, lo que permite la agrupación de la información en temas son los atributos no gráficos. Los elementos simplemente son agrupados por lo que ellos representan. Así por ejemplo, en una categoría dada, ríos y carreteras aun siendo ambos objetos línea están almacenadas en distintos niveles por cuanto sus atributos son diferentes.

Los formatos estándar para un archivo de diseño son el formato celular o RASTER y el formato tipo VECTOR, en el primero de ellos se define una grilla o una malla de rectángulos o cuadrados a los que se les denomina células o retículas, cada retícula posee información alfanumérica asociada que representa las características de la zona o superficie geográfica que cubre, como ejemplos de este formato se pueden citar la salida de un proceso de fotografía satelital, la fotografía aérea es otro buen ejemplo.

De otro lado, el formato vectorial representa la información por medio de pares ordenados de coordenadas, este ordenamiento da lugar a las entidades universales con

tos gráficos, así: un punto se representa mediante un par de coordenadas, una línea con dos pares de coordenadas, un polígono como una serie de líneas y una área como un polígono cerrado. A las diversas entidades universales, se les puede asignar atributos y almacenar éstos en una base de datos descriptiva o alfanumérica para tales propósitos.

2.6.7. Diseño de Bases de Datos

Es el proceso de organizar los campos de datos necesarios para una o más aplicaciones, poniéndolos en una estructura organizada, la cual debe propiciar relaciones necesarias entre los campos cumpliendo al mismo tiempo con las restricciones físicas del sistema específico de manejo de base de datos que se esté utilizando. Hay dos términos del proceso que por lo general se asocian con el término *diseño de bases de datos*, una es el *diseño lógico de bases de datos* que tienen dos componentes, el primero significa organizar los campos de datos en agrupamientos no redundantes basados en las relaciones de los datos. El segundo abarca una organización ideal de esos agrupamientos lógicos en estructuras basadas en la naturaleza del desarrollo de la base de datos y de las aplicaciones que utilizarán los datos. Existen varias técnicas para efectuar un diseño lógico de base de datos, cada una con enfoques propios. La segunda parte del diseño de base de datos es el *diseño físico*, que se refiere a volver a ajustar las estructuras derivadas antes descritas para que estén de acuerdo con las idiosincrasias de desempeño y operativas de sistema de manejo de la base de datos, con la guía de las necesidades del procesamiento de aplicación.

El proceso del diseño de una base de datos involucra:

- La colección de datos relacionados a usos destinados del banco de datos (colección de requisitos y análisis),
- La interpretación de las necesidades del usuario y el desarrollo de un esquema conceptual,
- El mapeo del esquema conceptual dentro de modelo de datos del sistema de manejo de base de datos,

- La implementación de la base de datos.

2.6.8. Modelo Relacional de la Base de Datos

El modelo de datos, de donde se basa un sistema de base de datos, representa la organización, descripción y manipulación de la base de datos. Esto incluye un juego de operaciones que pueden ser usadas para manipular los datos almacenados. Una estructura relacional puede ser ideada como una colección de relaciones normalizadas (entidades) definidas en una colección de dominios. Una relación normalizada puede ser visualizada por el usuario en una tabla de dos dimensiones, donde cada fila de la tabla, conocida como *tupla*, corresponde a un elemento de la relación. Cada columna de la tabla, conocida como *atributo*, contiene entradas que corresponden al juego de valores que constituyen el dominio fundamental de la columna. Un dominio es un juego abstracto de valores de datos simples, donde el dominio fundamenta una columna, consiste en precisar aquellos valores de datos que aparecen como entradas en esta columna.

Un importante rasgo de la estructura de datos relacionales, es que las asociaciones entre tuplas son representadas por valores de datos en columnas extractadas de un dominio común. De todos los atributos en una tabla de entrada particular, es usualmente un atributo con valores que únicamente identifica las entradas (tuplas) en esta tabla de entradas. Este atributo es llamado a ser la clave primaria. Una clave primaria no está restringida a un atributo simple, también puede ser la combinación de muchos atributos los cuales juntos tienen una única propiedad de identificación. Una tabla de entrada a veces puede contener más de una combinación de atributos, supliendo la propiedad única de identificación.

EALIZADOS SOBRE SIG Y SISTEMAS DE RIEGO EN EL ECUADOR

2.7.1. Sistemas de Información Geográfica para aplicaciones Agropecuarias en el Ordenamiento de Territorios y Manejo Integral de Cuencas.

A partir de la necesidad de manejar técnica y metodológicamente el territorio con miras a mitigar la pobreza rural, mejorar la productividad agropecuaria, y evitar los conflictos ambientales en el Ecuador, se ha ejecutado, con el apoyo del PROMSA, y por medio de una Alianza Estratégica internacional, un proyecto que planteó como objetivos:

- Elaborar y difundir un Almanaque Electrónico (Atlas en formato computarizado) con información temática espacial orientada al sector agropecuario.
- Implementar 2 emisiones de un curso de postgrado con especialización en Ordenamiento Territorial, Manejo Integral de Cuencas Hidrográficas y Sistemas de Información Geográfica (SIG).
- Investigar y proponer alternativas a problemas relacionados con el manejo integral de cuencas apoyadas en los SIG.
- Fortalecer los vínculos interinstitucionales establecidos en las alianzas estratégicas y asegurar la adecuada ejecución, monitoreo, evaluación y difusión del proyecto.

El proyecto, liderado por la Universidad del Azuay, contó con la colaboración directa de la Universidad Nacional de Loja y la Fundación Jactun Sacha/CDC, así como el apoyo de los socios: Cooperazione Internazionale Milano - Italia (COOPI), Escuela Politécnica del Ejército (ESPE). Quito-Ecuador, CIMMYT, INT. México D.F. (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo). y la Universidad de Gent ó Bélgica.

Como resultado del proyecto se cuenta con:

- almanaque Electrónico del Ecuador entregados a PROMSA, que vienen en un CD que contiene: la información temática espacial del Ecuador (atlas digital), el software para gestionar y analizar la información y el respectivo tutorial.
- 36 estudiantes formados a nivel de especialidad en los 2 cursos de postgrado en Ordenamiento Territorial, Manejo Integral de Cuencas Hidrográficas y Sistemas de Información Geográfica (SIG), ejecutados, el uno en Cuenca por la Universidad del Azuay y el otro en Loja por la Universidad Nacional de Loja.
 - Investigaciones relativas a la temática del proyecto, que han sido desarrolladas por los estudiantes de los postgrados y por investigadores y profesionales de algunas universidades de nuestro país, éstas están disponibles en la página web de la Universidad del Azuay, y algunas de las cuales forma parte de la revista de Investigaciones No 11 de la Universidad del Azuay, en su emisión especial del proyecto PROMSA AG-CT-011.
 - Un entorno web (www.uazuay.edu.ec pestaña Proyecto PROMSA AG-CT-011), en el que se tiene a disposición: toda la información del almanaque electrónico, los artículos de investigación y otros datos relacionados con el proyecto.
 - Fortalecimiento de las capacidades de los recursos humanos y de las instituciones involucradas en la alianza (www.uazuay.edu.ec/).

2.7.2. Propuesta de Gestión Ambiental para la Subcuenca alta del río Cañar, mediante la utilización de un SIG

El manejo de los recursos naturales en la subcuenca alta del río Cañar es precario; se observa una progresiva degradación de los páramos hacia su sustitución por cultivos de tubérculos andinos y pastos mejorados; y apoyada con prácticas de sobrepastoreo y quemas; el manejo tradicional del agua de riego, sin prácticas conservacionistas, ha provocado la erosión de los suelos. Con el crecimiento de la población se ha generado el minifundio y la consecuente migración al extranjero. Con éstas circunstancias, la pasividad de los organismos estatales y no gubernamentales locales acrecientan el problema. Hace falta la implementación de liderazgo e institucionalidad para alcanzar una adecuada gestión de los recursos, aquellos que efectivicen y garanticen la soberanía alimentaria, de forma equitativa, a nivel de la

comunidades rurales. La aplicación de herramientas de diagnóstico y de planificación como son los SIG, permite, en forma sistemática y espacial, representar los problemas y comprender la magnitud de las incompatibilidades con los recursos naturales. Con la presente investigación se ha generado mapas que representan los problemas espaciales como la degradación de la cobertura vegetal, la erosión del suelo (factor principal), los intereses y conflictos entre los usuarios. Adicionalmente, se ha formulado una estrategia de propuesta en el marco de una trilogía de acciones entre lo técnico, lo jurídico-político y organizativo-institucional. Sin embargo, debe entenderse a la problemática de los recursos naturales como inmersa dentro de la problemática agraria; y, a su vez, dentro de la lógica del modelo imperante. Mientras no exista un modelo estructural e integral que enlace las dos problemáticas, no se resolverán las presiones sociales sobre los recursos naturales. Es decir, el estado, a través de sus entidades seccionales, debe generar políticas de ordenamiento territorial y de gestión ambiental (www.uazuay.edu.ec/).

2.7.3. Planificación de los Recursos Hidráulicos con fines de Riego en la zona Andina del Ecuador

La planificación del aprovechamiento, con fines de riego, de pequeños escurrimientos sin información hidrométrica ni del consumo de agua de los cultivos, fue analizada mediante un estudio de caso en la cuenca òLa Capillaö, ubicada en la provincia de Loja, al sur del Ecuador. En el estudio se estimaron, mediante métodos indirectos, las disponibilidades de agua para riego y las demandas hídras mensuales de los cultivos. Asimismo, después de realizar un análisis de intensidad-magnitud-período de retorno-duración y frecuencia de las lluvias, se seleccionó la tormenta de diseño y después de restarle las pérdidas por infiltración se calculó el exceso de precipitación, con el cual se determinó la avenida máxima de diseño. Finalmente, se determinó la capacidad de almacenamiento necesaria para satisfacer la demanda de los cultivos, mediante simulación de la operación del almacenamiento. Se concluyó que las metodologías aplicadas, apoyadas en programas de cómputo, son herramientas útiles para auxiliar en la toma de decisiones a los responsables de la planificación de los recursos hidráulicos en esta zona del Ecuador (www.colpos.mx/).

S Y MÉTODOS

Para el desarrollo de la presente investigación, a fin de cumplir con los objetivos, se utilizaron los materiales y métodos que a continuación se detallan:

3.1. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio o Sistema de Riego “Campana” ó Malacatos” comprende la cuenca de captación y la zona de riego.

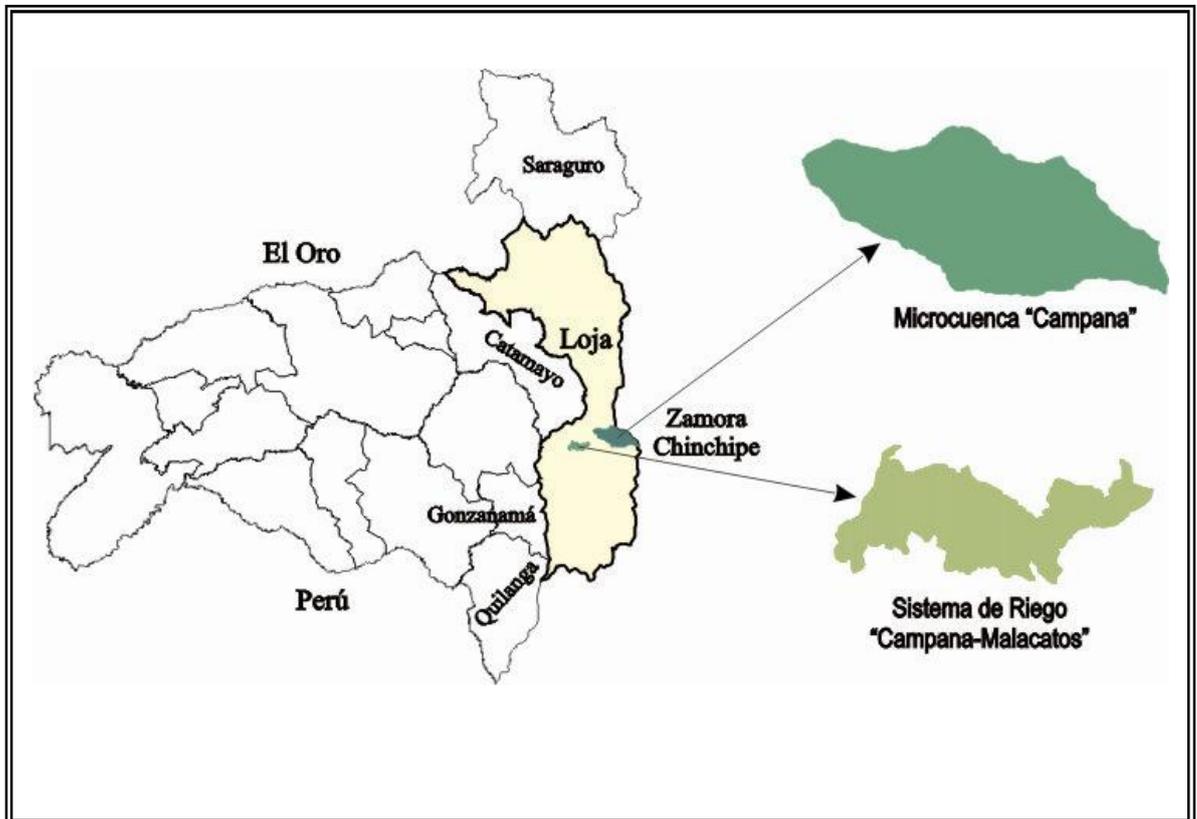


Figura 4: Mapa de ubicación en el contexto de la provincia de Loja del Sistema de Riego “Campana” ó Malacatos”.

ón Geográfica

Las coordenadas planas de la cuenca de captación son:

Coordenada Norte : 9 534 500 m ó 9 537 000 m

Coordenada Este : 693 000 m ó 698 000 m

Altitud parte baja : 1 760 m.s.n.m.

Altitud parte alta : 3 657 m.s.n.m.

Las coordenadas planas de la zona de riego son:

Coordenada Norte : 9 536 000 m ó 9 541 000 m

Coordenada Este : 695 000 m ó 710 000 m

Altitud parte baja : 1 516 m.s.n.m.

Altitud parte alta : 1 718 m.s.n.m.

3.1.2. Ubicación Política

El sistema de riego Campana-Malacatos se ubica al sur oriente de la ciudad de Loja y al norte de la población de Malacatos.

La zona de estudio se halla limitada hacia el norte, por el denominado canal San José, que riega la parte baja de Malacatos, al oeste por la quebrada San Francisco y al este por la quebrada Chorrillos.

La zona de riego abarca los sectores de El Sauce, Belén, El Carmen, La Granja, Piedra Grande, San Francisco y Palenque.

El área actual del sistema riego Campana-Malacatos, comprende aproximadamente, en la zona de riego, 512,42 ha, de las cuales es posible regar efectivamente 372,19 ha. La misma utiliza las aguas del río Campana captadas en la

as hasta la zona de riego, mediante un canal abierto de aproximadamente 9 km de longitud.

3.1.3. Ubicación Ecológica

Según el Plan Integral de Desarrollo de los Recursos Hídricos de la Provincia de Loja 1992. Las condiciones de temperatura y precipitación promedio anual para el sistema de riego Campana ó Malacatus son de 20,7 °C y 686,9 mm respectivamente, la misma que pertenece según la clasificación ecológica propuesta por Holdridge a Zona de Vida Bosque Pre Montano Bajo (bs ó PM).

3.2. MATERIALES

Los materiales de campo y de oficina utilizados para el estudio fueron:

- Anuarios meteorológicos del INAMHI (1969-1998) de las estaciones (Cajanuma, San Francisco, Vilcabamba, Yangana y Malacatos),
- Cartas IGM Escala 1:50.000 (Instituto Geográfico Militar 1998-1999) de Malacatos, Vilcabamba y Sabanilla,
- Mapa de cobertura vegetal. (Cuenca Campana) Escala 1:50 000,
- Mapa base, de la cuenca Campana (Cartas topográficas del IGM, Escala 1: 50 000)
- Mapa base del sistema de riego Escala 1: 2500 (*CONSULGEN - PREDESUR*)
- Mapa Catastral del sistema de riego Escala 1: 2500 (*CONSULGEN - PREDESUR*)
- Mapa de patrón de cultivo Escala 1: 2500 (*CONSULGEN - PREDESUR*)
- Mapa de suelos 1: 2500 (*CONSULGEN - PREDESUR*)
- Computadora Pentium IV (programas: Microsoft Word y Excel),
- Plotter, impresora,
- Programas de digitalización computacionales (Cartalinx 1.2, Easy Trace 7.3, Autocad 2004)
- Programas SIG (Arc view 3.2, Idrisi)

al para requerimientos hídricos de los cultivos Cropwat

5.7,

- Manual de goteros y aspersores agrícolas NAAN Irrigation Systems,
- Material de oficina,
- Bibliografía.

3.3. MÉTODOS

A continuación se presenta la metodología utilizada para cada objetivo.

3.3.1. Recopilar, validar, sistematizar y actualizar la información básica biofísica y socioeconómica existente del sistema de riego CampanaóMalacatos, tanto de la cuenca de captación como de la zona de riego

Primeramente se recopiló la información biofísica y socioeconómica del sistema de riego, para su aplicación.

3.3.1.1. Cuenca de captación

Se recopiló y generó información que permita la estimación de caudales o volúmenes de agua disponibles en la cuenca de captación.

a) *Datos climáticos e hidrológicos*

Esta información fue requerida de las estaciones meteorológicas de primer y segundo orden mediante el uso de los Anuarios meteorológicos editados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI

El período de análisis establecido para el estudio de la precipitación media de la cuenca, fue de 30 años (1969-1998), cuyas estaciones fueron (Cajanuma, San Francisco, Vilcabamaba y Yangana) siendo un período uniforme para todas. Dicha información fue

o Integrado de Geomática Ambiental CINFA de la Universidad Nacional de Loja.

3.3.1.2. *Caracterización biofísica*

b) *Mapa de cobertura vegetal*

Se lo obtuvo a través del PRONAREG, a escala 1: 50 000. En formato digital, con su respectiva base de datos, la misma que contiene: cobertura vegetal, área, uso y perímetro.

c) *Datos geomorfológicos e hidrometeorológicos*

Para el desarrollo de este parámetro, la información requerida se la obtuvo mediante el estudio geomorfológico e hidrometeorológico de la cuenca, solamente se hizo el estudio de la información que el proyecto necesitaba, cuya metodología se describe a continuación:

➤ *Delimitación de la cuenca*

A través de las cartas topográficas obtenidas de la zona de estudio, se realizó el trazado del *divortium acuarum* que rodea el sistema de un río, en nuestro caso el Campana con sus respectivos afluentes, tomando como punto de interés la obra de captación de agua para el sistema. Una vez delimitada la cuenca se pasó a digitalizar las curvas de nivel, lagunas, río y sus afluentes, etc; y posteriormente a determinar las características morfométricas de la cuenca.

➤ *Características Morfométricas*

Tamaño de la cuenca: Una vez obtenido el mapa en formato digital se determinó el área de la misma, con ayuda del programa computacional Arc view 3.2.

Forma de la cuenca: Se determinó la forma de la cuenca utilizando el coeficiente de Compacidad de Gravelius.

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

K : coeficiente de compacidad de Gravelius
P : perímetro de la cuenca hidrográfica (Km)
A : área de la cuenca (Km²)

Perímetro de la cuenca: La cuantificación de este parámetro se lo efectuó por digitalización, en la que se utilizó el programa computacional Arc view 3.2.

Pendiente de la cuenca (método de Horton): Para la determinación de este parámetro se efectuó a través de la digitalización de las curvas de nivel de las cartas topográficas IGM. En el programa computacional Easy Trace, una vez digitalizadas se exportaron las curvas (arcos), y la delimitación de la cuenca (polígono) al programa Arc View 3.2. Una vez obtenidas las curvas y la delimitación en este programa se realizó la rasterización, utilizando la extensión 3D analyst, que nos da como resultado el mapa de pendientes de la cuenca.

Elevación media de la cuenca: se lo efectuó a través de la curva Hipsométrica, que es una gráfica que representa las superficies dominantes por encima de cada cota, estando en función de los porcentajes de áreas, curvas de nivel consecutivas y la altitud de la cuenca. Se elaboró cuantificando la superficie que encierra los contornos de las curvas de nivel contiguas, luego se calculo su porcentaje en relación a la superficie total de la cuenca y se acumuló dichos valores. Al graficar se colocó en ordenadas la altitud y en abscisas los porcentajes acumuladas del área. La elevación media fue aquella que correspondió al 50% del área de drenaje leído en la curva.

Pendiente del cauce: Este parámetro se lo obtuvo, por digitalización de las curvas de nivel y el cauce principal, para lograr su cuantificación utilizamos el programa Arc view 3.2.

Longitud del cauce principal: La cuantificación de este parámetro se lo efectuó por digitalización, donde se utilizó el programa computacional Arc view 3.2.

Densidad de la cuenca: Se utilizaron dos índices que miden el sistema de una cuenca y son:

os cauces (Dr)

Donde:

$$Dr = \frac{N}{A} \Rightarrow \frac{\text{cauces}}{\text{Km}^2}$$

Dr : Densidad de la red de los cauces
N : # de cauces, incluye perennes e intermitentes
A : Superficie de la cuenca hasta el lugar de interés (Km²)

Densidad de drenaje (Dd)

Donde :

$$Dd = \frac{L}{A} \Rightarrow \frac{\text{Km}}{\text{Km}^2}$$

Dd : Densidad de drenaje
L : Longitud total de cauces perennes y los intermitentes (Km)
A : Superficie de la cuenca hasta el lugar de interés (Km²)

➤ *Disponibilidad del recurso hídrico*

Como en la cuenca no existe estación encargada en poseer un registro sobre la medición de caudales disponibles, se los estimó en base a la precipitación media.

Determinación de la precipitación media mensual de la cuenca: Para obtener los valores mensuales sobre la precipitación media de la cuenca se utilizó el siguiente método:

Método del U.S. National Weather Service: Este método estima la precipitación en un punto (centro de gravedad de la cuenca) como un promedio ponderado de otras estaciones, cada una de ellas localizada en un cuadrante delineado por las líneas Norte-Sur y Este-Oeste que pasa a través del punto en cuestión. Cada estación es la más cercana en su cuadrante al punto para el cual la precipitación está siendo estimada.

El peso aplicable a cada estación es igual al recíproco del cuadrado de la distancia entre ese punto y la estación. Su fórmula es la siguiente:

$$P_m = \frac{P_{mE1} \frac{1}{d_1^2} + P_{mE2} \frac{1}{d_2^2} + P_{mE3} \frac{1}{d_3^2} + P_{mE4} \frac{1}{d_4^2}}{\frac{1}{d_1^2} + \frac{1}{d_2^2} + \frac{1}{d_3^2} + \frac{1}{d_4^2}}$$

Donde:

P_m: Precipitación mensual

P_{m Ei}: Precipitación del mes de cada estación

mensuales de la cuenca: Se aplicó el siguiente método:

Método del polinomio ecológico: Este método está basado en las características geomorfológicas de regulación natural y ecología de las cuencas mediante la adopción de coeficientes **m**, **n** y **k** respectivamente. (Anexos). La ecuación que se utilizó es:

$$Q_i = K \times A^n (0.70 \times P_i + 0.29 \times P_{i-1} + 0.01 \times P_{i-2})^m$$

Donde :

Q: Caudal medio mensual, en m³/s

A: Área de drenaje, en km²

P_i: Precipitación del mes en análisis con un peso de 70% en mm/mes

P_{i-1}: Precipitación del mes anterior con un peso de 29%, en mm/mes

P_{i-2}: Precipitación del mes trasoanterior con peso de 1%, en mm/mes

m n k: Coeficientes típicos de la zona

3.3.1.3. Zona de riego

Para determinar los cálculos sobre, la precipitación media y el requerimiento hídrico de los cultivos de la zona de riego, utilizamos la siguiente información:

a) *Datos climáticos e hidrológicos*

Esta información se la obtuvo de la estación meteorológica de primer orden, mediante el uso de los Anuarios meteorológicos editados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI.

Como en el caso anterior el período de análisis establecido para el estudio de la precipitación media de la zona de riego, fue de 30 años (1969-1998), en este caso solo se trabajó con la estación meteorológica Malacatos, dicha información fue proporcionada por el CINFA.

Para el estudio del requerimiento hídrico de los cultivos de esta zona, se aplicó el programa computacional Cropwat 5.7, en la que se requirió de la información

eteorológica Malacatos, debido a la influencia directa que posee sobre la zona de riego, información que fue proporcionada por el Centro Intregado de Geomática Ambiental CINFA, y de los Anuarios Meteorológicos INAMHI, esta información consta: Temperatura máxima, Evaporación, Velocidad del viento, Insolación, nubosidad y humedad relativa.

b) Información temática: mapas

➤ Mapa catastral

Se lo obtuvo a través de la Subcomisión Ecuatoriana PREDESUR, a una escala 1: 2500, se realizó una salida de campo, para luego ser transformado de formato análogo a formato digital con ayuda de los programas computacionales, digitalizado en el Centro Integrado de Geomática Ambiental CINFA (junio de 2004).

➤ Mapa de pendientes

El mapa de pendientes fue generado a través de las curvas de nivel a escala 1: 2500, el mismo que se obtuvo del proyecto CONSULGEN - PREDESUR, para luego ser transformado a formato digital, con ayuda de los programas computacionales.

➤ Mapa textural

Las características físicas de los suelos del Proyecto Campana ó Malacatos, se la obtuvo del Estudio Edafológico realizado por el ex INERHI 1981, que comprende los siguientes análisis: Textura, Capacidad de campo, Punto de marchitez permanente, Densidad aparente, Profundidad efectiva. Para convertir este mapa a formato digital, se delimitó los sectores con ayuda del mapa catastral, y del presidente de la junta de usuarios del sistema de riego, los sectores determinados fueron los siguientes: San Francisco, La Granja, El Sauce, Belén, El Carmen, Piedra Grande, y Palenque.

ización de la base de datos geográficas, utilizando los **Sistemas de Información Geográfica (SIG)** que contenga tanto datos descriptivos (numéricoóestadístico) como cartográficos

La metodología aplicada para este objetivo, se realizó de la siguiente manera:

3.3.2.1. Escanéo y Georeferenciación de mapas

Los mapas obtenidos del proyecto (PREDESUR - CONSULGEN) fueron georeferenciados, y georectificados a través del proceso siguiente:

a) Escaneo de mapas

Se realizó el escaneo de las cartas topográficas de Sabanilla y Malacatos producidos por el IGM escala 1: 50 000, los cuales sirvieron para delimitar la cuenca de captación, (mapa base y de cobertura vegetal). También se escanearon los mapas de catastro, topográfico y de la zona de riego de escala 1: 2500, proporcionadas por PREDESUR, todo esto se realizó mediante el escáner y el programa Adobe Photo Shop, las cuales se grabaron en formato digital como imagen JPG.

b) Georeferenciación y georectificación de mapas

Para realizar este paso se exportó las imágenes grabadas en formato digital JPG al software Easy Trace 7.3, en la que se ingresó puntos de control en dos dimensiones X, Y (longitud, latitud). Los puntos de control son puntos bien delimitados de las cartas y mapas, de los cuales las coordenadas geográficas son detalladamente conocidas (los puntos mas confiables para nuestro trabajo fueron las intersecciones de las coordenadas geográficas), para luego rectificar geoméricamente los errores que representan las cartas topográficas como los mapas reduciendo así el margen de error.

c) **Digitalización de mapas en pantalla**

Bajo el Software mencionado anteriormente, se digitalizó en pantalla los polígonos y arcos siguientes: cobertura vegetal, mapa base o topográfico de la cuenca de captación, el mapa topográfico y catastral de la zona de riego utilizado el mosaico cartográfico como fondo, para así determinar los límites del área de estudio.

d) **Identificación de capas de datos**

En este punto se decidió qué capas o coberturas incluir. A su vez lo dividimos en dos pasos:

- ✓ Identificación y organización de los elementos geográficos (capas o coberturas), en la investigación se describe de la siguiente manera:

Cuadro 1: Elementos geográficos (capas o coberturas) de los diferentes mapas de la cuenca de captación y de la zona de riego.

CUENCA DE CAPTACIÓN		
	Elementos Geográficos, capas o coberturas	Tipo de capa
Mapa Base o Topográfico	Curvas de nivel ➤ Curva primaria cada 200 m ➤ Curva secundaria cada 40 m	Arcos
	Lagunas	Polígono
	Caseríos	Polígono
	Vías	Arcos
	Río y quebradas	Arcos
	Límite de la cuenca	Polígono
Mapa de cobertura vegetal	Río y quebradas	Arcos
	Lagunas	Polígono
	Bosque abierto	Polígono
	Bosque chaparro	Polígono
	Bosque denso	Polígono
	Complejo bosque abierto-matorral	Polígono
	Complejo páramo herbáceo bajo-páramo arbustivo	Polígono
	Complejo pastizal- bosque denso	Polígono
	Complejo pastizal-cultivo	Polígono
	Complejo pastizal-matorral	Polígono
	Matorral	Polígono
Matorral denso arbolado	Polígono	

	no arbustivo	Polígono
	Parque herbáceo bajo	Polígono
	Pastizal	Polígono
ZONA DE RIEGO		
Mapa Base o Topográfico	Curvas de nivel ➤ Curva primaria cada 5 m ➤ Curva secundaria cada 1 m	Arcos
	Cultural	Polígono
	Drenaje	Arcos
	Vías	Arcos
	Infraestructura	Arcos
	Límite del proyecto	Polígono
Mapa de Catastro	Propietarios	Polígono
Mapa Textural	Sector San Francisco	Polígono
	Sector La Granja	Polígono
	Sector El Sauce	Polígono
	Sector Belén	Polígono
	Sector El Carmen	Polígono
	Sector Piedra Grande	Polígono
	Sector Palenque	Polígono
Mapa Patrón de Cultivos	Agroforestal	Polígono
	Caña	Polígono
	Hortalizas y frutales	Polígono
	Hortalizas y leguminosas	Polígono
	Hortalizas maíz y fréjol	Polígono
	Pastos	Polígono
Mapa de Tipo de riego	Surcos	Polígono
	Aspersión	Polígono
	Goteo	Polígono
	Sin Riego	Polígono

- ✓ Tratamiento de capas o coberturas: Se determinó que coberturas contendrá nuestra base de datos digital. Normalmente digitalizamos las capas una a una de manera sistemática y ordenada.

e) *Exportación*

Las diferentes capas o coberturas vectoriales que se crearon en el programa computacional Easy Trace 7.3, fueron exportadas a Autocad 2004 para la unión de líneas debido a la extensión de los mapas. Una vez unidas las líneas se exportaron a Cartalinx 1.2 en la que se realizó su poligonización, para posteriormente ser exportado al sistema de información Geográfica Arc view 3.2 el que nos ofrece mejores opciones para armar la base de datos, procesamiento, análisis y edición del mismo, en este caso la presentación final de los resultados.

f) **Estructuración de la base de datos geográfica**

Para la construcción de la base de datos geográfica se necesitó del tiempo necesario, ya que se debía realizar un adecuado diseño que asegure que las coberturas y los atributos estén disponibles cuando sean necesarios. Además la exactitud de la base de datos digital determinó la calidad del análisis y del producto final. Para el cumplimiento de la construcción de la base de datos se siguieron los siguientes pasos:

El diseño de la base de datos: Una vez procesados los datos por los programas computacionales mencionados anteriormente, se exportó al sistema de información Geográfica Arc View 3.2 donde se empezó a organizar la base de datos, de la forma siguiente:

Identificar capas de datos y atributos: Aquí se identificó y se organizó los elementos geográficos (capas o coberturas) que se necesitará en la base de datos así como sus atributos, de la siguiente manera:

Cuadro 2: Capas de datos y atributos de los diferentes mapas de la cuenca de captación y de la zona de riego.

CUENCA DE CAPTACIÓN		
	Elemento Geográfico (capas o coberturas)	Atributo
Mapa Base o Topográfico	Curvas de nivel	Área Perímetro Elevación Longitud
	➤ Curva primaria cada 200 m	
	➤ Curva secundaria cada 40 m	
	Lagunas	
	Caseríos	
	Vías	
Mapa de cobertura vegetal	Río y quebradas	Cobertura Área
	Lagunas	
	Bosque abierto	
	Bosque chaparro	
	Bosque denso	
	Complejo bosque abierto-matorral	
	Complejo páramo herbáceo bajo-páramo arbustivo	
	Complejo pastizal- bosque denso	

	<p>Pastizal-cultivo</p> <p>Complejo pastizal-matorral</p> <p>Matorral</p> <p>Matorral denso arbolado</p> <p>Páramo arbustivo</p> <p>Páramo herbáceo bajo</p> <p>Pastizal</p>	
ZONA DE RIEGO		
Mapa Base o Topográfico	<p>Curvas de nivel</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Curva primaria cada 5 m ➤ Curva secundaria cada 1 m 	<p>Área</p> <p>Perímetro</p> <p>Elevación</p> <p>Longitud</p> <p>Objeto</p> <p>Descripción</p> <p>Nombre</p> <p>Categoría</p> <p>Sector</p>
	Cultural	
	Drenaje	
	Vías	
	Infraestructura	
	Límite del proyecto	
Mapa de Catastro	Propietarios	<p>Propietario</p> <p>Área</p>
Mapa Textural	Sector San Francisco	<p>Área</p> <p>Textura</p> <p>Capacidad de campo</p> <p>Punto de marchitez Per.</p> <p>Densidad aparente</p> <p>Profundidad del suelo</p>
	Sector La Granja	
	Sector El Sauce	
	Sector Belén	
	Sector El Carmen	
	Sector Piedra Grande	
Mapa Patrón de Cultivos	<p>Agroforestal</p> <p>Caña</p> <p>Hortalizas y frutales</p> <p>Hortalizas y leguminosas</p> <p>Hortalizas maíz y fréjol</p> <p>Pastos</p>	<p>Cultivos</p> <p>Profundidad radicular</p> <p>Área</p>
Mapa de Tipo de riego	Surcos	<p>Tipo de riego</p> <p>Área</p>
	Aspersión	
	Goteo	
	Sin Riego	

Definiendo cada atributo: Se decidió los parámetros específicos para cada atributo y los tipos de valores a almacenar. Dependiendo del tipo de información, los atributos que se almacenaron fueron como carácter y como número. A veces es conveniente asignar un código a ciertos valores de los atributos, para la edición, creación de campos y agregar registros en el programa computacional Arc View 3.2.

Una vez definido los atributos se comenzó a la construcción del diccionario de datos que mantienen, para cada cobertura, los nombres de los atributos y la descripción de los valores de dichos atributos.

g) *Análisis de los datos*

Esta es la fase que más importancia tiene, ya que en el análisis es donde los sistemas de información geográfica cobran verdadera importancia. El análisis de los datos para el presente proyecto se encuentra descrito en los flujogramas respectivos en el siguiente acápite.

3.3.2.2. *Elaboración de mapas temáticos*

Se elaboraron a Escala. 1: 10 000 los siguientes mapas temáticos:

- Cuenca de Captación
 - ✓ Mapa base,
 - ✓ Mapa de pendiente,
 - ✓ Mapa de cobertura vegetal.

- Zona de riego
 - ✓ Mapa base o topográfico,
 - ✓ Mapa catastral.

El proceso de elaboración de los diferentes mapas temáticos está indicado en los siguientes flujogramas:

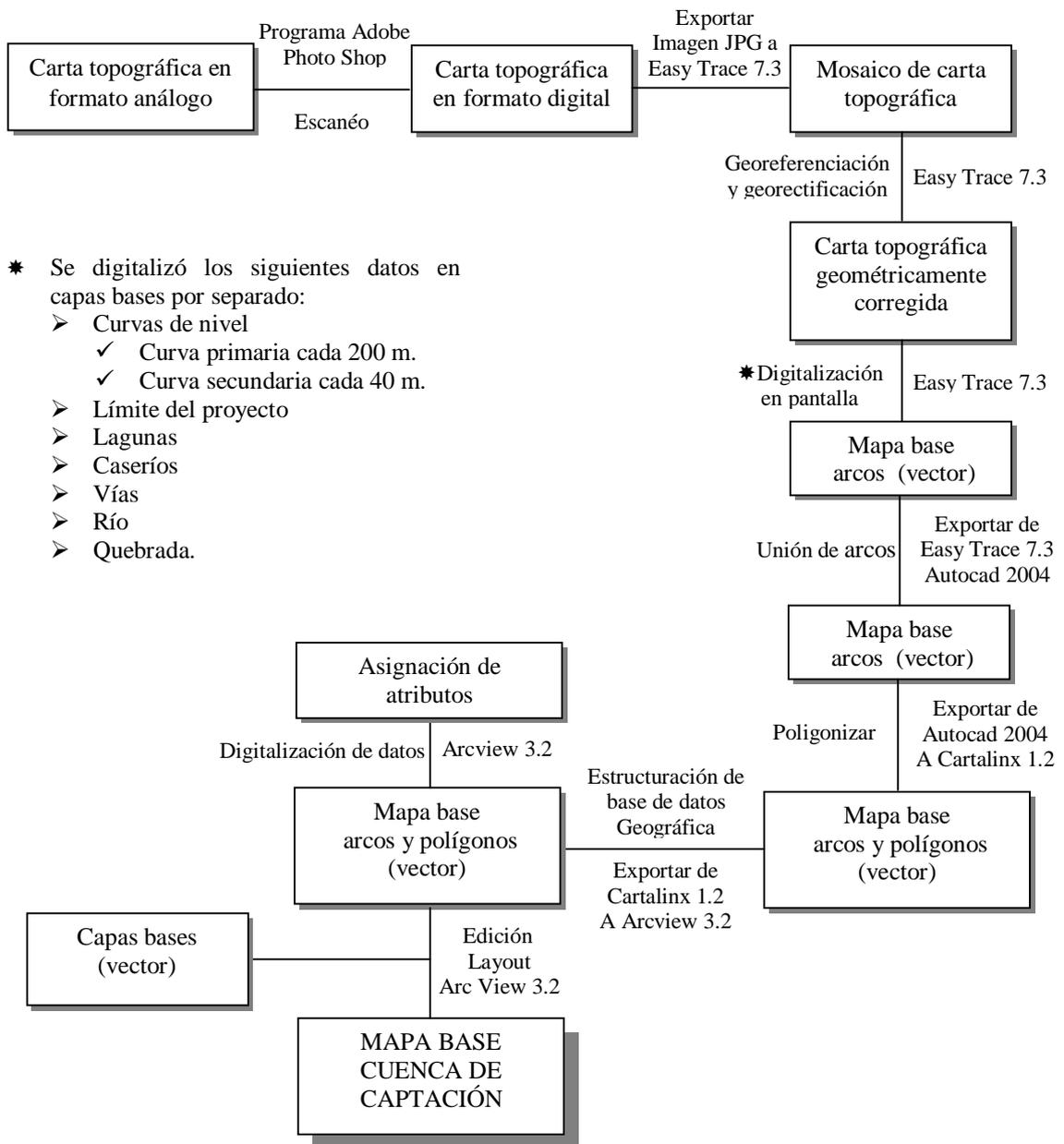


Figura 5: Flujograma para el proceso de elaboración del mapa base de la cuenca de captación.

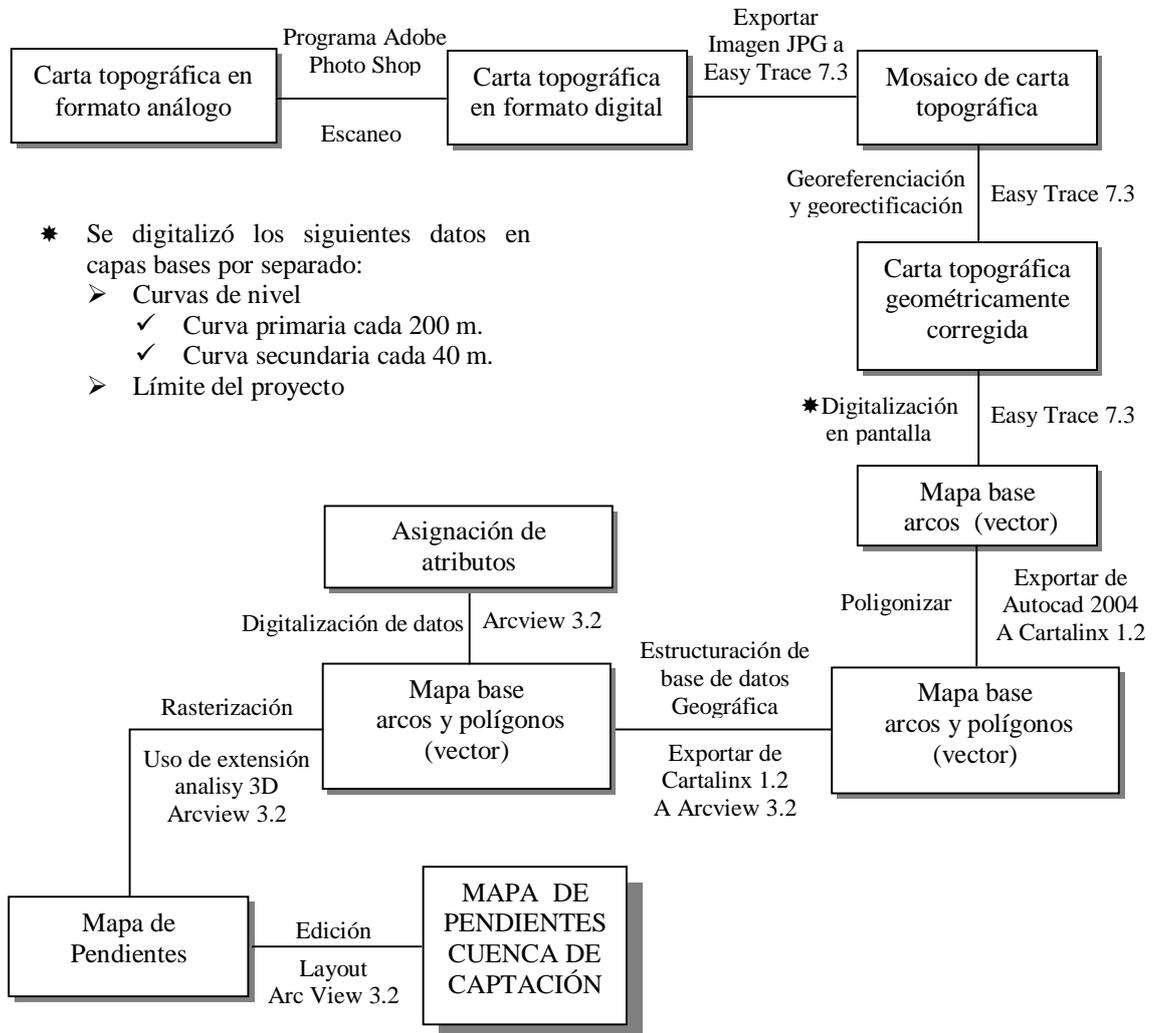


Figura 6: Flujograma para el proceso de elaboración del mapa de pendientes de la cuenca de captación.

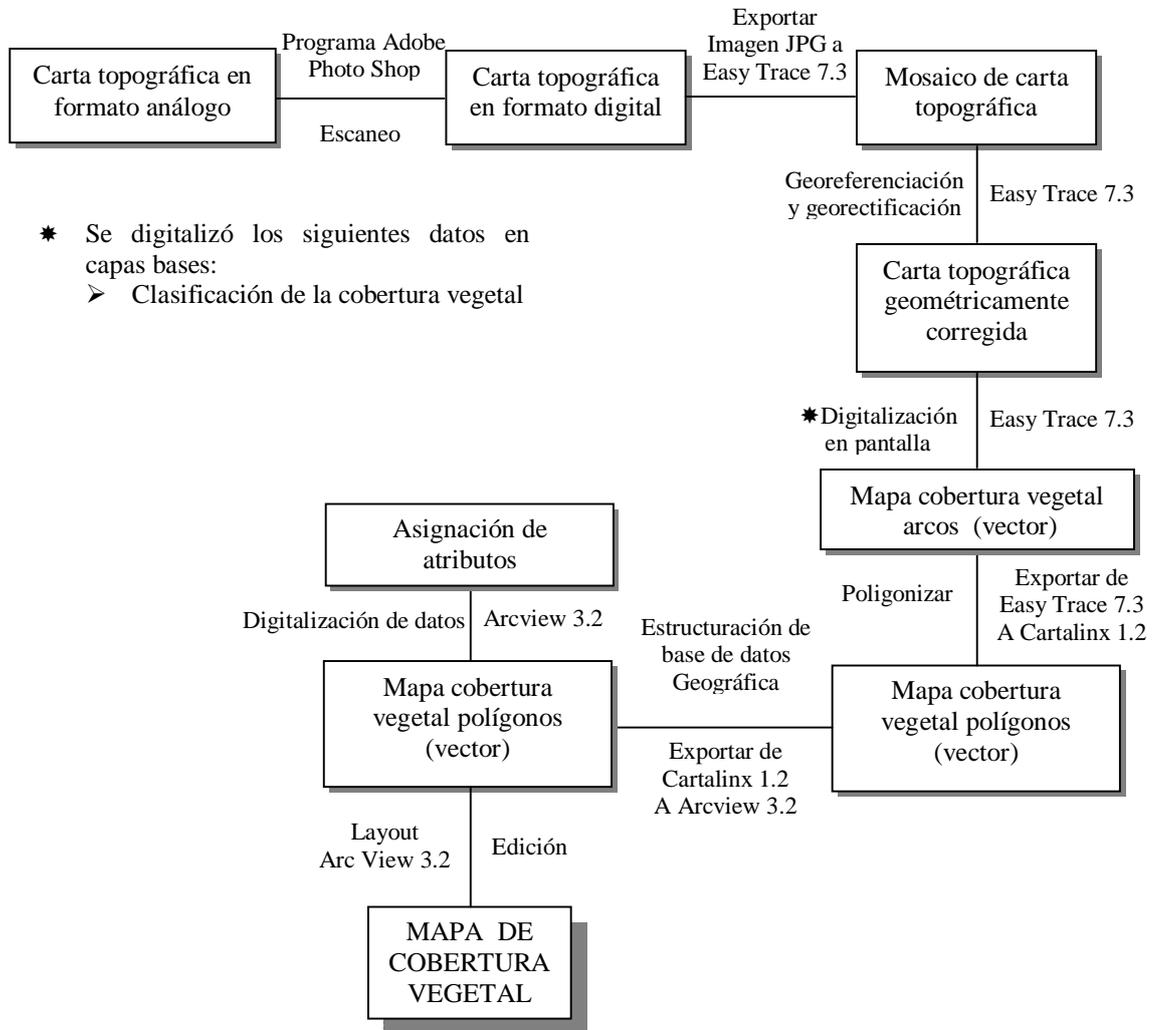


Figura 7: Flujograma para el proceso de elaboración del mapa de Cobertura vegetal de la cuenca de captación.

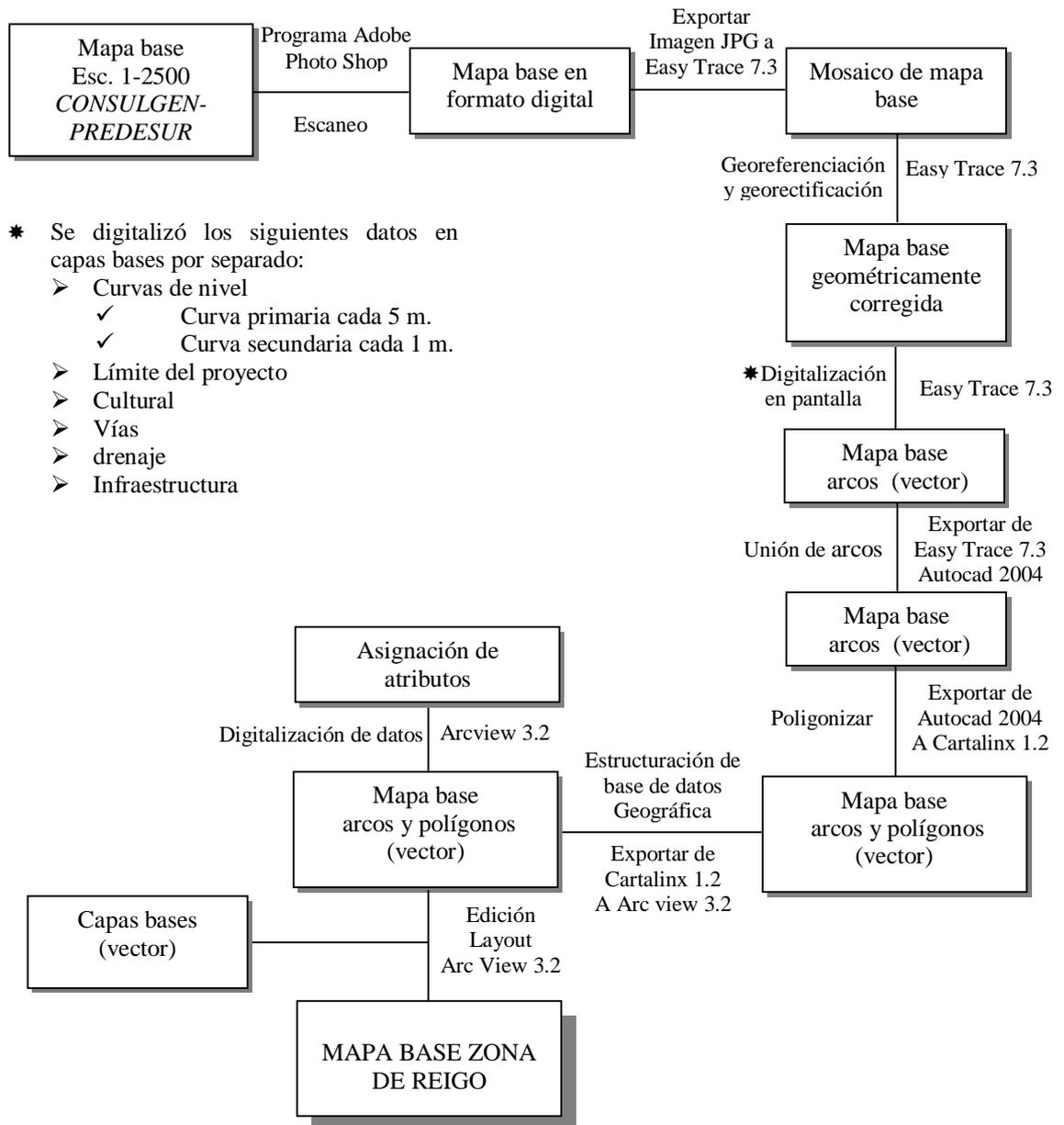


Figura 8: Flujograma para el proceso de elaboración del mapa base zona de riego.

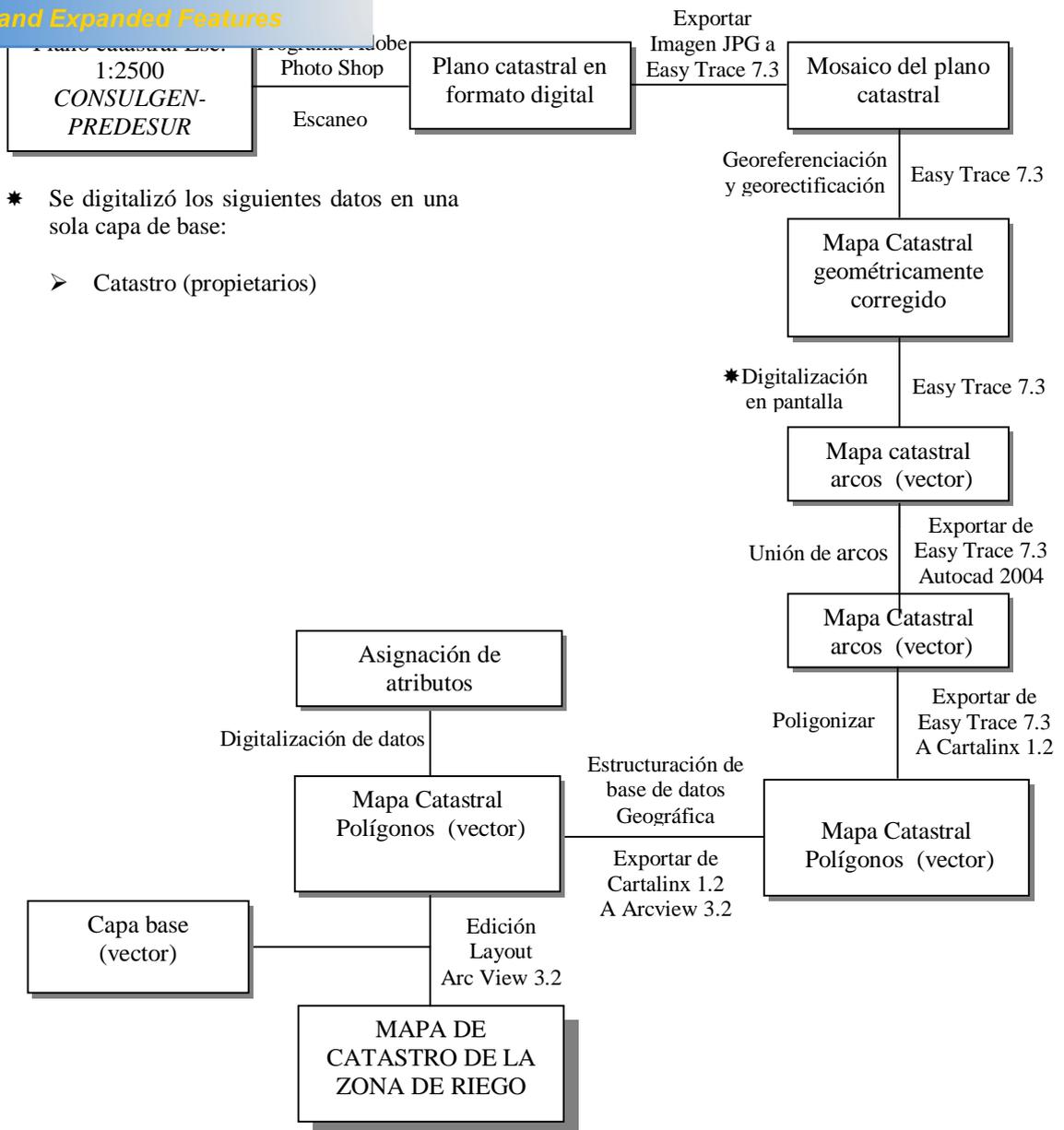


Figura 9: Flujograma para el proceso de elaboración del mapa catastral zona de riego.

3.3.2.3. Presentación de los resultados

Se confeccionó los mapas que contienen la información deseada. A partir de aquí utilizamos un periférico de impresión, ya sea un plotter o una impresora de calidad. Un SIG ofrece muchas opciones para la creación de mapas personalizados e informes. Para la edición final de los mapas se uso el programa computacional Arc View 3.2, utilizando la extensión Layout, en la que se incluyó la

ria, leyenda, flecha norte, escala, fuente, fecha de publicación, etc.

3.3.3. Definir la programación de riego para un año agrícola, con ayuda de los Sistemas de Información Geográfica (SIG)

3.3.3.1. Requerimientos de riego

El estudio del requerimiento de riego para el Sistema ñCampana - Malacatosö se empezó en el siguiente orden:

a) *Formulación del patrón de Cultivos*

Para elaborar el patrón de cultivos, se seleccionó los cultivos más frecuentes de la zona, como su producción para el mercado (mayor demanda), tipo de suelo, pendiente del terreno y sistema de riego a aplicarse. En el cuadro adjunto se presenta el patrón de cultivos potencial propuesto para un año agrícola.

Cuadro 3: Patrón de cultivos para un año agrícola.

CULTIVOS	Superficie		N ^{ro} de siembra	Fecha de siembra	Fecha de cosecha
	Ha	%			
<i>Caña de Azúcar</i>	167,3	32,7	1 ^{er}	01 ó 01	01 ó 01
<i>Hortalizas</i>	35,8	6,9	1 ^{er}	01 ó 03	01 ó 07
<i>Frutales</i>			2 ^{da}	01 ó 09	01 ó 01
			1 ^{er}	01 ó 01	01 ó 01
<i>Hortalizas</i>	51,1	9,9	1 ^{er}	01 ó 03	01 ó 07
<i>Leguminosas</i>			2 ^{da}	01 ó 09	01 ó 01
			1 ^{er}	01 ó 01	31 ó 03
			2 ^{da}	01 ó 05	31 ó 07
			3 ^{er}	01 ó 09	30 ó 11
<i>Hortalizas</i>	51,2	9,9	1 ^{er}	01 ó 03	01 ó 07
<i>Maíz</i>			2 ^{da}	01 ó 09	01 ó 01
			1 ^{er}	01 ó 01	01 ó 05
<i>Fréjol</i>			2 ^{da}	01 ó 07	01 ó 11
			1 ^{er}	01 ó 01	31 ó 03
			2 ^{da}	01 ó 07	30 ó 09
<i>Pastos</i>	66,7	13,0	1 ^{er}	01 ó 01	01 ó 01
<i>Agroforestales</i>	137,4	26,8		00 ó 00	00 ó 00
TOTAL	512,4	100,00			

b) ***Cálculo del requerimiento de riego***

Una vez diseñado el patrón de cultivos para un año agrícola, se procedió a realizar el cálculo para el requerimiento de riego de acuerdo al siguiente procedimiento:

➤ ***Determinación de la evapotranspiración de referencia E_{To}***

La cuantificación de este parámetro se lo obtuvo rápidamente gracias al programa computacional Cropwat 5.7 de la FAO, que toma en consideración la temperatura mínima y máxima, humedad relativa, velocidad del viento, radiación solar e insolación..

➤ ***Determinación del coeficiente del cultivo K_c***

Para encontrar sus valores se utilizó las tablas según la fase de desarrollo (Fase inicial, desarrollo, mediados de período y fase final), es decir se tuvo un K_c estacional. Para obtener el coeficiente promedio mensual que nos permitió calcular la evapotranspiración mensual del cultivo, fue necesario trazar la curva K_c , en el eje de las abscisas la escala del tiempo, y en el eje las ordenadas se prepara la escala correspondiente al valor de K_c .

➤ ***Determinación de la evapotranspiración de los cultivos E_t***

Para el cálculo de este parámetro se utilizó la siguiente fórmula:

Donde :

$$E_t = E_{to} \times k_c$$

E_t : Evapotranspiración de los cultivos, mm/mes
 E_{to} : Evapotranspiración de referencia, mm/mes
 K_c : coeficiente de cultivo, adimensional (Anexos)

Se determinó de la siguiente forma:

$$E_{tp} = E_{t(CULTIVO\ 1)} \times \% Ar + E_{t(CULTIVO\ 2)} \times \% Ar + E_{t(CULTIVO\)} \dots n \times \% Ar \dots n$$

Donde :

E_{tp} : Evapotranspiración promedio ponderada, mm/mes
 E_{to} : Evapotranspiración de los cultivos, mm/día
 $\%Ar$: Porcentaje del área de riego de cada cultivo, decimal.

➤ *Cálculo de las Necesidades de riego Netas NR_n*

Donde :

$$NR_n = E_{tp} - P_{80\%}$$

NR_b : Cálculo de las Necesidades de riego Netas, mm.
 E_{tp} : Evapotranspiración promedio ponderada mm/mes
 $P_{80\%}$: Precipitación probable al 80%, mm.

➤ *Determinación de las Necesidades de riego brutas NR_b*

Donde :

$$NR_b = \frac{NR_n}{E_{fp}}$$

NR_b : Cálculo de las Necesidades de riego Brutas, mm.
 NR_n : Cálculo de las Necesidades de riego Netas, mm.
 E_{fp} : Eficiencia de aplicación, decimal.

➤ *Caudal característico de riego*

También denominado caudal ficticio continuo, dotación de riego ó demanda de riego, se lo determinó de la siguiente forma:

Donde:

$$q, l/s/ha = NR_b \times 0.116$$

$q, l/s/ha$: Caudal característico de riego, l/s/ha.
 NR_b : Cálculo de Necesidades de riego Brutas, mm/día.
0.116 : Factor de conversión l/s/ha.



c) ***Elaboración del mapa de pendientes***

Este mapa de pendientes se lo realizó con la finalidad de diseñar el sistema de riego a aplicarse. La elaboración de este mapa se lo efectuó a través de la digitalización de las curvas nivel de 1 y 5 m. respectivamente, en el programa computacional Easy Trace, una vez digitalizadas se exportaron las curvas (arcos), y la delimitación de la cuenca (polígono) al programa Autocad 2004 para la unión de líneas debido a la extensión del mapa, luego fue exportado al programa Cartalinx 1.2 para su poligonización. Una vez poligonizado se volvió a exportar al Arc View 3.2 para el manejo adecuado de la información digital, en la que se realizó la rasterización, utilizando la extensión 3D analyst que posee el programa, que dio como resultado el mapa de pendientes de la cuenca.

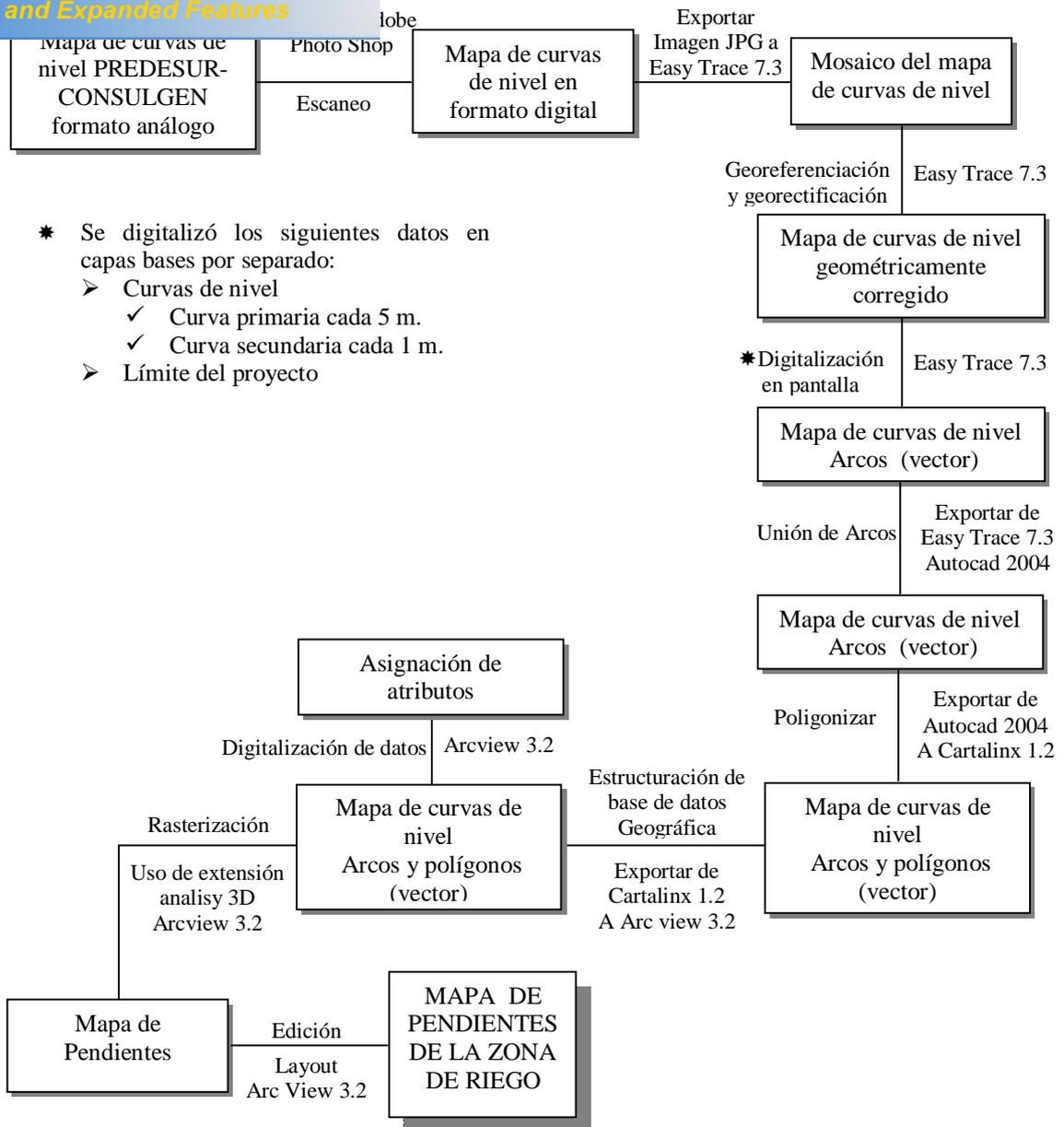


Figura 10: Flujograma para el proceso de elaboración del mapa de pendientes zona de riego.

➤ *Elaboración del mapa del patrón de Cultivo y del sistema de riego a aplicarse*

Para la elaboración del mapa de patrón de cultivos y del sistema de riego a aplicarse, el diseño que se desarrolló está en función con el mapa de pendientes y de catastro, donde se distribuyó cada cultivo como el riego a aplicarse, para lo cual se creó una base de datos en el mapa de catastro con el programa Arc View 3.2, cuya base de datos son los cálculos correspondientes al manejo del sistema de riego para cada usuario.

ita en el Manual de diseño de Métodos de Riego FAO, y

es la siguiente:

d) *Cálculo del riego por surcos*

➤ *Lámina de agua aprovechable, LAA*

Donde:

$$LAA = (CC - MP) \times Da \times Pef$$

$$Pef = 70\% \text{ (Prof. Total de raíces).}$$

LAA : Lámina de agua aprovechable, mm
CC : Capacidad de Campo, %
MP : Machitez Permanente, %
Da : Densidad aparente, gr/cm^3
Pef : Profundidad radicular mm

➤ *Lámina de agua rápidamente aprovechable, LARA*

Donde:

$$LARA = p \times LAA$$

LARA : Lámina de agua rápidamente aprovechable, mm
LAA : Lámina de agua aprovechable, mm
p : % de agua aprovechable (criterio de riego)

➤ *Frecuencia de riego, Fr*

Donde

$$Fr = \frac{LARA}{Et \text{ max}}$$

$$Fr(aj) = \text{Entera}(Fr)$$

Fr : Frecuencia de riego, días
LARA : Lámina de agua rápidamente aprovechable, mm
Et max : Evapotranspiración máxima mm/día
Fr(aj) : Frecuencia de riego ajustada, días

➤ *Período de riego Pr*

Donde

$$Pr = Fr(aj) - \text{Dias no laborables}$$

Pr : Período de riego, días
Fr(aj) : Frecuencia de riego ajustada, días

➤ *Lámina de riego Ajustada, Lj(aj)*

Donde

$$Lr(aj) = Fr(aj) \times Et \text{ max}$$

$$Lr(aj) < LARA$$

Lr(aj) : Lámina de riego ajustada, mm.
Fr(aj) : Frecuencia de riego ajustada, días
Et max : Evapotranspiración máxima mm/día

Donde

$$Lb \frac{Lr(aj)}{Efa}$$

Lb : Lámina total de riego, mm.
Lr(aj) : Lámina de riego ajustada, mm
Efa : Eficiencia de aplicación, decimal

➤ *Tiempo total de riego Tr*

Donde

$$Tr = T_1 + t_2 + t \text{ adic}$$

Tr : Tiempo total de riego min.
T₁ : ¼ del tiempo de infiltración min.
T₂ : Tiempo de infiltración min. Ec. de infiltración (Anexos)
T adic: Tiempo adicional

➤ *Turnos de riego por día*

Donde

$$\text{Turnos riego / día} = \frac{Jr}{Tr}$$

Jr : Jornada de riego hr .
Tr : Tiempo total de riego min.

➤ *Turno por período de riego, Turno/Pr*

Donde

$$\text{Turnos / Pr} = \text{Turnos riego / dia} \times \text{Pr}$$

Turnos/Pr : Turno por período de riego
Turnos riego/día : Turno de riego por día
Pr : Período de riego, días

➤ *Superficie bajo riego por turno, Sr/Turno*

Donde

$$Sr / \text{Turno} = \frac{Sr}{\text{Turno} / \text{Pr}}$$

Sr/Turno : Superficie bajo riego por turno, ha.
Sr : Área neta ha.
Turno/Pr : Turno por período de riego.

Db/Turno

Donde

$Db/Turno = Sr/Turno \times Lb$	Db/Turno	: Dosis bruta por turno m^3 .
	Sr/Turno	: Superficie bajo riego por turno ha.
	Lb	: Lámina total de riego, mm .

➤ *Caudal mínimo requerido, Q_{min}*

Donde

$Q_{min} = \frac{Db/Turno}{Tr}$ $Q_o > Q_{min}$	Qmin	: Caudal mínimo l/s.
	Db/Turno	: Dosis bruta por turno m^3 .
	Tr	: Tiempo de riego.

e) **Cálculo del riego por aspersión**

➤ *Lámina de agua aprovechable, LAA*

Donde:

$LAA = (CC - MP) \times Da \times Pef$ $Pef = 70\%$ (Prof. Total de raíces).	LAA	: Lámina de agua aprovechable, mm
	CC	: Capacidad de Campo, decimal
	MP	: Machitez Permanente, decimal
	Da	: Densidad aparente, gr/cm^3
	Pef	: Profundidad radicular mm

➤ *Lámina de agua rápidamente aprovechable, LARA*

Donde:

$LARA = Cr \times LAA$	LARA:	Lámina de agua rápidamente aprovechable, mm
	LAA	: Lámina de agua aprovechable, mm
	Cr	: Criterio de riego, decimal

➤ *Frecuencia de riego, Fr*

Donde:

$Fr = \frac{LARA}{Et_{max}}$ $Fr(aj) = Entera(Fr)$	Fr	: Frecuencia de riego, días
	LARA	: Lámina de agua rápidamente aprovechable, mm
	Et max	: Evapotranspiración máxima, mm/día
	Fr (aj)	: Frecuencia ajustada, días

Donde:

$$\Pr = Fr(a_j) - \text{Dias de paro}$$

$$\Pr \leq Fr$$

Pr : Período de riego, días
Fr(a_j) : Frecuencia ajustada, días

➤ *Lámina bruta o lámina total de riego, L_b*

Donde:

$$L_b = \frac{LARA(a_j)}{Efa}$$

L_b : Lámina bruta, mm
LARA(a_j) : Lámina de agua rápidamente aprovechable, mm
Efa : Eficiencia de aplicación, mm/día

➤ *Selección del aspersor*

Asumir,

Donde:

$$Ea \times El$$

Ea : Espacio entre aspersores, m.
El : Espacio entre laterales, m.

Donde:

$$q_{\max}(asp) = Ea \times El \times Vib$$

q_{max}(asp) : Caudal máximo del aspersor, m³/hr
Ea : Espacio entre aspersores, m.
El : Espacio entre laterales, m.
Vib : Velocidad de infiltración, mm/hr

Con q_{\max} y en base al catálogo del fabricante, se seleccionó el tipo de aspersor, en la que se comprobó que $(Ea \times El)$ asumido aseguren un traslape adecuado de acuerdo a la velocidad del viento.

➤ *Intensidad de precipitación del aspersor, I_p*

Donde:

$$I_p = \frac{Q_{asp}}{Ea \times El}$$

$$I_p \leq Vib$$

I_p : Intensidad de precipitación del aspersor, mm/hr.
Q_{asp} : Caudal del aspersor, m³/hr
Ea : Espacio entre aspersores, m.
El : Espacio entre laterales, m.

Donde:

$$Tr = \frac{Lb}{Ip}$$

Tr : Tiempo de riego, hr.
Lb : Lámina bruta, mm.
Ip : Intensidad de precipitación del aspersor, mm/hr.

➤ *Turnos de riego por día, Turnos/día.*

Donde:

$$Turnos / día = \frac{hr(max)}{Tr + Tadic}$$

Turno/día : Turnos de riego por día, turnos.
Hr(max) : Hora máxima, hr.
Tr : Tiempo de riego, hr.
Tadic : Tiempo adicional, hr.

➤ *Horas de riego por día, Hr(riego)/día.*

Donde:

$$Hr(riego) / día = Turnos / día \times Tr$$

Hr(riego)/día : Horas de riego por día, hr.
Turnos/día : Turnos de riego por día, turnos.
Tr : Tiempo de riego, hr.

➤ *Caudal mínimo requerido, Q min.*

Donde:

$$Q_{min} = \frac{Lb \times Ar}{Pr \times Jr}$$

Q min : Caudal mínimo, l/s.
Lb : Lámina bruta, mm.
Ar : Área de riego, ha.
Pr : Período de riego, días.
Jr : Jornada de riego, hr.

➤ *Número de aspersores por turno de riego, No Asp/Turno*

Donde:

$$N^o Asp / Turno = \frac{Qreq}{Qasp}$$

N^o Asp/Turno : Número de aspersores por turno de riego
Qreq : Caudal requerido, m³/hr.
Qasp : Caudal del aspersor, m³/hr.

f) **Cálculo del riego por goteo**

- **Lámina de agua aprovechable, LAA**

Donde:

$$LAA = (CC - MP) \times Da \times Pef$$

$$Pef = 70\% \text{ (Prof. Total de raíces).}$$

LAA : Lámina de agua aprovechable, mm
CC : Capacidad de Campo, decimal
MP : Machitez Permanente, decimal
Da : Densidad aparente, gr/cm^3
Pef : Profundidad radicular mm

- **Lámina de agua rápidamente aprovechable, LARA**

Donde:

$$LARA = Cr \times LAA$$

LARA: Lámina de agua rápidamente aprovechable, mm
LAA : Lámina de agua aprovechable, mm
Pa : % de agua aprovechable

- **Porcentaje de área humedecida, Pw.**

Donde:

$$Pw = Aw / At$$

Pw : Porcentaje de área humedecida, %.
Aw : Área humedecida, mm.
At : Área espacio entre plantas e hileras

- **Lámina de riego máxima, Lr (max)**

Donde:

$$Lr_{(max)} = Pw \times LARA$$

Lr(max): Lámina de riego máxima, mm.
Pw : Porcentaje de área humedecida, %.
LARA: Lámina de agua rápidamente aprovechable, mm

- **Intensidad de precipitación del sistema de riego Ip**

Donde:

$$Ip = \frac{qe}{(Ee \times El)}$$

$$Ip \leq Vib$$

Ip : Intensidad de precipitación del sistema de riego, l/s
qe : Caudal de emisor, l/hr.
El : Espacio entre emisor, m.
Ee : Espacio entre laterales, m.

d

Donde:

$$Td = UCd [Ps + 0.15(1 - Ps)]$$

Td : Transpiración diaria, mm/día
UCd : Evapotranspiración máxima, mm/día
Ps : Porcentaje de sombreado, %

➤ *Intervalo de riego, Ir*

Donde:

$$Ir = Lr_{(max)} / Td$$

$$Ir(aj) = Ent(Ir)$$

$$Ir(min) = 1 \text{ dia}$$

Ir : Intervalo de riego, días
Lr_(max) : Lámina de riego máxima, mm
Td : Transpiración diaria, mm/día
Ir(aj) : Intervalo de riego ajustado, días

➤ *Período de riego, Pr*

Donde:

$$Pr = Ir(aj) - \text{Dias de paro}$$

$$Pr < Ir$$

Pr : Período de riego, días
Ir(aj) : Intervalo de riego ajustado, días

➤ *Lámina de riego ajustada Lr(aj)*

Donde:

$$Lr(aj) = Ir(aj) \times Td$$

Lr(aj) : Lámina de riego ajustada, mm
Ir(aj) : Intervalo de riego ajustado, días
Td : Transpiración diaria, mm/día

➤ *Lámina bruta, Lb*

La lámina bruta se determinó en función de los requerimientos de lavado, Rl.

Donde:

$$Rl = \frac{Cer}{2 \times CEe}$$

Rl : Requerimientos de lavado, %.
Cer : Conductividad eléctrica del estrato de saturación del suelo, mmhos/cm
CEe : Conductividad eléctrica del agua de riego, mmhos/cm

$$Lb = \frac{Ln}{UE} \times \frac{1}{1 - RI}$$

$$RI > 10\%$$

Lb : Lámina bruta, mm
Ln : Lámina de riego, mm
UE : Uniformidad de emisión, decimal
RI : Requerimientos de lavado, decimal

➤ *Dosis bruta de riego Db*

Donde:

$$Db = Lb \times 10, \quad m^3 / ha$$

Db : Dosis bruta, m³/ha.
Lb : Lámina bruta, mm.

➤ *Gasto por planta o volumen bruto por planta*

Donde:

$$Vb / planta = Lb \times Ep \times Eh$$

Vb/planta : Volumen bruto por planta m³
Lb : Lámina bruta, mm.
Ep : Espacio entre plantas, m
Eh : Espacio entre hilera, m

➤ *Horas de riego por turno, hr/Turno*

Donde:

$$hr / Turno = \frac{Vb}{e \times qa}$$

hr/Turno : Horas de riego por turno, h.
Vb : Volumen bruto por planta, l.
e : emisor
qa : caudal del emisor

$$e = \frac{Sp}{Se}$$

➤ *Turnos de riego por día, Turno/día*

Donde:

$$Turno / día = \frac{Entera(Hr_{(max)})}{hr / turno}$$

Turno/día : Turnos de riego por día, Turno/día
Hr_(max) : Hora máxima, hr.
hr/Turno : Horas de riego por turno, hr.

Hr/día

Donde:

$Hr / dia = Turno / dia \times hr / Turno$	hr/día	: Horas de riego por día, hr
	Turno/día	: Turnos de riego por día, Turno/día
	hr/Turno	: Horas de riego por turno, hr

➤ Horas de riego por período de riego, Hr/Pr

Donde:

$Hr / Pr = Pr \times Hr / día$	Hr/Pr	: Horas de riego por período de riego, hr.
	Pr	: Período de riego, días.
	Hr/día	: Horas de riego por día, hr.

➤ Número de días para regar por propiedad

Donde:

$N^o Dias / Pr op = \frac{Hr / Pr}{Hr_{(max)}}$	NºDías/prop:	# de días para regar por propiedad, días
	Hr/Pr	: Horas de riego por período de riego, hr.
	Hr_(max)	: Hora máxima, hr.

➤ Turnos por período de riego, Turnos/Pr

Donde:

$Turnos / Pr = Pr \times Turnos / día$	Turnos/Pr	: Turnos por período de riego, Turnos/día
	Pr	: Período de riego, días.
	Turnos/día	: Turnos de riego por día, Turno/día

➤ Superficie bajo riego por turnos, Sr/Turno

Donde:

$Sr / Turno = \frac{Sr}{Turno / Pr}$	Sr/Turno	: Superficie bajo riego por turnos, ha/Turno
	Sr	: Área, ha
	Turno/Pr	: Turnos por período de riego, Turnos/día

➤ Dosis de riego bruta por turno, Db/Turnos

Donde:

$Db / turno = Sr / Turno \times Db$	Db/Turno	: Dosis de riego bruta por turno, m ³ /Turnos
	Sr/Turno	: Superficie bajo riego por turnos, ha/Turno
	Db	: Dosis bruta.

Donde:

$$Q_r = \frac{Db / Turno}{hr / Turno}$$

Q_r : Caudal requerido, l/s
Db/Turno : Dosis de riego bruta por turno, m³/Turnos
Hr/Turno : Horas de riego por turno, hr

En la figura 11 y 12 se presenta el flujograma para la estructuración del mapa de patrón de cultivos y del sistema de riego aplicarse.

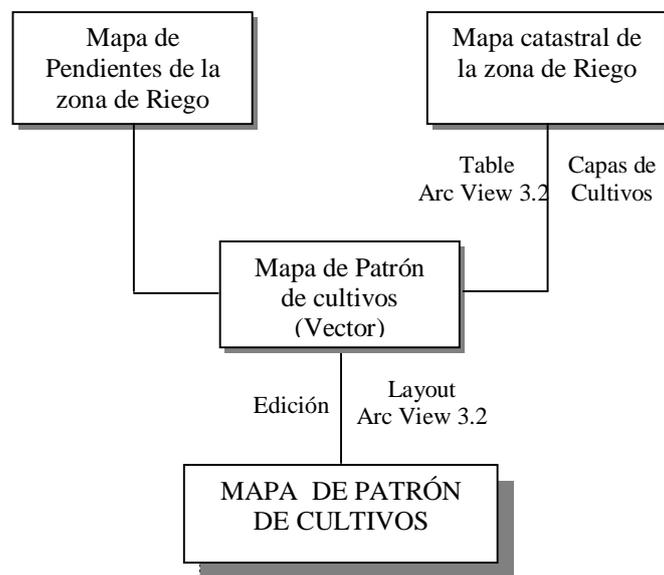


Figura 11: Flujograma para el proceso de elaboración del mapa de patrón de cultivos, zona de riego.

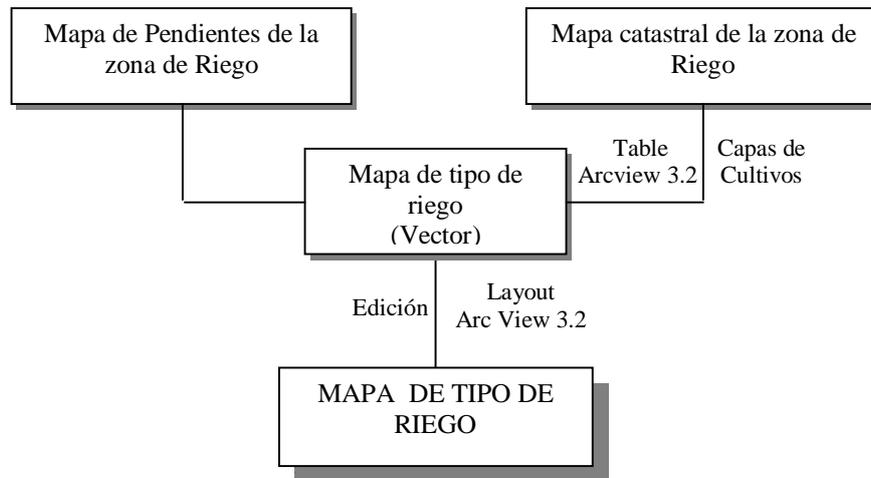


Figura 12: Flujograma para el proceso de elaboración del mapa de tipos de riego de la zona.

3.3.4. Programación de riego aplicando SIG

La estructuración de la programación de riego, aplicando los Sistemas de Información Geográfica, se realizó con ayuda del programa computacional Arc View 3.2, en la que se desarrolló la base de datos con ayuda del mapa catastral, trabajando a nivel de parcela del usuario, y creando los distintos campos para la programación. La información para el llenado de la base de datos se la obtuvo aplicando la siguiente metodología.

3.3.4.1. Programación de riego

Para la programación del riego se utilizó la metodología del ex INERHI descrita a continuación:

a) **Cálculo de turno de riego o Calendario de riego**

➤ **Demanda de riego total (Db)**

Esta información se la obtuvo del *cuadro 9* de los cálculos realizados para la obtención del caudal característico de riego.

➤ **Caudal de toma modular Qm**

$$Qm(24 \text{ hr}) = Sr \times q$$

Donde:
Qm.(24 hr) : Caudal modular 24 hr, l/s
Sr : Área ha.
q. : Demanda de riego total l/s/ha.

$$Qm(12 \text{ hr}) = Qm(24 \text{ hr}) \times \frac{24}{12}$$

Donde:
Qm.(12 hr) : Caudal modular 12 hr, l/s
Qm.(24 hr) : Caudal modular 24 hr, l/s

➤ **Dosis práctica de riego (Dp, m³/ha), o dotación de riego, LARA.**

$$LARA = Pa \times (CC - PMP) \times Da \times (0,70 \times Prof)$$

Donde:
LARA : Lámina de agua rápidamente aprovechable mm.
Pa : % de agotamiento
CC : Capacidad de campo g/cm
PMP : Marchitez permanente g/cm
Da : Densidad aparente
Prof. : Profundidad de raíces m

➤ **Número de riegos al mes (N)**

$$N = \frac{Db}{Dp}$$

Donde:
N : Número de riego al mes (riegos/mes)
Db : Demanda total de riego (m³/ha/mes)
Dp : Dosis practica de riego (m³/ha)

Donde:

$$I_r = \frac{\text{Dias del mes}}{N}$$

I_r : Intervalo de riego riegos/mes
N : Número de riego al mes riegos/mes

➤ *Dosis real de riego (Dr)*

Donde:

$$D_r = \frac{D_b}{N(a_j)}$$

D_r : Dosis real de riego
D_b : Demanda de riego total m³/ha/mes
N(a_j) : Número de riego al mes riegos/mes ajustado

➤ *Tiempo de riego por hectárea (Tr/ha)*

Donde:

$$T_r / ha = \frac{D_r}{Q_m(12hr)}$$

T_r/ha : Tiempo de riego min/ha
D_r : Dosis real de riego l/ha
Q_m(12h.) : Caudal modular 12 hr, l/s

➤ *Tiempo de riego por propiedad (Tr/Pp)*

Donde:

$$T_r / P_p = T_r / ha \times S_r (ha)$$

T_r/P_p : Tiempo de riego por propiedad min
T_r/ha : Tiempo de riego por hectárea min/ha
S_r : Area ha

b) Diseño de la base de datos para la programación de riego aplicando SIG

Para la construcción de la base de datos para la programación de riego, se agregaron los campos que a continuación se detallan en el siguiente cuadro:

Cuadro 4: Base de datos para la programación del riego, aplicando SIG.

MAPA	NOMBRE apr.	TEMA				CAMPOS			
		Archivo (.shp)	Nombre	Tipo	Descripción	Nombre	Tipo datos		Descripción
							Texto	Núm.	
Mapa Temático	Programación_riego	Parcelas	Parcelas	Polígono	Programación de riego	Ployid		X	Identificador de polígonos
						Propietari	X		Propietario
						Sector	X		Sector
						Textura	X		Clase textural
						P_m_p		X	Punto de marchitez permanente %
						C_c		X	Capacidad de campo %
						Profundida		X	Profundidad del suelo, m
						Area_ha		X	Área calculada por el autor en ha.
						Perímetro_		X	Perímetro km.
						Da		X	Densidad aparente, gr/cm ³
						Cultivo	X		Tipo de cultivo
						Riego	X		Tipo de riego
						Laa		X	Lámina de riego aprovechable, mm
						Lara		X	Lámina de riego rápidamente aprovechable,mm
						Fr		X	Frecuencia de riego, días
						Lámina_b		X	Lámina de riego bruta, mm
						Período_r		X	Período de riego, días
						Tr		X	Tiempo de riego, hr
						Turnos_día		X	Turnos de riego/día
						Turnos_pr		X	Turnos de riego por período
						Sr_turno		X	Superficie bajo riego por turno, ha
						Db_turno		X	Dosis bruta por turno,
						Q_min		X	Caudal mínimo l/s
						T_adop_h		X	Tiempo adoptado, h
						Desde	X		Desde
						Hora		X	Horas
						Hasta	X		Hasta
Horas		X	Horas						
N_riegos_m		X	Número riegos al mes						
Intervalo_		X	Intervalos de riego, días						



PDF Complete
Your complimentary use period has ended.
Thank you for using PDF Complete.

[Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features](#)

c) *Consulta de la base de datos*

El diccionario de datos propuesto anteriormente, proporciona información en base a las consultas de programación de riego que se desee saber, tales como: Cuándo regar, tiempo, caudal, turno, e intervalo de riego para cada usuario, propietario de la parcela, sector al que pertenece, área de la parcela, cultivo, tipo de riego; como también constantes hidrofísicas (capacidad de campo, punto de marchitez permanente y densidad aparente), textura y profundidad de los suelos.

3.3.5. Transferencia de resultados generados en el proyecto a agricultores e interesados para su conocimiento y aplicación

Para el cumplimiento de este objetivo se realizó una conferencia a los usuarios del sistema de riego, se elaboró un tríptico (*anexo 19*), así como también quedará a disposición en el Centro Integrado de Geomática Ambiental (CINFA) una copia de la tesis realizada y un CD con la programación de riego para un año agrícola, para el uso respectivo de quienes los requieran.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo, son objeto de un amplio análisis, que a continuación se presentan:

4.1 INFORMACIÓN BÁSICA DE LA MICROCUENCA DE CAPTACIÓN Y DE LA ZONA DE RIEGO

Se recopiló toda la información pertinente tanto de la cuenca de captación como de la zona de riego, se la actualizó y se la aplicó según el avance del presente trabajo.

4.1.1. Características morfométricas de la microcuenca de captación

Para comprender el funcionamiento de una cuenca hidrográfica se realizó el cálculo y análisis de las características morfométricas de la misma, determinando parámetros como su área, perímetro, forma, pendiente, drenaje (densidad de la red de los cauces y densidad de drenaje), elevación media, pendiente del cauce, longitud del cauce principal, etc., los cuales nos ayudan a tener una idea del comportamiento hidrológico de la cuenca. (*Cuadro 5*)

Parámetro	Valor
Área de la cuenca	33,94 km ²
Perímetro de la cuenca	28,15 km
Forma de la cuenca	1,25 ó 1,50 (índice de compacidad de Gravelius) De oval redonda a oval oblonga
Drenaje de la cuenca:	
➤ Densidad de la red de los cauces	0,47 cauces/km ²
➤ Densidad de drenaje	1,08 km/km ²
Pendiente del cauce	11,92 %
Longitud del cauce principal	11,81 km
Elevación media de la cuenca	2704,0 m.s.n.m.
Pendiente promedio de la cuenca	32,94 %

La microcuenca òCampanaö, presenta un área total de 33,94 km², un perímetro de 28,15 km; según el índice de compacidad de Gravelius (1,36), corresponde a la forma oval redonda a oval oblonga, presentando una tendencia media a las crecidas. Los indicadores de drenaje como la densidad de la red de los cauces (0,47 cauces/km²), y la densidad de drenaje (1,08 km/km²), son los que proporcionan la verdadera medida de la eficiencia del drenaje.

La pendiente del cauce es del 11,92%, la longitud del cauce principal de 11,81 km; la elevación media de la cuenca es de 2704 m.s.n.m., y con el 32,94% la pendiente media de la cuenca, que guarda una estrecha y compleja relación con la infiltración, el escurrimiento superficial y la humedad del suelo.



PDF
Complete

Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

ros hidrometeorológicos de la microcuenca de captación

Se realizó el cálculo de dos parámetros principales, para el presente estudio: la precipitación media mensual y el caudal medio mensual, a través de métodos que se ajusten en base a la información básica obtenida y a las condiciones de la microcuenca. (*Cuadro 6*)

meteorológicos de la microcuenca òCampanaö. Loja,
junio de 2 006.

Mes	Precipitación media de la microcuenca, mm		Caudal de la microcuenca, m ³ /s	
	<u>Método del U.S. National Weather</u>		<u>Método del Polinomio</u>	
	<u>Service</u>		<u>Ecológico</u>	
Enero	117,8		2,41	
Febrero	149,2		3,66	
Marzo	178,6		4,31	
Abril	136,3		3,89	
Mayo	76,0		2,70	
Junio	61,8		2,04	
Julio	51,0		1,73	
Agosto	44,6		1,53	
Septiembre	48,6		1,55	
Octubre	90,8		2,31	
Noviembre	85,1		2,50	
Diciembre	107,8		2,83	
TOTAL	1147,5		31,48	

Analizando el cuadro anterior, en base al método aplicado del U.S. Nacional Weather Service, tenemos que: en los meses de febrero (149,2 mm), marzo (178,6 mm) y abril (136,3 mm) existe una mayor precipitación y por ende una mayor concentración de lluvias, y en los meses que existe menores lluvias son junio (61,8 mm), julio (51,0 mm), agosto (44,6 mm) y septiembre (48,6 mm).

al medio de la microcuenca en base al método aplicado del Polinomio Ecológico, se obtuvieron los siguientes resultados: en los meses de febrero ($3,66 \text{ m}^3/\text{s}$), marzo ($4,31 \text{ m}^3/\text{s}$) y abril ($3,89 \text{ m}^3/\text{s}$), se presentan los mayores caudales, y en los meses de junio ($2,04 \text{ m}^3/\text{s}$), julio ($1,73 \text{ m}^3/\text{s}$) y agosto ($1,53 \text{ m}^3/\text{s}$) los menores caudales.

4.1.3. Información meteorológica de la estación Malacatos

Para la determinación de los requerimientos hídricos del sistema de riego, se utilizaron algunos elementos meteorológicos como: precipitación media, temperatura media, máxima y mínima, humedad relativa, nubosidad, heliofanía, dirección del viento, velocidad del viento y evapotranspiración potencial, valores comprendidos en un período de 30 años (1969 ó 1998); evaporación media, comprendida en un período de 11 años (1969 ó 1979). El sistema comprende un área total de 512,42 ha, de las cuales son regables 372,19 ha, debido a que el resto de área (140,23 ha) está comprendido por bosques, centros poblados, vías y áreas no cultivables. (Anexo 1)

INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)

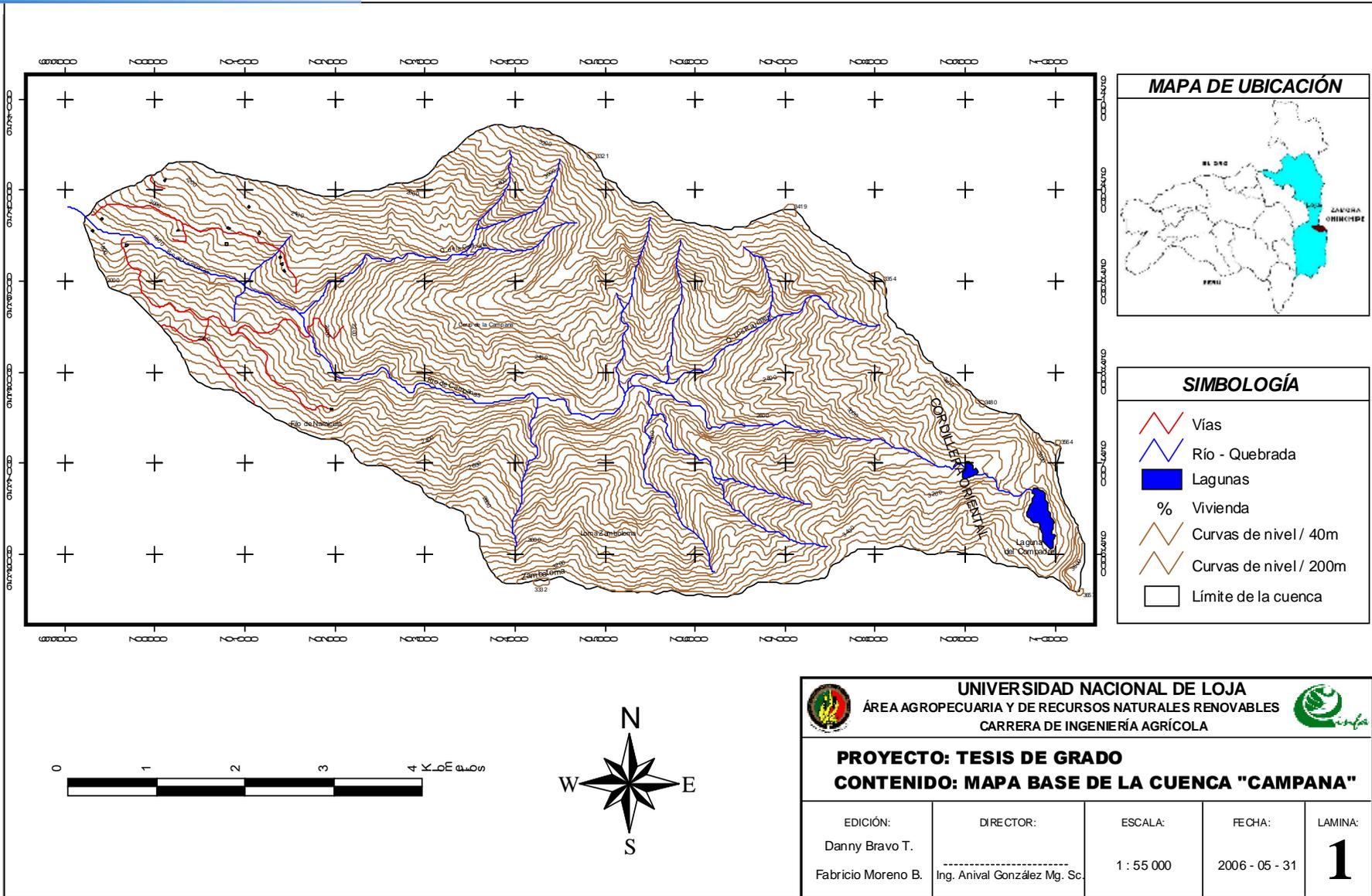
El Sistema de Información Geográfica (SIG), para la cuenca de captación òCampanaö y para el Sistema de riego òCampana-Malacatosö, contiene una lista de mapas, los cuales están elaborados con diferentes capas temáticas y editados, de tal forma que constan de una escala gráfica, escala numérica, poseen una simbología, leyenda, flecha norte y coordenadas geográficas.

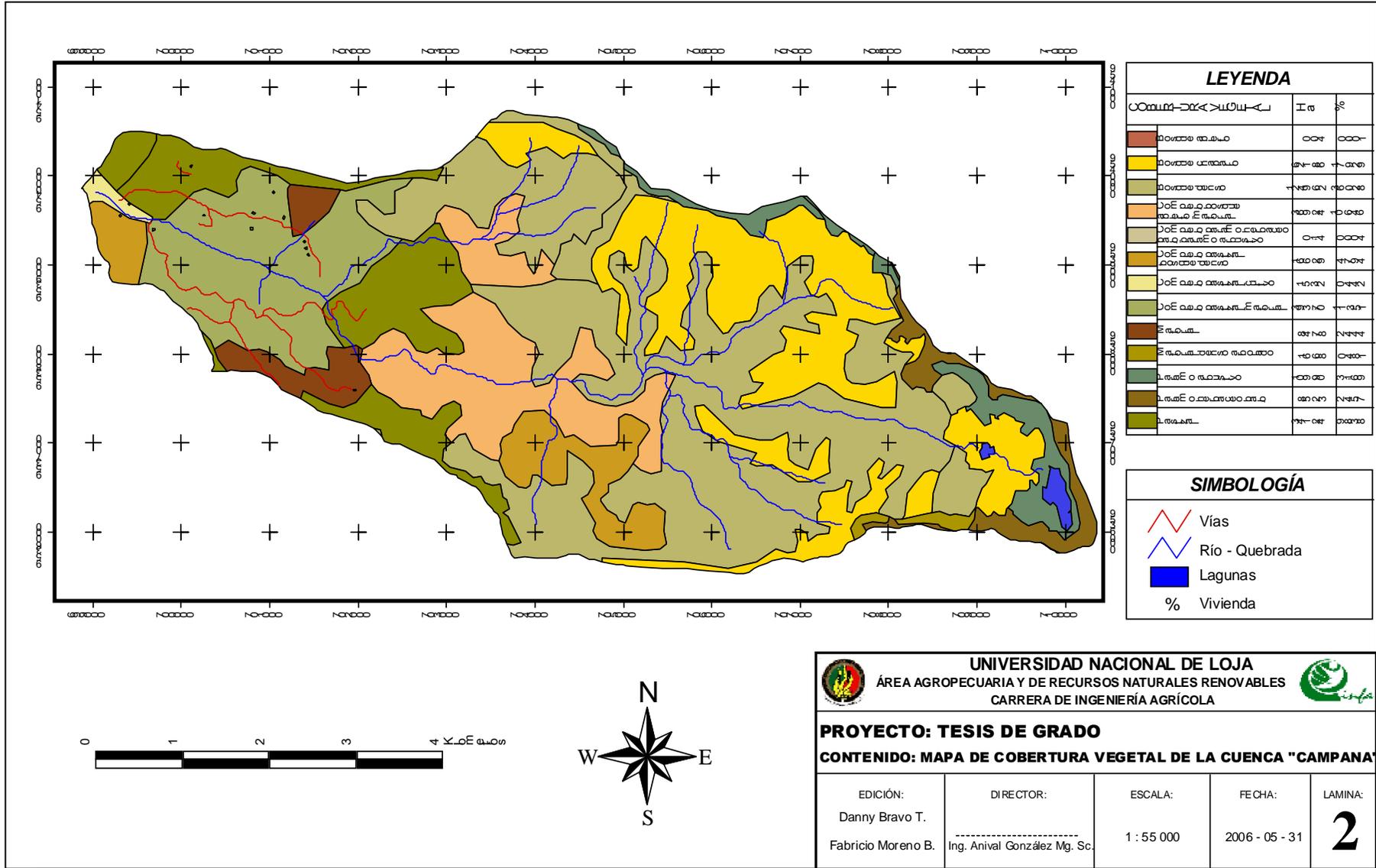
4.2.1. Mapa base de la microcuenca òCampanaö

Este contiene: curvas de nivel principales cada 200 m, y curvas de nivel secundarias cada 40 metros, río, quebradas, vías, lagunas y viviendas. (*Ver lámina 1*)

4.2.2. Mapa de cobertura vegetal de la microcuenca òCampanaö

El uso del suelo de la microcuenca del río Campana está dado por: bosque denso con la mayor área de 1249,62 ha correspondiendo al 36,03%, bosque chaparro con 621,86 ha representando el 17,93%, complejo pastizal-matorral con 393,70 ha que equivale al 11,35%, complejo bosque abierto-matorral con 369,24 ha que representa al 10,65%, pastizal con 341,24 ha que equivale al 9,84%, complejo pastizal-bosque denso con 166,29 ha, que corresponde al 4,79%, páramo arbustivo con 109,90 ha, que equivale al 3,17%, páramo herbáceo bajo con 85,23 ha, que representa al 2,46%, matorral con 84,78 ha, que corresponde al 2,44%, matorral denso arbolado con 16,68 ha que equivale al 0,48%, complejo pastizal-cultivo con 15,32 ha, que representa al 0,44%, y con un área menor tenemos, complejo páramo herbáceo bajo-páramo arbustivo con 0,14 ha que corresponde al 0,004% y bosque abierto con 0,04 ha que equivale al 0,001%. (*Ver lámina 2*)





e pendientes de la microcuenca òCampanaö

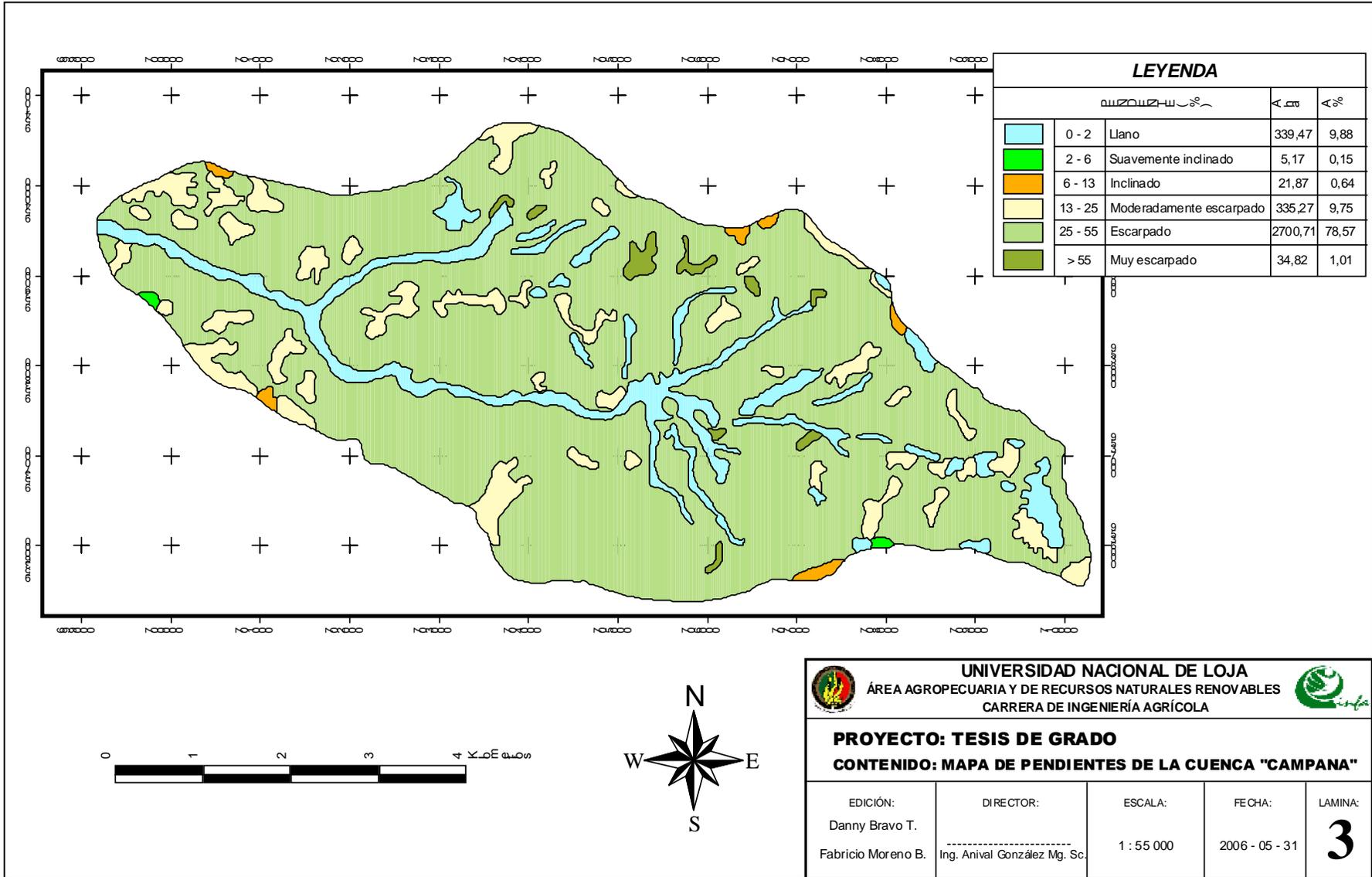
Da a conocer las diferentes clases de pendientes encontrados en la microcuenca, se tiene en un porcentaje mayor suelos con pendientes de 25 ó 55% denominados como escarpados que representan un 78,57%, comprendiendo un área de 2700,71 ha, seguido a esto se encuentra suelos con pendientes de 0 ó 2%, considerados como llanos en un 9,88% en un área de 339,47 ha, suelos moderadamente escarpados que van de 13 ó 25% de pendiente con 9,75% y un área de 335,27 ha, suelos considerados muy escarpados con pendientes mayor al 55% se encuentran en un 1,01% en un área de 34,82 ha, así mismo con un porcentaje menor existen suelos considerados como inclinados con pendientes de 6 ó 13% en un 0,64% correspondiendo a un área de 21,87 ha y, con un porcentaje mínimo de 0,15% que comprende un área de 5,17 ha se encuentran suelos denominados como suavemente inclinados con una pendiente de 2 ó 6%. (Ver lámina 3)

4.2.4. Mapa base del sistema de riego òCampana-Malacatosö

Este contiene: vías de primer, segundo y tercer orden, caminos, quebradas, acequias, centros poblados, escuela, molienda, planta de agua, canal de riego, sitio de captación y curvas de nivel cada 5 metros. (Ver lámina 4)

4.2.5. Mapa de pendientes del sistema de riego òCampana-Malacatosö

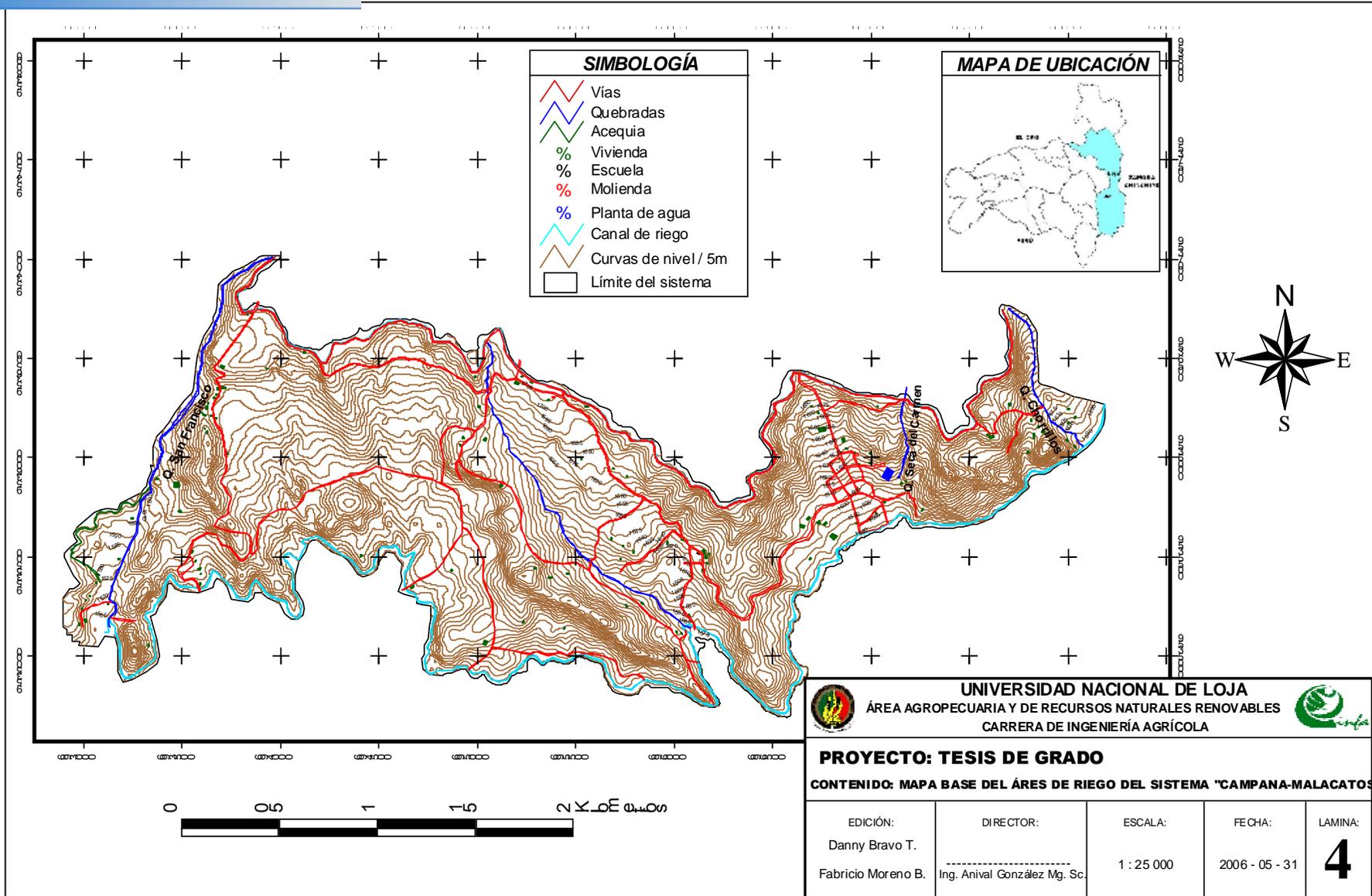
Da a conocer las diferentes clases de pendientes encontradas en la zona de riego, se tiene en un porcentaje mayor de suelos con pendientes de 6 ó 13% denominados como inclinados que representan un 45,56% comprendiendo un área de 261,56 ha, seguido a esto se encuentra suelos con pendientes de 13 ó 25%, considerados como moderadamente escarpados en un 32,06% en un área de 184,02 ha, suelos suavemente inclinados que van de 2 ó 6% de pendiente con 11,79% y un área de 67,67 ha, suelos considerados escarpados con pendientes entre 25 ó 55% se encuentran en un 8,16% en un área de 46,85 ha, así mismo con un porcentaje menor existen suelos considerados como muy escarpados con pendientes mayores al 55% en un 1,80%, correspondiendo a un área de 10,31 ha y, con un porcentaje mínimo de 0,64% que comprende un área de 3,66 ha se encuentran suelos denominados como llanos con una pendiente 0 ó 2%. (Ver lámina 5)

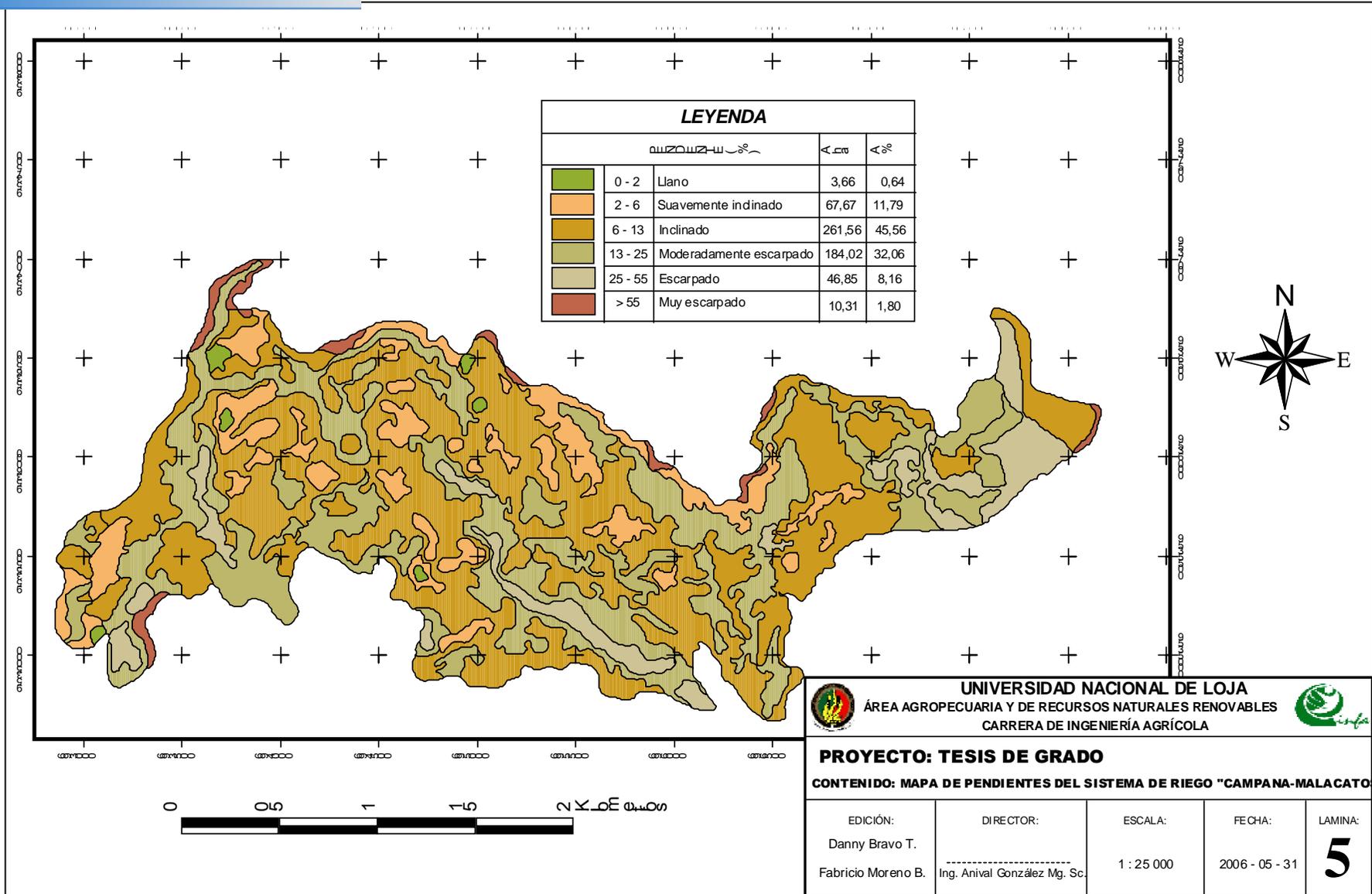



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
 ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
 CARRERA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
 

PROYECTO: TESIS DE GRADO
CONTENIDO: MAPA DE PENDIENTES DE LA CUENCA "CAMPANA"

EDICIÓN: Danny Bravo T. Fabricio Moreno B.	DIRECTOR: Ing. Anival González Mg. Sc.	ESCALA: 1 : 55 000	FECHA: 2006 - 05 - 31	LAMINA: 3
--	---	-----------------------	--------------------------	---------------------





Está determinado por el nombre del usuario o propietario de las parcelas que comprenden la zona de riego, además el número de polígono, el área de cada parcela en hectáreas y en porcentaje. (Ver lámina 6, Anexo 2)

4.2.7. Mapa de patrón de cultivos del sistema de riego òCampana-Malacatosö

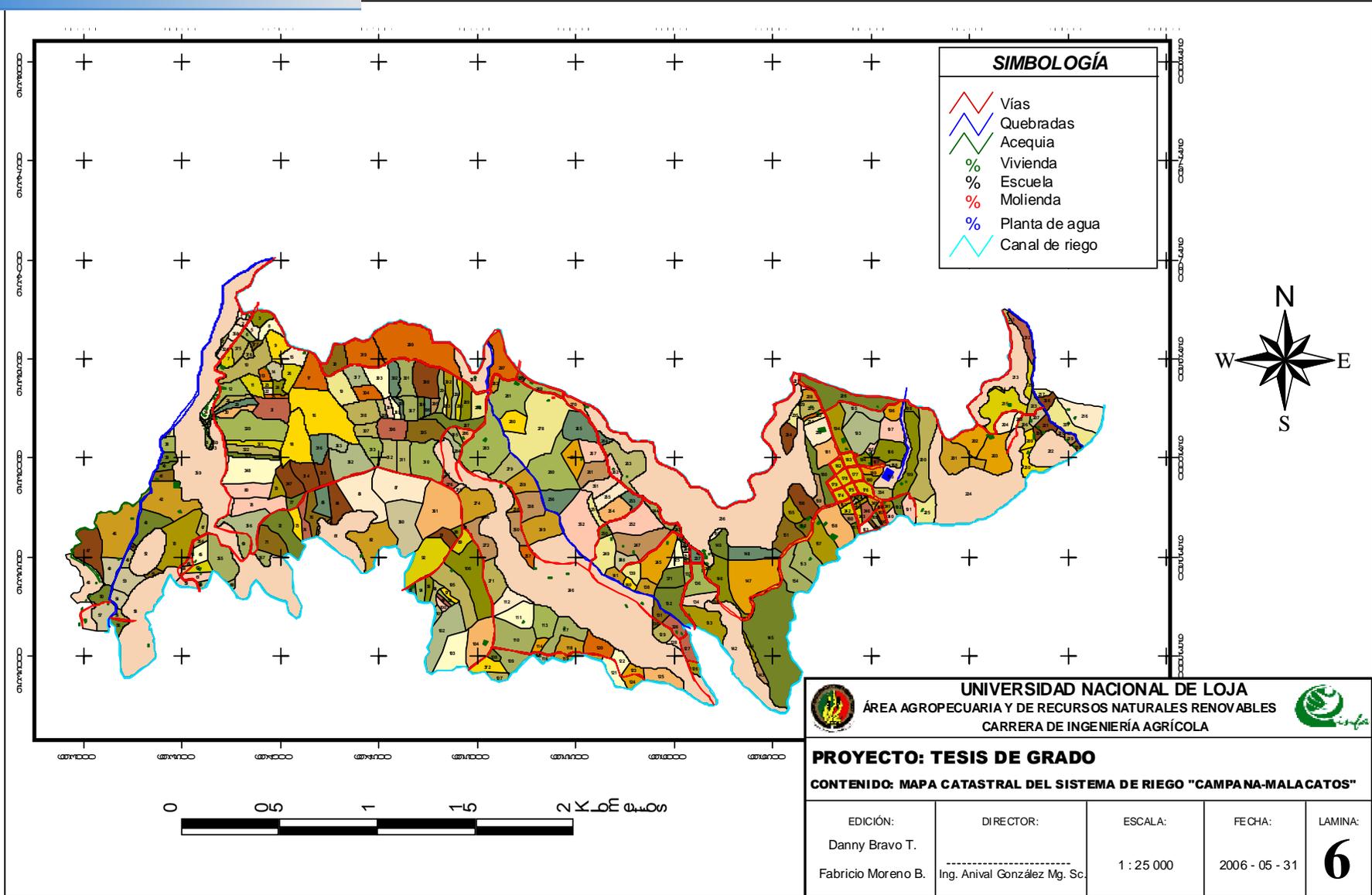
Los cultivos de la zona de riego, están distribuidos de la siguiente forma: caña con la mayor área de 167,39 ha correspondiendo al 32,67%, agroforestal con 137,37 ha, que equivale al 26,81%, pastos con 66,69 ha que representa el 13,01%, hortalizas, maíz y fréjol con un área de 51,18 ha que corresponde al 9,99%, hortalizas y leguminosas con un área de 51,07 ha que equivale al 9,97%, hortalizas y frutales con 35,86 ha que representa el 7,00%, centro poblado con 2,86 ha, que corresponde al 0,56%. (Ver lámina 7)

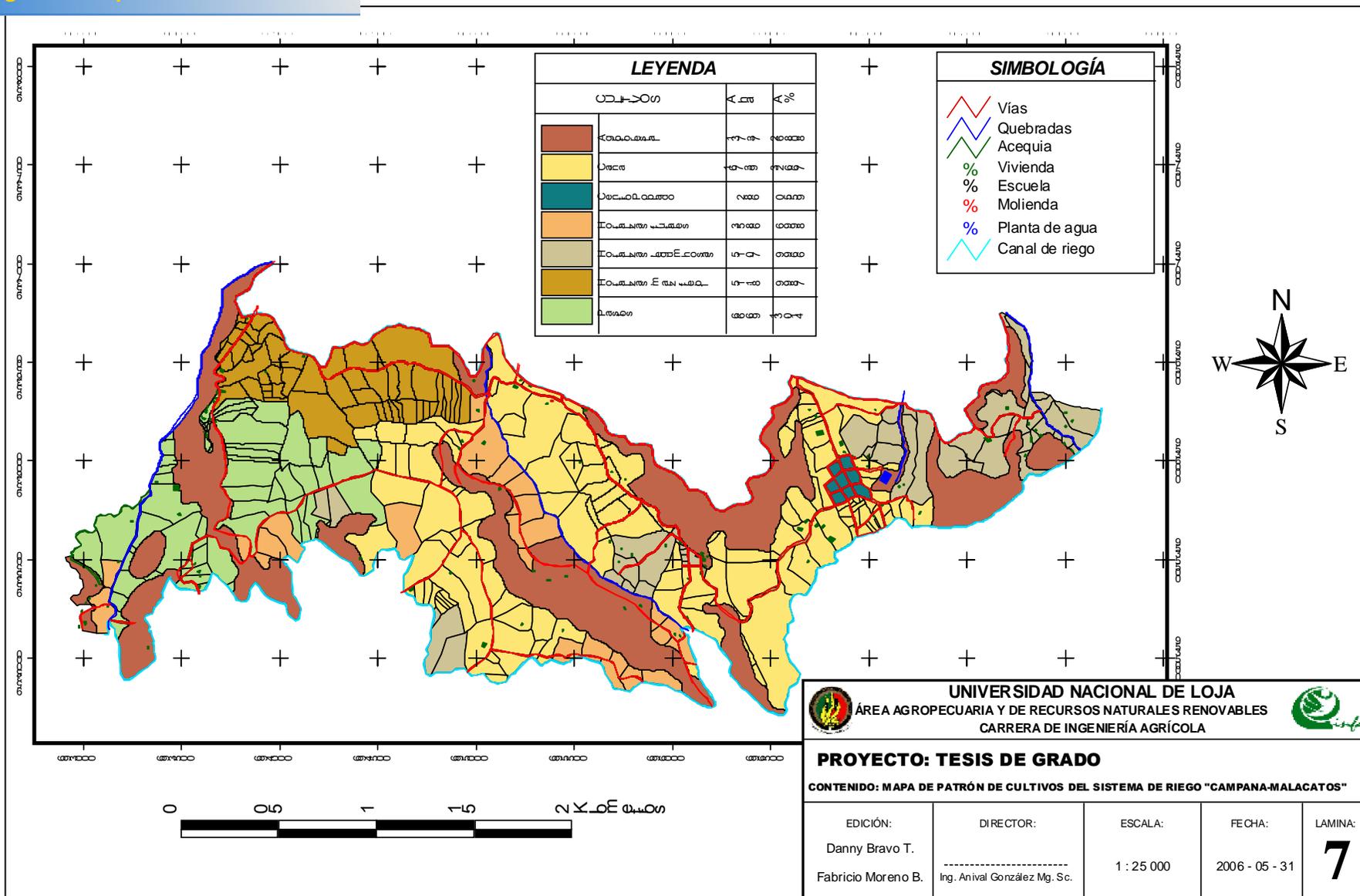
4.2.8. Mapa de tipos de riego del sistema de riego òCampana-Malacatosö

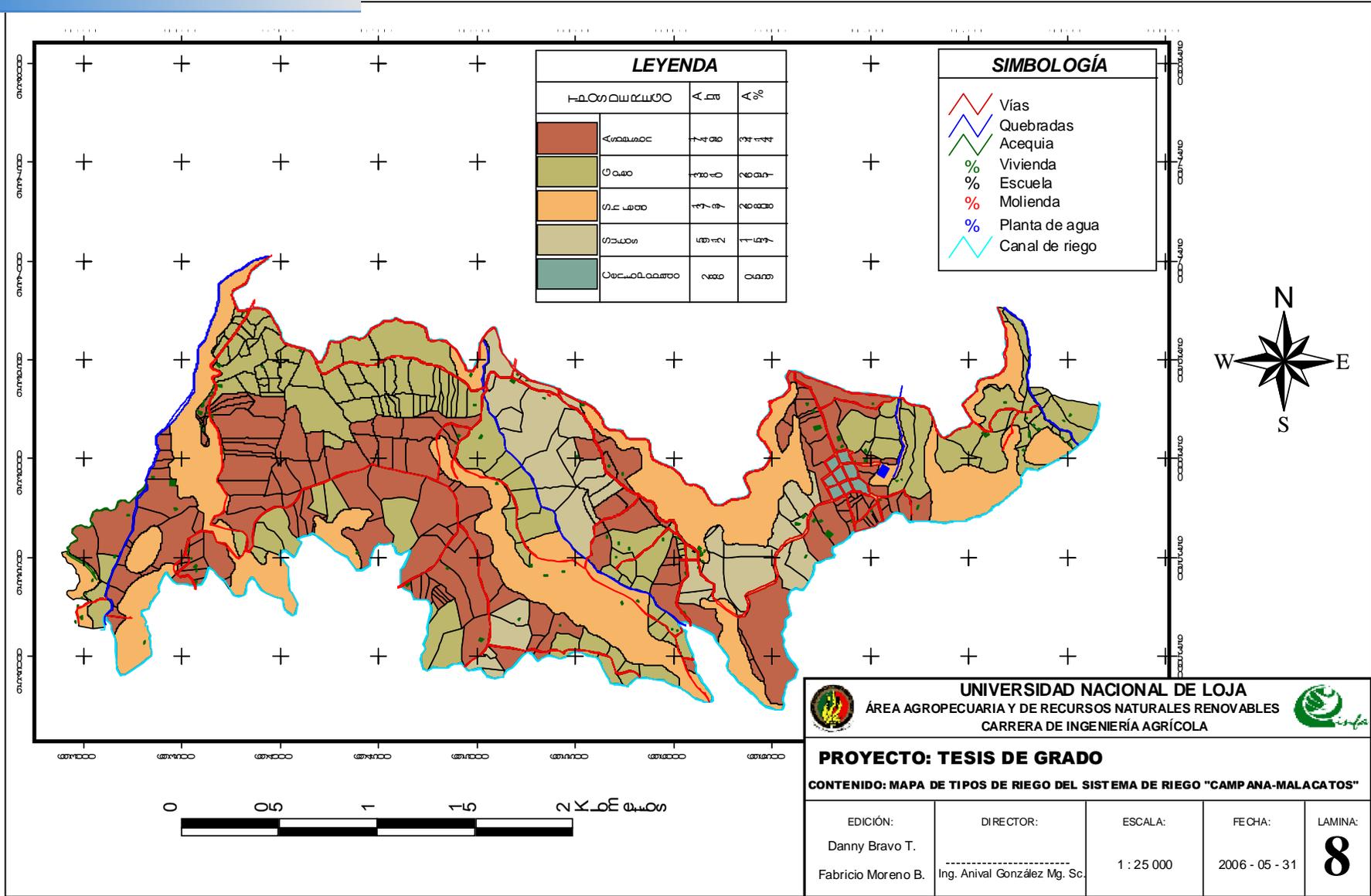
Los sistemas de riego aplicados a este proyecto son: riego por aspersión en una mayor área con 174,96 ha que equivale al 34,14%, riego por goteo con un área de 138,10 ha que representa el 26,95%, y en menor porcentaje 11,54% se tiene el riego por surcos con un área de 59,12 ha, sin ningún sistema de riego tenemos un área de 137,37 ha que corresponde al 26,81% y el centro poblado que no posee riego, con un área de 2,86 ha que equivale al 0,56%. (Ver lámina 8)

4.2.9. Mapa de clase textural del sistema de riego òCampana-Malacatosö

Contiene las diferentes clases texturales del suelo en la zona de riego, estos terrenos comprenden las siguientes: suelos arcillosos (Ac) con un área de 178,19 ha que comprende el 34,78%, suelos franco arcillosos (FoAc) que comprende un área de 62,24 que equivale al 12,15%, suelos francos (Fo) con un área de 57,17 ha, que



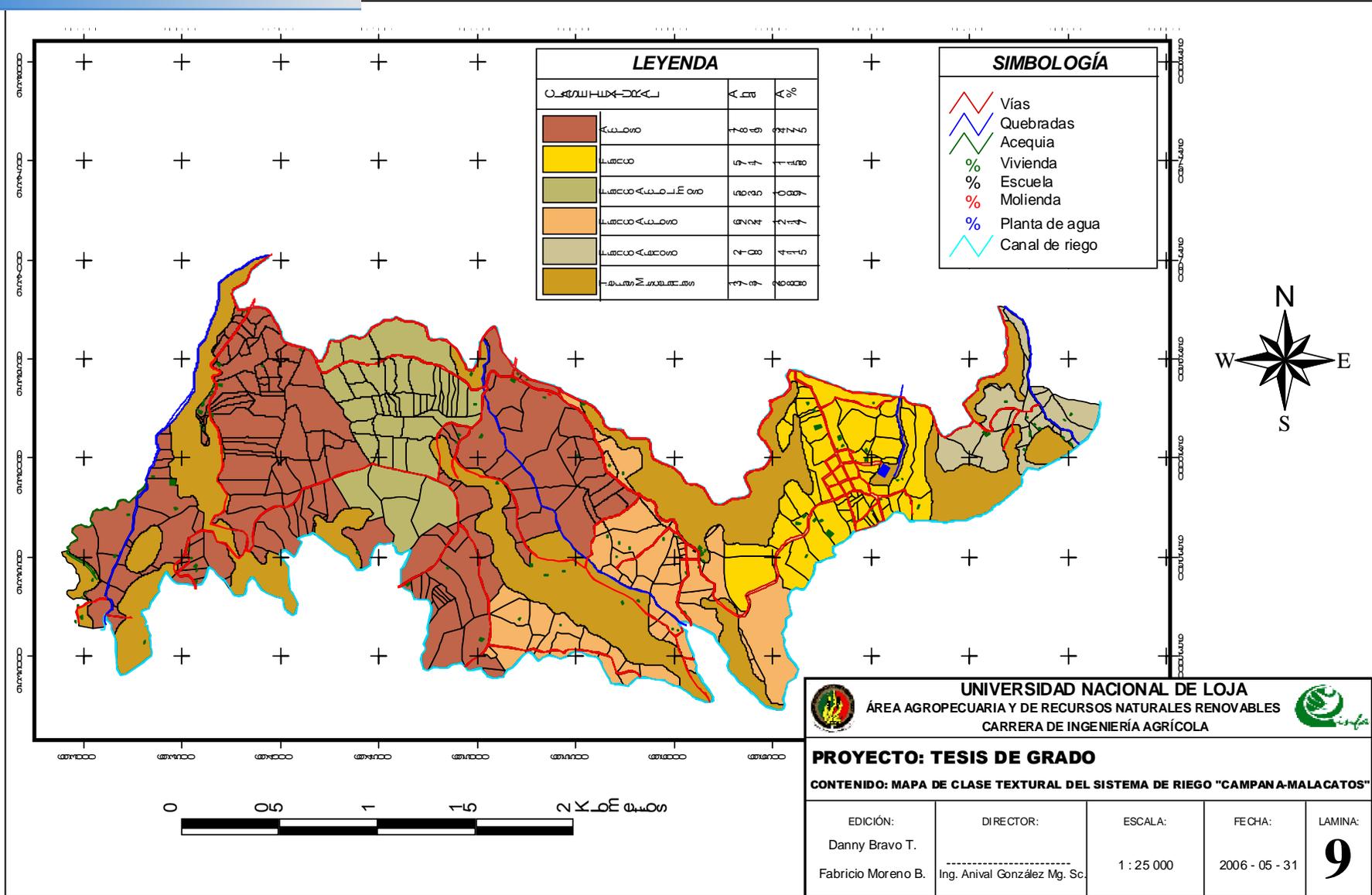


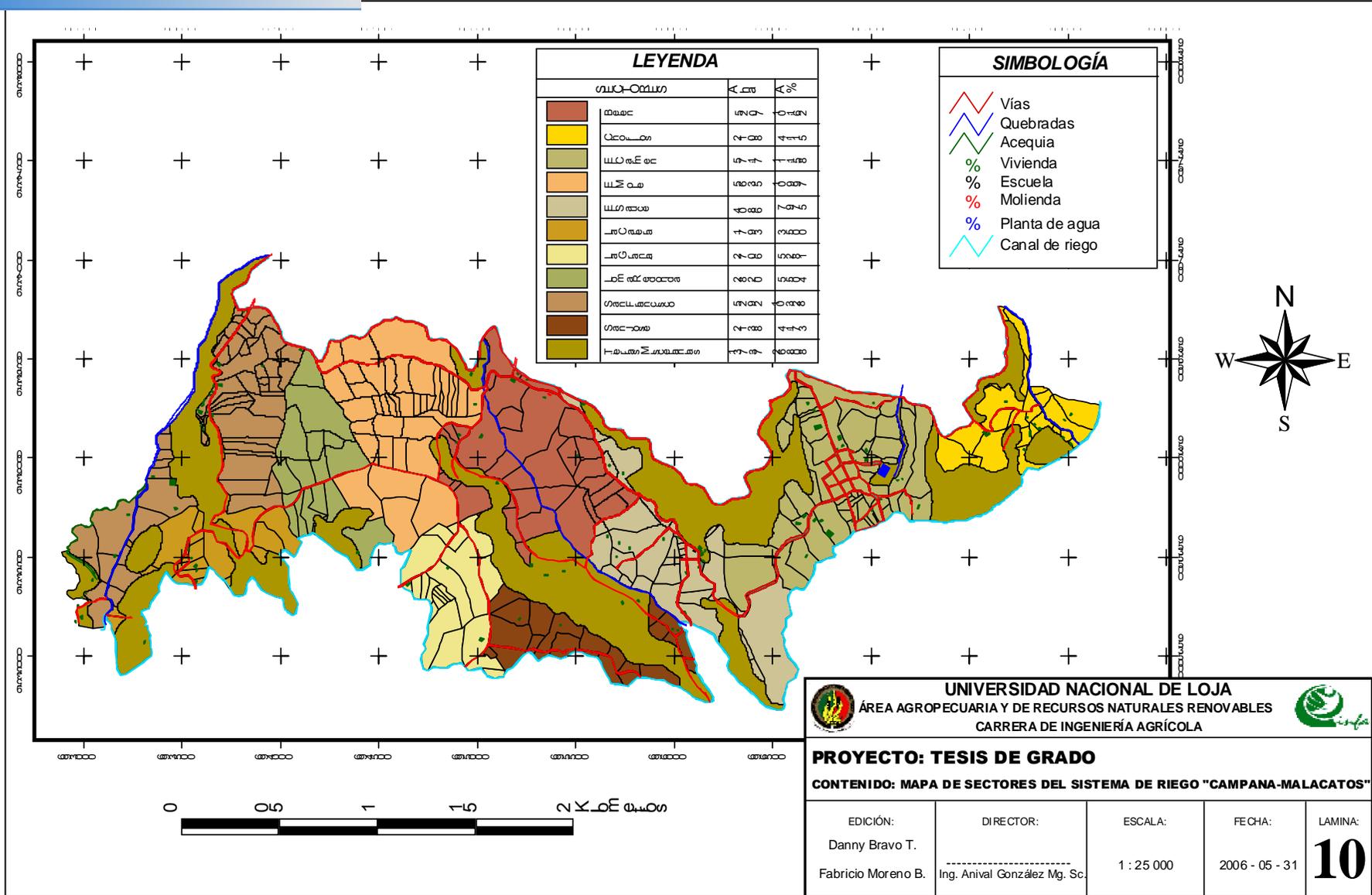


franco arcillo limosos (FoAcLo) en un área de 56,35 ha que equivale al 11,00%, suelos franco arenosos (FoAo) que representa un área de 21,08 ha que corresponde al 4,12% y en un 26,81% representando un área de 137,37 ha se tiene tierras misceláneas, donde no se realizó análisis de suelos, debido a que son suelos donde hay bosques y suelos no cultivables. (Ver lámina 9)

4.2.10. Mapa de sectores de riego del sistema ñCampana-Malacatosö

El sistema está compuesto por 11 sectores de riego: Belén, con un área de 52,07 ha, que equivale al 10,16%, Chorrillos con 21,08 ha que representa el 4,12%, El Carmen con un área de 57,17 ha que corresponde el 11,16%, El Molle con 58,35 ha que equivale al 11,00%, El Sauce con un área de 40,86 ha que representa el 7,98%, La Calera con 17,93 ha, que corresponde el 3,50%, La Granja con un área de 27,06 ha, que equivale al 5,28%, Loma Redonda con 28,20 ha, que representa el 5,50%, San Francisco con 52,92 ha que corresponde al 10,33%, San José con un área de 21,38 ha, que equivale al 4,17% y, Tierras Miscelánias con un área de 137,37 ha, que representa el 26,81%. (Ver lámina 10)





mientos de riego del proyecto

Luego de haber determinado el patrón de cultivos, obteniendo el coeficiente de los cultivos (k_c) (*anexo 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9*) en las diferentes fases y la evapotranspiración del cultivo de referencia, se calcula la evapotranspiración de los cultivos; para luego determinar la evapotranspiración promedio ponderada de los cultivos (ET_p), además se obtuvo los datos de precipitación probable al 80%, y en base a estos parámetros poder determinar las necesidades de riego netas (NR_n), las necesidades de riego brutas (NR_b), mismas que están determinadas en base a la eficiencia de aplicación del sistema de riego como: surcos (60%), aspersión (75%) y goteo (90%), calculadas para cada mes. De esta forma se pudo determinar el caudal característico de riego, que resulta ser el mayor valor de la serie de caudales obtenidos para cada mes, siendo para riego por surcos (0,83 l/s/ha), riego por aspersión (0,66 l/s/ha) y riego por goteo (0,45 l/s/ha). (*Cuadro 8*)

o, del sistema ðCampana - Malacatosö.

Parámetro	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
<i>Etc, mm/mes</i>												
Caña	51,62	74,17	99,53	118,73	138,79	144,67	164,29	160,87	142,30	121,67	100,01	93,09
Hortalizas	100,94	0,00	48,69	75,66	121,12	142,13	127,94	0,00	65,34	89,87	121,54	133,67
Pastos	114,70	96,32	108,19	118,73	129,96	133,25	158,48	174,41	168,43	139,64	94,95	59,68
Maíz	49,32	75,13	115,76	122,22	111,03	0,00	62,52	117,27	155,36	145,17	111,41	0,00
Fréjol	58,50	101,14	86,55	0,00	0,00	0,00	74,15	157,87	116,16	0,00	0,00	0,00
Leguminosas	48,17	78,98	106,03	0,00	52,99	104,06	142,48	0,00	60,98	113,37	124,07	0,00
Frutales	86,03	72,24	86,55	93,12	100,94	107,87	123,58	127,80	123,42	117,52	101,28	95,48
<i>Etp, mm/mes</i>	72,55	67,87	92,76	96,63	117,54	120,68	142,59	123,28	127,99	113,06	98,72	77,16
P, mm	72,40	90,70	123,60	91,60	34,60	14,00	10,30	11,90	28,60	68,80	55,00	66,40
P 80%, mm	64,00	77,50	99,20	78,20	32,70	13,70	10,10	11,70	27,30	61,20	50,20	59,30
NRn, mm	8,55	-9,63	-6,44	18,43	84,84	106,98	132,49	111,58	100,69	51,86	48,52	17,86
<i>NRb, mm</i>												
Surcos 60%	14,26	-16,04	-10,74	30,71	141,39	178,29	220,82	185,97	167,82	86,43	80,87	29,77
Aspersión 75%	11,41	-12,83	-8,59	24,57	113,11	142,63	176,66	148,77	134,25	69,15	64,70	23,82
Goteo 90%	7,70	-8,66	-5,80	16,59	76,35	96,28	119,24	100,42	90,62	46,67	43,67	16,08
Surcos Vol, m³/ha	142,57	-160,43	-107,38	307,14	1413,93	1782,92	2208,21	1859,67	1678,16	864,32	808,74	297,71
Aspersión Vol, m³/ha	114,05	-128,35	-85,91	245,71	1131,14	1426,34	1766,57	1487,73	1342,53	691,46	646,99	238,17
Goteo Vol, m³/ha	76,99	-86,63	-57,99	165,85	763,52	962,78	1192,44	1004,22	906,21	466,73	436,72	160,76
Días	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Surcos q, l/s/ha	0,05	-0,07	-0,04	0,12	0,53	0,69	0,83	0,70	0,65	0,32	0,31	0,11
Aspersión q, l/s/ha	0,04	-0,05	-0,03	0,10	0,42	0,55	0,66	0,56	0,52	0,26	0,25	0,09
Goteo q, l/s/ha	0,03	-0,04	-0,02	0,06	0,29	0,37	0,45	0,38	0,35	0,17	0,17	0,06

Planificación de riego aplicando los Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Con la aplicación de los sistemas de Información geográfica (SIG) en la planificación del riego, se pueden realizar diferentes tipos de consultas tanto espacial (mapas) como alfanumérica (base de datos) almacenadas en el sistema; de acuerdo a las necesidades y requerimientos de los usuarios, como ejemplo se tiene: ***qué usuarios riegan el día lunes?***, realizando este tipo de consulta proporciona toda la información pertinente como: nombre de los usuarios, número de parcelas a regar, área total y parcial a regar y caudal total y parcial de riego (*Ver lámina 11*). El usuario puede plantear otras consultas tales como: tipo de riego, cultivos implantados, constantes hidrofísicas del suelo (capacidad de campo, punto de marchitez permanente), textura, densidad aparente, ubicación, frecuencia de riego, período de riego, turnos de riego, entre otras.

Al momento de realizar una consulta en cualquiera de las parcelas, la información que se obtiene de ésta, es la siguiente: número de polígono, propietario, sector al que pertenece, textura del suelo, punto de marchitez permanente (P.M.P.), capacidad de campo (C.C.), profundidad del suelo, área de la parcela, perímetro de la parcela, densidad aparente, cultivo implantado, tipo de riego, lámina de agua aprovechable (LAA), lámina de agua rápidamente aprovechable (LARA), frecuencia de riego, lámina bruta, período de riego, tiempo de riego, turnos de riego por día, turnos por período de riego, área de riego por turno, caudal mínimo, número de riegos al mes, intervalo de riegos, tiempo de riego (horas), día de inicio de riego, hora de inicio de riego, día de fin de riego y hora de fin de riego. (*Anexo 10 y 11*)

V. CONCLUSIONES

- La precipitación media anual de la microcuenca òCampanaö es de 1147,5 mm, presenta distribución unimodal, con una concentración en el período octubre ó abril con el 75%.

- Con la información aportada por el SIG, a través del mapa temático de pendientes de la zona de riego, se seleccionó el tipo de riego a aplicarse;

Riego por surcos : 59,12 ha.

Riego por aspersión : 174,96 ha.

Riego por goteo : 138,10 ha.

- La Programación del riego para la zona del proyecto de riego òCampana ó Malacatosö, aplicando los Sistemas de Información Geográfica (SIG), permite un ahorro de caudal de 54,6%, de acuerdo al siguiente detalle:

Lunes : 272,9 l/s

Martes : 364,1 l/s

Miércoles : 350,1 l/s

Jueves : 408,8 l/s

Viernes : 389,3 l/s

Sábado: 475,4 l/s

- Los requerimientos de riego de acuerdo a los cultivos vigentes, en base al tipo de riego y su eficiencia son:

Riego por surcos, con 60% de eficiencia : 0,83 l/s/ha.

Riego por aspersión, con 75% de eficiencia : 0,66 l/s/ha.

Riego por goteo: con 90% de eficiencia : 0,45 l/s/ha.

- El mapa temático del patrón de cultivos fue diseñado para un año agrícola, según la propuesta; por lo tanto el diseño de la base de datos debe ser complementada y actualizada cada año, según los cultivos a implementar.

Sistemas de Información Geográfica (SIG), permite actualizar la información, integrar otros datos, planificar la aplicación óptima del riego y evaluar el sistema inmediatamente, para la oportuna toma de decisiones.

➤ Los Sistemas de Información Geográfica (SIG), en el presente proyecto de tesis representan datos tanto descriptivos como cartográficos, sintetizados en 11 mapas: mapa base y de pendientes de la microcuenca de captación y zona de riego, mapa de cobertura vegetal de la cuenca de captación, mapa catastral, mapa de patrón de cultivos, mapa de riego, mapa de planificación del riego, mapa de sectores y clase textural del área de riego.

➤ El canal del sistema de riego òCampana ó Malacatosö esta diseñado para 500 l/s, pero para regar el área útil se utiliza solamente:

Lunes	: 227,1 l/s	Martes	: 135,9 l/s
Miércoles	: 149,9 l/s	Jueves	: 91,2 l/s
Viernes	: 110,7 l/s	Sábado:	24,6 l/s

➤ De acuerdo a los resultados obtenidos y confrontando los datos del día que necesita mayor caudal para la zona a irrigar (227,1 l/s), el canal principal esta sobredimensionado en un 54%, que corresponde a una capacidad de transporte de 272,9 l/s.

ACIONES

- El INAMHI y algunas instituciones interesadas deberían aportar para el incremento de la red de estaciones hidrometeorológicas en la provincia, y dar mantenimiento adecuado a las existentes, con el fin de contar con mayor información que permita realizar estudios confiables.
- La información meteorológica obtenida debería difundirse mediante una socialización entre las diferentes instituciones que manejen este tipo de información.
- Profundizar los conocimientos en programas computacionales (Excel, Autocad, SIG, etc.), en el pensum de estudios de las diferentes carreras del Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja.
- Utilizar la presente información para futuros estudios, en beneficio de los agricultores y desarrollo agropecuario de la provincia.
- Por ultimo y como una extensión de cara al futuro, para temas posteriores de nuevas tesis, apunta la posibilidad de mantener y actualizar la aplicación SIG creada en el presente trabajo, con la obtención de nuevos datos (producción real de cada usuario, catastro actual, zonas de hidro mejoramiento del sistema de riego, fertilidad de la zona, problemas de impacto del suelo agrícola, etc.).

La presente tesis titulada: "Planeación de los Recursos Hídricos, del Sistema de Riego Campana ó Malacatos, Utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG)", se la realizó en la Universidad Nacional de Loja, se trabajó con información secundaria, planteándose los siguientes objetivos:

- Desarrollar e implantar, en el Sistema de Riego "Campana ó Malacatos", una metodología que en base a las técnicas actuales de manejo de información por computadora, sirva como instrumento normal de trabajo, para así proveer a los responsables del funcionamiento del sistema de riego de mayores elementos de juicio que les permitan la toma adecuada de decisiones.
- Recopilar, validar, sistematizar y actualizar toda la información básica biofísica y socioeconómica existente del sistema de riego "Campana ó Malacatos", tanto de la cuenca de captación como de la zona de riego,
- Estructurar una base de datos geográfica, utilizando los Sistemas de Información Geográfica (SIG) que contenga tanto datos descriptivos (numérico ó estadístico) como cartográficos,
- Definir la programación de riego para un año agrícola, con ayuda de los Sistemas de Información Geográfica (SIG),
- Transferencia de resultados generados en el proyecto, a agricultores e interesados, para su conocimiento y aplicación.

El sistema de riego Campana-Malacatos se ubica al sur oriente de la ciudad de Loja, Republica del Ecuador y al norte de la población de Malacatos.

La zona de riego abarca los sectores de El Sauce, Belén, El Carmen, La Granja, Piedra Grande, San Francisco y Palenque.



El sistema riego Campana-Malacatos, comprende aproximadamente, en la zona de riego, 512,42 ha, de las cuales es posible regar efectivamente 372,19 ha la misma utiliza las aguas del río Campana, captadas en la cota 1.731 m.s.n.m., conducidas hasta la zona de riego, mediante un canal abierto de aproximadamente 9 km de longitud.

El período de análisis establecido para el estudio de la precipitación media de la cuenca, fue de 30 años (1969-1998), cuyas estaciones fueron (Cajanuma, San Francisco, Vilcabamaba y Yangana) siendo un período uniforme para todas. Dicha información fue proporcionada por el Centro Integrado de Geomática Ambiental CINFA de la Universidad Nacional de Loja.

Como en el caso anterior, el período de análisis establecido para el estudio de la precipitación media de la zona de riego, fue de 30 años (1969-1998), en este caso solo se trabajó con la estación meteorológica Malacatos, dicha información fue proporcionada por el CINFA.

Para el estudio del requerimiento hídrico de los cultivos de esta zona, se aplicó el programa computacional Cropwat 5.7, en la que se requirió de la información climatológica de la estación meteorológica Malacatos, debido a la influencia directa que posee sobre la zona de riego, información que fue proporcionada por el Centro Integrado de Geomática Ambiental CINFA, y de los Anuarios Meteorológicos INAMHI, esta información consta de: temperatura media, máxima y mínima, evaporación, velocidad del viento, insolación, nubosidad y humedad relativa.

Para la construcción de la base de datos geográfica se necesitó del tiempo necesario, ya que se debía realizar un adecuado diseño que asegure que las coberturas y los atributos estén disponibles cuando sean necesarios. Además la exactitud de la base de datos digital determinó la calidad del análisis y del producto final.

La estructuración de la programación de riego, aplicando los Sistemas de Información Geográfica, se realizó con ayuda del programa computacional Arc View

base de datos con ayuda del mapa catastral, trabajando a nivel de parcela del usuario, y creando los distintos campos para la programación.

El diccionario de datos, proporciona información en base a las consultas de programación de riego que se desee saber, tales como: cuando regar, tiempo, caudal, turno, e intervalo de riego para cada usuario, propietario de la parcela, sector al que pertenece, área de la parcela, cultivo, tipo de riego; como también constantes hidrofísicas (capacidad de campo y punto de marchitez permanente), densidad aparente, textura y profundidad del suelo.

La microcuenca ðCampanaö, presenta un área total de 33,94 km², un perímetro de 28,15 km, la forma va de oval oblonga a rectangular, presentando una baja tendencia a las crecidas; los indicadores de drenaje como la densidad de la red de los cauces (0,47 cauces/km²), y la densidad de drenaje (1,08 km/km²), son los que proporcionan la verdadera medida de la eficiencia del drenaje, con una pendiente del cauce del 11,92%, la longitud del cauce principal de 11,81 km, la elevación media de la cuenca es de 2704 m.s.n.m., y con el 32,94% la pendiente de la cuenca, que guarda una estrecha y compleja relación con la infiltración, el escurrimiento superficial y la humedad del suelo.

Para la determinación de los requerimientos hídricos del sistema de riego, se utilizaron algunos elementos meteorológicos como: precipitación media, temperatura media, máxima y mínima, humedad relativa, nubosidad, heliofanía, dirección del viento, velocidad del viento y evapotranspiración potencial, valores comprendidos en un período de 30 años (1969 ó 1998); evaporación media, comprendida en un período de 11 años (1969 ó 1979) . El sistema comprende un área total de 512,42 ha, de las cuales son regables 372,19 ha, debido a que el resto de área (140,23 ha) esta comprendido por bosques, centros poblados, vías y áreas no cultivables.

El patrón de cultivos, se estableció en base a los cultivos que predominan en la zona y que mayor demanda tienen en el mercado, siendo los más comunes o que se dan en mayor producción: caña, hortalizas (tomate, pimiento, pepino, melón, lechuga,

bano y remolacha), frutales (cítricos, papaya, aguacate y babaco), maíz, fréjol y pastos.

Luego de haber determinado el patrón de cultivos, obteniendo el coeficiente de los cultivos (k_c) en las diferentes fases y la evapotranspiración del cultivo de referencia, se calcula la evapotranspiración de los cultivos; para luego determinar la evapotranspiración promedio ponderada de los cultivos (ET_p), además se obtuvo los datos de precipitación probable al 80%, y en base a estos parámetros poder determinar las necesidades de riego netas (NR_n), las necesidades de riego brutas (NR_b), mismas que están determinadas en base a la eficiencia de aplicación del sistema de riego como: surcos (60%), aspersión (75%) y goteo (90%), calculadas para cada mes. De esta forma se pudo determinar el caudal característico de riego, que resulta ser el mayor valor de la serie de caudales obtenidos para cada mes, siendo para riego por surcos (0,83 l/s/ha), riego por aspersión (0,66 l/s/ha) y riego por goteo (0,45 l/s/ha).

Con la aplicación de los sistemas de Información geográfica (SIG) en la planificación del riego, se pueden realizar diferentes tipos de consultas tanto espacial (mapas) como alfanumérica (base de datos) almacenadas en el sistema; de acuerdo a las necesidades y requerimientos de los usuarios, como ejemplo se tiene: ***qué usuarios riegan el día lunes?***, realizando este tipo de consulta proporciona toda la información pertinente como: nombre de los usuarios, número de parcelas a regar, área total y parcial a regar y caudal total y parcial de riego.

Al momento de realizar una consulta en cualquiera de las parcelas, la información que se obtiene de ésta, es la siguiente: número de polígono, propietario, sector al que pertenece, textura del suelo, punto de marchitez permanente (P.M.P.), capacidad de campo (C.C.), profundidad del suelo, área de la parcela, perímetro de la parcela, densidad aparente, cultivo implantado, tipo de riego, lámina de agua aprovechable (LAA), lámina de agua rápidamente aprovechable (LARA), frecuencia de riego, lámina bruta, período de riego, tiempo de riego, turnos de riego por día, turnos por período de riego, área de riego por turno, caudal mínimo, número de riegos al mes, intervalo de riegos, tiempo de riego (horas), día de inicio de riego, hora de inicio de riego, día de fin de riego y hora de fin de riego.

- AGUILAR, A., N. GARCÍA y J. RODRÍGUEZ. 1995. Cálculo de Calendarios de Riego NEC-HID versión 2.0. Manual del Usuario. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). Jiutepec, Morelos, México. 74 p.
- APARICIO, F. 1997. Fundamentos de Hidrología de Superficie. Limusa, Noriega. 5a Reimpresión. México, D. F. 303 p.
- CASTANY, G. Tratado Práctico de las Aguas Subterráneas. Ediciones Omega, S.A. Barcelona, España. 1971.
- CHOW, V et al. 1996. Hidrología aplicada. Santa Fé de Bogotá ó Colombia.
- CHOW V.T., MAIDMENT D. y MAYS L. 1987. Hidrología Aplicada. McGraw Hill. México, D.F.
- DOORENBOS J. y PRUITT W. O. Las Necesidades de Agua de los Cultivos. Estudio 24, FAO. Riego y Drenaje. Roma, Italia. 1977.
- FAO. 1983. Ordenación de las cuencas hidrográficas; participación de las poblaciones de montaña. Roma, Italia. 208 p.
- FAO. 1986. Tercer seminario nacional; manejo de cuencas hidrográficas. Proyecto Regional Manejo de Cuencas. La Ceiba, Honduras. 125 p.
- FAO. 1992. Manual de Campo para la Ordenación de Cuencas Hidrográficas. Estudio y Planificación de Cuencas Hidrográficas. Roma, Italia. 185 p.
- FAO. 1990. Manejo integrado de cuencas hidrográficas en América Latina. Red latinoamericana de cooperación técnica en manejo de cuencas hidrográficas. Santiago, Chile. 36 p.

de diseño de métodos de riego. Santiago, Chile. 142 p.

- GAVANDE, Sampat A. Física de Suelos Principios y Aplicaciones. Editorial Limusa, S.A. 1972. México.
- GALÁRRAGA-SÁNCHEZ, Remigio H. Febrero 15 del 2000, Informe Nacional Sobre la Gestión del agua en el Ecuador. Isla Tortuga E5-53 y San Cristóbal Ciudadela Jipijapa Quito, ECUADOR hidraulic@mail.epn.
- GOUDIE, A. (1989), The changing human impact. In: Friday, L. y R. Laskev (eds.). The Fragile Environment. Cambridge University Press, New York: 1-21.
- INERHI-PREDESUR-CONADE Plan Integral de Desarrollo de los Recursos Hídricos de la Provincia de Loja. Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente. Secretaría Ejecutiva para Asuntos Económicos y Sociales. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos; Washington D.C., 1994.
- KENNETH N.B., Folliott P.F., Gregersen H.M. y Thames J.L. (1992). Hydrology and the management of water sheds. Iowa State University Press. 2nd. printing. Iowa.383 p.
- LÓPEZ-BLANCO J. y L. Villers-Ruiz. 1995. Delineating boundaries of environmental units for land management using a geomorphological approach and GIS: A study in Baja California, México. *Remote Sens. Environ.* 53:109-117.
- MORALES, D.; SAAVEDRA, P. 1998. Aportes del SIG para la determinación del déficit de agua dentro del componente de riego del proyecto múltiple MISICUNI. Tesis M.P. UMSS - CLAS. Cochabamba, Bolivia. 109 p.

- ARCIA M. 1997. Información básica: componente hidrología. Centro de estudios y experimentación de Obras Públicas CEDEX. Madrid, Esp. Pp. 50-55.
- SILVA M. y BARBOSA J. δEquilibrios iónicos y sus aplicaciones analíticasö. Ed. Síntesis, 2002
 - THE INTERNATIONAL INSTITUTE FOR AEROSPACE SURVEY AND EARTH SCIENCES (ITC). ILWIS (The Integrated Land and Water Information System) 2.1 for Windows. Enschede, The Netherlands. 1997.
 - VALENZUELA, C.R. 1993. Proyecto piloto de planificación espacial y diseño de base de datos catastral; Chillamarca ó Tiquipaya. Proyecto de Consultoría para PROMIC. Cochabamba, Bolivia. 42 p.
 - VÁSQUEZ, A. 1997. Manejo de cuencas altoandinas. Universidad Agraria La Molina. Lima, Perú. 292 p.
 - <http://www.uazuay.edu.ec/>
 - <http://www.colpos.mx/agrocien/Bimestral/2001/ene-feb/art-1.pdf>
 - <http://www.turismo.uma.es/alumnos/arcinfo/Tema6.html>
 - <http://www.rlc.fao.org/proyecto/139jpn/document/4red/T-pdf>
 - <http://www.oas.org/usde/publications/Unit/oea02s/begin.>
 - <http://www.colpos.mx/agrocien/Bimestral/2001/ene-feb/art-1.pdf>
 - <http://www.ine.gob.mx/ucanp/index5.html>



*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

ANEXOS

gica de la estación "Malacatos".

Elementos meteorológicos	Periodo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
Precipitación media, <i>mm</i>	1969 - 1998	72,4	90,7	123,6	91,6	34,6	14,0	10,3	11,7	28,6	68,8	55,5	66,4	668,2
Temperatura media, °C	1969 - 1998	20,5	20,4	20,3	20,3	20,2	20,1	20,0	20,2	20,7	20,6	20,9	20,9	-
Temperatura media máxima, °C	1969 - 1998	27,4	27,2	27,4	27,4	27,4	27,2	26,9	27,2	27,7	28,2	28,4	28,0	-
Temperatura media mínima, °C	1969 - 1998	13,2	13,3	13,1	13,0	12,6	11,8	11,9	11,9	12,8	12,4	12,9	13,4	-
Humedad relativa media, %	1969 - 1998	82,3	82,2	82,1	82,9	82,3	79,2	78,2	77,8	79,4	82,1	79,2	79,4	-
Nubosidad media, <i>octas</i>	1971 - 1998	5,2	5,5	5,8	5,0	4,4	4,1	3,8	3,7	4,1	4,3	4,3	4,8	-
Heliofanía media, <i>Horas</i>	1971 - 1998	165,8	103,2	111,6	163,2	206,3	195,2	201,7	206,3	199,5	207,8	202,6	172,4	2135,6
Dirección del viento	1969 - 1998	NW	NW	S	SE	SE	SE	SE	S	SE	SE	SE	S	-
Velocidad del viento, <i>m/s</i>	1969 - 1998	1,4	1,4	1,2	1,2	1,4	2,0	2,4	2,2	2,2	1,6	1,5	1,5	-
Evaporación media, <i>mm</i>	1969 - 1979	90,7	78,0	83,9	79,5	95,5	108,5	159,7	149,7	139,3	125,5	109,6	108,6	1328,5
Evapotranspiración potencial, <i>mm/mes</i>	1969 - 1998	106,0	86,8	100,4	98,4	101,1	94,2	103,5	111,0	114,3	118,7	116,4	110,1	1260,9

del sistema de riego "Campana - Malacatos"

Polígono	Propietario	Área	
		ha	%
1	Antonio Guamán	0,165	0,032
2	Rosendo Tacuri	0,182	0,036
3	Víctor Gualán	0,650	0,127
4	Bolívar Curimilma	0,094	0,018
5	Antonio Guamán	0,365	0,071
6	Zoila Añazco	0,298	0,058
7	Miguel Sánchez	0,445	0,087
8	Máximo Moreira	0,722	0,141
9	Nicolás Arias	1,223	0,239
10	Luís Jara	2,531	0,494
11	Luís Medina	0,932	0,182
12	Cesar Ojeda	1,123	0,219
13	Miguel Guamán	0,352	0,069
14	Bolívar Curimilma	0,625	0,122
15	Antonio Guamán	0,949	0,185
16	Edith Bravo	5,826	1,137
17	Luís Sánchez	2,017	0,394
18	Edith Bravo	3,153	0,615
19	Alejandro Alvarado	1,763	0,344
20	Hugo Curimilma	1,255	0,245
21	Manuel Plaza	1,912	0,373
22	Antonio Guamán	0,185	0,036
23	Luís Medina	0,184	0,036
24	Ramón Guamán	0,423	0,083
25	Rosalía Guamán	0,214	0,042
26	Juan V. Maza	0,953	0,186
27	Antonio Añazco	0,171	0,033
28	Víctor Medina	0,507	0,099
29	Josefina Medina	0,630	0,123
30	Agustín Medina	0,662	0,129
31	Rodolfo Plaza	0,257	0,050
32	S/N	0,028	0,005
33	S/N	0,030	0,006
34	Caserío San Francisco	0,501	0,098
35	Rodolfo Plaza	0,074	0,014
36	Agustín Medina	0,051	0,010
37	Herederos Francisco Plaza	0,129	0,025
38	Rodolfo Plaza	0,548	0,107
39	S/N	0,392	0,077
40	S/N	0,329	0,064
41	Luís Carrión	0,585	0,114
42	Eloy Torres Guzmán	3,646	0,712
43	S/N	1,668	0,325
44	Mauro Ocampo	0,094	0,018
45	Santos Livisaca	0,351	0,068

47	Herederos Ochoa	4,395	0,858
48	Tierras Misceláneas	2,393	0,467
49	Marco Zhingre	2,775	0,542
50	Isabel Carrión	1,092	0,213
51	Mauro Ocampo	0,705	0,138
52	Tierras Misceláneas	0,229	0,045
53	Vicente Livisaca	2,859	0,558
54	Héctor Guamán	1,322	0,258
55	Antonio Añazco	0,591	0,115
56	Tuco Añazco	0,264	0,051
57	P. Jara	0,407	0,079
58	Tierras Misceláneas	1,263	0,247
59	Wilson	7,707	1,504
60	Germán Quinche	0,365	0,071
61	Sr. Ruiz	0,156	0,031
62	Víctor Merino	0,535	0,104
63	Enrique Gahona	0,520	0,101
64	Gustavo Rosillo	0,123	0,024
65	Humberto Armijos	0,131	0,026
66	Roberto Armijos	0,685	0,134
67	Antonio Añazco	0,077	0,015
68	Herederos Máximo Jaramillo	0,459	0,090
69	Maria Jaramillo	0,123	0,024
70	Herederos Segundo Piedra	0,672	0,131
71	Sr. Jiménez	3,848	0,751
72	S/N	1,653	0,323
73	Gregorio Ruiz	2,380	0,465
74	Laura Ruiz	0,678	0,132
75	Patricio Gálvez	0,713	0,139
76	Carmen Godoy	0,059	0,011
77	S/N	1,199	0,234
78	Cesar Guamán	0,453	0,088
79	Alfonso Figueroa	2,010	0,392
80	Cesar Guamán	0,608	0,119
81	Tierras Misceláneas	1,607	0,314
82	Patricio Gálvez	4,199	0,819
83	Miguel Abendaño	3,094	0,604
84	Mariana Ruiz	3,542	0,691
85	Carlota Ruiz	1,528	0,298
86	Patricio Gálvez	1,009	0,197
87	Miguel Abendaño	0,032	0,006
88	Sr. Mora	3,698	0,722
89	Sr. Ramón	0,213	0,042
90	Segundo Granda	0,655	0,128
91	Sr. Anguizaca	0,023	0,005
92	Humberto Ortiz	0,744	0,145
93	Alfredo Ordóñez	3,105	0,606
94	Miguel Carrión	0,176	0,034
		0,520	0,102

96	Jesus Jaramillo	0,451	0,088
97	Lauro Carrión	0,377	0,073
98	Miguel Carrión	0,249	0,049
99	Benigno Carrión	0,178	0,035
100	Francisco Carrión	0,167	0,033
101	Vicente Carrión	0,244	0,048
102	Manuel Guamán	0,220	0,043
103	Sr. Morales	3,101	0,605
104	Jorge Cabrera	2,266	0,442
105	Melecio García	2,606	0,508
106	Humberto Álvarez	2,888	0,564
107	Rene Eguiguren	4,236	0,827
108	Dautson Rojas	0,389	0,076
109	Enrique Jaramillo	0,245	0,048
110	Carlos González	1,226	0,239
111	Reinaldo Valarezo	2,708	0,528
112	Luís Ochoa	1,692	0,330
113	Teodoro Valdivieso	1,244	0,243
114	Cornelio Romero	1,736	0,339
115	S/N	0,395	0,077
116	Delia Ruales	0,064	0,013
117	Lucio Romero	0,231	0,045
118	Segundo Granda	1,893	0,369
119	Segundo Granda	1,025	0,200
120	Francisco Torres	0,504	0,098
121	Luís Granda	1,256	0,245
122	Sr. Morales	0,841	0,164
123	Rosario Cartuche	0,667	0,130
124	Rosario Cartuche	0,468	0,091
125	Vicente Chamba	0,489	0,095
126	Mario Correa	1,304	0,254
127	Isidoro Granda	0,318	0,062
128	Inverna	0,711	0,139
129	Juan Ortiz	0,280	0,055
130	Amadeo Luna	0,677	0,132
131	Amadeo Luna	0,145	0,028
132	S/N	0,532	0,104
133	Mario Correa	1,964	0,383
134	Manuel Chamba	2,076	0,405
135	Mario Correa	0,897	0,175
136	Área Comunal	0,079	0,015
137	Área Comunal	1,505	0,294
138	Héctor Maza	0,317	0,062
139	Margarita Ruales	0,673	0,131
140	Manuel Ruales	0,740	0,144
141	Héctor Maza	0,266	0,052
142	Tierras Misceláneas	0,514	0,100
143	Maria Ordóñez	5,773	1,127
		0,370	0,072

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

		0,319	0,062
145	Banco vivienda	10,462	2,042
146	Juan Chamba	2,015	0,393
147	Franco Aguirre	4,945	0,965
148	Ramiro Aguirre	1,579	0,308
149	S/N	1,012	0,198
150	Humberto Puglla	0,150	0,029
151	Víctor E. Vivanco	1,609	0,314
152	Víctor E. Vivanco	0,523	0,102
153	Alejandro García	2,037	0,398
154	Alejandro García	1,869	0,365
155	Víctor Bueno	0,855	0,167
156	Víctor Alfonso	1,488	0,290
157	Rafico García	2,113	0,412
158	Leonardo Burneo	2,376	0,464
159	Víctor Alejo	0,633	0,124
160	José Maza	0,284	0,055
161	Eufemia Chalán	0,180	0,035
162	Astolfo Salinas	0,155	0,030
163	Sr. Reyes	0,294	0,057
164	Rafael Rosales	0,134	0,026
165	Elías Villa	0,225	0,044
166	Tulio Romero	0,054	0,011
167	Arturo Romero	0,273	0,053
168	José Armijos	0,074	0,014
169	José Saraguro	0,171	0,033
170	Nicolás Basarán	0,053	0,010
171	Miguel Sarango	0,054	0,011
172	Carmen Salinas	0,086	0,017
173	Agustín Villa	0,036	0,007
174	Centro Poblado	0,355	0,069
175	Centro Poblado	0,275	0,054
176	Centro Poblado	0,480	0,094
177	Centro Poblado	0,418	0,082
178	Centro Poblado	0,371	0,072
179	Centro Poblado	0,280	0,055
180	S/N	1,632	0,318
181	Oliverio Armijos	1,222	0,238
182	Centro Poblado	0,330	0,064
183	Centro Poblado	0,356	0,070
184	Eufemia Chalán	0,461	0,090
185	Roberto Chalán	0,250	0,049
186	Eufemia Chalán	1,503	0,293
187	Luís Abrigo	0,222	0,043
188	Fernando Álvarez	0,234	0,046
189	Iñiguez Sotomayor	0,411	0,080
190	Sr. Bravo	0,292	0,057
191	Julián Agurto	0,671	0,131
192	Justo Sarango	0,478	0,093

		2,804	0,547
194	Carlos Saraguro	1,598	0,312
195	Isabel Saraguro	1,145	0,223
196	Julio Saraguro	0,676	0,132
197	Roberto Chalán	1,260	0,246
198	Amilcar Hurtado	0,286	0,056
199	Amilcar Hurtado	2,587	0,505
200	Fernando Álvarez	3,568	0,696
201	Margarita Morillo	2,402	0,469
202	Manuel Agustín Jara	1,649	0,322
203	Manuel Agustín Jara	2,615	0,510
204	Julia Valverde	0,855	0,167
205	Eusebio López	0,216	0,042
206	Celso Atarihuana	0,443	0,087
207	Segundo Fernández	0,403	0,079
208	Carlos Sáenz	0,199	0,039
209	Agustín Espinosa	0,500	0,098
210	Benigno Espinosa	0,803	0,157
211	Agustín Jara	0,149	0,029
212	Natividad Granda	1,057	0,206
213	Tierras Misceláneas	4,382	0,855
214	Jesús Jara	0,103	0,020
215	Antonio Armijos	3,187	0,622
216	Cesar Chamba	2,250	0,439
217	Segundo Hernández	0,278	0,054
218	Esperanza Armijos	0,141	0,028
219	Herederos Natividad Granda	0,246	0,048
220	Herederos Natividad Granda	0,134	0,026
221	Carlos Sáenz	0,570	0,111
222	Tierras Misceláneas	2,990	0,583
223	Celso Atarihuana	0,465	0,091
224	Tierras Misceláneas	12,847	2,507
225	José Camacho	1,214	0,237
226	S/N	2,963	0,578
227	Ing. Duman	0,245	0,048
228	Lic. Guamán	0,426	0,083
229	Ing. Duman	0,022	0,004
230	Sr. Novillo	0,698	0,136
231	Ing. Márquez	0,193	0,038
232	Lic. Márquez	0,251	0,049
233	Francel Bravo	1,355	0,265
234	Víctor Alfonso	0,909	0,177
235	Pedro Ruales	0,442	0,086
236	Tierras Misceláneas	28,539	5,569
237	Escuela	0,339	0,066
238	Juan Granda	0,110	0,022
239	Teresa Granda	0,066	0,013
240	Eloy Correa	0,108	0,021
241	José Granda	0,079	0,015

243	S/N	0,063	0,012
244	Lucio Romero	0,140	0,027
245	Miguel Salinas	0,507	0,099
245	Miguel Salinas	2,467	0,482
246	Tierras Misceláneas	36,310	7,086
247	Porfirio Abrigo	2,673	0,522
248	José Abrigo	0,686	0,134
249	Pedro Ruales	1,644	0,321
250	S/N	0,322	0,063
251	Pedro Ruales	0,524	0,102
252	Miguel Amay	2,576	0,503
253	Luís Amay	0,593	0,116
254	Segundo Caigua	1,343	0,262
255	Víctor Salinas	1,014	0,198
256	Luís Amay	1,635	0,319
257	Teodoro Valdivieso	0,503	0,098
258	Segundo Granda	0,264	0,052
259	Segundo Granda	1,290	0,252
260	Julio Condoro	4,155	0,811
261	Carlos Ruales	1,446	0,282
262	Antonio Salinas	0,501	0,098
263	Marcelo Armijos	2,618	0,511
264	Víctor Chamba	0,264	0,052
265	Víctor Chamba	2,020	0,394
266	Astolfo Salinas	1,339	0,261
267	Antonio Salinas	1,121	0,219
268	S/N	0,126	0,025
269	Luís Ruales	0,573	0,112
270	Marco Sánchez	0,455	0,089
271	Juan Ortiz	1,706	0,333
272	Alfonso Chamba	1,580	0,308
273	Sr. Amay	0,021	0,004
274	Segundo Granda	2,430	0,474
275	Franco Espinosa	0,171	0,033
276	Adelmo Puglla	0,324	0,063
277	Manuel Guamán	0,045	0,009
278	Carlos Delgado	6,908	1,348
279	Benigno Ruales	1,401	0,273
280	Manuel Ruales	1,247	0,243
281	Luís Ruales	2,820	0,550
282	Vicente Mendoza	0,276	0,054
283	Ing. Godoy	5,001	0,976
284	Manuel Guamán	0,515	0,101
285	Simón Villamagua	0,353	0,069
286	Bernardo Cuenca	0,380	0,074
287	S/N	1,312	0,256
288	Vicente Ordóñez	0,970	0,189
289	Máx Loaiza	0,961	0,188
290	Filomena Ordóñez	0,472	0,092

		0,531	0,104
292	Erasmio Herrera	0,724	0,141
293	Vicente Ordóñez	0,198	0,039
294	Polibio Betancourt	0,670	0,131
295	Luís Abendaño	0,257	0,050
296	Maura Abendaño	0,323	0,063
297	Julio Peralta	2,026	0,395
298	Tierras Misceláneas	2,221	0,433
299	Julio Peralta	6,489	1,266
300	José Pineda	2,083	0,406
301	Víctor Abendaño	1,393	0,272
302	Higinio Granda	0,922	0,180
303	Antonio Abendaño	1,405	0,274
304	Claudio Basarán	0,900	0,176
305	Juan Armijos	1,953	0,381
306	Germán Villa	1,559	0,304
307	Víctor Medina	0,774	0,151
308	Lauro Chalán	0,335	0,065
309	Higinio Granda	0,295	0,058
310	Miguel Carrión	2,697	0,526
311	Gualberto Jara	1,108	0,216
312	Gualberto Jara	1,297	0,253
313	Francisco León	1,178	0,230
314	Alfonso Figueroa	1,442	0,281
315	Alfonso Figueroa	0,983	0,192
316	Sr. Briceño	1,139	0,222
317	Klever Basarán	1,042	0,203
318	Humberto Martínez	1,796	0,350
319	Julio Peralta	2,205	0,430
320	Rodolfo Plaza	4,090	0,798
321	Luís Medina	0,851	0,166
322	Víctor Medina	1,039	0,203
323	Gabriel Medina	0,541	0,106
324	Miguel Sánchez	0,364	0,071
325	Juan Granda	0,749	0,146
326	Isidoro Granda	0,729	0,142
334	Fernando Álvarez	0,496	0,097
335	Tierras Misceláneas	1,895	0,370
336	Enrique Ordóñez	0,446	0,087
337	Emilio Poma	1,972	0,385
338	Carlos Ruales	1,584	0,309
340	Julián Agurto	0,270	0,053
341	Luís Agurto	0,234	0,046
342	Robertino Fernández	0,278	0,054
343	Robertino Fernández	0,218	0,043
345	Carlos Armijos	0,241	0,047
346	Dolores Armijos	0,452	0,088
347	Alfonso Figueroa	1,484	0,290
348	Víctor Maza	3,276	0,639

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

350	St. Amay	2,325	0,454
351	Augusto Chamba	0,939	0,183
352	Luís Ordóñez	1,035	0,202
352	Luís Ordóñez	4,326	0,844
354	Antonio Añazco	0,271	0,053
355	Herederos Máximo Jaramillo	2,349	0,458
356	Tulio Guamán	2,111	0,412
357	Herederos Máximo Jaramillo	0,481	0,094
358	Antonio Guamán	0,393	0,077
359	Tierras Misceláneas	24,874	4,854
360	Leonidas Ochoa	3,708	0,724
361	Eliberto Guamán	4,597	0,897
362	Minos Ordóñez	2,744	0,535
363	Minos Ordóñez	0,654	0,128
364	Justo Chalán	0,350	0,068
365	Antonio Abendaño	0,338	0,066
366	Manuel Curimilma	0,350	0,068
367	Víctor Abendaño	0,904	0,176
371	S/N	1,139	0,222
372	Sandro Armijos	0,966	0,188
373	Gabriel Medina	0,039	0,008
374	Samuel Medina	0,015	0,003
375	Antonio Añazco	0,716	0,140
376	Antonio Añazco	0,269	0,053
377	Ramiro Jara	0,187	0,037
379	S/N	0,067	0,013
TOTAL		512,421	100,000

ivo (Kc) para caña

Fases de desarrollo	Duración días	Kc tabular		Kc Promedio	Tiempo Promedio	Tiempo
<i>Inicial</i>	30	0,40	0,50	0,45	15	15
<i>Desarrollo</i>	60	0,70	1,00	0,85	30	90
<i>Media</i>	180	1,00	1,30	1,15	90	180
<i>Final</i>	95	0,75	0,80	0,78	48	318

Anexo 4: Coeficiente de cultivo (Kc) para pastos

Fases de desarrollo	Duración días	Kc tabular		Kc Promedio	Tiempo Promedio	Tiempo
<i>Inicial</i>	140			1,00	70	70
<i>Desarrollo</i>	60			1,05	30	170
<i>Media</i>	120			1,15	60	260
<i>Final</i>	45			0,50	23	343

Anexo 5: Coeficiente de cultivo (Kc) para maíz

Fases de desarrollo	Duración días	Kc tabular		Kc Promedio	Tiempo Promedio	Tiempo
<i>Inicial</i>	25	0,30	0,50	0,40	12,5	12,5
<i>Desarrollo</i>	40	0,70	0,85	0,78	20	45
<i>Media</i>	45	1,05	1,20	1,13	22,5	87,5
<i>Final</i>	30	0,80	0,95	0,88	15	125

Anexo 6: Coeficiente de cultivo (Kc) para fréjol

Fases de desarrollo	Duración días	Kc tabular		Kc Promedio	Tiempo Promedio	Tiempo
<i>Inicial</i>	15	0,30	0,40	0,35	7,5	7,5
<i>Desarrollo</i>	25	0,70	0,80	0,75	12,5	27,5
<i>Media</i>	30	1,05	1,20	1,13	15	55
<i>Final</i>	20	0,65	0,75	0,70	10	80

Anexo 7: Coeficiente de cultivo (Kc) para frutales

Fases de desarrollo	Duración días	Kc tabular	Kc Promedio	Tiempo Promedio	Tiempo
<i>Inicial</i>	150		0,35	75	75
<i>Desarrollo</i>	90		0,75	45	195
<i>Media</i>	90		1,13	45	285
<i>Final</i>	35		0,70	18	348

Anexo 8: Coeficiente de cultivo (Kc) para hortalizas (tomate)

Fases de desarrollo	Duración días	Kc tabular	Kc Promedio	Tiempo Promedio	Tiempo
<i>Inicial</i>	35	0,40 0,50	0,45	17,5	17,5
<i>Desarrollo</i>	45	0,70 0,80	0,75	22,5	57,5
<i>Media</i>	30	1,05 1,25	1,15	15	95
<i>Final</i>	30	0,80 0,95	0,88	15	125

Anexo 9: Coeficiente de cultivo (Kc) para leguminosas (fréjol verde)

Fases de desarrollo	Duración días	Kc tabular	Kc Promedio	Tiempo Promedio	Tiempo
<i>Inicial</i>	20	0,30 0,40	0,35	10	10
<i>Desarrollo</i>	30	0,65 0,75	0,70	15	35
<i>Media</i>	30	0,95 1,05	1,00	15	65
<i>Final</i>	10	0,90 0,95	0,93	5	85



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Sistema de Riego "Campana-Malacatos", aplicando SIG, sector Belen.

Poligono	Propietario	Sector	Textura	P.M.P.	C.C.	Prof	Área	D.A.	Prof	P a	Cultivo	Riego	LARA	Db	Db	Área
				dec	dec	m	Ha	gr/cm ³	m	%			l/s/ha	m3/ha/mes	ha	
253	Luis Amay	Belen	Arcilloso	0,17	0,30	1,30	0,59	1,41	0,50	0,40	Caña	Aspersión	27,24			
254	Segundo Caigua	Belen	Arcilloso	0,17	0,30	1,30	1,34	1,41	0,50	0,40	Caña	Aspersión	27,24			
267	Antonio Salinas	Belen	Arcilloso	0,17	0,30	1,30	1,12	1,41	0,50	0,40	Caña	Aspersión	27,24			
273	Sr. Amay	Belen	Arcilloso	0,17	0,30	1,30	0,02	1,41	0,50	0,40	Caña	Aspersión	27,24			
274	Segundo Granda	Belen	Arcilloso	0,17	0,30	1,30	2,43	1,41	0,50	0,40	Caña	Aspersión	27,24			
275	Franco Espinoza	Belen	Arcilloso	0,17	0,30	1,30	0,17	1,41	0,50	0,40	Caña	Aspersión	27,24	0,66	1710,72	7,30
276	Adelmo Puglla	Belen	Arcilloso	0,17	0,30	1,30	0,32	1,41	0,50	0,40	Caña	Aspersión	27,24			
277	Manuel Guaman	Belen	Arcilloso	0,17	0,30	1,30	0,04	1,41	0,50	0,40	Caña	Aspersión	27,24			
284	Manuel Guaman	Belen	Arcilloso	0,17	0,30	1,30	0,52	1,41	0,50	0,40	Caña	Aspersión	27,24			
285	Simon Villamagua	Belen	Arcilloso	0,17	0,30	1,30	0,35	1,41	0,50	0,40	Caña	Aspersión	27,24			
286	Bernardo Cuenca	Belen	Arcilloso	0,17	0,30	1,30	0,38	1,41	0,50	0,40	Caña	Aspersión	27,24			
257	Teodoro Valdiviezo	Belen	Arcilloso	0,17	0,30	1,30	0,49	1,41	0,70	0,25	Hortalizas, frutales	Goteo	23,84			
258	Segundo Granda	Belen	Arcilloso	0,17	0,30	1,30	0,26	1,41	0,70	0,25	Hortalizas, frutales	Goteo	23,84			
259	Segundo Granda	Belen	Arcilloso	0,17	0,30	1,30	1,25	1,41	0,70	0,25	Hortalizas, frutales	Goteo	23,84			
279	Benigno Ruales	Belen	Arcilloso	0,17	0,30	1,30	1,36	1,41	0,70	0,25	Hortalizas, frutales	Goteo	23,84	0,45	1166,40	12,91
283	Ing. Godoy	Belen	Arcilloso	0,17	0,30	1,30	4,85	1,41	0,70	0,25	Hortalizas, frutales	Goteo	23,84			
338	Carlos Ruales	Belen	Arcilloso	0,17	0,30	1,30	1,54	1,41	0,70	0,25	Hortalizas, frutales	Goteo	23,84			
349	Segundo Granda	Belen	Arcilloso	0,17	0,30	1,30	2,26	1,41	0,70	0,25	Hortalizas, frutales	Goteo	23,84			
350	Sr. Amay	Belen	Arcilloso	0,17	0,30	1,30	0,91	1,41	0,70	0,25	Hortalizas, frutales	Goteo	23,84			
251	Pedro Ruales	Belen	Arcilloso	0,17	0,30	1,30	0,51	1,41	0,50	0,40	Caña	Surcos	27,24			
255	Victor Salinas	Belen	Arcilloso	0,17	0,30	1,30	0,98	1,41	0,50	0,40	Caña	Surcos	27,24			
256	Luis Amay	Belen	Arcilloso	0,17	0,30	1,30	1,59	1,41	0,50	0,40	Caña	Surcos	27,24			
260	Julio Condoro	Belen	Arcilloso	0,17	0,30	1,30	4,03	1,41	0,50	0,40	Caña	Surcos	27,24			
261	Carlos Ruales	Belen	Arcilloso	0,17	0,30	1,30	1,40	1,41	0,50	0,40	Caña	Surcos	27,24			
265	Victor Chamba	Belen	Arcilloso	0,17	0,30	1,30	1,96	1,41	0,50	0,40	Caña	Surcos	27,24			
266	Astolfo Salinas	Belen	Arcilloso	0,17	0,30	1,30	1,30	1,41	0,50	0,40	Caña	Surcos	27,24			
268	S/N	Belen	Arcilloso	0,17	0,30	1,30	0,12	1,41	0,50	0,40	Caña	Surcos	27,24			
269	Luis Ruales	Belen	Arcilloso	0,17	0,30	1,30	0,56	1,41	0,50	0,40	Caña	Surcos	27,24	0,83	2151,36	30,53
278	Carlos Delgado	Belen	Arcilloso	0,17	0,30	1,30	6,70	1,41	0,50	0,40	Caña	Surcos	27,24			
280	Manuel Ruales	Belen	Arcilloso	0,17	0,30	1,30	1,21	1,41	0,50	0,40	Caña	Surcos	27,24			
281	Luis Ruales	Belen	Arcilloso	0,17	0,30	1,30	2,74	1,41	0,50	0,40	Caña	Surcos	27,24			
282	Vicente Mendoza	Belen	Arcilloso	0,17	0,30	1,30	0,27	1,41	0,50	0,40	Caña	Surcos	27,24			
297	Julio Peralta	Belen	Arcilloso	0,17	0,30	1,30	1,97	1,41	0,50	0,40	Caña	Surcos	27,24			
351	Augusto Chamba	Belen	Arcilloso	0,17	0,30	1,30	1,00	1,41	0,50	0,40	Caña	Surcos	27,24			
352	Luis Ordonez	Belen	Arcilloso	0,17	0,30	1,30	4,20	1,41	0,50	0,40	Caña	Surcos	27,24			

Sistema de Riego "Campana-Malacatos", aplicando SIG, sector San José.

Polígono	Propietario	Sector	Textura	P.M.P.	C.C.	Prof	Área	D.A.	Prof	P a	Cultivo	Riego	LARA	Db	Db	Área
				dec	dec	m	Ha	gr/cm ³	m	%			l/s/ha	m3/ha/mes	ha	
109	Enrique Jaramillo	San José	Franco Arcilloso	0,15	0,28	1,45	1,23	1,66	0,50	0,40	Caña	Aspersión	29,98			
112	Luís Ochoa	San José	Franco Arcilloso	0,15	0,28	1,45	1,24	1,66	0,50	0,40	Caña	Aspersión	29,98			
113	Teodoro Valdivieso	San José	Franco Arcilloso	0,15	0,28	1,45	1,74	1,66	0,50	0,40	Caña	Aspersión	29,98			
114	Cornelio Romero	San José	Franco Arcilloso	0,15	0,28	1,45	0,40	1,66	0,50	0,40	Caña	Aspersión	29,98	0,66		
115	S/N	San José	Franco Arcilloso	0,15	0,28	1,45	0,06	1,66	0,50	0,40	Caña	Aspersión	29,98			
116	Delia Ruales	San José	Franco Arcilloso	0,15	0,28	1,45	0,23	1,66	0,50	0,40	Caña	Aspersión	29,98		1881,67	11,61
117	Lucio Romero	San José	Franco Arcilloso	0,15	0,28	1,45	1,89	1,66	0,50	0,40	Caña	Aspersión	29,98			
126	Mario Correa	San José	Franco Arcilloso	0,15	0,28	1,45	0,32	1,66	0,50	0,40	Caña	Aspersión	29,98			
108	Dautson Rojas	San José	Franco Arcilloso	0,15	0,28	1,45	0,24	1,66	0,50	0,40	Caña	Surcos	29,98			
110	Carlos González	San José	Franco Arcilloso	0,15	0,28	1,45	2,63	1,66	0,50	0,40	Caña	Surcos	29,98	0,83		
111	Reinaldo Valarezo	San José	Franco Arcilloso	0,15	0,28	1,45	1,64	1,66	0,50	0,40	Caña	Surcos	29,98			
118	Segundo Granda	San José	Franco Arcilloso	0,15	0,28	1,45	0,99	1,66	0,70	0,25	Hortalizas, frutales	Goteo	26,23			
119	Segundo Granda	San José	Franco Arcilloso	0,15	0,28	1,45	0,49	1,66	0,70	0,25	Hortalizas, frutales	Goteo	26,23			
120	Francisco Torres	San José	Franco Arcilloso	0,15	0,28	1,45	1,22	1,66	0,70	0,25	Hortalizas, frutales	Goteo	26,23			
121	Luís Granda	San José	Franco Arcilloso	0,15	0,28	1,45	0,82	1,66	0,70	0,25	Hortalizas, frutales	Goteo	26,23			
122	Sr. Morales	San José	Franco Arcilloso	0,15	0,28	1,45	0,65	1,66	0,70	0,25	Hortalizas, frutales	Goteo	26,23			
123	Rosario Cartuche	San José	Franco Arcilloso	0,15	0,28	1,45	0,45	1,66	0,70	0,25	Hortalizas, frutales	Goteo	26,23			
124	Rosario Cartuche	San José	Franco Arcilloso	0,15	0,28	1,45	0,47	1,66	0,70	0,25	Hortalizas, frutales	Goteo	26,23	0,45	1166,40	9,34
125	Vicente Chamba	San José	Franco Arcilloso	0,15	0,28	1,45	1,26	1,66	0,70	0,25	Hortalizas, frutales	Goteo	26,23			
127	Isidoro Granda	San José	Franco Arcilloso	0,15	0,28	1,45	0,69	1,66	0,70	0,25	Hortalizas, frutales	Goteo	26,23			
128	Inverna	San José	Franco Arcilloso	0,15	0,28	1,45	0,27	1,66	0,70	0,25	Hortalizas, frutales	Goteo	26,23			
129	Juan Ortiz	San José	Franco Arcilloso	0,15	0,28	1,45	0,66	1,66	0,70	0,25	Hortalizas, frutales	Goteo	26,23			
130	Amadeo Luna	San José	Franco Arcilloso	0,15	0,28	1,45	0,14	1,66	0,70	0,25	Hortalizas, frutales	Goteo	26,23			
131	Amadeo Luna	San José	Franco Arcilloso	0,15	0,28	1,45	0,52	1,66	0,70	0,25	Hortalizas, frutales	Goteo	26,23			
326	Isidoro Granda	San José	Franco Arcilloso	0,15	0,28	1,45	0,71	1,66	0,70	0,25	Hortalizas, frutales	Goteo	26,23			

Qm	Qm	Dp	N	N	Ir	Dr	Tr	T calc	Tiempo T	Tiempo Disp	T corr	T adopt	Horas riego					
<i>l/s - 24hr</i>	<i>l/s - 12hr</i>	<i>m3/ha</i>	<i>calculado</i>	<i>ajustado</i>	<i>días</i>	<i>l/ha</i>	<i>min</i>	<i>min</i>	<i>min</i>	<i>min</i>	<i>min</i>	<i>horas</i>	<i>desde</i>	<i>hasta</i>	<i>dia</i>	<i>hora</i>	<i>dia</i>	<i>hora</i>
								380,01			380,01	06H20	Lunes	06H00	Lunes	12H20		
								385,70			385,70	06H25	Lunes	12H20	Martes	06H45		
								538,01			538,01	09H00	Martes	06H45	Martes	15H45		
								122,49			122,49	02H00	Martes	15H45	Martes	17H45		
								19,95			19,95	00H20	Martes	17H45	Miercoles	06H05		
8,43	16,86	299,80	6,28	6,00	5,00	313611,83	309,98	71,76	3600,00	3600,00	71,76	01H10	Miercoles	06H05	Miercoles	07H15		
								586,87			586,87	09H45	Miercoles	07H15	Miercoles	17H00		
								98,56			98,56	01H40	Miercoles	17H00	Jueves	06H40		
								73,78			73,78	01H15	Jueves	06H40	Jueves	07H55		
								814,25			814,25	13H35	Jueves	07H55	Viernes	09H30		
								508,62			508,62	08H30	Viernes	09H30	Viernes	18H00		
								229,95			229,95	03H50	Lunes	06H00	Lunes	09H50		
								113,04			113,04	01H55	Lunes	09H50	Lunes	11H45		
								281,86			281,86	04H35	Lunes	11H45	Lunes	16H20		
								188,77			188,77	03H10	Lunes	16H20	Martes	07H30		
								149,56			149,56	02H30	Martes	07H30	Martes	10H00		
								104,97			104,97	01H45	Martes	10H00	Martes	11H45		
4,20	8,41	262,32	4,45	10,00	3,00	116640,00	231,27	109,74	2160,00	2160,00	109,74	01H50	Martes	11H45	Martes	13H35		
								292,53			292,53	04H50	Martes	13H35	Miercoles	06H25		
								159,48			159,48	02H40	Miercoles	06H25	Miercoles	09H05		
								62,75			62,75	01H05	Miercoles	09H05	Miercoles	10H10		
								151,90			151,90	02H30	Miercoles	10H10	Miercoles	12H40		
								32,50			32,50	00H35	Miercoles	12H40	Miercoles	13H15		
								119,29			119,29	02H00	Miercoles	13H15	Miercoles	15H15		
								163,64			163,64	02H45	Miercoles	15H15	Miercoles	18H00		

l de la Estación Meteorológica "Cajanuma", (mm).

Estación:	Cajanuma												Latitud:	04° 03` 55" S	Longitud:	79° 11` 40" W	Elevación:	2 380 m.s.n.m.
AÑO / MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	SUMA					
1969	92,4	136,7	64,3	147,2	68,8	71,9	24,8	150,5	48,1	49,3	84,1	200,6	1138,7					
1970	247,5	185,3	138,4	38,8	78,2	200,0	89,9	98,4	188,8	130,7	143,9	114,8	1654,7					
1971	93,9	142,7	220,4	93,6	77,5	93,0	59,4	60,9	70,1	73,3	54,1	131,8	1170,7					
1972	128,6	144,9	274,5	185,7	48,5	50,7	66,1	29,9	41,1	61,6	110,3	143,0	1284,9					
1973	224,5	236,7	176,4	146,9	55,7	71,9	82,5	74,5	42,1	36,0	59,6	125,0	1331,8					
1974	85,0	121,4	194,1	70,0	43,1	96,0	96,3	95,7	33,2	135,0	93,7	112,6	1176,1					
1975	93,9	176,2	78,3	140,6	42,4	176,9	70,2	83,3	44,8	107,1	39,8	32,4	1085,9					
1976	134,5	194,4	147,2	204,5	65,3	87,6	92,9	104,0	16,7	35,0	116,3	101,9	1300,3					
1977	89,1	87,9	141,1	217,5	19,6	94,6	22,6	67,5	57,5	91,8	37,1	75,0	1001,3					
1978	45,9	79,7	257,4	121,1	84,5	77,3	67,8	62,5	36,9	53,5	57,4	49,9	993,9					
1979	50,5	71,0	257,5	97,9	29,6	16,8	30,9	75,3	46,3	58,5	17,7	80,6	832,6					
1980	173,7	245,4	202,1	158,1	54,8	42,0	31,2	28,9	33,4	74,6	74,2	98,7	1217,1					
1981	91,7	96,8	217,2	94,2	19,6	41,2	41,5	16,2	7,4	82,1	87,1	113,0	908,0					
1982	141,6	120,7	119,6	101,4	88,6	9,8	45,8	35,8	38,9	149,8	155,8	172,1	1179,9					
1983	193,3	243,4	304,0	117,2	85,7	44,2	39,6	16,0	66,0	110,7	29,2	160,0	1409,3					
1984	81,0	206,6	185,4	147,6	59,3	126,9	87,6	67,7	52,9	95,5	72,9	70,8	1254,2					
1985	92,6	103,4	122,2	93,9	191,5	19,2	39,5	97,6	45,5	111,1	91,2	129,4	1137,1					
1986	80,3	183,7	221,4	147,9	50,0	21,2	33,7	25,5	80,8	58,6	112,7	125,9	1141,7					
1987	83,6	115,3	202,5	161,7	91,1	32,5	107,6	52,9	27,9	94,0	58,4	77,0	1104,5					
1988	146,5	182,5	155,1	139,9	82,3	35,7	84,4	51,3	33,7	93,7	82,8	68,6	1156,5					
1989	156,4	198,3	284,5	86,6	93,0	69,4	58,3	55,9	49,7	95,6	33,2	21,5	1202,4					
1990	134,5	204,4	157,2	126,3	85,3	73,6	30,4	24,6	26,6	129,7	125,8	132,0	1250,4					
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					
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					
1993	103,9	99,0	339,8	103,6	27,6	61,0	65,0	28,6	44,2	151,4	87,5	251,2	1362,8					
1994	300,0	74,1	197,4	120,9	87,3	65,9	60,0	96,6	31,8	59,9	44,6	117,8	1256,3					
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					
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					
1997	160,2	106,8	133,5	93,8	63,8	31,5	68,9	49,9	58,5	81,2	98,5	162,3	1108,9					
1998	56,5	134,4	177,9	117,4	70,1	100,6	66,4	37,8	22,4	115,5	92,9	63,0	1054,9					
SUMA	3666,4	4524,3	5596,1	3690,8	2064,7	1997,2	1690,6	1713,4	1359,6	2515,5	2340,9	3275,3	34434,7					
MEDIA	122,2	150,8	186,5	123,0	68,8	66,6	56,4	57,1	45,3	83,8	78,0	109,2	1147,8					

FUENTE: Anuarios Meteorológicos del INAMHI

1 de la Estación Meteorológica "San Francisco" (mm).

Estación:	San Francisco			Latitud:	03° 57' 50" S	Longitud:	79° 04' 19" W	Elevación: 1 620 m.s.n.m.					
AÑO / MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	SUMA
1969	140,4	184,7	150,5	187,2	222,3	224,8	196,2	335,5	198,0	124,1	127,0	166,3	2257,0
1970	203,5	271,8	269,6	237,2	340,3	379,7	222,8	199,3	185,6	190,9	92,5	146,0	2739,2
1971	215,4	134,4	201,5	208,6	206,2	242,8	223,8	156,3	213,4	102,4	96,5	140,7	2142,0
1972	224,8	98,3	186,9	117,3	200,5	289,5	425,6	97,7	228,3	200,0	126,2	127,0	2322,1
1973	274,4	194,3	172,5	149,7	222,1	178,8	238,4	227,5	127,7	58,8	77,2	91,1	2012,5
1974	86,0	95,3	54,7	179,4	228,6	241,3	378,0	100,3	141,8	100,2	126,2	109,3	1841,1
1975	174,9	145,8	100,3	257,8	230,8	468,0	231,6	376,5	152,1	180,5	89,4	39,9	2447,6
1976	150,0	70,0	238,7	322,5	215,9	548,8	238,7	292,5	106,1	184,0	150,2	80,5	2597,9
1977	183,1	245,4	282,5	289,0	154,1	360,8	243,8	287,5	167,3	141,0	106,7	98,2	2559,4
1978	165,1	126,8	240,7	259,8	187,5	344,4	320,1	260,8	234,2	176,6	103,4	99,9	2519,3
1979	93,6	98,8	224,2	286,2	167,7	204,4	205,8	128,2	155,5	94,7	138,8	138,8	1936,7
1980	158,1	131,9	318,2	269,0	193,3	567,8	339,8	136,2	160,5	252,3	161,0	161,0	2849,1
1981	64,6	221,5	145,4	264,0	82,6	253,2	201,1	140,6	80,8	131,0	80,3	160,6	1825,7
1982	89,4	45,5	149,4	215,5	208,1	94,6	223,2	209,0	118,0	112,4	115,6	160,7	1741,4
1983	194,0	200,1	185,6	124,2	246,7	183,6	214,2	180,2	188,5	216,7	129,8	142,8	2206,4
1984	74,9	206,0	202,2	280,2	186,6	360,8	245,0	168,9	150,6	120,9	95,5	214,5	2306,1
1985	178,0	177,0	176,8	191,2	214,3	165,1	173,8	173,8	176,0	195,8	187,7	198,8	2208,3
1986	145,4	93,3	205,0	229,9	148,8	170,1	198,5	117,9	153,9	118,6	105,0	175,7	1862,1
1987	156,5	197,4	180,2	134,0	156,7	121,5	120,2	129,6	148,9	145,9	109,4	88,3	1688,6
1988	239,3	276,1	197,2	232,3	157,4	119,3	171,3	145,8	143,7	155,5	178,0	170,8	2186,7
1989	335,1	339,4	417,6	135,3	162,8	129,4	112,2	112,2	165,0	282,8	76,6	87,2	2355,6
1990	218,0	113,3	394,9	167,1	136,4	217,3	220,7	161,7	116,4	139,9	229,8	180,6	2296,1
1991	76,7	673,2	258,5	187,7	196,8	343,8	243,1	177,8	82,6	164,4	90,0	77,5	2572,1
1992	66,5	143,4	183,1	234,6	183,1	297,5	251,9	117,3	206,0	149,6	131,4	133,2	2097,6
1993	166,8	135,3	267,5	257,6	160,9	362,5	314,5	236,8	181,7	219,9	77,5	239,4	2620,4
1994	150,0	157,3	128,5	216,9	290,9	359,6	297,3	108,4	250,3	112,1	81,7	241,9	2394,9
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
1996	56,1	168,8	154,9	208,0	164,0	150,3	239,0	174,8	142,9	173,8	94,7	88,4	1815,7
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
1998	87,3	89,9	150,0	208,0	136,2	320,3	227,5	113,7	82,4	158,6	84,4	113,8	1772,1
SUMA	4519,5	5358,1	6159,5	6509,4	6109,0	7981,9	7178,9	5352,7	4691,2	4580,8	3538,2	4164,8	66144,0
MEDIA	150,7	178,6	205,3	217,0	203,6	266,1	239,3	178,4	156,4	152,7	117,9	138,8	2204,8

de la Estación Meteorológica "Vilcabamba" (mm).

Estación:	Vilcabamba												Latitud:	04° 15' 16" S	Longitud:	79° 13' 05" W	Elevación:	1 560 m.s.n.m.
AÑO / MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	SUMA					
1969	82,0	19,8	56,4	254,7	0,0	26,3	0,0	23,2	47,0	59,2	156,9	103,7	829,2					
1970	93,0	118,8	104,6	58,3	58,9	25,4	6,2	8,6	21,6	99,3	138,3	58,0	791,0					
1971	129,0	104,6	274,8	85,4	30,6	70,1	9,4	7,6	46,2	30,0	26,6	71,4	885,7					
1972	70,6	79,8	343,0	191,1	43,5	10,0	11,2	17,6	12,7	58,1	151,6	112,7	1101,9					
1973	88,0	101,0	128,4	149,5	71,0	58,6	43,0	14,0	33,5	19,6	29,7	81,1	817,4					
1974	32,3	149,7	130,0	32,4	7,4	12,2	34,5	15,5	14,3	102,5	222,4	108,1	861,3					
1975	69,4	198,8	136,7	160,0	114,1	73,1	31,6	37,6	5,5	85,9	44,2	48,6	1005,5					
1976	181,4	317,4	177,1	153,7	61,4	16,5	19,6	28,5	5,9	50,0	51,7	136,7	1199,9					
1977	118,8	78,4	55,0	80,8	4,4	7,9	0,0	21,3	43,8	82,5	14,2	83,9	591,0					
1978	78,5	38,2	130,6	44,7	90,7	15,3	17,3	9,7	14,7	16,2	9,2	39,5	504,6					
1979	86,4	56,7	325,3	101,9	36,9	15,5	1,9	56,5	51,4	54,3	5,2	39,8	831,8					
1980	91,0	172,6	44,3	110,5	7,3	11,3	1,9	2,0	24,2	34,1	76,4	83,7	659,3					
1981	88,2	145,2	192,5	55,9	31,4	0,0	0,0	5,0	1,6	80,3	65,1	141,6	806,8					
1982	91,3	61,9	82,2	89,7	81,0	0,0	0,0	0,0	31,6	89,6	140,0	265,8	933,1					
1983	193,9	41,7	151,5	152,0	83,1	20,5	7,4	1,2	7,2	143,7	40,9	187,2	1030,3					
1984	77,4	292,7	159,4	153,5	56,6	12,2	11,2	24,7	56,5	157,1	90,2	25,7	1117,2					
1985	139,7	38,7	60,1	48,9	52,4	1,8	1,5	13,7	21,8	77,0	52,0	136,6	644,2					
1986	71,7	144,0	157,9	104,0	36,7	0,9	1,3	2,6	52,0	45,9	46,2	102,1	765,3					
1987	91,5	11,8	196,7	110,6	130,4	0,0	15,8	15,5	24,3	59,0	68,5	29,5	753,6					
1988	107,2	133,0	46,8	170,4	35,7	12,8	26,0	5,5	7,9	75,7	98,2	90,9	810,1					
1989	164,9	150,0	255,3	100,8	20,8	25,6	10,3	1,1	60,2	88,6	10,7	55,8	944,1					
1990	64,2	197,6	84,5	127,0	59,1	20,4	9,2	9,6	12,2	112,2	63,9	82,2	842,1					
1991	53,0	110,8	190,8	97,4	73,8	28,1	18,1	2,1	41,4	28,9	125,9	74,1	844,4					
1992	49,9	112,5	87,2	71,2	51,5	2,6	0,8	5,8	47,4	38,2	129,2	141,0	737,3					
1993	174,2	221,5	337,7	127,9	35,8	1,2	45,3	0,3	82,2	103,6	119,6	256,4	1505,7					
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					
1995	19,0	111,6	111,2	162,4	35,2	2,2	11,6	2,8	7,8	85,5	175,4	127,0	851,7					
1996	113,9	162,0	247,9	101,3	26,2	106,6	0,0	4,1	11,6	52,9	47,0	50,9	924,4					
1997	112,2	75,8	63,3	106,4	11,1	6,7	3,0	0,0	90,9	99,8	89,6	87,4	746,2					
1998	47,7	136,9	148,7	169,7	92,0	11,4	1,6	16,4	4,6	116,6	4,2	43,0	792,8					
SUMA	2927,7	3788,5	4684,5	3511,3	1465,3	600,7	345,6	365,3	891,1	2368,3	2366,3	2911,2	26225,8					
MEDIA	97,6	126,3	156,2	117,0	48,8	20,0	11,5	12,2	29,7	78,9	78,9	97,0	874,2					

l de la Estación Meteorológica "Yangana" (mm).

Latitud: **04° 21' 46" S** Longitud: **79° 10' 32" W** Elevación: **1 860 m.s.n.m.**

Estación: Yangana													
AÑO / MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	SUMA
1969	134,5	321,3	157,7	181,1	69,7	97,7	111,4	86,6	130,5	229,7	195,8	140,8	1856,7
1970	317,9	190,7	151,4	65,5	105,3	99,6	64,1	68,9	84,8	70,4	213,3	137,3	1569,2
1971	154,4	258,3	183,2	179,8	122,0	85,6	93,8	43,4	65,7	48,3	41,2	19,5	1295,3
1972	22,6	143,1	203,4	231,3	109,8	199,8	141,3	126,0	109,8	77,6	146,6	134,4	1645,7
1973	152,0	444,4	423,2	273,2	156,8	69,0	86,6	215,0	71,0	75,2	87,4	174,4	2228,2
1974	79,2	318,6	320,0	43,0	70,2	92,4	151,8	55,4	109,4	248,2	145,1	52,7	1686,0
1975	98,0	164,7	380,7	549,5	507,2	117,0	36,5	46,4	15,2	151,4	111,0	55,3	2232,7
1976	283,5	454,1	280,7	287,9	103,0	333,7	172,5	35,2	7,8	8,5	8,9	127,8	2103,5
1977	285,3	211,1	325,6	541,6	90,7	115,4	20,2	95,8	63,6	103,7	52,0	87,0	1992,1
1978	60,0	63,6	104,2	93,0	153,6	126,2	50,3	62,8	43,3	56,0	23,3	67,5	903,8
1979	59,1	117,1	275,0	233,8	75,4	45,9	91,9	20,7	33,2	67,3	32,3	86,7	1138,4
1980	237,0	213,0	120,9	160,3	60,8	65,3	64,5	45,1	81,0	79,9	293,8	147,4	1569,1
1981	114,3	183,9	186,6	97,7	60,7	29,0	45,5	33,7	48,6	138,6	59,8	168,8	1167,3
1982	196,3	181,9	150,9	200,2	132,7	3,8	43,7	33,3	76,6	130,3	186,4	331,5	1667,4
1983	442,8	364,0	537,8	388,4	446,8	152,3	96,5	71,3	132,5	478,8	80,4	237,0	3428,5
1984	88,0	510,2	152,0	220,6	72,5	50,0	73,5	61,7	107,2	196,2	99,6	75,3	1706,7
1985	128,2	59,7	121,7	132,0	122,1	51,2	38,9	64,4	18,0	60,0	82,1	251,6	1130,0
1986	144,9	223,3	116,9	132,0	48,7	31,0	39,0	7,6	79,1	64,1	53,0	136,1	1075,8
1987	156,5	61,0	157,2	117,0	74,4	17,9	76,3	15,0	15,1	121,5	135,4	38,1	985,5
1988	184,4	219,0	57,3	161,7	43,0	37,7	50,2	26,9	35,1	140,1	91,6	119,1	1166,0
1989	298,0	331,0	282,6	75,0	179,0	60,6	69,7	37,4	64,3	163,7	82,1	35,6	1679,0
1990	289,7	236,9	204,7	170,9	69,1	63,3	27,8	6,2	39,4	142,4	84,4	137,9	1472,7
1991	81,8	129,5	220,9	100,8	54,2	60,9	23,7	73,8	12,7	72,0	99,1	172,1	1101,5
1992	77,3	181,1	236,0	125,9	34,4	96,7	46,6	15,1	65,9	25,0	99,0	77,5	1080,4
1993	113,3	201,5	415,5	97,9	35,4	75,9	38,9	29,6	70,4	95,1	125,2	233,0	1531,7
1994	200,5	112,8	224,9	164,2	111,9	96,4	96,2	111,3	85,1	67,0	52,1	73,6	1396,0
1995	45,9	129,5	152,9	92,8	87,8	6,2	46,7	4,4	17,9	80,8	125,4	167,2	957,5
1996	161,8	146,2	252,4	155,3	38,2	46,8	80,6	40,1	39,3	50,6	42,6	29,0	1083,0
1997	178,0	70,7	225,2	132,0	80,9	9,2	61,6	81,1	34,3	97,3	82,1	97,4	1149,7
1998	66,0	84,7	178,3	170,4	69,2	71,0	40,8	31,5	18,5	0,0	158,4	145,7	1034,3
SUMA	4851,2	6326,6	6800,1	5575,1	3385,3	2407,6	2080,9	1645,5	1775,1	3339,7	3089,4	3757,1	45033,7
MEDIA	161,7	210,9	226,7	185,8	112,8	80,3	69,4	54,9	59,2	111,3	103,0	125,2	1501,1

FUENTE: Anuarios Meteorológicos del INAMHI

de la Microcuenca de Captación "Campana" (mm). *Método del U.S. National Weather Service*

AÑO / MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	SUMA
1969	96,9	108,3	80,1	207,9	47,6	65,5	38,4	94,3	71,0	84,8	138,6	142,0	1175,4
1970	177,6	160,4	134,2	68,2	93,7	115,1	56,1	58,5	92,2	112,0	146,4	92,5	1306,8
1971	129,3	139,0	240,5	110,7	71,0	92,9	52,9	40,1	69,4	51,0	42,3	87,5	1126,7
1972	93,5	108,9	291,4	189,0	66,8	70,4	78,6	42,5	51,7	73,3	136,8	125,6	1328,5
1973	151,6	194,8	186,1	165,6	90,5	73,7	76,3	76,3	48,8	35,1	50,1	107,4	1256,4
1974	58,4	160,0	168,4	56,7	44,3	66,1	96,4	51,2	43,1	131,6	166,6	102,0	1144,9
1975	89,0	183,3	150,0	215,3	156,3	141,4	59,8	79,7	30,2	108,7	55,7	44,1	1313,4
1976	179,1	280,1	187,5	200,5	80,8	123,7	79,6	72,9	17,5	50,9	72,7	120,8	1466,0
1977	138,1	112,8	135,4	200,3	32,8	76,5	29,2	66,6	60,5	92,9	33,5	82,9	1061,4
1978	73,5	60,9	172,9	91,0	105,3	75,2	61,1	52,7	42,9	45,5	32,8	51,3	865,3
1979	72,8	72,5	290,5	133,7	50,7	35,4	39,2	62,9	55,9	60,6	23,4	66,1	963,7
1980	140,4	196,0	122,9	144,0	43,5	72,9	46,5	26,6	45,7	69,9	112,3	103,0	1123,7
1981	90,9	142,6	195,1	89,7	36,1	36,6	34,6	23,2	16,1	92,9	72,0	138,5	968,3
1982	120,1	94,0	107,9	118,4	100,6	11,1	37,4	32,0	46,9	114,5	148,9	238,9	1170,7
1983	227,6	157,1	251,2	171,8	146,7	58,6	45,7	29,6	56,1	185,7	50,1	182,5	1562,8
1984	79,7	290,2	169,4	171,2	70,1	79,1	60,9	54,0	70,0	141,6	86,9	60,9	1334,1
1985	127,6	71,6	96,1	84,9	115,5	26,9	31,7	58,0	40,7	94,3	78,5	155,2	981,1
1986	90,2	162,2	174,6	130,8	51,3	24,7	31,9	19,3	72,4	58,0	71,3	119,6	1006,4
1987	103,3	63,7	191,7	128,2	113,5	21,8	59,2	35,6	34,2	84,8	78,0	49,3	963,4
1988	139,9	170,8	92,0	165,4	60,2	31,5	58,1	33,2	30,2	96,2	99,3	94,8	1071,4
1989	194,4	204,1	280,7	96,0	74,9	51,6	40,6	31,0	66,2	116,7	32,3	45,6	1234,2
1990	127,9	198,1	147,3	136,0	74,4	57,7	35,1	25,9	28,6	123,7	98,2	112,3	1165,1
1991	72,5	185,0	223,6	118,8	89,7	76,2	37,6	48,5	36,7	56,2	102,4	97,0	1144,2
1992	73,2	130,1	122,0	106,5	63,5	53,5	41,7	16,7	64,4	47,1	117,8	110,6	947,1
1993	144,9	176,1	343,2	127,3	43,5	58,2	72,1	31,8	77,6	125,8	107,6	250,3	1558,4
1994	199,2	150,5	199,1	143,6	77,2	64,3	57,7	58,4	45,7	144,8	62,7	87,0	1290,2
1995	41,8	117,0	115,0	118,9	83,5	17,6	36,7	11,8	20,0	68,9	139,4	134,8	905,5
1996	116,0	165,3	212,1	117,2	43,6	82,3	38,1	30,1	27,3	59,8	42,3	48,7	982,8
1997	128,9	95,2	115,6	123,1	65,3	22,9	52,0	41,9	76,9	92,7	96,1	114,4	1025,1
1998	56,0	125,2	161,3	157,7	86,1	70,6	44,2	32,6	18,0	103,8	57,5	68,6	981,7
SUMA	3534,1	4475,9	5357,8	4088,6	2279,1	1853,9	1529,4	1337,8	1457,1	2723,5	2552,8	3234,4	34424,4
MEDIA	117,8	149,2	178,6	136,3	76,0	61,8	51,0	44,6	48,6	90,8	85,1	107,8	1147,5



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Microcuenca de Captación "Campana" (m³/s). Método del Polinomio Ecológico

	<i>K</i> = 0,006187			<i>n</i> = 0,69			<i>m</i> = 0,69			<i>A</i> = 34,685			
AÑO / MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	SUMA
1969	2,09	2,93	2,58	4,35	2,72	1,93	1,54	2,33	2,32	2,40	3,34	3,73	32,26
1970	3,39	4,22	3,77	2,57	2,54	3,04	2,23	1,85	2,43	2,97	3,64	3,03	35,68
1971	2,63	3,61	5,15	3,91	2,48	2,54	2,01	1,48	1,91	1,80	1,50	2,24	31,26
1972	2,03	2,92	5,66	5,31	2,95	2,15	2,29	1,72	1,62	2,06	3,24	3,47	35,41
1973	2,98	4,56	4,72	4,39	3,14	2,37	2,28	2,29	1,82	1,35	1,52	2,62	34,04
1974	1,39	3,49	4,25	2,62	1,61	1,88	2,55	2,00	1,53	2,96	4,05	3,31	31,64
1975	1,95	4,02	4,12	4,88	4,42	3,86	2,48	2,25	1,50	2,51	2,16	1,58	35,74
1976	3,41	5,89	5,24	4,91	3,22	3,12	2,67	2,27	1,20	1,41	2,04	2,98	38,34
1977	2,77	3,27	3,49	4,57	2,44	2,02	1,45	1,78	1,94	2,46	1,66	2,11	29,94
1978	1,67	1,99	3,71	3,17	2,89	2,48	2,03	1,77	1,53	1,50	1,27	1,52	25,54
1979	1,66	2,19	5,45	4,52	2,31	1,39	1,32	1,78	1,83	1,87	1,21	1,73	27,27
1980	2,81	4,51	3,82	3,69	2,22	2,02	1,74	1,17	1,37	1,95	2,83	2,97	31,10
1981	1,98	3,43	4,53	3,31	1,72	1,28	1,23	0,99	0,73	2,14	2,32	3,27	26,93
1982	2,48	2,86	2,94	3,18	2,98	1,32	1,10	1,18	1,43	2,71	3,68	5,18	31,04
1983	4,13	4,47	5,42	4,85	4,04	2,51	1,65	1,22	1,59	3,86	2,60	3,81	40,15
1984	1,78	5,47	5,03	4,39	2,86	2,32	2,05	1,80	2,02	3,29	2,90	2,12	36,02
1985	2,60	2,55	2,60	2,57	2,99	1,72	1,12	1,64	1,52	2,34	2,45	3,56	27,65
1986	1,97	3,72	4,35	3,81	2,28	1,19	1,09	0,88	1,80	1,94	2,08	2,96	28,05
1987	2,20	2,25	4,01	3,85	3,26	1,62	1,61	1,43	1,23	2,13	2,37	1,84	27,79
1988	2,80	4,15	3,19	3,81	2,64	1,40	1,65	1,38	1,12	2,29	2,79	2,76	29,98
1989	3,64	4,94	6,07	3,95	2,45	1,86	1,48	1,20	1,78	2,87	1,82	1,43	33,50
1990	2,60	4,47	4,18	3,72	2,68	1,98	1,42	1,05	1,02	2,73	2,96	3,03	31,86
1991	1,65	3,95	5,17	3,93	2,83	2,39	1,62	1,52	1,37	1,65	2,58	2,80	31,46
1992	1,67	3,12	3,38	3,10	2,30	1,81	1,51	0,92	1,64	1,68	2,77	3,12	27,02
1993	2,88	4,25	6,72	4,76	2,16	1,75	2,08	1,47	2,00	3,09	3,13	5,11	39,41
1994	3,71	4,21	4,65	4,14	2,79	2,11	1,89	1,85	1,62	3,19	2,53	2,39	35,08
1995	1,06	2,71	3,18	3,24	2,71	1,30	1,13	0,76	0,72	1,74	3,24	3,63	25,43
1996	2,41	3,92	4,91	3,83	2,06	2,17	1,66	1,17	1,03	1,64	1,56	1,56	27,92
1997	2,62	2,94	3,07	3,31	2,44	1,26	1,47	1,49	2,05	2,56	2,73	3,05	28,99
1998	1,34	2,93	3,93	4,11	3,02	2,28	1,69	1,27	0,86	2,34	2,15	2,03	27,97
SUMA	72,30	109,94	129,27	116,75	81,14	61,07	52,02	45,90	46,56	69,44	75,13	84,96	944,48
MEDIA	2,41	3,66	4,31	3,89	2,70	2,04	1,73	1,53	1,55	2,31	2,50	2,83	31,48

CURVA DE DURACIÓN GENERAL

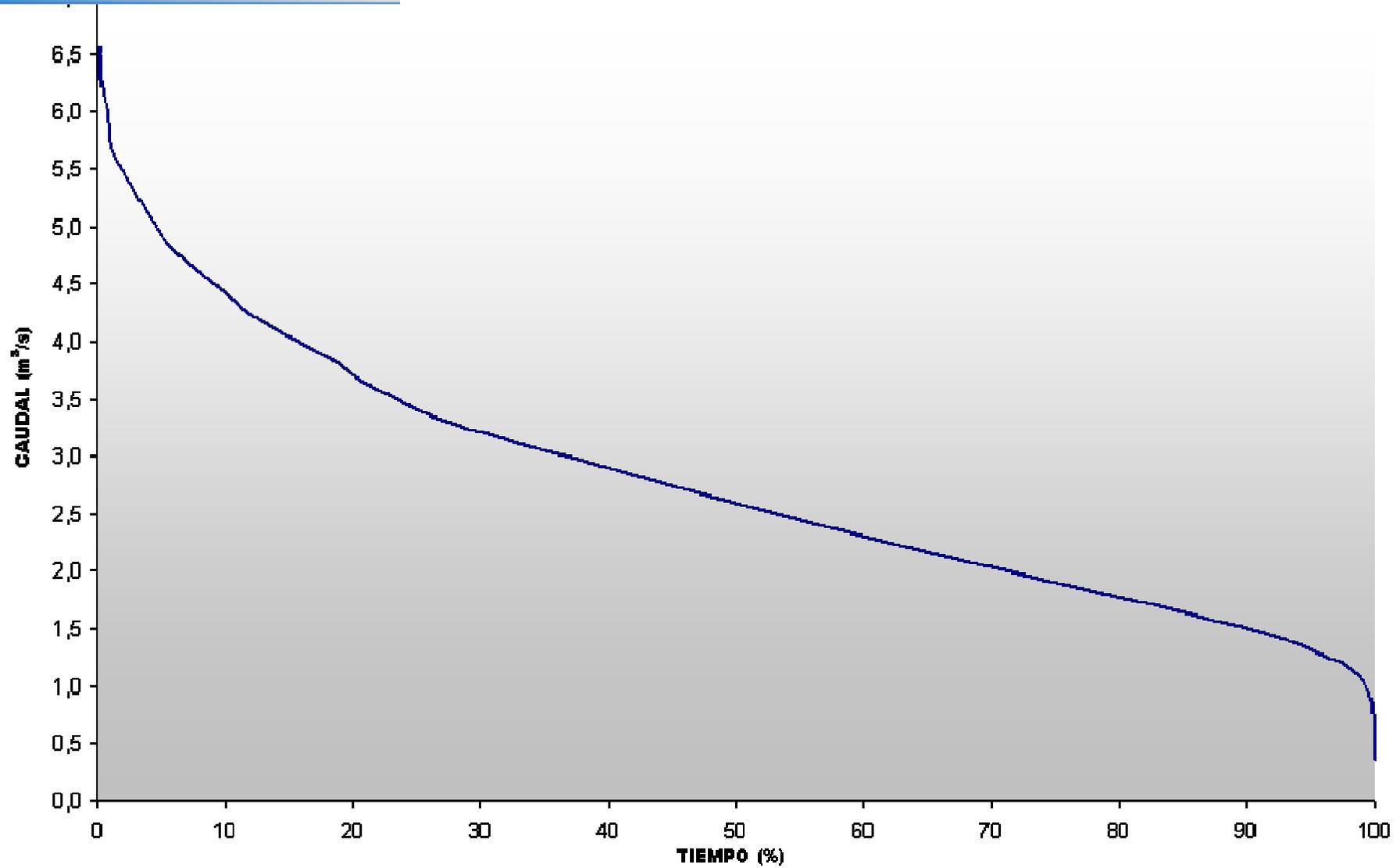


Figura 13: Curva de Duración General, Microcuenca "Campana". Loja, mayo de 2006.



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features

hídricos, riego por surcos, del Sistema de Riego "Campana-Malacatos".

Polyid	DATOS DE PARCELA				CULTIVO							SUELO				Prof. Efect	Ecu.	
	Area ha	Area neta ha	Propietario	Sector	Tipo de cultivo	Práctica agrícola	Et max mm/día	Prof raíces mm	Agua aprov %	Agua aprov decimal	Textura	C.C. %	C.C. decimal	P.M.P. %	P.M.P. decimal			Da
107	0,39	0,38	Rene Eguiguren	La Granja	Caña	Surcos	4,81	500	40	0,4	Arcilloso	36,40	0,36	19,80	0,20	1,30	1300	0,5540
108	0,25	0,24	Dautson Rojas	San José	Caña	Surcos	4,81	500	40	0,4	Franco Arcilloso	28,30	0,28	15,40	0,15	1,66	1300	1,6035
110	2,71	2,63	Carlos Gonzalez	San José	Caña	Surcos	4,81	500	40	0,4	Franco Arcilloso	28,30	0,28	15,40	0,15	1,66	1300	1,6035
111	1,69	1,64	Reinaldo Valarezo	San José	Caña	Surcos	4,81	500	40	0,4	Franco Arcilloso	28,30	0,28	15,40	0,15	1,66	1300	1,6035
134	0,90	0,87	Manuel Chamba	El Sauce	Caña	Surcos	4,81	500	40	0,4	Franco Arcilloso	25,40	0,25	13,80	0,14	1,60	1300	1,6035
135	0,08	0,08	Mario Correa	El Sauce	Caña	Surcos	4,81	500	40	0,4	Franco Arcilloso	25,40	0,25	13,80	0,14	1,60	1300	1,6035
136	1,50	1,46	Area Comunal	El Sauce	Caña	Surcos	4,81	500	40	0,4	Franco Arcilloso	25,40	0,25	13,80	0,14	1,60	1300	1,6035
146	2,01	1,95	Juan Chamba	El Sauce	Caña	Surcos	4,81	500	40	0,4	Franco Arcilloso	25,40	0,25	13,80	0,14	1,60	1300	1,6035
147	4,94	4,80	Franco Aguirre	El Carmen	Caña	Surcos	4,81	500	40	0,4	Franco	23,20	0,23	12,60	0,13	1,50	1300	2,4100
148	1,58	1,53	Ramiro Aguirre	El Carmen	Caña	Surcos	4,81	500	40	0,4	Franco	23,20	0,23	12,60	0,13	1,50	1300	2,4100
149	1,01	0,98	S/N	El Sauce	Caña	Surcos	4,81	500	40	0,4	Franco Arcilloso	25,40	0,25	13,80	0,14	1,60	1300	1,6035
150	0,15	0,15	Humberto Puglla	El Sauce	Caña	Surcos	4,81	500	40	0,4	Franco Arcilloso	25,40	0,25	13,80	0,14	1,60	1300	1,6035
151	1,61	1,56	Victor E. Vivanco	El Carmen	Caña	Surcos	4,81	500	40	0,4	Franco	23,20	0,23	12,60	0,13	1,50	1300	2,4100
152	0,52	0,51	Victor E. Vivanco	El Carmen	Caña	Surcos	4,81	500	40	0,4	Franco	23,20	0,23	12,60	0,13	1,50	1300	2,4100
153	2,04	1,98	Alejandro Garcia	El Carmen	Caña	Surcos	4,81	500	40	0,4	Franco	23,20	0,23	12,60	0,13	1,50	1300	2,4100
154	1,87	1,81	Alejandro Garcia	El Carmen	Caña	Surcos	4,81	500	40	0,4	Franco	23,20	0,23	12,60	0,13	1,50	1300	2,4100
155	0,86	0,83	Victor Bueno	El Carmen	Caña	Surcos	4,81	500	40	0,4	Franco	23,20	0,23	12,60	0,13	1,50	1300	2,4100
156	1,49	1,44	Victor Alfonso	El Carmen	Caña	Surcos	4,81	500	40	0,4	Franco	23,20	0,23	12,60	0,13	1,50	1300	2,4100
159	0,63	0,61	Victor Alejo	El Carmen	Caña	Surcos	4,81	500	40	0,4	Franco	23,20	0,23	12,60	0,13	1,50	1300	2,4100
251	0,52	0,51	Pedro Ruales	Belen	Caña	Surcos	4,81	500	40	0,4	Arcilloso	30,30	0,30	16,50	0,17	1,41	1300	0,5540
255	1,01	0,98	Victor Salinas	Belen	Caña	Surcos	4,81	500	40	0,4	Arcilloso	30,30	0,30	16,50	0,17	1,41	1300	0,5540
256	1,63	1,59	Luis Amay	Belen	Caña	Surcos	4,81	500	40	0,4	Arcilloso	30,30	0,30	16,50	0,17	1,41	1300	0,5540
260	4,16	4,03	Julio Condoro	Belen	Caña	Surcos	4,81	500	40	0,4	Arcilloso	30,30	0,30	16,50	0,17	1,41	1300	0,5540
261	1,45	1,40	Carlos Ruales	Belen	Caña	Surcos	4,81	500	40	0,4	Arcilloso	30,30	0,30	16,50	0,17	1,41	1300	0,5540
265	2,02	1,96	Victor Chamba	Belen	Caña	Surcos	4,81	500	40	0,4	Arcilloso	30,30	0,30	16,50	0,17	1,41	1300	0,5540
266	1,34	1,30	Astolfo Salinas	Belen	Caña	Surcos	4,81	500	40	0,4	Arcilloso	30,30	0,30	16,50	0,17	1,41	1300	0,5540
268	0,13	0,12	S/N	Belen	Caña	Surcos	4,81	500	40	0,4	Arcilloso	30,30	0,30	16,50	0,17	1,41	1300	0,5540
269	0,57	0,56	Luis Ruales	Belen	Caña	Surcos	4,81	500	40	0,4	Arcilloso	30,30	0,30	16,50	0,17	1,41	1300	0,5540
270	0,46	0,44	Marco Sanchez	El Sauce	Caña	Surcos	4,81	500	40	0,4	Franco Arcilloso	25,40	0,25	13,80	0,14	1,60	1300	1,6035
278	6,91	6,70	Carlos Delgado	Belen	Caña	Surcos	4,81	500	40	0,4	Arcilloso	30,30	0,30	16,50	0,17	1,41	1300	0,5540
280	1,25	1,21	Manuel Ruales	Belen	Caña	Surcos	4,81	500	40	0,4	Arcilloso	30,30	0,30	16,50	0,17	1,41	1300	0,5540
281	2,82	2,74	Luis Ruales	Belen	Caña	Surcos	4,81	500	40	0,4	Arcilloso	30,30	0,30	16,50	0,17	1,41	1300	0,5540
282	0,28	0,27	Vicente Mendoza	Belen	Caña	Surcos	4,81	500	40	0,4	Arcilloso	30,30	0,30	16,50	0,17	1,41	1300	0,5540
297	2,03	1,97	Julio Peralta	Belen	Caña	Surcos	4,81	500	40	0,4	Arcilloso	30,30	0,30	16,50	0,17	1,41	1300	0,5540
351	1,04	1,00	Augusto Chamba	Belen	Caña	Surcos	4,81	500	40	0,4	Arcilloso	30,30	0,30	16,50	0,17	1,41	1300	0,5540
352	4,33	4,20	Luis Ordonez	Belen	Caña	Surcos	4,81	500	40	0,4	Arcilloso	30,30	0,30	16,50	0,17	1,41	1300	0,5540
372	0,97	0,94	Sandro Armijos	La Granja	Caña	Surcos	4,81	500	40	0,4	Arcilloso	36,40	0,36	19,80	0,20	1,30	1300	0,5540



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

RIEGO																						
de	Infil	Efa	Efa	Jornada riego	Dias no	Q maneja	LAA	LARA	Fr	Pr	Lb	t2	T1	t adic	Tr	Tr	Turnos/día	Turnos/Pr	Sr/Turno	Db/Turno	Qmin	Qmin
	%	decimal	hr/día	laborables	regante (l/s)	mm	mm	días	días	mm	min	min	min	min	horas			ha	m ³	m ³ /min	l/s	
t	0,8465	60	0,6	10	2	20	75,5	30,21	6	4	50,35	112,61	28,15	31	171,77	2,86	3	15	0,03	12,71	0,07	1,23
t	0,680	60	0,6	10	2	20	74,9	29,98	6	4	49,97	74,17	18,54	32	124,71	2,08	5	20	0,01	5,84	0,05	0,78
t	0,680	60	0,6	10	2	20	74,9	29,98	6	4	49,97	74,17	18,54	33	125,71	2,10	5	20	0,13	64,97	0,52	8,61
t	0,680	60	0,6	10	2	20	74,9	29,98	6	4	49,97	74,17	18,54	34	126,71	2,11	5	20	0,08	40,91	0,32	5,38
t	0,680	60	0,6	10	2	20	65,0	25,98	5	3	43,31	60,10	15,03	35	110,13	1,84	5	19	0,05	20,33	0,18	3,08
t	0,680	60	0,6	10	2	20	65,0	25,98	5	3	43,31	60,10	15,03	36	111,13	1,85	5	18	0,00	1,80	0,02	0,27
t	0,680	60	0,6	10	2	20	65,0	25,98	5	3	43,31	60,10	15,03	37	112,13	1,87	5	18	0,08	34,72	0,31	5,16
t	0,680	60	0,6	10	2	20	65,0	25,98	5	3	43,31	60,10	15,03	38	113,13	1,89	5	18	0,11	46,90	0,41	6,91
t	0,59	60	0,6	10	2	20	55,7	22,26	5	3	37,10	43,30	10,82	39	93,12	1,55	6	17	0,28	105,09	1,13	18,81
t	0,59	60	0,6	10	2	20	55,7	22,26	5	3	37,10	43,30	10,82	40	94,12	1,57	6	17	0,09	33,92	0,36	6,01
t	0,680	60	0,6	10	2	20	65,0	25,98	5	3	43,31	60,10	15,03	41	116,13	1,94	5	18	0,06	24,19	0,21	3,47
t	0,680	60	0,6	10	2	20	65,0	25,98	5	3	43,31	60,10	15,03	42	117,13	1,95	5	17	0,01	3,61	0,03	0,51
t	0,59	60	0,6	10	2	20	55,7	22,26	5	3	37,10	43,30	10,82	30	84,12	1,40	7	19	0,08	30,89	0,37	6,12
t	0,59	60	0,6	10	2	20	55,7	22,26	5	3	37,10	43,30	10,82	30	84,12	1,40	7	19	0,03	10,05	0,12	1,99
t	0,59	60	0,6	10	2	20	55,7	22,26	5	3	37,10	43,30	10,82	30	84,12	1,40	7	19	0,11	39,11	0,46	7,75
t	0,59	60	0,6	10	2	20	55,7	22,26	5	3	37,10	43,30	10,82	30	84,12	1,40	7	19	0,10	35,89	0,43	7,11
t	0,59	60	0,6	10	2	20	55,7	22,26	5	3	37,10	43,30	10,82	30	84,12	1,40	7	19	0,04	16,42	0,20	3,25
t	0,59	60	0,6	10	2	20	55,7	22,26	5	3	37,10	43,30	10,82	30	84,12	1,40	7	19	0,08	28,56	0,34	5,66
t	0,8465	60	0,6	10	2	20	55,7	22,26	5	3	37,10	43,30	10,82	31	85,12	1,42	7	19	0,03	12,30	0,14	2,41
t	0,8465	60	0,6	10	2	20	68,1	27,24	6	4	45,40	99,65	24,91	30	154,56	2,58	4	14	0,04	16,23	0,10	1,75
t	0,8465	60	0,6	10	2	20	68,1	27,24	6	4	45,40	99,65	24,91	30	154,56	2,58	4	14	0,07	31,39	0,20	3,39
t	0,8465	60	0,6	10	2	20	68,1	27,24	6	4	45,40	99,65	24,91	30	154,56	2,58	4	14	0,11	50,62	0,33	5,46
t	0,8465	60	0,6	10	2	20	68,1	27,24	6	4	45,40	99,65	24,91	30	154,56	2,58	4	14	0,28	128,68	0,83	13,88
t	0,8465	60	0,6	10	2	20	68,1	27,24	6	4	45,40	99,65	24,91	30	154,56	2,58	4	14	0,10	44,77	0,29	4,83
t	0,8465	60	0,6	10	2	20	68,1	27,24	6	4	45,40	99,65	24,91	30	154,56	2,58	4	14	0,14	62,55	0,40	6,74
t	0,8465	60	0,6	10	2	20	68,1	27,24	6	4	45,40	99,65	24,91	30	154,56	2,58	4	14	0,09	41,48	0,27	4,47
t	0,8465	60	0,6	10	2	20	68,1	27,24	6	4	45,40	99,65	24,91	30	154,56	2,58	4	14	0,01	3,91	0,03	0,42
t	0,8465	60	0,6	10	2	20	68,1	27,24	6	4	45,40	99,65	24,91	30	154,56	2,58	4	14	0,04	17,76	0,11	1,91
t	0,680	60	0,6	10	2	20	65,0	25,98	5	3	43,31	60,10	15,03	30	105,13	1,75	6	19	0,02	9,84	0,09	1,56
t	0,8465	60	0,6	10	2	20	68,1	27,24	6	4	45,40	99,65	24,91	30	154,56	2,58	4	14	0,47	213,92	1,38	23,07
t	0,8465	60	0,6	10	2	20	68,1	27,24	6	4	45,40	99,65	24,91	30	154,56	2,58	4	14	0,09	38,61	0,25	4,16
t	0,8465	60	0,6	10	2	20	68,1	27,24	6	4	45,40	99,65	24,91	30	154,56	2,58	4	14	0,19	87,34	0,57	9,42
t	0,8465	60	0,6	10	2	20	68,1	27,24	6	4	45,40	99,65	24,91	30	154,56	2,58	4	14	0,02	8,55	0,06	0,92
t	0,8465	60	0,6	10	2	20	68,1	27,24	6	4	45,40	99,65	24,91	30	154,56	2,58	4	14	0,14	62,76	0,41	6,77
t	0,8465	60	0,6	10	2	20	68,1	27,24	6	4	45,40	99,65	24,91	30	154,56	2,58	4	14	0,07	32,06	0,21	3,46
t	0,8465	60	0,6	10	2	20	68,1	27,24	6	4	45,40	99,65	24,91	30	154,56	2,58	4	14	0,30	133,98	0,87	14,45
t	0,8465	60	0,6	10	2	20	75,5	30,21	6	4	50,35	112,61	28,15	43	183,77	3,06	3	14	0,07	33,75	0,18	3,06

Cultivo	Superficie (ha)	Superficie regada (ha)	Superficie no regada (ha)	Caudal (l/s)
Caña de azúcar	62.1	62.1	0	0.83
Hortalizas Tomate	61.1	61.1	0	0.66
Pastos	66.7	0	66.7	0.45
Maiz	22.6	22.6	0	0.83
Frejol	22.6	22.6	0	0.83
Leguminosas Frejol verde	21.8	21.8	0	0.66
Frutales	16.7	16.7	0	0.83

Requerimientos de riego del proyecto:

Luego de haber determinado el patrón de cultivos, obteniendo el coeficiente de los cultivos (kc), en las diferentes fases y la evapotranspiración del cultivo de referencia, se calcula la evapotranspiración de los cultivos; para luego determinar la evapotranspiración promedio ponderada de los cultivos (ETp), además se obtuvo los datos de precipitación probable al 80%, y en base a estos parámetros poder determinar las necesidades de riego netas (NRn), las necesidades de riego brutas (NRb), mismas que están determinadas en base a la eficiencia de aplicación del sistema de riego como: surcos (60%), aspersión (65%) y goteo (90%), calculadas para cada mes. De esta forma se pudo determinar el caudal característico de riego, que resulta ser el mayor valor de la serie de caudales obtenidos para cada mes, siendo para riego por surcos (0,83 l/s/ha), riego por aspersión (0,66 l/s/ha) y riego por goteo (0,45 l/s/ha).

Programación del riego, aplicando SIG:

Con la aplicación de los SIG en la planificación del riego, se pueden realizar diferentes tipos de consultas tanto espacial (mapas) como alfanumérica (base de datos) almacenadas en el sistema; de acuerdo a las

necesidades y requerimientos de los usuarios, como ejemplo se tiene: *qué usuarios riegan el día lunes?*, realizando este tipo de consulta proporciona toda la información pertinente como: nombre de los usuarios, número de parcelas a regar, área total y parcial a regar, caudal total y parcial de riego.

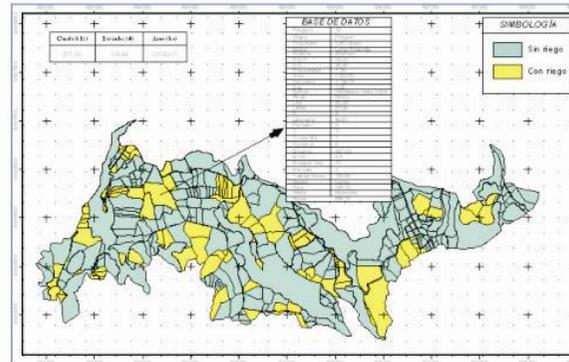


Figura 1: Mapa de planificación de riego

CONCLUSIONES

La aplicación del SIG en la planificación del riego, permite tener la información ya digitalizada y en todo momento actualizada, lo que facilita la integración con otros datos ya sean morfológicos y analíticos, permitiendo la óptima planificación del riego y como no decir su evaluación, y por ende de esta manera la toma de decisiones para el mejoramiento del sistema de riego.

El mapa temático del patrón de cultivos fue diseñado para un año agrícola, según la propuesta de nuestra tesis; por lo cual el diseño de la base de datos debe ser rediseñada y actualizada cada año, según los cultivos a implantarse.

La intervención de los SIG en la planificación del riego, nos permiten aprovechar adecuadamente el recurso hídrico en una forma oportuna, eficiente y ordenada, según las necesidades hídricas de los cultivos.

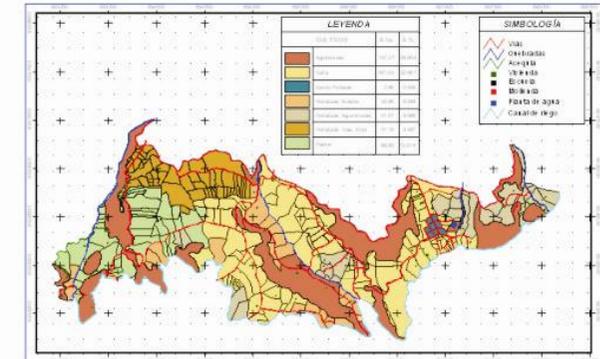


UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

AREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS
NATURALES RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERIA AGRICOLA

DIA DE CAMPO



PROYECTO DE TESIS:

**"PLANIFICACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS,
DEL SISTEMA DE RIEGO CAMPANA -
MALACATUS, UTILIZANDO SISTEMAS DE
INFORMACION GEOGRAFICA (SIG)"**

DIRECTOR: Ing. Aníbal González

ASESORES: Ing. Rafael González
Ing. Temístocles Maldonado

RESPONSABLES: Danny Bravo
Fabricio Moreno

se ubica al sur oriente de la ciudad de Loja y hacia la parte norte de la población de Malacatos. Es una importante área de producción por sus condiciones agroclimáticas. La principal actividad es la agricultura, que genera ingresos para satisfacer en parte las principales necesidades de los pequeños agricultores asentados en esta área.

El agua es fundamental para la producción de cultivos, debiendo hacerse un uso oportuno y en cantidades suficientes del agua disponible para lograr una producción eficiente y de altos rendimientos. Esto exige, en la etapa de planificación, de un conocimiento adecuado del efecto del agua de lluvia y/o riego sobre el crecimiento del cultivo y su rendimiento, en distintas condiciones de desarrollo.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son un conjunto de equipos informáticos, de programas, de datos geográficos y técnicos organizados para recoger, almacenar, actualizar, manipular, analizar y presentar eficientemente todas las formas de información georeferenciada.

Dentro del contexto antes mencionado, para la provincia de Loja no existe una información sobre la planificación de los recursos hídricos utilizando los Sistemas de Información Geográfica (SIG), o que satisfaga las necesidades de riego especialmente en las zonas que requieren dicha planificación. La falta de estudios hidrológicos tanto de la cuenca de captación como del área de riego, trae como consecuencia tener información obsoleta, además de no ser confiable, y presenta un gran margen de error, ya que no existe suficiente información (precipitación, evapotranspiración, temperatura, etc.), realizados en este sector.

OBJETIVOS

Objetivo General:

Desarrollar e implantar, en el sistema de riego “Campana-Malacatos”, una metodología que en base a las técnicas actuales de manejo de información por computadora, sirva como instrumento normal de trabajo, para así proveer a los responsables del funcionamiento del sistema de riego de mayores elementos de juicio que les permitan la toma adecuada de decisiones.

METODOLOGIA

El sistema de riego Campana-Malacatos se ubica al sur oriente de la ciudad de Loja y al norte de la población de Malacatos.

La zona de estudio se halla limitada hacia el norte, por el denominado canal San José, que riega la parte baja de Malacatos, al oeste por la quebrada San Francisco y al este por la quebrada Chorrillos. La zona de riego abarca los sectores de: el Sauce, Belén, el Carmen, La Granja, Piedra Grande, San Francisco y Palenque.

El área actual del sistema de riego Campana-Malacatos, comprende aproximadamente, en la zona de riego 512,42 has, de las cuales es posible regar efectivamente 372,19 has. La misma que utiliza las aguas del río Campana, captadas en la cota 1713, 124 m.s.n.m., conducidas hasta la zona de riego, mediante un canal abierto de aproximadamente nueve Km de longitud.

Según el Plan Integral de Desarrollo de los Recursos Hídricos de la provincia de Loja, 1992; las condiciones de temperatura y precipitación promedio anual para el sistema de riego Campana-Malacatos, son de 20,7 °C y 686,9 mm respectivamente, la misma que pertenece, según la clasificación ecológica propuesta por Holdridge a Zona de vida bosque Premontano Bajo (bs - PM).

La estructuración de la programación de riego, aplicando los sistemas de Información Geográfica, se realizó con ayuda del programa computacional Arc View 3.2, en la que se desarrolló la base de datos con ayuda del mapa catastral, trabajando a nivel de parcela del usuario, y creando los distintos campos para la programación. Para la programación del riego se aplicó la metodología del Ex INERHI:

Calculo de turno de riego o calendario de riego:

- Demanda de riego total (Db),
- Caudal de toma modular (Qm),
- Dosis práctica de riego (Dp), o dotación de riego,
- Número de riegos al mes (N),
- Intervalo de riego (Ir),
- Dosis real de riego (Dr),
- Tiempo de riego por hectárea (Tr/ha).

Consulta de la base de datos.

El diccionario de datos, proporciona información en base a las consultas de programación de riego que se desee saber, tales como: cuando regar, tiempo, caudal, turno, e intervalo de riego para cada usuario, propietario de la parcela, sector al que pertenece, área de la parcela, cultivo, tipo de riego; como también constantes hidrofísicas (capacidad de campo, punto de marchitez permanente y densidad aparente), textura y profundidad de los suelos.

RESULTADOS

Para la programación de riego, aplicando los sistemas de Información Geográfica (SIG), se determinó el patrón de cultivos, el cual se estableció en base a los cultivos que predominan en la zona y que mayor demanda tienen en el mercado, siendo los más comunes o que se dan en mayor producción: la caña, hortalizas (tomate, pimiento, pepino, melón, lechuga, acelga, espinaca, zanahoria, rábano, remolacha), frutales (cítricos, papaya, aguacate y babaco), maíz, fréjol y pastos (*cuadro 1*).