



1859

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA AGROPECUARIA Y DE
RECURSOS NATURALES RENOVABLES

NIVEL DE POSTGRADO

MAESTRÍA EN RIEGO

“DETERMINACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DE RIEGO DEL CULTIVO DE LA ACHIRA (*Canna edulis*, Ker Gawier; *Canna indica*, L) Y SUS ESTADIOS FENOLÓGICOS, CON RIEGO POR ASPERSIÓN, EN EL SECTOR CABRERÍA - CHUMBEROS, PERTENECIENTE AL SISTEMA DE RIEGO PALMIRA”

Tesis de grado previa a la obtención
del título de Magister en Riego

AUTOR

Ing. José Vicente Carrillo

DIRECTOR

M. Sc. Aníbal Eduardo González González

LOJA - ECUADOR


2014

1859

**DETERMINACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DE RIEGO DEL CULTIVO DE LA
ACHIRA (*Canna edulis*, Ker Gawier; *Canna indica*, L), Y SUS ESTADIOS
FENOLÓGICOS, CON RIEGO POR ASPERSIÓN, EN EL SECTOR CABRERÍA –
CHUMBEROS, PERTENECIENTE AL SISTEMA DE RIEGO PALMIRA**

Tesis de grado presentada al Tribunal Calificador como requisito parcial para obtener el Título de Magister en Riego, Nivel de Postgrado del Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja.

APROBADA:



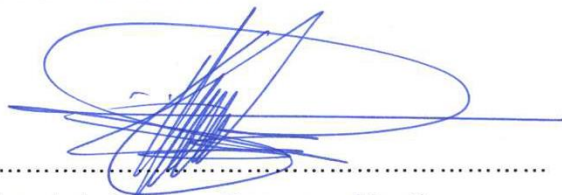
.....

Dr. Héctor F. Castillo Castillo., Mg. Sc.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



.....

Ing. Temístocles Maldonado Rojas Mg. Sc.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



.....

Ing. Luis Svisaca Caraguay Mg. Sc.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Aníbal Eduardo González González, Mg. Sc.

**DOCENTE EXPERTO DEL ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS
NATURALES RENOVABLES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA.**

CERTIFICA:

Que una vez que el autor ha cumplido con las sugerencias y recomendaciones al texto y que han sido revisados los borradores de manera prolija y sistemática, el presente trabajo de tesis de grado titulada: Determinación de los requerimientos de riego del cultivo de la achira (*Canna edulis*, Ker Gawier; *Canna indica*, L), y sus estadios fenológicos, con riego por aspersión, en el sector Cabrería – Chumberos, perteneciente al sistema de riego Palmira, de autoría del ingeniero José Vicente Carrillo, egresado de la Maestría en Riego -PROMAR-, cumple con los requisitos de validez técnica, por lo que autorizo su publicación y difusión.

Loja, mayo de 2014



Ing. Aníbal Eduardo González G. Mg. Sc.

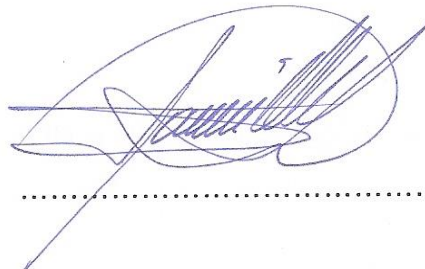
AUTORÍA

Yo, José Vicente Carrillo, declaro ser autor del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales por el contenido de la misma.

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

Autor: Ing. José Vicente Carrillo

Firma:



Cédula: 1102083696

Fecha: Junio de 2014

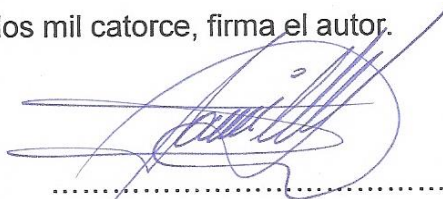
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DE AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO.

Yo, José Vicente Carrillo, declaro ser autor de la tesis titulada "Determinación de los requerimientos de riego del cultivo de la achira (Canna edulis, Ker Gawier; Canna indica, L), y sus estadios fenológicos, con riego por aspersión, en el sector Cabrería – Chumberos, perteneciente al sistema de riego Palmira", como requisito para optar al grado de: Magister en riego, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional.

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

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

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



Firma:

Autor: Ing. José Vicente Carrillo

Cédula: 1102083696

Dirección: Loja-Ecuador

Correo: j_vcarrillo@hotmail.com

Teléfono: (593) 7 2582499

Celular: 0994801987

DATOS COMPLEMENTARIOS:

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

Tribunal de Grado: Dr. Héctor F. Castillo Castillo., Mg. Sc.

Ing. Temístocles Maldonado Rojas Mg. Sc.

Ing. Luis F. Sivisaca Caraguay Mg.Sc.

DEDICATORIA

Al Todopoderoso, quién con su venia ha permitido que continúe preparándome; seguramente con el afán de que los nuevos conocimientos que día a día se adquiere, estén a beneficio de los agricultores de nuestra provincia y país.

A mi esposa Blanca Enith, la mejor compañera que Dios me pudo haber dado, quien con su empeño y constante afán de salir adelante, pese a las dificultades que siempre están presentes, está continuamente motivando y dando fuerzas para retomar las jornadas con el mejor ánimo posible. La pelea es más fácil cuando está a lado una persona dispuesta y que arrima su hombro al de uno.

A mi hijo Daniel Vicente, por ser mi objetivo de estar siempre predispuesto a tener la mejor preparación posible; como una manera de ser ejemplo, guía y apoyo en su todavía corta vida. Estoy seguro que lo que él pueda lograr, superará en mucho lo poco que he logrado yo; y sobre todo que oriente su accionar hacia el servicio a los demás.

AGRADECIMIENTO

Con la culminación de este trabajo, es oportuno manifestar mi sincero e imperecedero agradecimiento a la Universidad Nacional de Loja, de manera especial al Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables; y, al Programa de Maestría en Riego –PROMAR, a los docentes y personal administrativo que han sido parte de este proceso de formación académica de cuarto nivel.

Así mismo exteriorizo mi agradecimiento al señor ingeniero Aníbal Eduardo González González, Director de la tesis, por su valioso aporte y desinteresada forma de compartir su experiencia, que indudablemente ayudaron en la obtención de un mejor producto en la ejecución y estructuración de la presente tesis.

A la Fundación para Conservación y Desarrollo Colinas Verdes, en las personas del Doctor Edin Aguilera Ramón, Ingeniero Hernán González Mendoza, Ingeniero Álvaro Ordóñez, y Señor Felicino Toledo León; amigos de siempre, que me apoyaron de manera muy importante en la ejecución del arduo trabajo de campo que requirió esta investigación.

A la Señora. Aurelia Macanchí y a su familia, quienes de forma muy amable y desinteresada me facilitaron el área de terreno para sembrar el cultivo y desarrollar el trabajo; así mismo al Señor José Rojas, persona encargada de las lecturas y mantenimiento de la estación meteorológica del INAMHI – Quinara.

A mis compañeros y amigos de la maestría (Jorge Sivilaca, Lauro Conde y Vicente Valdivieso) por su respaldo, y apoyo oportuno cuando de ellos requerí alguna orientación.

De igual forma mi gratitud a mi esposa e hijo; quienes por motivarme, también se vieron involucrados en este trabajo; y participaron del mismo con mucho entusiasmo.

¡Gracias a Todos! ... Dios les pague.

EL AUTOR

INDICE DE CONTENIDO

Página

AUTORÍA.....	iii
CARTA DE AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
INDICE DE CONTENIDO.....	vii
INDICE DE CUADROS.....	x
INDICE DE FIGURAS.....	xii
INDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xix
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. GENERALIDADES SOBRE EL CULTIVO DE LA ACHIRA.....	4
2.2. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LA ACHIRA.....	5
2.2.1. Origen.....	5
2.2.2. Taxonomía.....	6
2.2.3. Condiciones Agroecológicas para el Cultivo.....	6
2.2.3.1. Suelos.....	6
2.2.3.2. Clima.....	6
2.2.4. Establecimiento del cultivo.....	7
2.2.4.1. Época de siembra.....	7
2.2.4.2. Variedades.....	7
2.2.4.3. Preparación del suelo.....	8
2.2.4.4. Selección y preparación de la semilla para la siembra.....	8
2.2.4.5. Densidades y distancias de siembra.....	9
2.2.4.6. Abonaduras.....	9
2.2.5. Manejo del cultivo.....	10
2.2.5.1. Manejo de malezas y aporque.....	10
2.2.5.2. Riegos.....	10
2.2.5.3. Manejo de plagas y enfermedades.....	10
2.3. FENOLOGÍA DE LOS CULTIVOS.....	12
2.4. NECESIDADES DE AGUA DE LOS CULTIVOS.....	16
2.4.1. Influencia del clima en las necesidades de agua de los cultivos.....	16
2.4.2. Influencia del tipo de cultivo sobre sus necesidades de agua.....	16
2.4.3. Influencia del estado de desarrollo de un cultivo en sus necesidades de agua.....	17
2.5. EL COEFICIENTE DE CULTIVO (Kc) Y FACTORES QUE INTERVIENEN EN SU DETERMINACIÓN.....	17
2.5.1. Tipo de cultivo.....	19
2.5.2. Clima.....	21
2.5.2.1. Evapotranspiración.....	23
2.5.2.2. Evapotranspiración del cultivo de referencia (ET _o).....	24
2.5.2.3. Evapotranspiración del cultivo (ET _c).....	25
2.6. NECESIDADES DE RIEGO.....	27
2.6.1. Precipitación efectiva.....	27
2.7. RELACIONES SUELO – AGUA – PLANTA.....	29
2.7.1. Suelo.....	29
2.7.1.1. La textura.....	29
2.7.1.2. La estructura.....	30
2.7.1.3. El tempero del terreno.....	30
2.7.1.4. Densidad volumétrica o aparente.....	30
2.7.1.5. La porosidad.....	30

2.7.1.6.	La tasa de infiltración o permeabilidad.....	31
2.7.2.	Relaciones suelo - agua	31
2.7.2.1.	La humedad higroscópica.....	31
2.7.2.2.	La humedad de capilaridad.....	31
2.7.2.3.	Agua gravitatoria	32
2.7.2.4.	La capacidad de campo (CC)	32
2.7.2.5.	Punto de marchitez permanente (PMP)	32
2.7.2.6.	La humedad disponible en el suelo.....	32
2.7.3.	Relaciones planta - agua	34
2.8.	LA HUMEDAD DEL SUELO Y SU MEDIDA	35
2.8.1.	Utilización del tensiómetro	35
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	38
3.1.	UBICACIÓN DEL ÁREA EXPERIMENTAL	38
3.2.	CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE RIEGO LA PALMIRA.....	39
3.3.	MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS.....	40
3.4.	AGROTECNIA DEL CULTIVO.....	41
3.4.1.	Preparación del terreno	41
3.4.2.	Recolección y preparación de la semilla	42
3.4.3.	Siembra	43
3.4.4.	Fertilización	44
3.4.5.	Deshierbas	47
3.4.6.	Plagas y enfermedades	48
3.5.	INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN	49
3.5.1.	Levantamiento de información de campo	49
3.5.2.	Procesamiento de información y diseño del sistema de riego.....	49
3.5.3.	Instalación del sistema de riego.....	49
3.6.	METODOLOGÍA PARA EL OBJETIVO UNO: Determinación de los estadios fenológicos de la achira	51
3.7.	METODOLOGÍA PARA EL OBJETIVO DOS: Determinación de la evapotranspiración de referencia (ET _o) a través del procedimiento de Penman - Monteith	54
3.7.1.	Estación meteorológica seleccionada para generar información climática.....	54
3.7.1.1.	Tabulación de información climática relacionada con la ET _o	56
3.7.1.2.	Obtención de la ET _o diario por el método de Penman - Monteith	57
3.7.2.	Determinación de la evapotranspiración de referencia (ET _o) a través del procedimiento del tanque evaporímetro clase A	59
3.7.3.	Determinación de la ET _o mediante tanques de evaporación artesanales	61
3.8.	METODOLOGÍA PARA EL OBJETIVO TRES: Estimación del valor del coeficiente de cultivo K _c de la achira para las fases de cultivo definidas por la FAO.....	61
3.8.1.	Instalación de lisímetro de drenaje	62
3.9.	DETERMINACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DE RIEGO DEL CULTIVO DE LA ACHIRA.....	63
3.9.1.	Determinación de los requerimientos hídricos con la utilización de tensiómetros y un diseño experimental.....	64
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	67
4.1.	REQUERIMIENTOS PREVIOS PARA LA INSTALACIÓN DEL EXPERIMENTO...67	67
4.1.1.	Características físico químicas del suelo	67
4.1.2.	Fertilización del cultivo.....	68
4.1.3.	Infiltración	69
4.1.4.	Prueba de uniformidad del sistema de riego.....	71
4.1.5.	Diseño hidráulico del sistema de riego por aspersion	72
4.2.	DETERMINACIÓN DE LAS FASES FENOLÓGICAS DE LA ACHIRA.....	73
4.2.1.	Fases fenológicas según la escala general de la BBCH (Institución Federal Alemana).....	73

4.2.2.	Etapas de crecimiento del cultivo según las directrices de la FAO.....	82
4.3.	ANÁLISIS DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL (ET _o) A TRAVÉS DEL PROCEDIMIENTO DE PENMAN MONTEITH	87
4.3.1.	Análisis comparativo entre ET _o obtenido por Penman Monteith y ET _o obtenido con el tanque evaporímetro clase A.....	90
4.3.2.	Validación del tanque evaporímetro artesanal con relación al tanque evaporímetro clase A.....	92
4.3.2.1.	Uso de la información del tanque evaporímetro artesanal en la programación del riego.....	94
4.4.	ESTIMACIÓN DE LOS VALORES DE COEFICIENTE DE CULTIVO (K _c) DE LA ACHIRA PARA LAS FASES DE CULTIVO DEFINIDAS POR LA FAO	96
4.4.1.	Profundidad radicular del cultivo	97
4.4.2.	Contenido de humedad del suelo	99
4.4.3.	Instalación y lecturas del lisímetro	103
4.4.4.	Determinación del coeficiente de cultivo (K _c) de la achira	104
4.5.	CÁLCULO DE LOS REQUERIMIENTOS DE RIEGO	107
4.5.1.	Cálculo de los requerimientos de riego con la información de ET _c generada en el lisímetro	107
4.5.2.	Determinación de los requerimientos de riego, según las lecturas de tensiómetros establecidas en el ensayo	109
4.6.	EFFECTO DEL MANEJO DE LA TENSIÓN DE HUMEDAD SOBRE EL RENDIMIENTO DE LA ACHIRA EN PESO DE CORMAS Y EN PESO DE ALMIDÓN	116
5.	CONCLUSIONES.....	121
6.	RECOMENDACIONES.....	124
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	125
8.	ANEXOS	127

INDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1 Estadios principales de crecimiento de las plantas.....	15
Cuadro 2 Capacidad de almacenamiento de humedad en los diferentes suelos.....	33
Cuadro 3 Coeficientes del tanque evaporímetro (Kp) para el tanque clase A para diversas localizaciones y ambientes de los tanques y varios valores de velocidad media del viento y de humedad relativa.....	60
Cuadro 4 Resultados de los análisis de laboratorio del suelo del sitio del ensayo, febrero 2012.....	67
Cuadro 5 Información de los principales parámetros calculados para el funcionamiento del riego a lo interno del área experimental.....	72
Cuadro 6 Fechas determinadas de duración de los estadios fenológicos de la achira según la escala de la BBCH.....	74
Cuadro 7 Duración de los estadios fenológicos, según el seguimiento hecho al cultivo de achira	74
Cuadro 8 Duración de las etapas de crecimiento del cultivo de achira, para las condiciones de la investigación	82
Cuadro 9 Cobertura del follaje de las plantas de achira durante su ciclo vegetativo (según las condiciones dadas durante el ensayo).....	84
Cuadro 10 Registro secuencial del porcentaje de florecimiento de las plantas de achira del área experimental.....	85
Cuadro 11 Valores de ETo decadal y mensual promedio, obtenidos por el método de Penman Monteith para la estación Quinara, ubicada a 1 Km del área experimental	87
Cuadro 12 Valores de ETo mensual obtenidos por el método de Penman Monteith para la estación Quinara	88
Cuadro 13 Valores de ETo decadal y mensual promedio, obtenidos por el método del tanque evaporímetro clase A para la estación Quinara.....	90
Cuadro 14 Comparación de valores de ETo obtenidos por los procedimientos de: Tanque evaporímetro clase A y Penman Monteith, durante el ciclo de cultivo de la achira, en Quinara.....	92
Cuadro 15 Programación de riego en base a los registros del tanque evaporímetro artesanal	95
Cuadro 16 Crecimiento radicular en profundidad (cm) del cultivo de la achira.....	97
Cuadro 17 Relación entre las lecturas del tensiómetro (centibares) y el contenido de humedad del suelo, según la información remitida por el laboratorio.....	99
Cuadro 18 Valores de contenido de humedad (% peso), obtenidos de la curva corregida entre tensión versus contenido de humedad.....	101
Cuadro 19 Balance de humedad y valores decadales de Kc del cultivo de la achira obtenidos utilizando el procedimiento del lisímetro.....	104
Cuadro 20 Fecha de cambios de ubicación de los tensiómetros en relación a la profundidad radicular durante el ciclo de cultivo.....	110

Cuadro 21	Tiempo de aplicación del riego hasta lograr la disminución de la lectura del tensiómetro a 4 centibares, a diferentes profundidades.....	110
Cuadro 22	Requerimientos hídricos y de riego del cultivo de la achira, determinados con diferentes tensiones de humedad y lisímetro.	115
Cuadro 23	Valores de rendimientos del cultivo de la achira en comparación con los tratamientos de humedad dados.....	116
Cuadro 24	Producción de almidón de achira (chuno) en kg.....	117
Cuadro 25	Análisis de varianza de la producción obtenida en el cultivo de achira.....	118

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1	Frecuencia diaria de aparición de órganos durante una fase dada..... 13
Figura 2	El ciclo de desarrollo de plantas mono y dicotiledóneas dividido en estadios de desarrollo principales..... 15
Figura 3	Curva generalizada del coeficiente del cultivo, correspondiente al procedimiento del coeficiente único del cultivo..... 19
Figura 4	Rangos extremos de Kc para cultivos completamente desarrollados, en respuesta a variaciones climáticas y meteorológicas..... 22
Figura 5.	Tensiómetro..... 36
Figura 6	Ubicación del área experimental..... 38
Figura 7	Cercado del área experimental..... 41
Figura 8	Labor de arado del terreno..... 42
Figura 9	Recolección de semilla de achira en Quinara, selección y acondicionamiento de cormas..... 43
Figura 10	Siembra de cormas en el terreno definitivo..... 44
Figura 11	Fertilización de fondo con humus..... 45
Figura 12	Aplicación de fertilizante mineral..... 46
Figura 13	Labores manuales de deshierba..... 47
Figura 14	Plagas detectadas en el cultivo..... 48
Figura 15	Instalación y funcionamiento del sistema de riego por aspersión. 50
Figura 16	Seguimiento del desarrollo del cultivo..... 52
Figura 17	Registros climáticos de la estación Quinara..... 55
Figura 18	Tanque evaporímetro clase A en el área de ensayo..... 59
Figura 19	Configuración del diseño experimental..... 65
Figura 20	Prueba de infiltración con anillos infiltrómetros..... 69
Figura 21	Curva de Lámina infiltrada acumulada corregida con la función $I_{cum} = 0.118 T^{0.87}$ 70
Figura 22	Representación gráfica del tiempo básico y velocidad de infiltración básica..... 71
Figura 23	Duración de los estadios fenológicos del cultivo de la achira, en relación al ciclo vegetativo total..... 75
Figura 24	Estadio 0: Brotación de la yema..... 76
Figura 25	Estadio 1: Desarrollo de las hojas del tallo principal..... 76
Figura 26	Estadio 2: Formación de brotes laterales o ahijamiento..... 77
Figura 27	Estadio 3: Crecimiento longitudinal del tallo principal, desarrollo de brotes..... 78
Figura 28	Estadio 4: Desarrollo foliar de los hijuelos..... 78
Figura 29	Estadio 5: Emergencia de la inflorescencia..... 79
Figura 30	Estadio 6: Floración del tallo principal..... 80
Figura 31	Estadio 7: Desarrollo del fruto del tallo principal..... 80
Figura 32	Estadio 8: Maduración de frutos y semillas..... 81
Figura 33	Estadio 9: Senescencia, comienzo de la dormancia, cosecha.... 82
Figura 34	Duración de las etapas de crecimiento del cultivo de la achira, según el procedimiento propuesto por la FAO..... 85

Figura 35	Imágenes de las plantas de achira y su evolución conforme las etapas de crecimiento propuesta por la FAO.....	86
Figura 36	ETo mensual (mm/mes) - Estación Quinara.....	88
Figura 37	Relación ETo vs Precipitación (mm/mes).....	89
Figura 38	Relación ETo del tanque evaporímetro clase A y ETo Penman Monteith.....	91
Figura 39	Comportamiento de la ETo del tanque evaporímetro clase A y ETo Penman Monteith, en relación con la precipitación.....	92
Figura 40	Correlación de lecturas entre tanque evaporímetro artesanal y tanque evaporímetro "clase A".....	93
Figura 41	Registro de evaporación de los tanques evaporímetros en el área de ensayo.....	94
Figura 42	Desarrollo radicular del cultivo de la achira.....	99
Figura 43	Relación Tensión - contenido de humedad.....	100
Figura 44	Curva corregida de contenido de humedad vs Tensión (ensayo Achira).....	102
Figura 45	Instalación del lisímetro y su mantenimiento.....	103
Figura 46	Curva de coeficiente de cultivo (Kc) de la achira.....	105
Figura 47	Requerimientos hídricos de la achira durante su ciclo de cultivo, basados en la ETc obtenida en el lisímetro.....	108
Figura 48	Requerimientos de riego de la achira durante su ciclo de cultivo, basados en la ETc obtenida en el lisímetro.....	109
Figura 49	Ubicación de tensiómetros a diferentes profundidades para determinar el tiempo de reducción de lecturas a 4 centibares....	111
Figura 50	Requerimientos hídricos y de riego de la achira durante su ciclo de cultivo, cuando el tensiómetro marcó 20 centibares).....	112
Figura 51	Requerimientos hídricos y de riego de la achira durante su ciclo de cultivo, cuando el tensiómetro marcó 30 centibares).....	113
Figura 52	Requerimientos hídricos y de riego de la achira durante su ciclo de cultivo, cuando el tensiómetro marcó 40 centibares).....	114
Figura 53	Proceso de cosecha y poscosecha de los cormas de achira.....	120

INDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1	Resultados de análisis de suelos en laboratorio..... 127
Anexo 2	Características del aspersor utilizado en el experimento..... 128
Anexo 3	Formatos para el seguimiento fenológico..... 130
Anexo 4	Formatos para el registro climático..... 132
Anexo 5	Planilla para el cálculo de ETo con datos diarios..... 134
Anexo 6	Proceso de cálculo de la prueba de infiltración..... 135
Anexo 7	Prueba de uniformidad del sistema de riego por aspersión..... 143
Anexo 8	Secuencia del cálculo para el diseño del riego por aspersión en el área experimental..... 144
Anexo 9	Detalles gráficos del diseño parcelario..... 149
Anexo 10	Resultados de la información por estadios fenológicos del cultivo de achira.... 151
Anexo 11	Información climática diaria procesada de la estación climática ordinaria de Quinara – INAMHI..... 160
Anexo 12	Datos obtenidos de las lecturas del tanque evaporímetro clase A, y del tanque evaporímetro artesanal..... 169
Anexo 13	Resultados de laboratorio del contenido de humedad del suelo (%), en relación con las lecturas del tensiómetro..... 170
Anexo 14	Resultados del balance de humedad y valores de Kc del cultivo de la achira obtenidos utilizando el procedimiento del lisímetro..... 171
Anexo 15	Cálculo de los requerimientos hídricos y de riego del cultivo de la achira..... 183
Anexo 16	Tiempo de aplicación de riego para lograr lecturas de 4 centibares en el tensiómetro (valores determinados en campo).. 184
Anexo 17	Resultados del peso de corma por tratamientos..... 185
Anexo 18	Análisis estadístico del ensayo..... 188

RESUMEN

La achira (*Canna edulis* o *Canna indica*), es un cultivo nativo de la región andina que tiene un enorme potencial para su desarrollo y expansión; su principal producto es el almidón, conocido comúnmente como “chuno”, que resulta del procesamiento de sus cormas. Se usa esta harina como ingrediente de alimentos muy apetecidos y cotizados, en la elaboración de productos enlatados, en las industrias farmacéutica, textil, de papelería y adhesivos; y, en uso medicinal.

Es una especie que tiene gran importancia para la economía de las familias campesinas del sector sur oriental del cantón Loja (Ecuador), específicamente en las parroquias Vilcabamba, Quinara, San Pedro de Vilcabamba, Yangana y Malacatos; se lo encuentra en pequeñas áreas de casi todas las huertas de los productores rurales.

Se han hecho algunas investigaciones de este cultivo que han contribuido en la generación de información sobre la parte botánica y agronómica; así como el estudio de las propiedades físicas, químicas y organolépticas de su almidón; pero se desconoce los elementos básicos necesarios que permitan hacer una planificación de este cultivo en zonas irrigadas.

Por lo antes mencionado, se planteó la presente investigación denominada: “Determinación de los requerimientos de riego del cultivo de la achira (*Canna edulis*, Ker Gawier; *Canna indica*, L) y sus estadios fenológicos, con riego por aspersión, en el sector Cabrería – Chumberos, perteneciente al sistema de riego Palmira”, sector ubicado en la parroquia Quinara, cantón y provincia de Loja – Ecuador. El sitio del experimento se ubica a 1559 m s.n.m; tiene una temperatura promedio anual de 20°C; y recibe una precipitación promedio anual de 773,1 mm.

Concomitantemente, el objetivo general estuvo orientado hacia la determinación de los requerimientos hídricos de la achira, a través del análisis de la evapotranspiración de referencia y del cultivo, y de la determinación del coeficiente del cultivo, mediante la utilización de riego por aspersión, que ayude a programar de manera eficiente las

labores de riego. Los objetivos específicos fueron: **a)** Determinar las fases fenológicas de la achira; **b)** Analizar la evapotranspiración, a través del procedimiento de Penman Monteith; y, **c)** Estimar el coeficiente de cultivo (K_c) de la achira, para las fases del cultivo definidas por la FAO.

La variedad de achira estudiada fue la conocida como “morada”, llamada así por la coloración carmín oscuro de sus hojas, la flor es de color rojo. Este ecotipo es muy apreciado por los agricultores de la zona, se le atribuye que su rendimiento de almidón es superior al de otras variedades; además sus hojas también son utilizadas como envoltura de alimentos tradicionales locales.

Para la determinación de los estadios fenológicos se hizo un seguimiento sistemático semanal de algunas plantas representativas del ensayo, con ello se logró determinar los cambios fisiológicos más importantes del cultivo.

La Evapotranspiración de referencia (E_{To}) fue calculada diariamente utilizando el procedimiento propuesto por Penman Monteith; para este efecto se utilizó los registros de velocidad del viento, insolación, humedad relativa y temperatura. La información generada por esta metodología fue contrastada con la información del tanque evaporímetro clase A; se aprovechó la oportunidad de este trabajo para hacer una calibración de un tanque evaporímetro artesanal que puede ser instalado, manejado e interpretada su información por la mayoría de agricultores.

El coeficiente de cultivo (K_c), fue determinado mediante la metodología propuesta por la FAO, que se fundamenta en la relación que existe entre la evapotranspiración del cultivo en estudio (E_{Tc}) y la evapotranspiración de referencia. La primera fue determinada mediante el balance de entradas y salidas de agua en un lisímetro de drenaje; y, la segunda mediante el procedimiento mencionado en el párrafo anterior.

Con estos parámetros se calculó los requerimientos de agua de la achira, que consiste en la diferencia que existe entre el uso consuntivo del cultivo y la precipitación efectiva caída en el periodo de estudio. Esta información también se la obtuvo mediante la utilización y manejo de tres tensiones de humedad en parcelas distribuidas en un diseño experimental de bloques al azar, con dos repeticiones.

Para conocer el efecto de las dosis de riego sobre el rendimiento de almidón de la achira, se procedió a hacer todo el procesamiento post cosecha, para este efecto se siguió las recomendaciones dadas por mujeres expertas de la zona rural de La Palmira, y se utilizó los equipos de la microempresa comunitaria “La Achirita”.

Del estudio de las fases fenológicas según la escala general propuesta por la BBCH, se determinó diez estadios; en tanto que según la metodología de la FAO se estableció que la etapa inicial duró 57 días; la etapa de desarrollo del cultivo 119 días; la etapa de mediados de temporada 100 días; la etapa de finales de temporada 89 días. El ciclo total del cultivo fue de 365 días.

Los valores medios del coeficiente de cultivo obtenidos en el ensayo fueron: fase inicial 0,66; fase de desarrollo del cultivo 0,77; fase de mediados de temporada 0,97; y fase final 0,81. Con la realización del ensayo se estableció valores de Kc para periodos decadales (10 días).

Con la información de estos parámetros importantes, se estableció los requerimientos hídricos y las necesidades de riego de la achira para el periodo y sector analizado. Un primer procedimiento fue mediante los datos proporcionados por el lisímetro (medio que permite obtener la evapotranspiración del cultivo); y otra vía utilizada fue mediante el aprovisionamiento de riego con las directrices que dieron las lecturas de tensiómetros ubicados en las parcelas del área experimental.

Con la ayuda del lisímetro se determinó que el agua requerida para el cultivo es de 7384,55 m³/ha; descontando los aportes recibidos por lluvia efectiva, la necesidad de riego sumó 5511,63 m³/ha.

Por otro lado, para las unidades experimentales que se les proporcionó riego cada vez que el tensiómetro marcó 20 centibares, el requerimiento hídrico fue de 7305,57 m³/ha, y una exigencia de riego de 4907,86 m³/ha, cantidad proporcionada en 16 riegos. Para las unidades experimentales que se les suministró riego cuando el tensiómetro indicó 30 centibares, el requerimiento hídrico fue de 6676,36 m³/ha, y una exigencia de riego 4278,65 m³/ha volumen proporcionado en 15 riegos. A las áreas experimentales que se les proveyó de riego cada vez que el tensiómetro marcó 40

centibares, la demanda hídrica fue de 6361,75 m³/ha, y una exigencia de riego de 3964,04 m³/ha entregada en 13 riegos.

Se aprovechó la presente investigación para conocer la influencia de las dosis de agua de riego entregada al cultivo y su rendimiento en almidón; la proyección hecha para una hectárea determinó que cuando se regó con tensiones de 40 cbar se obtuvo 8412,11 kg/ha (185 quintales/ha); con tensiones 30 cbar se logró 8157,03 kg/ha (179,45 quintales/ha); y, con tensiones de 20 cbar se consiguió 7653,91 kg/ha (168,39 quintales/ha).

Palabras Clave: Achira, requerimientos hídricos, estadios fenológicos, coeficiente de cultivo, rendimiento en almidón.

ABSTRACT

Achira (*Canna edulis* or *Canna indica*) is a native crop of the Andean Region that has an enormous potential for the region's development and expansion. Its principal product is the starch, commonly known as "chuno" that is the result of processing its cormas. This flour is used as an ingredient in popular foods, in the elaboration of canned products, in the pharmaceutical, textile, paper and adhesives industries, and in medicinal uses.

Achira as a crop is very important economically to rural families in the southwest sector of Loja canton (Ecuador), specifically in the parishes of Vilcabamba, Quinara, San Pedro de Vilcabamba, Yangana and Malacatos. It can be found in nearly all gardens farmed by Loja's rural producers.

Previous studies of achira have examined botanical and agronomic elements of the plant, while others have looked at the physical, chemical, and organoleptic properties of the starch. However, these studies have failed to investigate the basic water requirements necessary to plant this crop in irrigated areas.

The following investigation, "Determination of irrigation requirements to cultivate achira (*Canna edulis*, *Canna indica*) and its phenological stages, with aspersion watering in the Cabrería-Chumberos sector, belonging to the Palmira's watering system," aims to fill this gap in the literature. The Cabrería-Chumberos sector is located in Quinara parish, Loja canton, Loja province, Ecuador. It has an average yearly temperature of 20°C, receives an average of 773,1 mm of precipitation annually, and is located at an altitude of 1559 meters.

Concurrently, the general objective was to determine achira's hydric requirements through the analysis of the evapotranspiration rate, through references and in the field and to determine the crop coefficient by using aspersion irrigation. This helps make irrigating work more efficient. The specific objectives were: **a)** determine the phenological phases of achira; **b)** analyze the evapotranspiration rate through the Penman Monteith procedure and **c)** estimate the crop coefficient (Kc) of achira by the crop phases defined by the FAO.

The variety of achira studied is known as “morada (purple),” so named for the dark vermilion coloration of its leaves (the flower is red). This variety is highly valued by the local farmers, as it has a higher starch yield than other varieties. Its leaves are also used to wrap local traditional foods.

To track phenologic stages, plant specimens were monitored weekly in order to determine the most important physiologic changes in the plant.

The reference evapotranspiration (E_{To}) was calculated daily using a procedure proposed by Penman Monteith: measuring wind speed, insolation, relative humidity and temperature. The information generated by this methodology was compared to the information of a class A evaporimeter; this work included the calibration of a handmade evaporimeter that could be easily installed, managed and interpreted by most farmers.

The crop coefficient (K_c) was determined by a FAO methodology based on the relationship between the evapotranspiration rate of the crop in study (E_{Tc}) and the evapotranspiration reference. The first one was calculated from the rate of water entering and leaving a drainage lysimeter and the second by means of the procedure mentioned in the previous paragraph.

The water requirements of achira were calculated using these parameters. They are based on the difference between the amount of water consumed by the crop and total precipitation during the study period. Information was also obtained from three humidity meters distributed in an experimental block design, with two repetitions.

To study the effect of different watering doses on achira yield, all processing was done after harvesting, following the recommendations of expert women from the rural area of La Palmira. Equipment from the communitarian microenterprise “La Achirita” was used.

Ten distinct phenological stages were determined according to the BBCH-scale. Using the FAO’s methodology, it was established that the initial stage lasted 57 days, the development stage of the crop 119 days, the half-filled season stage 100 days, and the final season stage 89 days. The total crop cycle was 365 days.

The mean values of the crop coefficient obtained in the study were: initial phase 0.66, development phase 0.77, half-filled season phase 0.97; and final phase 0.81. With the completion of the study, the Kc values were established in decadal periods (10 days).

With these important parameters, the hydric requirements and subsequent watering needs of achira for the study sector were established. The first method was based on lysimeter data (measuring crop evapotranspiration). The other method used was water provision based on tensiometers readings in the study area.

With the help of the lysimeter it was determined that the water required for the crop is 7384.55 m³/ha; discounting rainfall, the total water necessary is 5511.63 m³/ha.

However, in the study areas in which the plants were watered every time that the lysimeter reached 20 centibars, the hydric requirements was 7305.57 m³/ha and the watering demand 4907.86 m³/ha, a quantity provided in 16 waterings. In the study areas in which the plants were watered every time the lysimeter reached 30 centibars, the hydric requirement was 6676.36 m³/ha, and the watering demand 4278.65 m³/ha, a volume provided in 15 waterings. In the study areas in which the plants were watered every time that the lysimeter marked 40 centibars, the hydric demand was 6361.75 m³/ha, and the watering demand 3964.04 m³/ha, a volume provided in 13 waterings.

The investigation also predicts the influence of different watering doses on starch yield. The projection for one hectare determined that when watered with a tension of 40 centibars, 8412.11 kg/ha (185 quintals/ha) of starch are produced. With tensions of 30 centibars, 8157.03 kg/ha (179.45 quintals/ha) of starch are produced, and with tensions of 20 centibars, 7653.91 kg/ha (168.39 quintals/ha) of starch are produced.

Key Words: Achira, hydric requirements, phenological stages, crop coefficient, starch yield

1. INTRODUCCIÓN

En los países que pertenecen a la subregión andina, existen muchas especies vegetales que aún son poco conocidas para la ciencia o subutilizadas por la humanidad y solo aprovechadas en forma rudimentaria y en su estado silvestre.

Este es el caso de la Achira (*Canna edulis* o *Canna indica*), que pese a conocer sus múltiples usos como ingrediente importante de alimentos muy apetecidos y cotizados (bizcochuelos, quesadillas, coladas, sopas, etc), en la elaboración de productos enlatados, en las industrias: farmacéutica, textil, de papelería y adhesivos; y en el uso medicinal (diurético, antiasmático y emoliente), no se ha desarrollado adecuadamente.

En la provincia de Loja, el cultivo de achira y su producto procesado conocido como “chuno” (almidón obtenido del procesamiento del corma), es un elemento que tiene gran importancia para la economía de las familias campesinas del sector sur oriental del cantón Loja, específicamente en las parroquias de Quinara, Yangana, Vilcabamba, San Pedro de Vilcabamba y Malacatos (también se cultiva en otros sectores de la provincia de Loja en menores cantidades). Se lo encuentra en pequeñas áreas de casi todas las huertas de los productores rurales; su destino es básicamente para el consumo de la familia, y en pequeñas cantidades se comercializa en la misma zona para ser utilizado en pastelería y panificación.

Por su diversidad de aplicaciones, este cultivo nativo tiene un enorme potencial para su desarrollo y expansión; y son las zonas mencionadas las que conservan los mejores ecotipos en cuanto a productividad. Además se están desarrollando iniciativas comunitarias interesantes para mejorar su procesamiento y comercialización.

Por otro lado, se han hecho algunas investigaciones que han contribuido en generar información general sobre la parte botánica y agronómica de la achira; así como también el estudio de las propiedades físicas, químicas y organolépticas de este almidón; pero se desconoce de elementos básicos necesarios que permitan hacer una planificación de este cultivo en las zonas irrigadas.

Desde el punto de vista de riego –motivo del presente trabajo -, el problema central en las áreas regadas de la provincia de Loja en particular, y del país en general, es el inadecuado uso de agua por falta de inversión, experiencia y conocimiento. Los problemas más sentidos son: baja eficiencia del riego (provocada por desconocimiento de requerimientos de agua de los cultivos y capacidad de drenaje de los suelos); uso de métodos de riego inapropiados para las condiciones de irregularidad topográfica; frecuencias de riego generalmente mayores a los requerimientos de cultivo; entre otros.

Para mejorar el uso de agua se requiere generar información local en base a programas de investigación; y con los resultados que se vayan obteniendo emprender en eventos estructurados de capacitación, sobre temas como: la aplicación del agua en la parcela, el requerimiento hídrico de cada cultivo según su etapa fenológica, los efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos, la distribución del agua a nivel de sistema, etc. Adicionalmente, es indispensable fortalecer las organizaciones de regantes, mejorar la administración de riego, perfeccionar la infraestructura de riego y poner en marcha planes serios de manejo de las microcuencas. La inversión es necesaria para mejorar la infraestructura, específicamente a nivel parcelario, ello posibilitará elevar eficiencias y conservar el suelo.

Bajo estas consideraciones se plantea la presente investigación, la misma que se circunscribe dentro de un sistema de riego público no transferido, y con un cultivo nativo promisorio del que no se tiene referencias en cuanto a sus estadios fenológicos ni de sus requerimientos de agua para obtener rendimientos aceptables. La intención del presente trabajo, es dar los primeros lineamientos que sirvan para la planificación del riego en la zona de estudio.

La investigación se efectuó en el sector Cabrería – Chumberos, barrio La Palmira, parroquia Quinara, perteneciente al cantón Loja, provincia de Loja - Ecuador. El área experimental estuvo ubicada aproximadamente a 2 Km de la cabecera parroquial de Quinara. El trabajo de campo se realizó desde el 1 de diciembre de 2011 con la recolección de la semilla hasta el 30 de abril de 2013 con el proceso de poscosecha.

Los objetivos e hipótesis de investigación planteados fueron:

Objetivo General

Determinar los requerimientos hídricos de la Achira (*Canna edulis*), a través del análisis de la Evapotranspiración (ET_o, ET_c) y de la determinación del Coeficiente del cultivo (K_c), mediante la utilización de riego por aspersion, que ayude a programar de manera eficiente las labores de regadío.

Objetivos Específicos

- Determinar las fases fenológicas de la Achira.
- Analizar la Evapotranspiración potencial, a través del procedimiento Penman – Monteith.
- Estimar el valor del coeficiente de cultivo (K_c) de la achira, para las fases de cultivo definidas por la FAO.

Hipótesis

Hipótesis nula: El rendimiento de almidón de achira es igual cuando se aplica agua con tres diferentes tensiones de humedad.

El presente estudio, demostrara que existe diferencia entre la cantidad y oportunidad de aplicación de agua de riego que aplica el agricultor de la zona y la que verdaderamente necesita el cultivo.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. GENERALIDADES SOBRE EL CULTIVO DE LA ACHIRA

Según la Fundación Colinas Verdes s.f., en su folleto sobre “Conservación de Especies Nativas”, menciona que la achira es uno de los cultivos locales con mayor futuro, en razón de existir una demanda insatisfecha de almidón por año solo en la ciudad de Loja. Esta información también se cita en el Estudio de Mercado del Almidón de Achira elaborado en el 2006 por la misma institución; en este estudio se determina que existe una oferta de 898,92 quintales y una demanda de 4891 quintales, existiendo por tanto una demanda insatisfecha de 3992,65 quintales.

El principal uso de su almidón (también llamado “chuno”) es en la alimentación, según el recetario de usos culinarios – en Vilcabamba - elaborado por Ort Paul y la Fundación Colinas Verdes, 2008, se citan catorce formas de preparación, entre las principales: bizcochuelos, quesadillas, galletas, arepas, budines, coladas, sopas, etc. También se lo utiliza en la industria farmacéutica, en la industria textil, como espesante de jugos, gomas, como pegantes biológicos y acabados de papel; se citan propiedades medicinales para personas convalecientes y para niños, se lo utiliza para contrarrestar alergias y como astringente.

Este almidón tiene alto contenido de amilasa, la cual es una proteína importante. Muestra una viscosidad muy alta a las temperaturas que se someten la elaboración de pastas, lo que permite manipular con mayor facilidad los geles calientes en comparación con otros almidones. Es una excelente fuente de nutrientes para niños, ancianos y personas que sufren problemas digestivos. La panificación demanda el 80% de la producción, los usos domésticos el 15%, las industrias el 1% y el resto en otros usos (Suquilanda Manuel, sf).

Morales, sf. indica que “la achira produce los gránulos de almidón más grandes (30-100 micras de diámetro) de todas las especies vegetales conocidas (maíz, trigo, yuca y papa tienen entre 10-30 micras de diámetro). Por esta razón es digerido fácilmente por el organismo y posee un alto grado de proteína; además es resistente a la

esterilización. El almidón de achira tiene mejores propiedades fisicoquímicas y resiste más a los procesos estresantes (propios de los procesos industriales) que los almidones provenientes de fuentes cereales tales como maíz y trigo. Por no utilizarse insecticidas para el manejo de plagas en el cultivo, se considera un producto orgánico.

El ciclo de vida de este producto es de aproximadamente un año, en buenas condiciones de almacenamiento.

Los principales mercados geográficos para el almidón exportado son: Japón, Taiwán, EUA, y la CEE. Debido a que este almidón tiene mejores características que el almidón de papa, es un producto natural y no se aplica ninguna clase de pesticidas en su cultivo, puede competir perfectamente con los almidones nativos de papa y de yuca”.

Según Suquilanda sf, en el Ecuador, solamente en las provincias de Azuay y Loja, todavía se elabora la harina de achira, también conocida como chuno. Ogoño y Romero 1991, citados por Bustamante 1992 mencionan que *Canna indica* que es igual que *Canna edulis* en Ecuador ha sido coleccionada en Esmeraldas, Manabí, Guayas, Los Ríos, Pichincha, Tungurahua, Bolívar, Loja y Napo. Según observaciones del autor en la provincia de Loja se la siembra con fines alimenticios o de comercialización a pequeña escala en las parroquias de Quinara, Vilcabamba, San Pedro de Vilcabamba, Malacatos y Yangana.

2.2. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LA ACHIRA

2.2.1. Origen

Suquilanda sf y Caicedo, 1999 indican que “La achira es de origen Sudamericano, hallazgos arqueológicos en el Perú demuestran que su cultivo data de 2 500 años A.C. Los Incas la cultivaron hace once siglos. Se especula que Colombia sería el centro de dispersión. La achira existe en toda la América tropical; siendo cultivada en Brasil, Ecuador, Perú, Bolivia; también se la ubica en India, Asia, Polinesia, y África; en Colombia es cultivada con fines comerciales en el oriente de Cundinamarca (Provincia de Cáqueza), en Nariño, Cauca y en el departamento del Huila en los municipios de Isnos, San Agustín, Gigante, Tarqui, Altamira, Suaza y La Plata”.

2.2.2. Taxonomía

Según Engler, citado por Vivar y posteriormente por Bustamante 1992, la achira pertenece al reino Vegetal, división Spermatofita, clase Monocotyledonea, orden Scitamiaceae, familia Cannaceae, género *Canna*, especie *edulis*, L. Esta especie tiene los siguientes sinónimos *Canna rubricaulis* Link, *Canna esculenta* Lodd. *Canna indica* Ruiz (Caicedo, 1999).

2.2.3. Condiciones Agroecológicas para el Cultivo

2.2.3.1. Suelos

Suquilanda sf y Molestina citado por Bustamante 1992 indican, que se desarrolla en una amplia gama de suelos. Se comporta mejor en suelos sueltos: francos, franco-arenosos o franco-limosos, ricos en materia orgánica; tolera la acidez y crece en pH de 4,5 a 8,0; su mejor comportamiento se observa en pH de 5,0 a 6,5; pero requiere mayores proporciones de N y K, necesita buen drenaje, no sirven suelos arcillosos y se puede dar en tierras arenoso húmicas.

2.2.3.2. Clima

La achira se puede cultivar desde el nivel del mar hasta los 3 000 m s.n.m. En el Ecuador se han obtenido rendimientos óptimos entre los 800 y los 2 500 m s.n.m. (Suquilanda, sf). En Ecuador se encuentra en los valles templados y cálidos; entre 1 700 y 2 500 m s.n.m. (Aguirre, sf.). Se puede cultivar desde el nivel del mar hasta los 2 700 m s.n.m. En el Huila se han obtenido rendimientos óptimos entre los 800 y 1 850 m s.n.m. (Caicedo, 1999).

Demanda temperaturas tropicales, libres de heladas durante el periodo de maduración de los rizomas. Los máximos rendimientos se obtienen donde los días y las noches son abrigadas con períodos cortos de variación de temperatura. En términos generales se desarrolla desde los 9 hasta los 32 °C. (Caicedo, 1999; Suquilanda sf). Acepta un rango de temperatura desde 14 hasta 26°C (Aguirre, sf; Montaldo, 1972).

Requiere lluvias moderadas y bien distribuidas; resiste períodos de sequía; la excesiva humedad causa desarrollo anormal del follaje y de rizomas, presentándose pudrición general de la planta. El requerimiento de hídrico durante el periodo vegetativo es de 800 a 1 120 mm bien distribuidos (Caicedo, 1999; Suquilanda sf). Demanda 500 mm en el primer periodo de desarrollo, luego se comporta como muy resistente a la sequía (Montaldo, 1972). Soporta precipitaciones de 250 a 4 000 mm, un inmenso rango, en Hawái las lluvias anuales son de 1 120 mm y se dice que es adecuado (Bustamante, 1992).

“La achira es una planta de fotoperiodo neutro, es decir no es afectada por la longitud de las horas luz o de oscuridad” (Suquilanda sf).

2.2.4. Establecimiento del cultivo

Para establecer el cultivo de la achira, se requiere conocer algunos aspectos importantes, los mismos que se describen a continuación:

2.2.4.1. Época de siembra

Se la puede sembrar en cualquier época si se dispone de riego, pero si eso no es así la mejor época de siembra en la zona andina, es entre los meses de octubre a diciembre, para aprovechar la humedad de la estación invernal (Suquilanda sf). Considerando que la mejor época de cosecha es el período más seco del año y que la mayor concentración de almidón se logra entre los 8 y 10 meses, se recomienda su plantación en el mes de enero (Fundación Colinas Verdes, sf).

2.2.4.2. Variedades

Se conocen las achiras verdes que tienen rizomas blancos y hojas verdes, y las achiras moradas, con los rizomas con cubierta color violeta y hojas color morado (Suquilanda, sf). Para la obtención de almidón existen en la región Sur Oriental del Cantón Loja – Ecuador cuatro ecotipos locales: Morada, Yegua, Roja, Blanca. (Fundación Colinas Verdes, 2004). Bustamante, 1992, elaboró su investigación en cuatro ecotipos que los denomina: Morada, blanca, roja y dulce, de entre ellas la

variedad morada obtuvo el mayor rendimiento. Según versiones de personas que siembran este cultivo, se indica que las variedades moradas son las de mejor rendimiento en almidón.

2.2.4.3. Preparación del suelo

Se requiere realizar las labores para dejar el lote limpio y apto para la siembra. Donde se disponga de maquinaria, se hace un pase de arado y 2 ó 3 pases de rastrillo, en los sitios de siembra se abren hoyos de 15 a 20 cm de profundidad, 15 cm de diámetro (Suquilanda, sf). Es conveniente preparar muy bien el suelo con una buena arada y rastrada (Molestina, citado por Bustamante, 1992). El terreno debe estar libre de malezas y prepararse con Arado o yunta de bueyes, de acuerdo a la pendiente se hacen surcos o caballones con una densidad de siembra de 1 m de distancia y 0,5 a 0,7 m entre plantas, dependiendo de la pendiente (Rodríguez y otros, 2003).

Si los suelos son planos y propensos a encharcamientos, será necesario establecer zanjas de drenaje para evitar que los excesos de agua perjudiquen a las raíces del cultivo. Las zanjas deberán tener 0,5 m de ancho por 0,4 m de profundidad (Suquilanda, sf).

2.2.4.4. Selección y preparación de la semilla para la siembra

Se puede hacer de forma asexual utilizando partes vegetativas de las plantas, utilizando como material de propagación los rizomas jóvenes o parte de ellos con yemas funcionales, de porte medio o grande del cultivar seleccionado, que estén libres de plagas (insectos y patógenos), provenientes de plantas sanas de buen desarrollo y rendimiento (Caicedo, 1999 y Suquilanda, sf).

Los rizomas seleccionados para semilla, se les corta las raicillas secas y la parte del rizoma donde hay mayor concentración de almidón por ser de mayor edad fisiológica, luego se hace un corte en el bisel de la yema apical a 2 centímetros por encima del punto de crecimiento (Caicedo, 1999).

2.2.4.5. Densidades y distancias de siembra

La distancia de siembra depende de la fertilidad del suelo y del porte del cultivar a sembrar. Se han determinado las distancias de 1.0 x 0.5 y 1.0 x 0.75 m para cultivares de porte medio y alto, requiriendo entre 13 333 a 20 000 rizomas o semillas respectivamente por hectárea, si se utiliza un colino por lugar de siembra (Caicedo, 1999 y Suquilanda, sf). La experiencia generada por técnicos de la fundación Colinas Verdes recomienda distanciamientos de 1.0 m x 0,8 m.

2.2.4.6. Abonaduras

“Se recomienda aplicar de 6 a 8 toneladas de compost o estiércol debidamente descompuesto. El abono orgánico se esparce al voleo para incorporarlo luego al suelo mediante el paso de la rastra; también se lo puede aplicar al momento de la siembra a razón de dos puñados por sitio donde sea depositada la semilla” (Suquilanda, sf). El abono o fertilizante se aplica en el fondo del hoyo mezclado con la tierra y se procede a sembrar los rizomas a 0,1 m por debajo del nivel del suelo, cubriéndolos totalmente con tierra (Caicedo, 1999). Bustamante 1992, recomienda la fertilización de base para este cultivo; en tanto que Luna y Valdivieso, 2006 en su investigación determinaron que una aplicación de 12 toneladas/ha de humus es la mejor.

Barrera 2004, manifiesta que los agricultores indican que la achira no es cultivo que requiera de mayor fertilización, sobre todo si se han seguido los procedimientos para la preparación del terreno antes descritos. Los fertilizantes químicos se tratan como complementos en la producción (“ayudas”). Se prefiere la utilización de 18-46-0 y sulfato de amonio, una o dos veces durante el ciclo de producción, entre los dos y los ocho meses. La fertilización coincide con alguna labor, se coloca y se tapa al haber regado la sementera previamente. Se elige los compuestos que contengan fósforo, ya que ayudan a la formación de hidratos de carbono en el rizoma.

En Cundinamarca la fertilización se realiza con abonos químicos compuestos de N-P-K, siendo frecuentes el uso de las fórmulas utilizadas para el cultivo de la papa (10-30-10 y 15-15-15). En Huila ésta se realiza con abonos orgánicos utilizando gallinaza, pollinaza, bovinaza y pulpa de café. (Rodríguez y otros, 2003).

2.2.5. Manejo del cultivo

2.2.5.1. Manejo de malezas y aporque

El periodo más crítico de competencia entre la achira y las malezas ocurre en los primeros 15 días, dependiendo de las condiciones agroecológicas. El manejo se hace de manera integral, por control manual, mecánico y cultural. Este último se hace empleando las prácticas recomendadas de: preparación de suelo, sistema y distancia de siembra, semilla de buena calidad, selección del lote y fertilización.

El control manual se realiza con pala o azadón, deshierbando las calles y aporcando las plantas a los 30 días de la germinación y a los 90 días se realiza en las calles otro control con machete. Si las condiciones de desarrollo del cultivo son normales, después de 3 a 4 meses de la germinación el propio cultivo con sus grandes hojas produce sombra y controla la emisión de malezas. (Caicedo, 1999 y Suquilanda, s.f). Bustamante 1992, indica que los cultivadores solamente deshieran el terreno antes de la siembra y posteriormente no hacen limpieza alguna.

2.2.5.2. Riegos

Suquilanda, sf, sugiere que los riegos se deben aplicar cada 12 a 15 días, dependiendo del estado del tiempo hasta la floración, y luego cada 8 a 10 días, que es cuando el cultivo requiere de mayor humedad para que se produzca una mayor formación de rizomas. El número de riegos es variable, ya que este se ve influenciado por la capacidad de retención de humedad por el suelo. Los suelos arenosos requieren un mayor volumen de agua de riego que los suelos limosos.

2.2.5.3. Manejo de plagas y enfermedades

Caicedo 1999, menciona que el Gusano tornillo (*Castniomera humboltti*), es una plaga que cada día toma mayor importancia en el cultivo. Sus daños ocasionan disminución de los rendimientos por las perforaciones que ocasiona en los cormos, las cuales son vías para otros insectos y patógenos. La presencia se delata por el olor a almidón que se libera hacia el exterior. Prefiere los cultivares de corno grande. Suquilanda

recomienda para su control realizar aspersiones foliares y a la base del tallo, con una solución a base de 2.5 gramos de *Bacillus thuringiensis* (Thuricide, Dipel o New Bt), cada 8 a 15 días, según la incidencia de la plaga.

Suquilanda sf, indica que el Cutzo (*Platicoelia valida*, *Podischuus agenor*, *Anomala* sp.) lame o roe las raicillas, su daño no es de importancia económica, aunque si la incidencia llegare a adquirir características de plaga, se recomienda hacer aplicaciones a la base del tallo con un cebo a base de 4 gramos del hongo *Beauveria bassiana* + 100 cm³ de melaza / litro de agua, impregnado en 2 kilos de cascarilla de arroz, cebada o granza de quinua. Se depositan pequeñas cantidades de la mezcla en la corona de cada planta.

Así mismo indica, que entre las enfermedades producidas por bacterias destaca la "podredumbre de las yemas y de los brotes" ocasionada por *Xanthomonas cannae*. Los síntomas en las hojas son una serie de manchitas que presentan un aspecto de rayado o listado a las mismas. Los síntomas en los pimpollos son el ennegrecimiento y podredumbre húmeda de las inflorescencias antes de la floración. El mejor control para esta enfermedad es plantar rizomas sanos, que no provengan de plantas con esos síntomas.

Las enfermedades producidas por hongos destaca la "Podredumbre del tallo y de los rizomas" causada por hongos de los géneros *Rhizoctonia* y *Fusarium*, los cuales pueden colonizar las raíces y más tarde la base de los tallos, causando la marchitez y posteriormente la muerte de las plantas infectadas. El control de esta enfermedad se basa en la desinfección del terreno antes de la plantación, utilizando una dilución a base de *Trichoderma harzianum* a razón de 2 g/l de agua, y evitando el exceso de humedad o el encharcamiento, para lo cual deben construirse canales de drenaje.

La "alternariosis" es otra enfermedad de importancia en las achiras. Está causada por un hongo del género *Alternaria*. La roya de la achira es otra enfermedad causada por el hongo *Puccinia cannacearum* que ocasiona pústulas de color anaranjado sobre las hojas. El control de estas enfermedades se logra realizando aplicaciones foliares a base de compuestos cúpricos: Kocide 101 (Hidróxido de cobre): 2 gramos/litro de agua

o Phyton (Sulfato de cobre pentahidratado): 1-1.5 cm³/litro, con una frecuencia de cada 8 días.

Adicionalmente se anota que las plantas de achira pueden ser atacadas por varios tipos de virus, lo que determina la aparición de hojas manchadas, listadas, plantas enanas y deformes o con un crecimiento distorsionado especialmente en las hojas y flores. Para evitar este tipo de enfermedades se debe recurrir a material de buena calidad y que no esté infectado (Suquilanda, sf).

2.3. FENOLOGÍA DE LOS CULTIVOS

Según lo define Claro Rizo 1985, es el estudio de los fenómenos periódicos de los seres vivos (plantas y animales) y sus relaciones con las condiciones ambientales determinadas por el tiempo atmosférico: temperatura, lluvia, viento, humedad, insolación, etc. Estos fenómenos periódicos del ciclo vital pueden ser detectables o no (latentes). Los primeros pueden ser vistos directamente por el ojo humano o medidos por instrumentos: como por ejemplo en las plantas: la brotación de los tallos y hojas, la floración, la caída de las hojas, madurez de frutos, etc. Fenómenos latentes o fases no detectables directamente por el ojo humano, pero si por medios anatómicos y bioquímicos, los tenemos en: la germinación, el desarrollo radicular, formación del primordio floral, crecimiento vegetativo, etc.

La fenología es una combinación de las ciencias meteorológicas y biológicas, ya que relaciona los fenómenos periódicos de la vida, con una serie de estimaciones cuantitativas de factores ambientales (Claro Rizo, 1985).

En observaciones fenológicas debe darse prioridad a la elaboración de criterios uniformes para la interpretación de la intensidad de las fases, debido a que la energía de cada proceso fenológico, limitada por el número de días entre el inicio y la culminación del proceso, indica hasta donde la planta ha satisfecho sus requerimientos bioclimáticos durante el periodo vegetativo. Esto puede llamarse "energía de fase". (Claro Rizo, 1985).

Observaciones del inicio, plenitud y fin de cada fase pueden asimilarse en una gráfica, específicamente en una curva de distribución normal, donde la ordenada muestra el número de órganos que aparecen y la abscisa muestra la fecha (figura 1).

Los tres puntos de la curva corresponden en su orden:

- a) *Inicio de fase*: Cuando aparecen los órganos de la fase en cuestión en un 20% de plantas.
- b) *Plenitud de fase*: Cuando se determina por conteo que en el 50% de las plantas, los órganos característicos de la fase han aparecido.
- c) *Fin de fase*: Cuando el 80% de las plantas poseen los órganos de la fase en investigación.

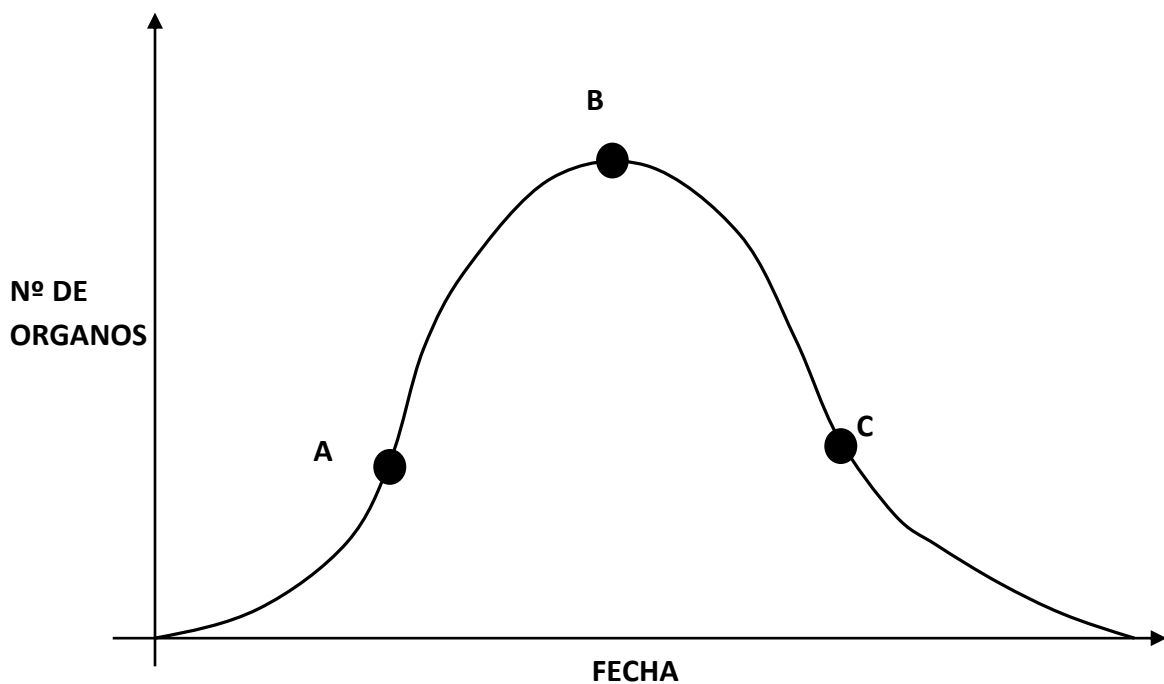


Figura 1. Frecuencia diaria de aparición de órganos durante una fase dada (Tomado de Claro Rizo, 1985).

Los cultivos en general, pueden dividirse en las siguientes cuatro fases fenológicas fundamentales: siembra, emergencia, floración y madurez fisiológica. Estas fases delimitan las principales etapas fenológicas conocidas como germinación, estado vegetativo y estado reproductor; sin embargo cada cultivo presenta diferentes

características de desarrollo, que se consideran como fases fenológicas específicas del cultivo (Hernández, 1952, citado por Cely, 2010).

La duración del ciclo vegetativo de un cultivo depende de la variedad, el clima y la fecha de siembra, por lo que es un dato que se debe obtener en cada localidad. Las observaciones fenológicas son de gran importancia puesto que el conocimiento de los fenómenos que experimentan las plantas de una especie, permite una mejor elección del tipo de producción a implementar en una zona o región. De igual modo, en algunos países como España, el Gobierno presta atención a la definición de los estadios fenológicos de los cultivos con el fin de enfatizar sus programas de Seguros Agrarios, en caso de siniestros y pérdidas de los cultivos, para otorgar un porcentaje de auxilio según el estado de desarrollo en que se presentaron los daños, también para conceder denominaciones de origen de los alimentos y demás procedimientos legales que impliquen el conocimiento detallado de las especies. (Valverde, 2007 y Gastiazoro, 2000; citados por Cely, 2010).

Existe a nivel internacional la escala extendida creada por el Centro Federal de Investigaciones Biológicas para Agricultura y Silvicultura de Alemania (BBCH), es un sistema para una codificación uniforme de identificación fenológica de estadios de crecimiento para todas las especies de plantas mono – y dicotiledóneas. El ciclo completo de desarrollo de las plantas se subdivide en diez fases principales de desarrollo claramente distinguibles. Estos estadios principales de crecimiento, son descritos usando números del 0 al 9 en orden ascendente (Figura 2). Los estadios principales de crecimiento son descritos en el cuadro 1. Según la especie de la planta pueden producirse cambios en el proceso de desarrollo, o también puede suceder que determinados estadios no tengan lugar. Los estadios principales de crecimiento no necesariamente ocurren siempre en la estricta secuencia explicada por el orden ascendente de los números, y pueden ocasionalmente también desarrollarse en forma paralela (Meier, 2001).

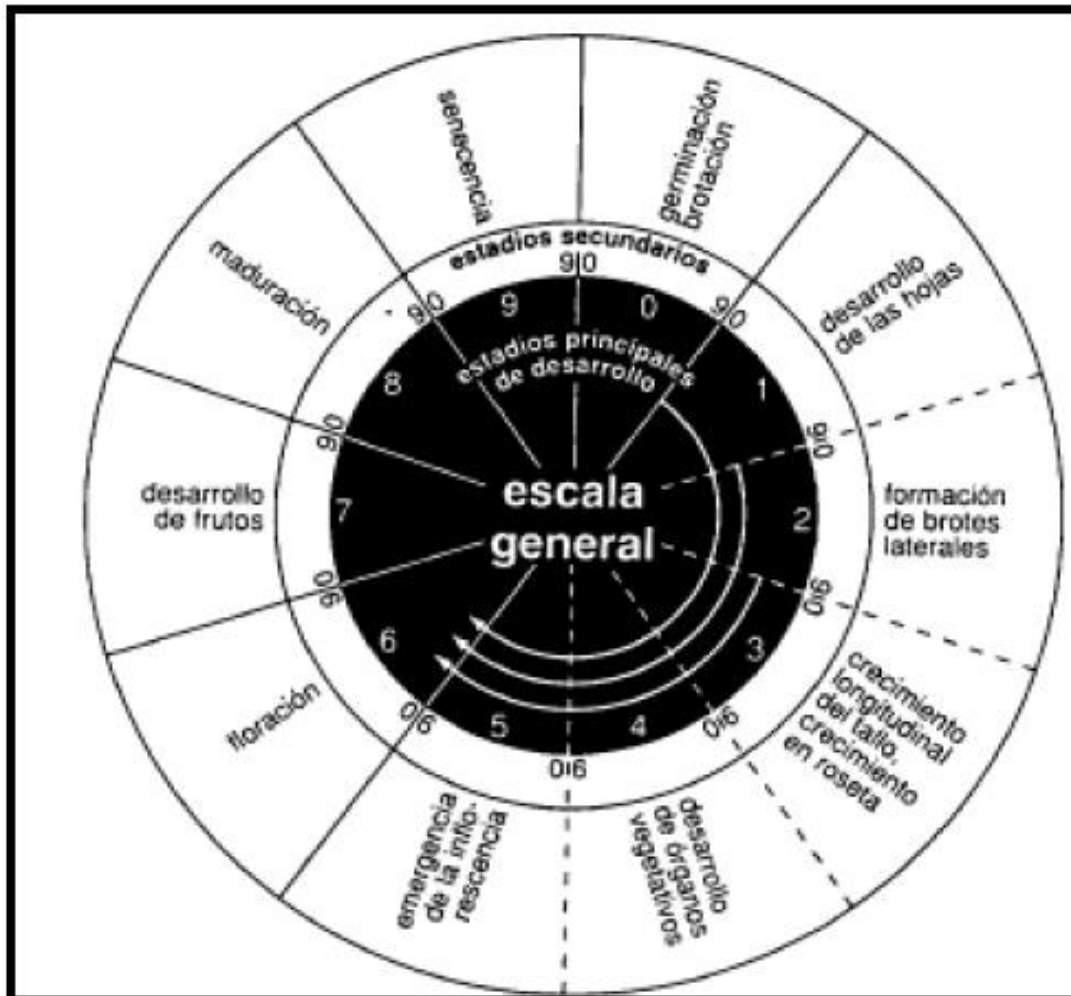


Figura 2. El ciclo de desarrollo de plantas mono y dicotiledóneas dividido en estadios de desarrollo principales.

Fuente: Bleiholder et al., 1998, citado por Meier, 2001.

Cuadro 1. Estadios principales de crecimiento de las plantas

ESTADIO	DESCRIPCIÓN
0	Germinación, brotación, desarrollo de la yema
1	Desarrollo de las hojas (brote o tallo principal)
2	Formación de brotes laterales / macollamiento o ahijamiento)
3	Crecimiento longitudinal del tallo o crecimiento en roseta, desarrollo de brotes (retoños)/ encañado (tallo principal).
4	Desarrollo de las partes vegetativas cosechables de la planta o de órganos vegetativos de propagación / embuchamiento
5	Emergencia de la inflorescencia (tallo principal) / espigamiento
6	Floración (tallo principal)
7	Desarrollo del fruto
8	Coloración o maduración de frutos y semillas
9	Senescencia, comienzo de la dormancia

Fuente: Meier Uwe, 2001.

2.4. NECESIDADES DE AGUA DE LOS CULTIVOS

Los cultivos necesitan agua para satisfacer las demandas de transpiración y evaporación. Las raíces de las plantas extraen agua del suelo para subsistir y crecer. La mayor parte de esta agua no queda en la planta, sino que escapa a la atmósfera en forma de vapor a través de las hojas y del tallo; a este proceso que fundamentalmente ocurre durante el día se le llama transpiración. El agua escapa también en forma de vapor desde la superficie del suelo y de las superficies expuestas de las plantas cuando están húmedas. A este proceso se le llama evaporación. (FAO, 1987).

El consumo de agua por un cultivo se compone de la suma de evaporación más transpiración; consecuentemente las necesidades de agua de los cultivos se identifican con la llamada “**evapotranspiración**”, la que se expresa usualmente en mm/día o mm/mes. (FAO, 1987). Para obtener una óptima producción, esta cantidad debe estar siempre disponible para las plantas, y en caso que no llueva debe ser proporcionada por medio de riego (CESA, 1988).

2.4.1. Influencia del clima en las necesidades de agua de los cultivos

Un cultivo que crece en clima cálido donde predominan los cielos despejados, necesitará más agua por día que el mismo cultivo en una localidad cuyo clima es más frío y con cielos nublados. Por lo mencionado los factores climáticos que influyen en las necesidades de agua de un cultivo (o de la evapotranspiración) son: la luz solar, la temperatura, la humedad del aire y la velocidad del viento. Se deduce entonces, que las necesidades de agua de un determinado cultivo dependerán del clima del lugar en donde se haya sembrado. (CESA, 1988; y FAO, 1987).

2.4.2. Influencia del tipo de cultivo sobre sus necesidades de agua

El tipo de cultivo influye en sus necesidades de agua fundamentalmente de dos formas: **a)** Las necesidades diarias de agua varían de un cultivo a otro en un estado de pleno desarrollo; por ejemplo un maíz totalmente desarrollado consumirá más agua que un cultivo de cebollas también plenamente desarrollado; y **b)**, la duración total del

ciclo vegetativo variará de unos cultivos a otros, existen algunos con ciclo vital corto (90 a 100 días), los hay con ciclos entre 120 a 160 días; y otros como los frutales que permanecen en el terreno durante años. Los datos sobre la duración del ciclo de los diversos cultivos en una zona determinada deben ser obtenidos localmente. (FAO, 1987).

2.4.3. Influencia del estado de desarrollo de un cultivo en sus necesidades de agua

Cuando las plantas son todavía pequeñas la evaporación será comparativamente más importante que la transpiración; en tanto que cuando hayan alcanzado su máximo desarrollo ocurrirá lo contrario, es decir, la transpiración será mayor que la evaporación.

En la siembra y durante el estadio inicial las necesidades de agua de un cultivo son aproximadamente del 50% de la demanda que se produce durante el estadio medio, cuando el cultivo está totalmente desarrollado. En relación con el estadio final, que coincide con el periodo durante el cual el cultivo madura y es cosechado, se hace necesario distinguir dos grupos de cultivos: **a)** los cultivos que se cosechan en verde (lechuga, col, etc.), las necesidades de agua durante el estadio final continúan siendo aproximadamente las mismas que en el estadio medio; y **b)**, los cultivos cosechados en seco (maíz en grano, girasol, etc.), sus necesidades de agua durante la fase final son mínimas, alrededor del 25% de las requeridas en el estadio medio. (FAO, 1987).

2.5. EL COEFICIENTE DE CULTIVO (K_c) Y FACTORES QUE INTERVIENEN EN SU DETERMINACIÓN

El coeficiente del cultivo integra los efectos de las características que distinguen a un cultivo típico de campo del pasto de referencia, el cual posee una apariencia uniforme y cubre completamente la superficie del suelo. En consecuencia, distintos cultivos poseerán distintos valores de coeficiente del cultivo. Por otra parte, las características del cultivo que varían durante el crecimiento del mismo también afectarán al valor del coeficiente K_c . Por último, debido a que la evaporación es un componente de la

evapotranspiración del cultivo, los factores que afectan la evaporación en el suelo también afectarán al valor de K_c (FAO, 2006).

El Coeficiente de cultivo (K_c) es un importante parámetro para el manejo del riego, que integra en un solo valor la influencia real de la evaporación del suelo y la transpiración de un cultivo (ET_c), en una relación con la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o), constituyendo una excelente herramienta para la planificación del riego y la programación de calendarios básicos de riego en periodos mayores a un día (FAO, 2006).

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 cosecha, por ser dependiente de las características anatómicas, morfológicas y fisiológicas de la planta. El K_c varía con el período de crecimiento de la planta y con el clima; igualmente, depende de la capacidad de la planta para extraer agua del suelo, según su estado de desarrollo vegetativo (Valverde, 2007; citado por Cely, 2010). El Coeficiente de Cultivo (K_c) es el resultado de la relación entre la evapotranspiración de un cultivo (ET_c), durante una etapa definida, con la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o). Su fórmula es:

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_o}$$

El cálculo del K_c tiene por propósito: el diseño y la planificación del riego, manejo del riego, manejo de calendarios básicos de riego, manejo de calendarios de riego en tiempo real para aplicaciones no frecuentes de agua.

El K_c , valor que se obtiene de la relación entre la evapotranspiración de cultivo y la evapotranspiración del cultivo de referencia, incorpora las características del cultivo y los efectos promedios de la evaporación en el suelo. Debido a las variaciones en las características propias del cultivo durante las diferentes etapas de crecimiento, el K_c cambia desde la siembra hasta la cosecha. La Figura 3 que representa la curva generalizada del K_c , representa los cambios del coeficiente del cultivo a lo largo de su ciclo de crecimiento; la forma de la curva representa los cambios en la vegetación y el grado de cobertura del suelo durante el desarrollo de la planta y la maduración, los

cuales afectan el cociente entre ET_c y ET_o . A partir de esta curva se puede derivar el valor del coeficiente K_c , y en consecuencia el valor de ET_c , para cualquier período de la temporada de crecimiento (FAO, 2006).

Generalmente, 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; entonces, el K_c depende del tipo de cultivo y del estado de desarrollo del mismo, representado en la absorción de la luz, la impedancia de su follaje, su fisiología y el nivel de humedad de su superficie, y del clima, (Muñoz 2005, citado por Cely, 2010).

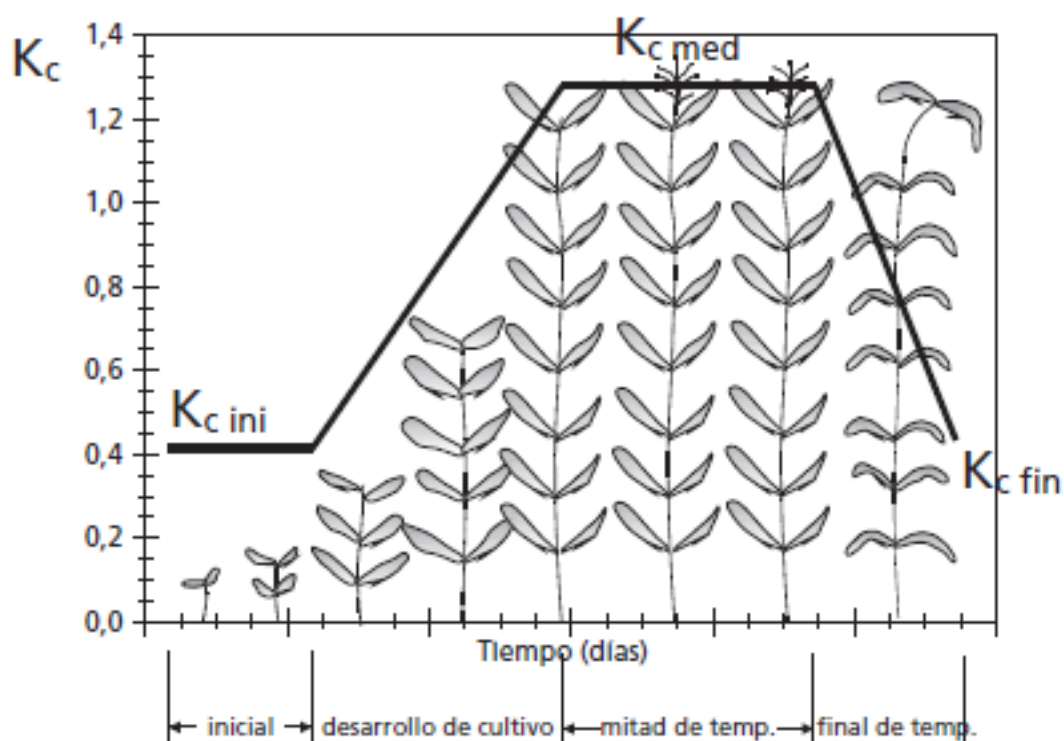


Figura 3. Curva generalizada del coeficiente del cultivo, correspondiente al procedimiento del coeficiente único del cultivo.

Fuente: FAO, 2006.

2.5.1. Tipo de cultivo

Debido a las diferencias en albedo, altura del cultivo, propiedades aerodinámicas, así como características de los estomas y hojas de las plantas, se presentarán diferencias entre la evapotranspiración de un cultivo bien desarrollado y regado y la de referencia ET_o .

Los espaciamientos estrechos entre plantas, así como la mayor altura y rugosidad de la superficie de una gran cantidad de cultivos agrícolas, producen que esos cultivos presenten coeficientes K_c mayores a 1,0. En esos casos, el factor K_c es con frecuencia de 5 a 10% mayor que el valor de referencia (donde $K_c = 1,0$), pudiendo ser hasta 15-20% mayor para el caso de cultivos altos como el maíz, el sorgo o la caña de azúcar (FAO, 2006).

Por otra parte, cultivos como la piña, los cuales pueden cerrar sus estomas durante el día, poseen valores bajos del coeficiente del cultivo. Sin embargo, en la mayoría de las especies, los estomas se abren en respuesta al aumento de la radiación solar. Además de la respuesta de los estomas a las condiciones ambientales, la posición y número de estomas y la resistencia de la cutícula a la transferencia de vapor de agua determinan la pérdida de agua del cultivo. Las especies que presentan estomas solamente en la parte inferior de la hoja y/o que presentan gran resistencia en las hojas, presentarán valores relativamente menores de K_c , este es el caso de los cítricos y los frutales de hojas caducas. El control a la transpiración y el espaciamiento entre árboles, los cuales cubren un 70% del suelo en el caso de árboles completamente desarrollados, puede causar que el valor de K_c en los mismos sea menor a uno, si son cultivados en ausencia de un cultivo que cubra el suelo (FAO, 2006).

En los cultivos anuales normalmente se diferencian 4 fases de cultivo para establecer el K_c :

- Inicial, desde la 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, como se ilustra en la figura 3 (FAO, 2006).

Por lo tanto, se hace necesario definir el ciclo vegetativo del cultivo y establecer las diferentes etapas de desarrollo del mismo (Valverde, 2007; citado por Cely, 2010).

La FAO ha publicado coeficientes de cultivo, donde señala que deben ser confirmados regionalmente para cada cultivo y variedad, los cuales deben servir como guía o punto

de referencia para la programación y manejo del riego. FAO 2006, sugiere K_c para diferentes cultivos y condiciones climáticas, sin embargo recomiendan la calibración local; igualmente, es preciso identificar las etapas de desarrollo del cultivo, determinando la duración de cada etapa y estimar los valores correspondientes de K_c específicos. Solo una experimentación en cada zona permitirá conocer los valores reales de K_c para una correcta aplicación del agua.

2.5.2. Clima

Las variaciones en la velocidad del viento afectan el valor de la resistencia aerodinámica de los cultivos y por lo tanto los valores del coeficiente del cultivo, especialmente en aquellos cultivos que posean una altura significativamente mayor a la del cultivo hipotético del pasto. La diferencia entre la resistencia aerodinámica del pasto de referencia y la de otros cultivos agrícolas es no sólo específica del tipo de cultivo, sino que depende además de las condiciones climáticas y la altura del cultivo. Debido a que las propiedades aerodinámicas son más pronunciadas en la mayoría de los cultivos agrícolas, al compararse con el pasto de referencia, el cociente entre ET_c y ET_o (o sea K_c), aumenta en la mayoría de los cultivos cuando la velocidad del viento aumenta y cuando la humedad relativa disminuye. En condiciones de una mayor aridez climática y de una mayor velocidad del viento, los valores de K_c aumentan. Por otro lado, en climas húmedos y en condiciones de velocidades del viento bajas, los valores de K_c disminuyen (FAO, 2006).

El impacto relativo del clima sobre los valores de K_c para cultivos completamente desarrollados se ilustra en la Figura 4. Los límites superiores representan condiciones de extrema aridez y de velocidad del viento fuerte, mientras los límites inferiores son válidos para condiciones de alta humedad y vientos suaves. Los rangos esperables en los valores de K_c , en respuesta a los cambios de las condiciones climáticas y meteorológicas, son menores en el caso de los cultivos de poca altura, siendo mayores en los cultivos más altos (FAO, 2006).

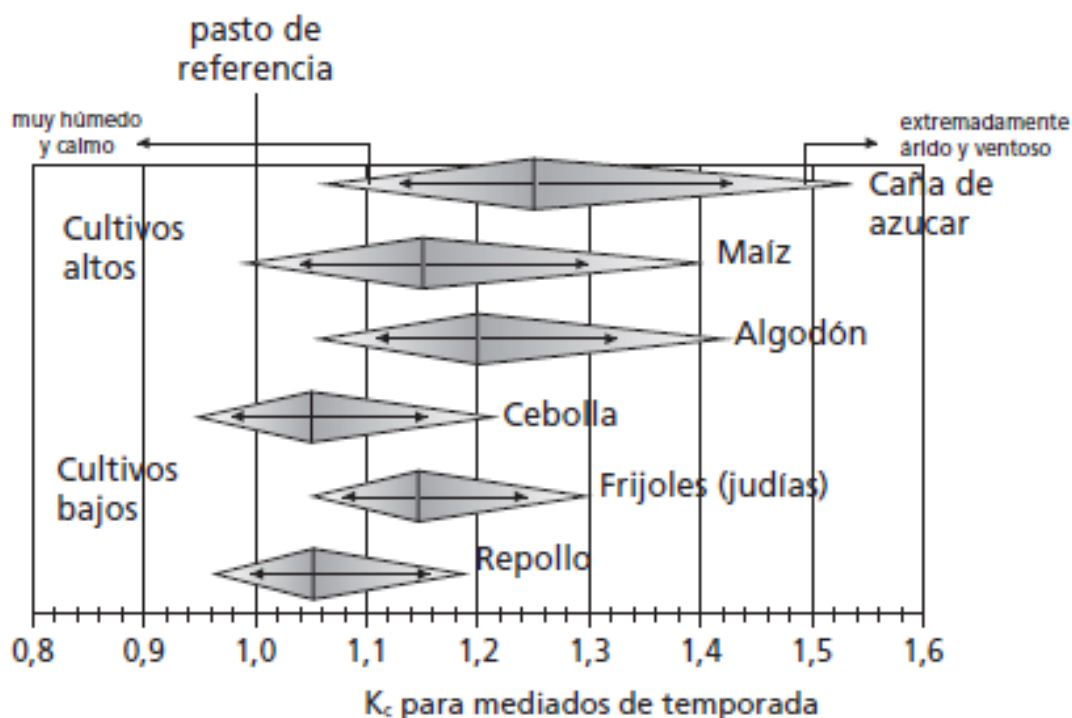


Figura 4. Rangos extremos de K_c para cultivos completamente desarrollados, en respuesta a variaciones climáticas y meteorológicas.

Fuente: FAO, 2006.

Bajo condiciones de humedad alta y vientos suaves, el valor de K_c es menos dependiente de las diferencias en los componentes aerodinámicos incluidos en ET_c y ET_o , por lo que los valores de K_c para cultivos agrícolas con cobertura completa no excederán a 1,0 por más de un valor de 0,05. Esto es debido a que tanto los cultivos agrícolas de cobertura completa como el cultivo de referencia del pasto absorben la cantidad máxima posible de radiación de onda corta, la cual es la fuente principal de energía para el proceso de evaporación en condiciones húmedas y de vientos suaves. Además los valores de albedo son similares para una amplia gama de cultivos agrícolas de cobertura completa, incluyendo al cultivo de referencia. Debido a que el déficit de presión de vapor ($e_s - e_a$) es pequeño en condiciones de humedad alta, las diferencias en ET , causadas por diferencias en resistencia aerodinámica, r_a , entre el cultivo agrícola y el de referencia, también son pequeñas, especialmente con velocidades del viento suaves a moderadas (FAO, 2006).

Bajo condiciones de aridez los efectos generados por las diferencias en r_a entre el cultivo agrícola y el pasto de referencia en el valor de ET_c serán más pronunciados,

debido a que el término $(e_s - e_a)$ es relativamente grande. Mientras mayor sea el valor de $(e_s - e_a)$, mayor será la diferencia en el componente aerodinámico incluido en el numerador de la ecuación de Penman-Monteith, tanto para el cultivo agrícola como para el cultivo de referencia. Por lo tanto el valor de K_c será mayor en condiciones de aridez, en los casos en que el cultivo agrícola posea una mayor área foliar y una mayor rugosidad que el cultivo de referencia.

Debido a que el término $1/r_a$ en el numerador de la ecuación de Penman-Monteith viene multiplicado por el déficit de presión de vapor $(e_s - e_a)$, el valor de ET para cultivos altos se incrementará proporcionalmente en un mayor grado con respecto a ET_o , que en el caso de cultivos de baja altura cuando la humedad relativa es baja. El valor de K_c para cultivos altos, tales como los de 2 a 3 metros de altura, pueden ser hasta un 30% superiores en condiciones de vientos fuertes y climas áridos, que en el caso de climas húmedos y vientos suaves. Este incremento de K_c es debido a la influencia de la mayor rugosidad aerodinámica del cultivo de mayor altura, comparada con la del cultivo de referencia, a la transferencia de vapor de agua desde la superficie (FAO, 2006).

2.5.2.1. Evapotranspiración

Según el Manual 56 de la serie Riego y drenaje de la FAO, 2006, la evapotranspiración (ET) es la consideración conjunta de dos procesos diferentes: la evaporación y la transpiración. La evaporación es el proceso por el cual el agua líquida se convierte en vapor de agua (vaporización) y se retira de la superficie evaporante (remoción de vapor); el agua se evapora de una variedad de superficies, tales como lagos, ríos, caminos, suelos y la vegetación mojada. La transpiración consiste en la vaporización del agua líquida contenida en los tejidos de la planta y su posterior remoción hacia la atmósfera; los cultivos pierden agua predominantemente a través de los estomas.

La evaporación y la transpiración ocurren simultáneamente y no hay una manera sencilla de distinguir entre estos dos procesos. Aparte de la disponibilidad de agua en los horizontes superficiales, la evaporación de un suelo cultivado es determinada principalmente por la fracción de radiación solar que llega a la superficie del suelo; esta fracción disminuye a lo largo del ciclo del cultivo a medida que el dosel del cultivo

proyecta más y más sombra sobre el suelo. La evapotranspiración se expresa normalmente en milímetros (mm) por unidad de tiempo, es decir, la cantidad de agua perdida de una superficie cultivada en unidades de altura de agua. La unidad de tiempo puede ser una hora, día, 10 días, mes o incluso un período completo de cultivo o un año. El clima, las características del cultivo, el manejo y el medio de desarrollo son factores que afectan la evaporación y la transpiración (FAO, 2006).

2.5.2.2. Evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o)

Es una medida relacionada con el clima que expresa el poder evaporante de la atmósfera; este concepto se introdujo para estudiar la demanda de evapotranspiración de la atmósfera, independientemente del tipo y desarrollo del cultivo, y de las prácticas de manejo; los únicos factores que afectan ET_o son los parámetros climáticos. Según Avila y Melo (1983), citados por Cely, 2010, la evapotranspiración del cultivo de referencia refleja la verdadera necesidad de agua para los cultivos que deben desarrollarse en condiciones óptimas de humedad. El estudio del concepto de necesidad de agua es aquel que permite satisfacer normalmente los requerimientos hídricos del cultivo o el uso consuntivo que es la cantidad de agua consumida en un área determinada por unidad de tiempo (Serrano, 1996, citado por Cely, 2010).

Para calcular la ET_o, se recomienda que en aquellas zonas en las que se disponga de datos medidos sobre la temperatura, la humedad, el viento y las horas de radiación, se utilice el método o ecuación de Penman-Monteith, ya que se considera que proporciona resultados más satisfactorios para predecir los efectos del clima sobre las necesidades de agua de los cultivos; además, el estudio realizado por Allen et al., (1990), citado por Cely, 2010 que compara 20 métodos diferentes de cálculo de la evapotranspiración, demostró claramente la superioridad en la precisión de los procedimientos introducidos por Monteith en la ecuación de Penman. Para tal efecto, se emplea un software llamado CROPWAT, creado por la Dirección de Fomento de Tierras y Aguas de la FAO, programa publicado por la FAO como el No. 46 en la Serie Riego y Drenaje, es una herramienta útil ya que permite calcular la evapotranspiración de referencia o potencial con el método Penman-Monteith, a partir de los datos de la zona; de igual manera, existen otros programas de ayuda para estimar este valor.

Otro procedimiento es la utilización del tanque evaporímetro, en ausencia de lluvia la cantidad de agua evaporada durante un periodo (mm/día) corresponde a la disminución de la altura en el tanque en ese periodo. Los tanques proporcionan una medida del efecto integrado de la radiación, viento, temperatura y humedad sobre el proceso evaporativo de una superficie abierta de agua. Aunque el tanque evaporímetro responde de una manera similar a los mismos factores climáticos que afectan la transpiración del cultivo, varios factores producen diferencias significativas en la pérdida de agua de una superficie libre evaporante y de una superficie cultivada. La reflexión de la radiación solar del agua en el tanque puede ser del 23% asumido para el cultivo de referencia. El almacenaje de calor dentro del tanque puede ser apreciable y causar una significativa evaporación durante la noche, mientras que la mayoría de cultivos transpiran solamente durante el día. La transferencia de calor a través de las paredes del tanque también afecta el balance energético. (FAO, 2006).

A pesar de la diferencia en los procesos ligados a la evaporación del tanque y la evapotranspiración de superficies cultivadas, el uso de la evaporación del tanque para predecir la ETo para periodos de 10 días puede ser considerado confiable si se usa correctamente. La evaporación del tanque está relacionada con la evapotranspiración de referencia por un coeficiente empírico derivado del mismo tanque: (FAO, 2006).

$$E_{To} = K_p * E_{pan}$$

Donde:

ETo = evapotranspiración de referencia (mm/día),

Kp = coeficiente del tanque evaporímetro,

Epan = evaporación del tanque evaporímetro (mm/día)

2.5.2.3. Evapotranspiración del cultivo (ETc)

Se refiere a la evapotranspiración en condiciones óptimas presentes en parcelas con un excelente manejo y adecuado aporte de agua y que logra la máxima producción de acuerdo a las condiciones climáticas; para estimarla se deben tener en cuenta los

principales factores ambientales que la condicionan, como los asociados al clima, a la humedad del suelo, al tipo de cultivo y su etapa de desarrollo (FAO, 2006).

Cuando el suelo está bien provisto de agua, la superficie foliar se encuentra bien desarrollada y la regulación estomática es poca, la evapotranspiración real es igual a la del cultivo de referencia; pero si el suelo carece de agua, la superficie foliar se desarrolla débilmente y la regulación estomática es intensa, entonces, la evapotranspiración real es menor que la potencial (Avila y Melo, 1983, citados por Cely, 2010).

Para la medición de la evapotranspiración, se pueden emplear métodos directos e indirectos; los directos son basados en el establecimiento de un balance hídrico, es decir, calcular la entrada y salida del agua en el sistema suelo; la forma más precisa es con un lisímetro (Loomis y Connor, 2002, citados por Cely, 2010); los indirectos se basan en la relación de diferentes elementos climatológicos con respecto a la evapotranspiración, usando diferentes fórmulas (Valverde, 2007, citado por Cely, 2010).

Uno de los métodos directos para obtener la evapotranspiración es a través de las mediciones del balance del agua del suelo en un lisímetro, que consiste en un contenedor de suelo dispuesto de tal forma que permita la medición de las ganancias y pérdidas de agua, con su superficie cubierta por el cultivo, representando las condiciones ambientales del campo en donde están ubicadas; son utilizados para determinar la evapotranspiración ya sea de un cultivo en desarrollo, de una cubierta vegetal de referencia o la evaporación del suelo desnudo (Aboukhaled, 1982, citado por Cely, 2010).

El lisímetro es un recipiente de superficie suficiente como para acomodar un número representativo de plantas y suficientemente profundo como para acomodar su sistema radical (Hausenberg, 2002, citado por Cely, 2010), donde se calculan las entradas y salidas de agua, de manera tal que se puede evaluar la evapotranspiración de un cultivo que se siembre sobre él. El lisímetro aplica el concepto del balance hídrico del suelo a la programación de riego; es el único método disponible para medir directa y continuamente el contenido de humedad de un suelo. Los lisímetros proporcionan el

método de campo más fiable para estudiar la evapotranspiración. Aunque no se dispone de ellos en todas partes, los lisímetros se utilizan muy habitualmente (Salisbury, 2000, citado por Cely, 2010).

2.6. NECESIDADES DE RIEGO

Según FAO 1987, las necesidades de agua de riego se obtienen de la diferencia entre las necesidades de agua del cultivo y la porción de lluvia que puede ser aprovechada por las plantas (precipitación efectiva). El cálculo de las necesidades de agua de riego proporciona la base para la determinación del calendario de riegos y para el diseño del sistema de riego.

El procedimiento a seguir para su determinación es: Definida la época de siembra de los cultivos se calcula las necesidades de agua, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$NH = Etp * Kc$$

Donde:

- NH = Necesidades hídricas (mm/mes)
- Etp = Evapotranspiración potencial o del cultivo de referencia (mm/mes)
- Kc = coeficiente de cultivo

Para el cálculo de las necesidades reales de agua, mediante la aplicación de riego, utilizamos la siguiente expresión:

$$Nr = NH - Pe$$

Donde:

- Nr = Necesidades de riego (mm)
- NH = Necesidades hídricas (mm)
- Pe = Precipitación efectiva (mm)

2.6.1. Precipitación efectiva

Según FAO 1987, menciona que además de suelo, aire y luz solar, los cultivos necesitan agua para crecer, ésta puede ser suministrada a los cultivos por medio de

la lluvia, mediante riegos o por la combinación de los dos. Si la lluvia es suficiente para satisfacer las necesidades de agua de los cultivos, no será preciso regar; en tanto que si la lluvia no se produce, toda el agua que necesiten los cultivos habrá de ser suministrada mediante riegos.

Si se produce una cierta cantidad de lluvia, pero no es suficiente para cubrir las necesidades de los cultivos, habrá que complementar el agua de lluvia con riegos, de manera que la suma de ambos cubra las necesidades totales. A esto se le llama a menudo riego suplementario.

Se conoce también que no toda el agua de lluvia que cae sobre la superficie del suelo puede realmente ser usada por las plantas. Parte del agua de lluvia percola por debajo de la zona radicular del cultivo y parte fluye sobre la superficie del suelo perdiéndose en forma de escorrentía superficial. Las aguas de percolación profunda y de escorrentía superficial no pueden ser usadas por el cultivo. En otras palabras, parte de la lluvia no es efectiva. La porción restante será almacenada en la zona radicular y podrá ser usada por las plantas. A esta porción se le llama precipitación efectiva.

Los factores que determinan qué parte de la precipitación es efectiva y qué parte no lo es, son: el clima, la textura del suelo, su estructura y la profundidad del sistema radicular.

Si la intensidad de la lluvia es alta, una parte relativamente grande de agua se perderá en forma de percolación profunda y escorrentía superficial.

Otro factor que es preciso tener en cuenta en la estimación de la precipitación efectiva es la variación interanual de la lluvia. Especialmente en climas con una precipitación media anual escasa, la variación interanual suele ser considerable; un año puede ser relativamente seco mientras otro puede ser húmedo.

En muchos países se han desarrollado fórmulas con base local para determinar la precipitación efectiva. Tales fórmulas tienen en cuenta factores como las probabilidades de ocurrencia de lluvia, topografía, tipo de suelo predominante, etc. Si dichas fórmulas u otros datos locales están disponibles, deben ser usados.

En nuestro medio es muy común utilizar la información de lluvia con un 75% de probabilidad. A estos datos se les puede aplicar las siguientes expresiones (método USDA – Soil Conservation Service, que es el que recomienda la FAO), para obtener la precipitación efectiva.

Cuando la precipitación probable es menor a 250 mm:

$$\text{Precipitación efectiva} = \frac{\text{Precipitación probable 75\%} * [125 - (0.2 * \text{Precipitación probable 75\%})]}{125}$$

Cuando la precipitación probable es mayor a 250 mm:

$$\text{Precipitación efectiva} = 125 + 0.1 * (\text{Precipitación probable 75\%})$$

2.7. RELACIONES SUELO – AGUA – PLANTA

2.7.1. Suelo

El suelo es un almacén de nutrientes de las plantas y constituye un medio a través del cual se mueven el agua y los nutrientes. Es también el anclaje de las plantas y la reserva de agua para su crecimiento. Las características de los suelos varían ampliamente de acuerdo a sus propiedades físicas, a menudo determinando la clase de cultivo que puede ser establecido, y también el tipo de sistema de riego apropiado. En consecuencia un perfecto conocimiento de las propiedades del suelo es importante para establecer el diseño de riego (Boswell, 1990).

2.7.1.1. La textura

Es la relativa proporción de los distintos tamaños de partículas minerales (arenas, limos y arcillas) que constituyen el suelo. La textura del suelo juega un papel importante en los procesos que gobiernan el movimiento del agua, la capacidad de retención del agua, y la disponibilidad y retención de nutrientes. (Boswell, 1990).

2.7.1.2. La estructura

Se refiere a los agregados en los cuales están ordenadas las partículas del suelo; existen estructuras del suelo como: granos individuales, granulares, capas y terrones. Esta influye en las relaciones entre la humedad, movimientos del agua, aprovechamiento de los nutrientes, acción de los microorganismos, desarrollo de las raíces y crecimiento de la planta. (Boswell, 1990).

2.7.1.3. El tempero del terreno

Es la condición física del suelo que está en relación con el crecimiento de la planta. Los terrenos en buenas condiciones son blandos, desmembrables, fácilmente trabajables, y absorben el agua sin dificultad. Los suelos de pobres condiciones de tempero son duros, con terrones difíciles de trabajar, absorben el agua lentamente, tienen poco drenaje y problemas de escorrentía. Las plantas que crecen en estos terrenos presentan a menudo problemas de aireación en la zona radicular, crecimiento lento y sus raíces se desarrollan diseminadas. (Boswell, 1990).

2.7.1.4. Densidad volumétrica o aparente

Es la proporción de la masa del suelo a su volumen expresada en gr/cm^3 o en kg/m^3 (unidad internacional). La densidad volumétrica se conoce también como densidad “aparente”, para distinguirla de la densidad “real” de las partículas del mineral que es generalmente del orden de $2\ 670\ \text{kg/m}^3$ (peso específico = $2,67\ \text{gr/cm}^3$). Boswell, 1990.

2.7.1.5. La porosidad

Es el porcentaje del volumen del suelo que ocupan los poros, se calcula a partir de la densidad real y aparente, tal como sigue:

$$\text{Porosidad (\%)} = 100 (1 - A_s/R_s);$$

En donde:

As = densidad aparente (gr/cm^3 o kg/m^3)

Rs = densidad real (gr/cm^3 o kg/m^3), Boswell, 1990.

2.7.1.6. La tasa de infiltración o permeabilidad

Es la velocidad a la que el agua penetra en el suelo. La permeabilidad del terreno variará enormemente de acuerdo con su estructura, labranza, densidad, porosidad y su contenido en humedad. La infiltración de un suelo impondrá una limitación en el diseño del sistema de riego, ya que una dosis de aplicación de agua mayor que la velocidad de infiltración daría lugar a escorrentía y a erosión. (Boswell, 1990).

2.7.2. Relaciones suelo - agua

El suelo se constituye en el eslabón final en el transporte de agua desde un sistema de riego hacia la zona radicular, es un puente esencial algunas veces olvidado, entre el sistema de riego y la planta. Las propiedades físicas y químicas del suelo determinan su posibilidad de transporte y de almacenaje de agua y nutrientes; consecuentemente el conocimiento del suelo y de las relaciones suelo – agua es un requisito fundamental para el proyectista. Los siguientes términos y sus definiciones ayudan a explicar los mecanismos por los cuales la humedad es transportada y almacenada en el perfil del suelo. (Boswell, 1990).

2.7.2.1. La humedad higroscópica

Es el agua absorbida por las partículas del terreno. No se mueve bajo la influencia de la gravedad o de la capilaridad y no está generalmente disponible para las plantas. (Boswell, 1990).

2.7.2.2. La humedad de capilaridad

Es el agua que está contenida en los espacios porosos por la tensión superficial entre el agua y las partículas del suelo. La humedad de capilaridad es la fuente principal de agua para las plantas. (Boswell, 1990).

2.7.2.3. Agua gravitatoria

Es el agua libre en el suelo en el que se moverá bajo la influencia de la gravedad. Después de que un suelo se ha saturado, el agua gravitatoria percolará, dejando al suelo en capacidad de campo. (Boswell, 1990).

2.7.2.4. La capacidad de campo (CC)

Es una medida del agua contenida por el suelo en contra de la influencia de la gravedad. Si un terreno está saturado debido a la lluvia o al riego y luego se le permite drenar durante 24 horas, el suelo está en capacidad de campo. Para la mayoría de los cultivos un contenido de humedad en el suelo próximo a su capacidad de campo es el nivel ideal para el crecimiento vegetativo, porque hay un buen balance entre la tensión de humedad del suelo y su aireación.

El suelo perderá muy poca agua después de que se haya desecado hasta la capacidad de campo si no hay plantas creciendo en él. Las plantas eliminarán agua por transpiración e irán reduciendo progresivamente la humedad en el suelo. En días calurosos las plantas pueden necesitar agua más rápidamente de lo que el suelo es capaz de suministrar a sus raíces o de lo que éstas puedan proporcionar al resto de la planta, entonces se marchitarán. Normalmente si se le da suficiente humedad al terreno, la planta se podrá recuperar durante la noche. (Boswell, 1990).

2.7.2.5. Punto de marchitez permanente (PMP)

Es el contenido de humedad del suelo en el cual la planta se marchita y permanece en este estado, cesando su crecimiento normal y transpiración. (Boswell, 1990).

2.7.2.6. La humedad disponible en el suelo

Es la diferencia entre la cantidad de agua en el suelo en su capacidad de campo y la cantidad de agua en el suelo en su punto permanente de marchitez. Hay una considerable variación de los valores de CC, PMP, y la humedad disponible, para los diferentes tipos de suelos. La arena tiene valores bajos para los tres, mientras que la

arcilla tiene valores altos para la CC y PMP y moderadamente alta la humedad disponible. Un suelo franco que contiene iguales proporciones de arena, limo y arcilla, sería intermedio entre una arena y una arcilla en términos de CC y PMP, pero la humedad disponible del suelo franco es generalmente, la más alta de cualquier clase de suelo.

La cantidad de agua contenida en el suelo puede ser estimada por peso, por resistencia eléctrica, por la tensión de humedad, por la observación de las plantas y por el tacto en el suelo. Otro método consiste en el uso de sondas de neutrones.

El cuadro que se muestra a continuación, ofrece alguna pauta que se puede usar como guía aproximada para ilustrar las variaciones de la capacidad de almacenamiento de humedad de los diferentes suelos. Como hay grandes variaciones y cada suelo es diferente, los valores para un suelo en particular deberán ser determinados experimentalmente. (Boswell, 1990).

Cuadro 2. Capacidad de almacenamiento de humedad en los diferentes suelos

TEXTURA DEL SUELO	HUMEDAD DEL SUELO		
	CAPACIDAD DE CAMPO (%)	PUNTO PERMANENTE DE MARCHITEZ (%)	HUMEDAD DISPONIBLE (%)
Arenoso	9	2	7
Arenoso franco	14	4	10
Franco arenoso	23	9	14
Franco arenoso + materia orgánica	29	10	19
Franco	34	12	22
Franco arcilloso	30	16	14
Arcilloso	38	24	14
Arcilloso bien estructurado	50	30	20

Fuente: Boswell, 1990.

2.7.3. Relaciones planta - agua

Las células de las plantas y los espacios intercelulares absorben el agua por ósmosis y por imbibición. Por medio de la imbibición las moléculas de agua se unen a la celulosa por enlaces de hidrógeno y por otras sustancias que atraen al agua en los espacios intercelulares de la planta. Por medio de la ósmosis, el agua se mueve desde áreas de baja concentración salina, pasando a través de la membrana semipermeable, a áreas de más alta concentración salina.

Los pelos de las raíces son sencillas células epidérmicas con una gran superficie, y cada uno, posee una gran vacuola, de este modo ayudan al proceso osmótico. El agua normalmente se mueve desde la solución del suelo, pasando a través de las paredes semipermeables de las células, hasta el interior de las mismas. La planta mueve el agua y nutrientes hacia arriba a través de los tejidos del xilema hasta las hojas, donde es liberada a la atmósfera a través de los estomas situados en las hojas. La planta es capaz de controlar la concentración de agua en el interior de las células y estimular el movimiento de ésta hacia su interior.

La energía para las raíces es producida en forma de azúcares que se fabrican en las hojas. Estos se transportan hacia abajo a través de los tejidos del floema hasta las raíces. Igual que hacen las células de los animales que toman oxígeno y desprenden dióxido de carbono, las células de las raíces respiran. Las plantas se asfixian cuando falta oxígeno en la zona radicular.

La extracción de agua del suelo consume energía. Cuando la tensión del agua en el suelo aumenta, la planta necesitará más energía para obtener agua. El agua de los capilares se mueve lentamente en los suelos y cuanto menos agua haya, ésta se retendrá más intensamente. La planta alarga sus raíces para alcanzar el agua adicional contenida en los espacios porosos y renueva sus raíces en zonas determinadas.

Estos hechos explican que para lograr una la calidad óptima y un buen rendimiento, muchas plantas requieren que el grado de humedad de la zona radicular sea mantenido cerca de la capacidad de campo durante el crecimiento vegetativo,

fructificación y maduración. Muchas plantas se dañan por exceso de agua en la zona radicular así como también por periodos de stress hídrico. Una buena práctica de riego suministrará una cantidad adecuada de agua y oxígeno a la planta para un sistema radicular sano y un crecimiento vigoroso. (Boswell, 1990).

2.8. LA HUMEDAD DEL SUELO Y SU MEDIDA

El crecimiento de los vegetales depende en parte de la humedad del suelo. Las plantas necesitan agua y además su alimentación mineral depende de la humedad del suelo. El agua se encuentra en los poros del suelo. Si es poco húmedo el agua es retenida con fuerza en los microporos y las plantas no pueden extraerla. Por el contrario, cuando el suelo está inundado de agua, los poros se llenan de este líquido y la aireación del suelo se vuelve insuficiente. Las plantas mueren por asfixia y por la aparición de un fenómeno de fermentación. (Leclercq, 1981).

Por lo mencionado se explica que el agua contenida en la arena es fácilmente accesible para la planta, mientras que el agua contenida en la arcilla es prácticamente inaccesible. Es decir el suelo retiene el agua gracias a la existencia de una cierta fuerza de succión. Para que la planta pueda absorber esta agua del suelo, deberá producir una fuerza de succión superior y en sentido opuesto. Mediante los bajos valores de la presión, la planta extrae fácilmente el agua contenida en los anchos poros. A medida que la presión de succión aumenta, el agua es extraída de los poros cada vez más pequeños. El agua utilizada por la planta es retenida mediante presiones variables que tienen un máximo del orden de $16\ 000\ \text{gr/cm}^2$, es decir el equivalente a una columna de agua de 160 m, o una presión de 16 atmósferas ($pF = 4,2$). (Leclercq, 1981).

2.8.1. Utilización del tensiómetro

Su principio se fundamenta en que las partículas de suelo retienen el agua capilar gracias a la existencia de una fuerza de succión. Esta fuerza existe por la tensión superficial que actúa en la superficie de separación gas – líquido. El agua contenida en un poro se pega a las paredes de los granos; sin embargo el agua no llena todo el

poro, también existe aire. El espacio entre el agua y el aire en un poro tiene la forma de un menisco. En cada lugar del menisco hay una diferencia de presión de una y otra parte de la superficie del menisco; esta es la presión capilar. Esta última depende de la tensión superficial (que depende de la naturaleza del líquido) y de la dimensión de los granos del medio poroso. Por lo tanto, cuanto más pequeño es un poro, más grande será la presión capilar y la fuerza de succión. (Leclercq, 1981).

Por lo expuesto, es fácil comprender que existe un medio de relacionar humedad del suelo y presión capilar. Este es el principio del método utilizado para medir la humedad del suelo con la ayuda de un tensiómetro. (Leclercq, 1981).

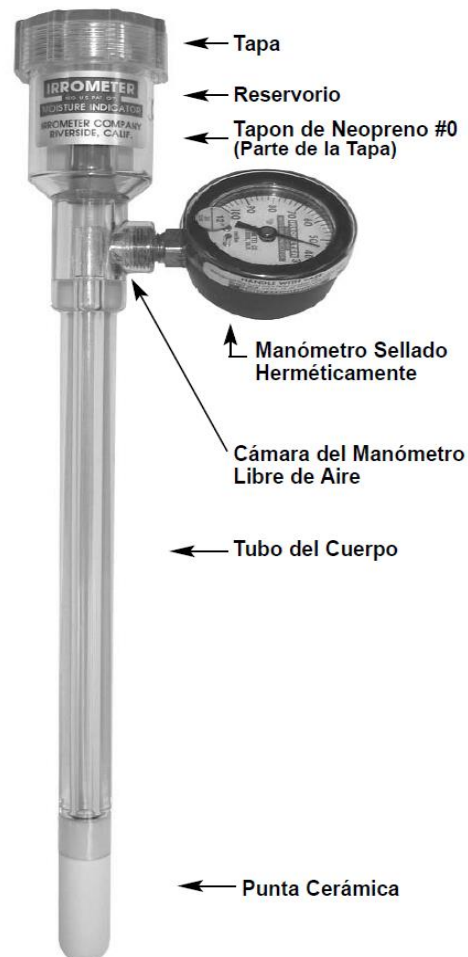


Figura 5. Tensiómetro
Fuente: Catálogo de Irrrometer

Según Leclercq 1981, El tensiómetro consiste en un tubo cerrado por un lado mediante una bujía de cerámica porosa en contacto con el suelo. El otro lado que está fuera

del suelo, está conectado a un manómetro. Cuando el tubo se llena de agua, se cierra este lado con la ayuda de un tapón hermético. La parte más importante de un tensiómetro es la bujía porosa. Estas últimas se caracterizan por la dimensión del poro más grande; la cerámica porosa es más impermeable al aire cuando está saturada de agua.

Cuando el tensiómetro está colocado en el suelo, el agua que contiene la bujía porosa entra en contacto con el agua del suelo. Por tanto hay una continuidad perfecta entre el agua del tensiómetro y el agua del suelo. Si el suelo en el que se acaba de colocar el tensiómetro está seco, el agua del tensiómetro será absorbida por las partículas del suelo. Esta agua tendrá tendencias a salir del tubo del tensiómetro, hasta que el vacío creado al interior del tubo compense la presión de succión del suelo. Es entonces cuando el sistema tensiómetro – suelo – agua alcanza un nivel de equilibrio. A continuación se lee la presión registrada en el manómetro. Si después de la lluvia o de una dosis de riego el suelo se vuelve a humedecer, se producirá un movimiento contrario. En efecto, el vacío que se crea en el tensiómetro tendrá tendencia a absorber el agua de éste último, hasta que se establezca un nuevo equilibrio entre el vacío del tensiómetro y la tensión de humedad del suelo. (Leclercq, 1981).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DEL ÁREA EXPERIMENTAL

La investigación se realizó en el sector Cabrería - Chumberos, que pertenece al barrio La Palmira, parroquia Quinara, perteneciente al cantón Loja, provincia de Loja. El área experimental está bajo la influencia del sistema de riego público La Palmira. Se encuentra a aproximadamente 65 km de la ciudad de Loja; y a 3 km aproximadamente de la cabecera parroquial (Véase figura 6).

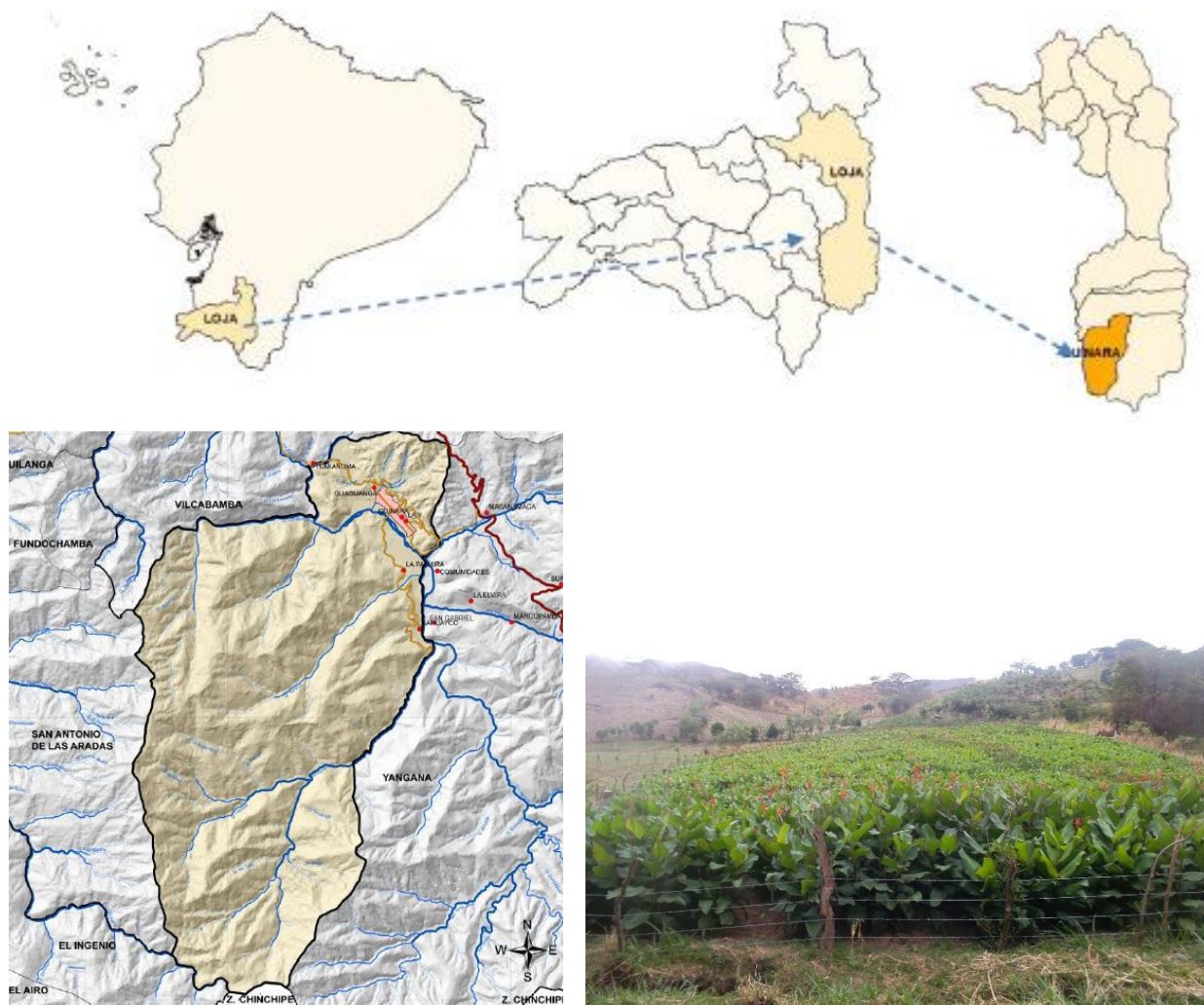


Figura 6. Ubicación del área experimental

La parcela experimental tiene las siguientes características geográficas y climáticas:

Coordenadas UTM, WGS84, zona geográfica 17 Sur:

Coordenada N	9 521 930 m y 9 521 964 m
Coordenada E	694 455 m y 694 532 m
Área total:	2 879, 5 m ²
Área neta:	1 536 m ² (6 parcelas de 256 m ² cada una)
Altitud:	1 576 m s.n.m.
Temperatura media anual:	20°C (PDYOT, 2011), clima térmico subtropical (Maldonado N, 2005)
Precipitación media anual:	773,1 mm
Zona agroecológica:	bosque seco Pre Montano (b.s.PM)
Tipo de clima:	Sabana Tropical de altura (AwH) (Maldonado N, 2005).

3.2. CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE RIEGO LA PALMIRA

Según la ficha técnica elaborada por RIDRENSUR – EP, entidad creada por el Gobierno Provincial de Loja para atender su competencia sobre riego, este sistema de regadío inicia su construcción en 1996 y entra en servicio en el 2003. Capta aguas del río Aguacollas que se ubica en la parte alta de la cuenca hidrográfica del río Catamayo. A este sistema lo conforman dos sectores: el denominado Zona 1 que abarca el sector de Sahuaiico; y la zona 2 que cubre los sectores La Palmira, Chumberos, La Comuna y la Cabrería. La capacidad máxima del canal en el tramo inicial es de 0,322 m³/s, en el intermedio 0,21 m³/s y en el tramo final 0,13 m³/s; el caudal legalmente concesionado es de 200,06 l/s.

La obra de toma se ubica en la cota 1 677 m s.n.m. es de hormigón, su diseño es de tipo convencional, constituida por azud, colchón disipador, muros laterales, rejilla de entrada, desripiador, canal de desfogue de sedimentos, compuertas y desarenador. El canal principal tiene 9,6 km es de sección trapezoidal de hormigón simple; en tanto que las redes de distribución secundaria cuya longitud es de 5,0 km, son de tubería PVC de varios diámetros.

Con esta infraestructura de riego se benefician 104 familias, que registran 137 propiedades. El área de riego es de aproximadamente 248,77 ha. El patrón de cultivos está conformado por pastos, caña, huertas (en donde se encuentra entre otros el cultivo de achira), maíz, fréjol, yuca, tomate, pimiento, etc.

3.3. MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS

Los materiales y equipos utilizados en la investigación fueron los siguientes:

- Postes para cerramiento, alambre de púas, grapas.
- Cinta métrica (50 m), flexómetro.
- Cormas de achira (semilla).
- Tensiómetros de puntas reemplazables, puntas de 15, 30 y 45 cm, bomba manual de vacío, colorante, recipientes plásticos de protección.
- Equipo de muestreo de suelos: muestreador, cilindros koppecky.
- Equipo para medir infiltración (doble anillo).
- Cronómetro
- GPS (Navegador).
- Etiquetas para identificación de plantas de seguimiento.
- Probeta de 50 ml.
- Tanque evaporímetro clase "A" y recipiente plástico cilíndrico (tanque evaporímetro no tradicional) de capacidad 20 litros.
- Pluviómetro.
- Lisímetro (tanque cónico de polietileno de 550 litros, y accesorios).
- Recipientes plásticos
- Humus, Roca fosfórica, urea, muriato de potasio.
- Cámara de fotos digital.
- Herramientas menores de labranza (lampas, barretas, machetes, palas).
- Sistema de riego por aspersión (tubos PVC E/C de diámetros entre 50 mm a 25 mm, accesorios, filtro de anillas, válvulas, conexiones rápidas, aspersores, etc.).
- Balanza digital con precisión de 0.1 gr.
- Computador e impresora.
- Formatos para registro de información.
- Saquillos.
- Planta de procesamiento de almidón de achira (ralladora de motor, tanques de lavado y de sedimentación, secadora, etc.).
- Estación meteorológica (Instalación del INAMHI – Quinara).
- Vehículo (camioneta) y acémilas.
- Suministros de oficina.

3.4. AGROTECNIA DEL CULTIVO

Previo a la preparación del terreno, fue necesario proteger el área experimental para evitar la entrada de ganado vacuno y caballar existente en los alrededores; para ello fue necesario el corte de 120 postes de 2 m de longitud, luego se procedió al hoyado del suelo para su colocación. Posteriormente se procedió al cerramiento de los 218 m de perímetro que constituye el área de ensayo (con alambre de púas).



Figura 7. Cercado del área experimental

3.4.1. Preparación del terreno

El cultivo anterior sembrado en el terreno fue maíz, prácticamente se lo encontró sin malezas. Se esperó a que tenga la humedad adecuada para luego proceder a la preparación del terreno mediante la rotura del suelo con arado de yunta, y dos cruces mediante el mismo procedimiento. La profundidad de labor estuvo alrededor de los 20 cm. Para una buena incorporación de restos vegetales al suelo se esperó 8 días para luego proceder a la siembra.

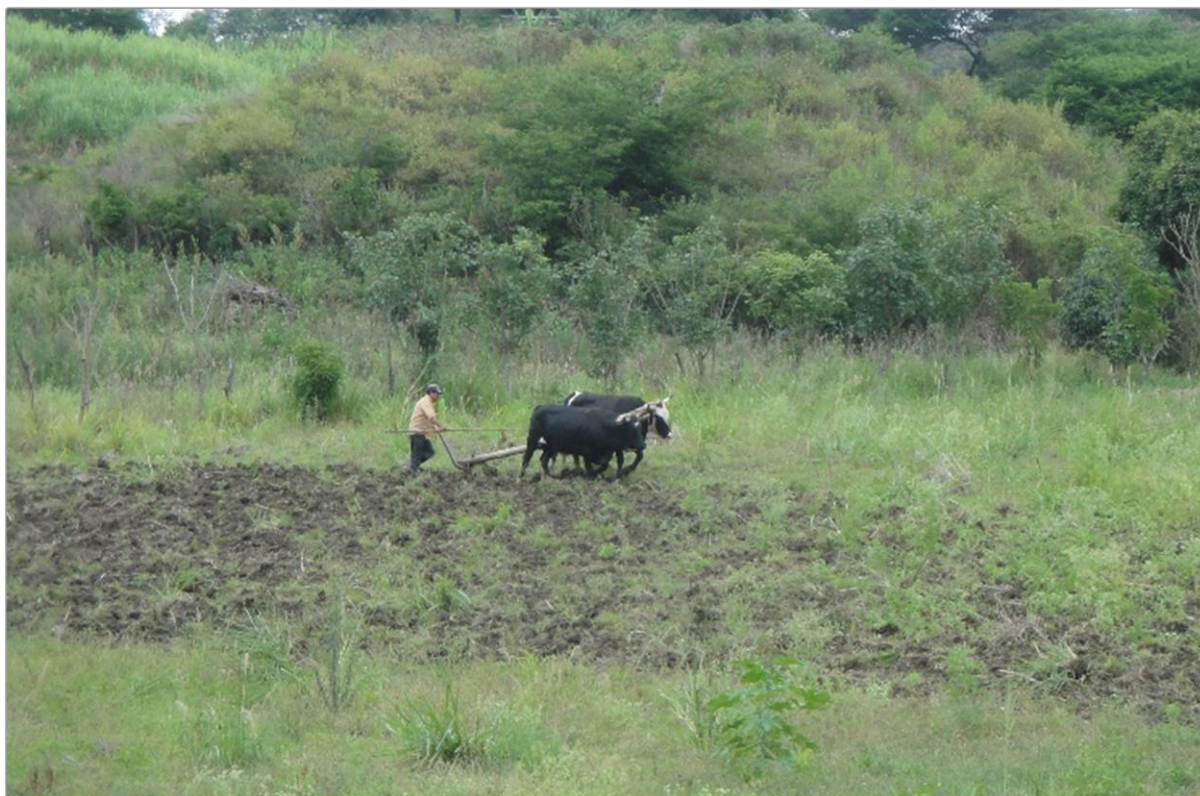


Figura 8. Labor de arado del terreno

3.4.2. Recolección y preparación de la semilla

La colección de semilla de achira de la variedad morada de flor roja se lo hizo en los sitios: Quinara, Moyococha y Vilcabamba. En total se colectaron aproximadamente 4 000 rizomas o cormas (alrededor de 40 saquillos). La época propicia para obtener las semillas es cuando se estuvo haciendo la cosecha para su procesamiento, o cuando se quiso eliminar este cultivo para sembrar otro.

Una vez obtenido el material vegetativo que sirvió como semilla, se hizo una selección de cormas de similares características (los más robustos), con la finalidad de que diferencias en la robustez de la semilla no afecte el resultado del ensayo; luego se colocaron en recipientes adecuados que permitieron almacenarlas hasta tener el campo de siembra listo.

Algún detalle de lo mencionado se puede apreciar en la figura 9.



Figura 9. Recolección de semilla de achira en Quinara, selección y acondicionamiento de cormas.

3.4.3. Siembra

Se hizo la siembra total del área, de acuerdo a las distancias de siembra establecidas como las más recomendadas tanto en bibliografía como de la propia experiencia de los agricultores de la zona, los distanciamientos utilizados fueron de 1 m entre hileras y 0,8 m entre plantas.

Se establecieron 6 parcelas de 16 m² cada una. En cada parcela se sembraron 357 cormas (rizomas); y en total se requirieron 2 142 cormas. Entre parcelas se hizo una separación de 4 m.



Figura 10. Siembra de cormas en el terreno definitivo.

3.4.4. Fertilización

Inicialmente se hizo una fertilización de fondo con humus al momento de la siembra (1 de febrero 2012), para ello se adoptó las recomendaciones dadas por Luna y Valdivieso, 2006; quienes determinaron en su investigación que una aplicación de 12 toneladas/ha es la mejor. Se decidió hacer dos aplicaciones de humus, la primera el momento de la siembra, y la segunda a la mitad del ciclo vegetativo (aproximadamente a los cinco meses después de la siembra).

Con estas consideraciones se aplicó 0,43 kg de humus a cada planta (primera aplicación), que equivalen a 6 ton/ha.

Como acción complementaria se hizo el muestreo del suelo con la finalidad de hacer el análisis de materia orgánica y de macronutrientes en laboratorio (laboratorio de

análisis físico – químico de suelos, aguas y bromatología de la Universidad Nacional de Loja). Los resultados indicaron lo siguiente:

Materia orgánica (%):	1,1	(Interpretación: Bajo)
Nitrógeno (ppm):	11,2	(Interpretación: Bajo)
P ₂ O ₅ (ppm):	0,005	(Interpretación: Muy Bajo)
K ₂ O (ppm):	15,5	(Interpretación: Muy Bajo)



Figura 11. Fertilización de fondo con humus.

El laboratorio no propuso recomendaciones de fertilización por desconocer los requerimientos del cultivo, la poca bibliografía al respecto indica que los agricultores aplican dosis de fertilizante semejantes al cultivo de la papa; es decir 10-30-10, o 15-15-15. Los resultados de los análisis de laboratorio se muestran en el anexo 1.

Al no tener una respuesta favorable en el desarrollo del cultivo con la aplicación inicial de humus, se decidió hacer fertilizaciones complementarias con dos aplicaciones de minerales, las mismas tuvieron las siguientes características:

Primera aplicación:

Fecha de aplicación: 12 de junio de 2012
Forma de aplicación: pequeña zanja en forma de media luna, tapado con tierra
Dosis de aplicación Kg/ha: (N – 50), (P₂O₅ – 50), (K₂O – 35)
Dosis aplicada: Urea: 7,8 gr/planta
Roca fosfórica: 13,3 gr/planta
Muriato de potasio: 4,2 gr/planta

Segunda aplicación:

Fecha de aplicación: 8 de agosto de 2012
Forma de aplicación: pequeña zanja en forma de media luna, tapado con tierra
Dosis de aplicación Kg/ha: (N – 50), (P₂O₅ – 50), (K₂O – 35)
Dosis aplicada: Urea: 7,8 gr/planta
Roca fosfórica: 13,3 gr/planta
Muriato de potasio: 4,2 gr/planta



Figura 12. Aplicación de fertilizante mineral

Las concentraciones de los fertilizantes minerales utilizados son: urea – 46% de N; roca fosfórica 27% de P_2O_5 ; y, muriato de potasio 60% de K_2O .

Cabe mencionar que esta no es una variable de la investigación; por tanto toda el área experimental recibió el mismo tratamiento, con la finalidad de mantener el cultivo en las mejores condiciones posibles.

3.4.5. Deshierbas

Las deshierbas se realizaron manualmente, mediante la utilización de herramientas tradicionales; es decir principalmente lampas y barretas. Durante el ciclo vegetativo del cultivo se requirieron de 3 deshierbas, las mismas que tuvieron las siguientes características:



Figura 13. Labores manuales de deshierba

- Primera deshierba: realizada el 4 de abril de 2012; es decir a los 64 días después de la siembra.
- Segunda deshierba: realizada el 30 y 31 de mayo de 2012; es decir a los 57 días después de la primera deshierba, y 121 días después de la siembra.

- Tercera deshierba: se realizó el 30 de julio de 2012; es decir a los 60 días después de la segunda deshierba, y 181 días después de la siembra.

Es importante mencionar que no se requirieron más deshierbas por cuanto el cultivo a partir del sexto mes ha cubierto en su mayor parte el suelo, impidiendo el desarrollo de otras plantas no deseadas. Se puede además aseverar que bajo las condiciones en que se desarrolló el presente ensayo se necesitaron de labores de deshierba cada 2 meses hasta el sexto mes.

3.4.6. Plagas y enfermedades

Durante el ciclo de cultivo no se presentaron plagas o enfermedades que revistan importancia, si bien es cierto se detectó la presencia de cutzo (*Platicoelia valida*, *Podischuus agenor*), que son larvas de escarabajos; y algunas larvas perforadoras de las hojas, éstas tuvieron presencia esporádica.



Figura 14. Plagas detectadas en el cultivo

3.5. INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN

3.5.1. Levantamiento de información de campo

Previo a hacer la instalación del sistema de riego fue necesario obtener la información de campo, en cuanto se refiere a la conducción desde un tanque repartidor del sistema de riego La Palmira, hacia la cabecera del área experimental.

Los datos registrados fueron: abscisas, coordenadas UTM. (Datum WGS84, zona geográfica 17 Sur), y altitudes.

3.5.2. Procesamiento de información y diseño del sistema de riego

Para el cálculo de los diferentes parámetros hidráulicos se utilizó la fórmula de Hazen & Williams:

$Q = 0.279 \times CS^{0.54} d^{2.63}$	Q = caudal en m ³ /s
$S = 10.633(Q/C)^{1.85} d^{-4.87}$	C = coeficiente de rugosidad (depende del material). Se asume 140 como un dato conservador
	S = pérdida de carga en metros por cada metro
	d = diámetro interior del tubo en metros

Los datos fueron procesados en una hoja de Excel. Posteriormente se procedió a hacer el cálculo y distribución parcelaria, y a estructurar el listado de materiales y accesorios para su adquisición.

3.5.3. Instalación del sistema de riego

La tubería de conducción principal y ramales instalados fueron de PVC, unión espiga campana, los diámetros utilizados son desde 50 mm, 40 mm, 32mm y 25 mm; ductos que resisten presiones de trabajo de 0,8; 1,0; 1,25; y, 1,6 MPa respectivamente. A la entrada del área experimental se colocó un cabezal de riego, el cual se constituye de una válvula de compuerta, y filtro de anillas de 1,5 pulgadas, accesorio que cumple

la función de retener cualquier elemento que pueda obstruir los orificios de los aspersores.

A lo interno se hizo las instalaciones con conexiones rápidas, se utilizó elevadores de 1,5 m de altura, y aspersores de media pulgada de diámetro tipo NAAN 501 U – boquilla azul (anexo 2), los que tienen las siguientes características principales de funcionamiento.

Presión = 3.0 bar

Q = 236 l/h; 0,065 l/s

D = 13,0 m

Espacio máximo de distanciamiento = 8,0 m

Se decidió utilizar este tipo de aspersores por no contar con un área experimental mayor.



Figura 15. Instalación y funcionamiento del sistema de riego por aspersión

3.6. METODOLOGÍA PARA EL OBJETIVO UNO: Determinación de los estadios fenológicos de la achira

En base a investigaciones hechas en la localidad y a la opinión de los agricultores, se escogió la variedad (ecotipo) de achira que produce la más alta cantidad de almidón.

De acuerdo a un ensayo realizado con tres variedades en la Palmira por la Fundación Colinas Verdes en el año 2006, se tiene la siguiente información de rendimientos de almidón por quintal de rizoma:

Blanca chiquita	14,3 % de chuno
Yegua	10.4 % de chuno
Morada	16.6 % de chuno

Con estos datos de referencia, se eligió hacer el experimento con la variedad Morada, que se caracteriza por tener hojas con una tonalidad morada más intensa y flores de color rojo.

Luego, con la finalidad de tener una descripción un tanto más detallada de la fases fenológicas de la achira, y contar con información de referencia para este cultivo (no se logró ubicar datos de fenología de la achira en la bibliografía), se utilizó la metodología elaborada por la Institución Biológica Federal Alemana (BBCH), que es un sistema para una codificación uniforme de identificación fenológica de estadios de crecimiento para todas las plantas mono y dicotiledóneas que se utiliza a nivel internacional.

Para este caso se hizo la descripción de las fases de acuerdo a la escala general (esta metodología propone 10 estadios generales); es decir sin llegar a describir estados intermedios de cada fase.



Figura 16. Seguimiento del desarrollo del cultivo

Los estadios identificados y adaptados a la escala fueron:

- Estadio 0: Brotación de la yema
- Estadio 1: Desarrollo de las hojas del tallo principal
- Estadio 2: Formación de brotes laterales o ahijamiento
- Estadio 3: Crecimiento longitudinal del tallo principal. Desarrollo de brotes
- Estadio 4: Desarrollo foliar de los hijuelos
- Estadio 5: Emergencia de la inflorescencia
- Estadio 6: Floración del tallo principal
- Estadio 7: Desarrollo del fruto
- Estadio 8: Maduración de frutos y semillas
- Estadio 9: Senescencia, comienzo de la dormancia, cosecha.

Las observaciones fenológicas se observaron sobre diez plantas, en razón de ser un área relativamente pequeña. Cada planta fue identificada con números del 1 al 10; y posteriormente cada hijuelo o brote de cada planta también fueron señalizados con números. Para el registro de la floración se hizo el trabajo sobre el universo de las plantas sembradas.

El seguimiento del desarrollo del cultivo para la identificación de los estadios fenológicos de la achira se la hizo semanalmente. Para ello se elaboraron formatos de observaciones (anexo 3), y el respectivo registro fotográfico.

Para identificar la intensidad de las fases, se siguió los lineamientos propuestos por Claro Rizo, 1985.

- a) Inicio de la fase, cuando aparecen los órganos de la fase en cuestión en un 20% de plantas.
- b) Plenitud de la fase, cuando se determina por conteo que en el 50% de las plantas, los órganos característicos de la fase han aparecido.
- c) Fin de la fase, cuando el 80% de las plantas poseen los órganos de la fase en investigación.

Por otro lado – con fines de irrigación -, es importante también tener claro las etapas de crecimiento de los cultivos. Según las directrices estipuladas por una serie de investigadores y que ha difundido la FAO a nivel mundial (manual N° 24 de la serie Riego y drenaje, 1984); estas son: inicial, de desarrollo del cultivo, de mediados de temporada y de finales de temporada. La descripción de cada una de estas etapas, y que se han adoptado para el cultivo de la achira en este trabajo es el siguiente:

- a) Etapas inicial: Está comprendida entre la fecha de siembra y el momento que el cultivo alcanza aproximadamente el 10% de cobertura del suelo.
- b) Etapas de desarrollo del cultivo: Se considera desde el momento en que la cobertura del suelo es del 10% hasta el momento de alcanzar la cobertura efectiva completa; para el caso de la achira se ha considerado que ocurre al inicio de la floración.

- c) Etapa de mediados de temporada: comprende el periodo de tiempo entre la cobertura completa hasta el comienzo de la madurez, considerado para el caso que nos ocupa con la aparición del color marrón en el fruto.
- d) Etapa de finales de temporada: también conocida como etapa tardía de crecimiento, comprende entre el comienzo de la madurez, hasta el momento de la cosecha.

3.7. METODOLOGÍA PARA EL OBJETIVO DOS: Determinación de la evapotranspiración de referencia (ET_o) a través del procedimiento de Penman - Monteith

De acuerdo a las últimas recomendaciones dadas por la FAO en su manual 56 de Riego y Drenaje, donde manifiesta: "...El panel de expertos recomendó la adopción del método combinado de Penman – Monteith, como el nuevo procedimiento estándar para la evapotranspiración de referencia...produce valores que son más consistentes con datos reales del uso de agua de los cultivos obtenidos mundialmente", también indica "Los únicos factores que afectan ET_o son los parámetros climáticos que pueden ser calculados. Por tanto, ET_o es también un parámetro climático que puede ser calculado a partir de datos meteorológicos. ET_o expresa el poder evaporante de la atmósfera en una localidad y época del año específicas, y no considera ni las características del cultivo, ni los factores del suelo". Los parámetros requeridos por este método son: temperatura, humedad, velocidad del viento e insolación. Por lo expuesto, en la presente investigación se utilizó el método antes mencionado.

3.7.1. Estación meteorológica seleccionada para generar información climática

Para obtener información climática diaria, se recurrió a la información que genera la estación climatológica ordinaria que mantiene el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) en la parroquia Quinara; el código con que se identifica es M145, sus características principales son:

Ubicación:

Coordenadas Geográficas:

Latitud: 04°18'50" S
 Longitud: 79°14'36" W

Coordenadas planas

9 522 952 m N

694 953 m E

Altitud: 1 559 m s.n.m.

Parámetros registrados: Heliofanía, temperatura, humedad relativa, punto de rocío, tensión de vapor, precipitación, evaporación, nubosidad; y, velocidad del viento.

Se decidió adoptar su información por la cercanía con el área experimental, se encuentra aproximadamente a 1 km de distancia; y, por otro lado la diferencia altitudinal entre la estación climática y el ensayo es de 13 m.

Los registros generados en los libretines fueron recopilados al finalizar cada mes, al mismo tiempo que se fotografiaron las fajas de insolación, según se muestra en la figura 17.

INAMHI				ESTACIÓN <i>Quinara</i>			
MES <i>enero</i> AÑO <i>2012</i>				DIA <i>enero-01</i> DIA <i>enero-02</i>			
OBSERVACIÓN CON VENTILADOR		SI	X	OBSERVACIÓN CON VENTILADOR		SI	X
TEMPERATURA		TEMPERATURA		TEMPERATURA		TEMPERATURA	
MAXIMA °C	MINIMA °C	MAXIMA °C	MINIMA °C	MAXIMA °C	MINIMA °C	MAXIMA °C	MINIMA °C
27.2	6.6	30.4	6.0				
HORA	TERMOMETRO SECO °C	TERMOMETRO HUMEDO °C	HORA	TERMOMETRO SECO °C	TERMOMETRO HUMEDO °C	HORA	TERMOMETRO SECO °C
07	12.6	12.2	07	16.4	15.0		
13	27.0	17.8	13	30.2	19.2		
19	20.6	15.2	19	27.4	16.6		
PRECIPITACIÓN		PRECIPITACIÓN		PRECIPITACIÓN		PRECIPITACIÓN	
HORA	CANTIDAD mm	mm	Km/h	HORA	CANTIDAD mm	mm	Km/h
07		487159		07		482770	
13		487652		13		482574	
19		482084		19		483748	
EVAPORACIÓN				EVAPORACIÓN			
HORA	AGUA SACADA cm	AGUA ANADIDA cm	MICRÓMETRO mm	HORA	AGUA SACADA cm	AGUA ANADIDA cm	MICRÓMETRO mm
07		30		07		20	
13		20		13		30	
19		30		19		50	
VIENTO VELETA		VIENTO VELETA		VIENTO VELETA		VIENTO VELETA	
HORA	NUBOSIDAD OCTAVAS	DIRECCIÓN	VELOCIDAD m/s	HORA	NUBOSIDAD OCTAVAS	DIRECCIÓN	VELOCIDAD m/s
07	6	C-	0	07	0	C-	0
13	4	SE	5	13	4	S.E	5
19	5	C-	0	19	4	C-	0
OBSERVACIONES				OBSERVACIONES			

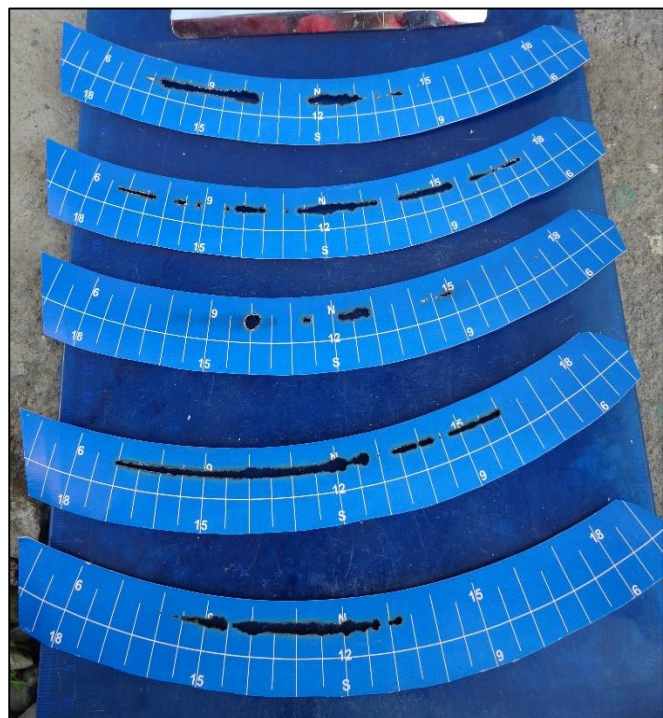


Figura 17. Registros climáticos de la estación Quinara

3.7.1.1. Tabulación de información climática relacionada con la ETo

Se lo hizo utilizando hojas de Excel, el procedimiento utilizado consistió en pasar toda la información en una hoja general (Anexo 4.1), en la cual se registraban las tres lecturas realizadas por cada día, y de cada variable climática; seguidamente se procesó cada meteoro del clima siguiendo el siguiente procedimiento:

a) Temperatura

Se siguió las instrucciones dadas por el INAMHI, para la temperatura media, se calculó con el valor promedio diario de las tres observaciones de termómetro seco, por tanto la media mensual se obtiene de los registros medios diarios.

b) Humedad relativa

Los valores de humedad son calculados en base a los datos de los termómetros seco y húmedo, mediante las ecuaciones psicométricas o tablas psicométricas confeccionadas para la altitud del ensayo (en este caso se utilizó las tablas que cubren el rango entre 1 221 y 1 700 m s.n.m.).

Igual que la humedad relativa, para la tensión de vapor y el punto de rocío, se calcula el valor medio diario en base a las tres observaciones del psicrómetro (termómetro seco y húmedo), luego se obtiene la media mensual en base a éstos.

c) Viento

La media diaria de la velocidad del viento en 24 horas, se obtuvo por diferencia de los registros del anemómetro totalizador de las 07 horas del día en consideración, con el de las 07 horas del día siguiente, esta velocidad está dada en m/s.

d) Heliofanía

El tiempo de duración del brillo solar está expresado en horas y décimos de hora, en relación con las horas teóricas de permanencia del sol sobre el horizonte (12 horas en

el Ecuador). Para obtener el valor diario de presencia solar se hizo la estimación a partir de las fajas de insolación, las mismas que cuando son colocadas en el heliofanógrafo y hay presencia de brillo solar, dejan ver el tiempo de presencia solar a través de huellas de quemaduras sobre la faja por efectos de la radiación recibida.

Para todos los casos descritos se elaboraron hojas electrónicas para el registro diario y mensual durante el periodo de tiempo que duró el experimento, véase anexo 4.2.

3.7.1.2. Obtención de la ETo diario por el método de Penman - Monteith

Para el cálculo de la ETo se usó la ecuación de Penman-Monteith para periodos de tiempo de 24 horas, la cual proporciona generalmente resultados precisos. Los datos meteorológicos requeridos para este efecto fueron los siguientes:

- Temperatura del aire: Temperatura máxima (Tmax) y temperatura mínima (Tmin) diaria.
- Humedad del aire: el promedio diario de la presión real de vapor (ea) derivada de lecturas psicométricas, de la temperatura del punto de condensación o de los datos de humedad relativa.
- Velocidad del viento: valores promedio diarios para 24 horas de la velocidad diaria del viento medida a una altura de 2 m (u_2).
- Radiación: Radiación neta diaria (Rn) medida o calculada de la duración real de las horas diarias de insolación (n). La radiación extraterrestre (Ra) y las horas de duración máxima de insolación (N) para un día específico del mes se calcularon usando las ecuaciones:

$$Ra = \frac{24 * 60}{\pi} G_{sc} d_r [\omega_s \sin(\varphi) \sin(\delta) + \cos(\varphi) \cos(\delta) \sin(\omega)]$$

Donde:

Ra = radiación extraterrestre [$MJ * m^{-2} * día^{-1}$]

G_{sc} = constante solar = $0,082 MJ * m^{-2} * min^{-1}$

d_r = distancia relativa inversa Tierra – Sol $d_r = 1 + 0,033 * \cos((2\pi/365) * J)$

ω_s = ángulo de radiación a la puesta del sol $\omega_s = \arccos [-\tan(\varphi) \tan(\delta)]$

φ = latitud (rad) radianes = $\pi/180$ (grados decimales)
 δ = declinación solar $\delta = 0,409 \cdot \sin(((2\pi/256)J)-1,39)$

$$N = \frac{24}{\pi} \omega_s$$

- Como la magnitud del flujo diario de calor del suelo (G) debajo de la superficie de referencia es relativamente pequeña, esta se ignoró en cálculos diarios.

Para el cálculo de la ETo con datos diarios, se elaboró una hoja de cálculo en Excel, basada en la presentada en el estudio 56 de la FAO, correspondiente a la sección de Riego y Drenaje (anexo 5), en este mismo anexo constan todas las fórmulas aplicadas.

La expresión final de éste cálculo es la siguiente:

$$E_{to} = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)}$$

Donde:

ETo = evapotranspiración de referencia (mm/día)

Rn = radiación neta en la superficie del cultivo ($\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{día}^{-1}$)

Ra = radiación extraterrestre ($\text{mm} \cdot \text{día}^{-1}$)

G = flujo del calor de suelo ($\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{día}^{-1}$)

T = temperatura media del aire a 2 m de altura ($^{\circ}\text{C}$)

U2 = velocidad del viento a 2 m de altura ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)

e_s = presión de vapor de saturación (kPa)

e_a = presión real de vapor (kPa)

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

Δ = pendiente de la curva de presión de vapor ($\text{kPa} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$)

γ = constante psicrométrica ($\text{kPa} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$)

3.7.2. Determinación de la evapotranspiración de referencia (ET_o) a través del procedimiento del tanque evaporímetro clase A

Para este efecto se instaló en el área de ensayo un tanque evaporímetro clase A, de acuerdo a las indicaciones que proporciona la FAO; es decir: Diámetro circular de 120,7 cm, 25 cm de altura, pintado de color aluminio; y, construido de hierro galvanizado. Se lo ubicó sobre una plataforma de madera en forma de reja, cuya altura alcanzó 15 cm sobre el nivel del suelo, la cual previamente fue nivelada. El área donde se ubicó el tanque fue cerrada con malla para evitar la entrada de animales.

Las lecturas se hicieron 2 veces por semana a primera hora (08h00); el procedimiento consistió en mantener el nivel de agua a 20 cm desde el fondo, para ello se midió la cantidad de agua que se colocó para recuperar el nivel – por efectos de vaporación -, o la cantidad de agua que se retiró para mantener el nivel por efectos de precipitación.

El agua añadida o el agua sacada han sido traducidas a mm, de acuerdo al área evaporante del tanque.



Figura 18. Tanque evaporímetro clase A en el área de ensayo

Por otro lado también se obtuvo los datos diarios de evaporación de la estación Quinara, los cuales se utilizaron para obtener la ETo, mediante la aplicación del siguiente procedimiento:

$$ETo = Kp * Epan$$

Donde:

ETo = evapotranspiración de referencia (mm*día⁻¹)

Kp = coeficiente del tanque evaporímetro

Epan = evaporación del tanque evaporímetro (mm*día⁻¹)

Para escoger el coeficiente Kp del tanque se partió del hecho que el tanque evaporímetro se encontró sobre un suelo de barbecho y rodeado del cultivo de achira; igualmente sirvieron los datos obtenidos diariamente de humedad relativa y de velocidad del viento, con esta información se escogió el coeficiente Kp, según lo indica el siguiente cuadro.

Cuadro 3. Coeficientes del tanque evaporímetro (Kp) para el tanque clase A en diversas localizaciones y ambientes de los tanques y varios valores de velocidad media del viento y de humedad relativa.

Caso B: tanque situado en un suelo desnudo				
HR media				
Velocidad del viento (m/s)	Distancia del barbecho a barlovento (m)	Baja (<40)	Media (40 – 70)	Alta (>70)
Baja (< 2)	1	0,7	0,8	0,85
	10	0,6	0,7	0,8
	100	0,55	0,65	0,75
	1000	0,5	0,6	0,7
Moderada (2 – 5)	1	0,65	0,75	0,8
	10	0,55	0,65	0,7
	100	0,5	0,6	0,65
	1000	0,45	0,55	0,6
Alta (5 – 8)	1	0,6	0,65	0,7
	10	0,5	0,55	0,65
	100	0,45	0,5	0,6
	1000	0,4	0,45	0,55
Muy alta (> 8)	1	0,5	0,6	0,65
	10	0,45	0,5	0,55
	100	0,4	0,45	0,5
	1000	0,35	0,4	0,45

Fuente: Estudio FAO, Riego y drenaje 56, 2006.

Según la FAO se han determinado coeficientes del tanque evaporímetro (K_p), en base a ecuaciones de regresión derivadas de los valores del cuadro anterior, la cual es la siguiente para las condiciones de suelo desnudo:

$$K_p = 0,61 + 0,00341HR_{media} - 0,000162u_2HR_{media} - 0,00000959u_2BORDE + 0,00327u_2 \ln(BORDE) - 0,00289u_2 \ln(86,4u_2) - 0,0106 \ln(86,4u_2) \ln(BORDE) + 0,00063[\ln(BORDE)]^2 \ln(86,4u_2)$$

3.7.3. Determinación de la ETo mediante tanques de evaporación artesanales

Con el propósito de disponer valores de evaporación del tanque, utilizando recipientes de evaporación en el área experimental se ubicó un balde plástico cilíndrico de color amarillo de 20 litros de capacidad, denominado tanque evaporímetro artesanal; y un tanque evaporímetro Clase A. Para contrastar la información se registró las lecturas de estos tanques dos veces por semana a las 08H00.

Se procesó la información registrada para generar un factor de ajuste que estandarice la evaporación del tanque artesanal en base a la evaporación del tanque Clase A. Para obtener la evaporación del tanque se procedió a promediar los valores de los dos recipientes.

Para conseguir el coeficiente de ajuste, se graficó las evaporaciones en milímetros por periodo de lecturas: en el eje de las abscisas los valores del tanque evaporímetro Clase A, y en el eje de la ordenada la evaporación del tanque artesanal.

Este trabajo adicional se realizó para aportar con formas más simples que permitan estimar este parámetro.

3.8. METODOLOGÍA PARA EL OBJETIVO TRES: Estimación del valor del coeficiente de cultivo K_c de la achira para las fases de cultivo definidas por la FAO

Se utilizó la metodología propuesta por la FAO (2006 y otras publicaciones anteriores), en donde se indica que el Coeficiente de Cultivo (K_c) es el resultado de la relación

entre la evapotranspiración de un cultivo (ETc) durante una etapa definida, con la evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo). Se aplicó la siguiente fórmula:

$$Kc = \frac{ETc}{ETo}$$

Donde:

- Kc = Coeficiente de cultivo
- ETc = Evapotranspiración del cultivo en análisis
- ETo = Evapotranspiración del cultivo de referencia

3.8.1. Instalación de lisímetro de drenaje

Para la obtención de los valores de ETc se lo hizo mediante la instalación de un lisímetro, al mismo que se le sembró plantas de achira en iguales condiciones que el resto del área experimental. Se hizo monitoreos de acuerdo a los requerimientos y formatos elaborados.

Para la tabulación se utilizó la ecuación del balance hídrico:

$$P + I \pm R_o = ET \pm D \pm \Delta W$$

Donde:

- P = Precipitación medida en un pluviómetro instalado en el área experimental. Se tomó en cuenta la precipitación efectiva (75 % de la precipitación medida), mm
- I = Lámina de riego aplicada en mm (se lo hizo en función de la cantidad de agua que se evaporó por día, según el registro del tanque evaporímetro instalado en el área experimental, también se hizo el análisis para el tanque evaporímetro que existe en la estación Quinara).
- Ro = Es la cantidad de agua de escorrentía, en este caso Ro = 0, por cuanto se controla por las paredes del tanque que estaban 4 cm sobre la superficie del suelo.

D = Es la cantidad de agua que se recogió por drenaje, corresponde al exceso de entradas de agua en el lisímetro.

ΔW = Corresponde a la variación de humedad antes y después de reponer el agua, se tomó semanalmente muestras y se llevaron al laboratorio para mediante el procedimiento de la estufa a 105°C durante 24 horas, obtener el valor de la humedad volumétrica (relacionada con la densidad aparente). Con estos datos se confeccionó una curva que relacionada con las lecturas del tensiómetro ubicado en el lisímetro permitió determinar las diferencias en cada muestreo.

De la ecuación inicial se despeja ET, quedando la expresión a aplicar de la siguiente forma:

$$ET = P + I - D \pm \Delta W$$

El valor de ETo se lo obtuvo, como se indicó anteriormente con la aplicación de la ecuación de Penman Monteith, se utilizaron los registros de la estación meteorológica Quinara (situada a no más de 1 Km lineal del área experimental).

Obtenidos estos valores se procedió a relacionarlos en periodos decadales para obtener valores de Kc, los mismos que fueron representados gráficamente de acuerdo a lo establecido por la FAO (Manual N°24, 1984); es decir para las etapas: inicial, de desarrollo del cultivo, mediados del periodo y final, según lo que determinó la fenología del cultivo.

Paralelamente se instaló un Tanque evaporímetro tipo "A" y un pluviómetro que permitieron obtener datos del mismo sitio. Los formatos de registro se estructuraron de acuerdo a los requerimientos establecidos en la presente investigación. La información recolectada fue sistematizada y sirvió para ser incorporada en el documento de investigación.

3.9. DETERMINACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DE RIEGO DEL CULTIVO DE LA ACHIRA

Todos los datos obtenidos con la utilización de los procedimientos anteriores sirven para finalmente determinar los requerimientos hídricos del cultivo; y consecuentemente el conocimiento de los requerimientos de riego.

La metodología utilizada para realizar estos cálculos es la que propone la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO. Se calculó las necesidades de agua, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$NH = Eto * Kc ;$$

$$\text{También se expresa como: } ETc = ETo * Kc$$

Donde:

- NH = Necesidades hídricas (mm/década)
- ETc = Evapotranspiración del cultivo en análisis
- ETo = Evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/década)
- Kc = Coeficiente de cultivo (según el periodo decadal considerado)

Luego se determinó las necesidades de riego; estos valores son el resultado de la resta de los valores de las necesidades hídricas de los cultivos y de la precipitación efectiva determinada ($RR = ETc - Pe$); para el presente caso se lo hizo en periodos decadales para todo ciclo de cultivo. Los valores obtenidos, fueron afectados por la eficiencia de conducción considerada en 98%, y la eficiencia de aplicación estimada en 75% (valor típico recomendado para el método de aplicación por aspersión). Estos valores están expresados en m^3/ha y en l/s , tanto para la década correspondiente, como para el ciclo de cultivo total.

3.9.1. Determinación de los requerimientos hídricos con la utilización de tensiómetros y un diseño experimental

El diseño experimental que se utilizó fue mono factorial con distribución de bloques al azar, con tres tratamientos y dos repeticiones (figura 19). Los tratamientos estuvieron en relación con la tensión de humedad del suelo: Tratamiento uno 40 centibares, tratamiento dos 20 centibares, tratamiento tres 30 centibares. La selección de las tensiones de humedad se debió a que se conoce que el cultivo de la achira es exigente en humedad, y por otro lado que generalmente todos los cultivos producen adecuadamente cuando están sometidos al menor estrés hídrico, y esto sucede cuando se presentan lecturas en los tensiómetros entre 20 y 40 centibares. La razón de esta evaluación es conocer con que requerimientos de agua se logra los mejores rendimientos de almidón.

El área experimental tuvo las siguientes características:

Unidades experimentales (UE)	= 6 (3 bloques y 2 repeticiones)
Área útil de cada unidad experimental	= 256 m ² (16 m x 16 m)
Distancia entre unidades experimentales	= 4.0 m
Distancia entre plantas	= 0.8 m
Distancia entre hileras	= 1.0 m
Distancia entre aspersores	= 8,0 m
Área total de experimentación	= 2 879, 5 m ²
Área neta de experimentación	= 1 536 m ²
Variable independiente	: Tensiones de humedad
Variable dependiente	: Rendimiento de la achira en almidón (chuno)

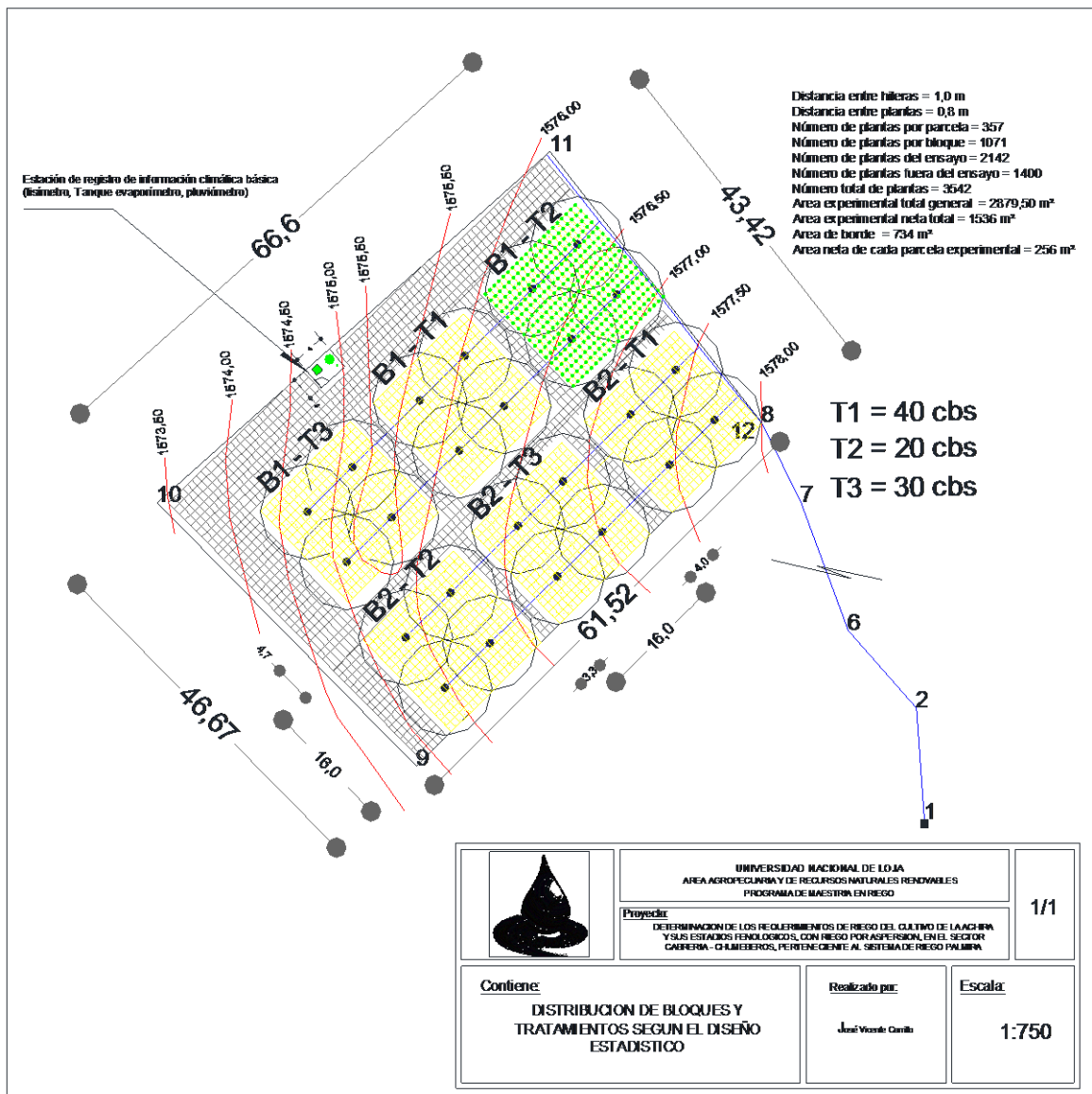


Figura 19. Configuración del diseño experimental

La forma de los bloques o réplicas del ensayo experimental tuvieron forma rectangular, para la orientación de cada bloque se consideró la homogeneidad del mismo. En este tipo de bloques es posible realizar el análisis de varianza (ANOVA). Las ecuaciones utilizadas fueron las descritas en la publicación de la Universidad José Carlos Mariátegui -Experimentación Agrícola- en el año 2009. En los tratamientos descritos se evaluó el efecto de tres tensiones de humedad en la producción del cultivo de achira, como variable principal; por lo que se utilizó las fórmulas que se describe en el cuadro de análisis de varianza. Con la ayuda del software Microsoft Excel se realizaron los cálculos correspondientes, los mismos que se presentan en el anexo 18.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. REQUERIMIENTOS PREVIOS PARA LA INSTALACIÓN DEL EXPERIMENTO

Para la instalación del experimento, fue necesario realizar algunas acciones previas; por ejemplo, la obtención de muestras de suelo para que sean analizadas física y químicamente en el laboratorio de suelos; la elaboración de pruebas de infiltración; el diseño hidráulico y la instalación de la infraestructura de riego; la realización de pruebas de uniformidad de los accesorios de aplicación del riego, entre las principales.

4.1.1. Características físico químicas del suelo

Al inicio del experimento se tomó las muestras del suelo de dos sitios representativos del área de ensayo (una en la parte alta 1 577,5 m s.n.m; y, la otra en la parte baja 1 574,5 m s.n.m.). En razón de prever la profundidad radicular que alcanza el cultivo de la achira, las muestras fueron tomadas en dos profundidades; la primera muestra se tomó a los 20 cm, y la segunda a los 40 cm. Las muestras fueron analizadas por el laboratorio de análisis físico – químico de suelos, aguas y bromatología de la Universidad Nacional de Loja. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Cuadro 4. Resultados de los análisis de laboratorio del suelo del sitio del ensayo, febrero 2012 (mayor detalle en el Anexo 1).

Características Físico químicas										
Ident. Laborat.	Ident. campo	Análisis Mec. % TFSA			Textura	pH	MO %	Macronutrientes		
		Arena	Limo	Arcilla				N	P ₂ O ₅	K ₂ O
175	Parte alta 0-40 cm	47,2	22	30,8	FoAcAo	7,9	1,1	11,2	0,005	15,5
176	Parte baja 0-40 cm	49,2	28	22,8	Fo					

Características hidrofísicas				
Laboratorio	Campo	CC 1/3 atm (%)	PMP 15 atm (%)	DA (g/cm ³)
1	0-20 cm	22	12	1,17
2	20-40 cm	19	11	1,20

Elaboración: El autor

De acuerdo a estos resultados y de acuerdo a lo observado en terreno, se puede decir que aproximadamente el 50% del área experimental tiene una textura franco arcillo arenosa (FoAcAo), y el otro 50% es de textura franca (Fo).

El área de ensayo tiene un pH de 7,9 que corresponde a ligeramente alcalino; el contenido de materia orgánica y de nitrógeno es baja; en tanto que los contenidos de fósforo (P_2O_5) y potasio (K_2O) son muy bajos.

4.1.2. Fertilización del cultivo

Esta variable no fue parte del experimento, por lo cual a todo el cultivo se le aplicó la misma cantidad de fertilizante.

Para el cultivo de la achira no se logró tener recomendaciones de fertilización por parte del laboratorio; en bibliografía recomiendan aplicar 12 ton/ha de humus. Con estas limitaciones y buen criterio se aplicó al cultivo las siguientes cantidades de nutrientes:

Humus:	6 ton/ha
N:	50 kg/ha
P_2O_5 :	50 kg/ha
K_2O :	35 kg/ha

El detalle de aplicación fue el siguiente:

- Al momento de la siembra (1 de febrero de 2012), 6 ton/ha de humus; o su equivalencia de 0.43 kg humus/planta.
- A los 133 días después de la siembra (12 de junio de 2012), se aplicó 25 kg/ha de N – el 50% de la dosis total -; que corresponde a 7,8 gr/planta de urea (46% de N). Al mismo tiempo se aplicó 25 kg/ha de P_2O_5 – 50% de la dosis total - ; que corresponde a 13,3 gr/planta de roca fosfórica (27% de P_2O_5). Así mismo se colocó 17,5 kg/ha de K_2O – 50% de la dosis total -, que equivale a 4,2 kg/planta de muriato de potasio (60% de K_2O).
- A los 190 días después de la siembra (8 de agosto de 2012), se aplicó 25 kg/ha de N – el 50% restante de la dosis total -; que corresponde a 7,8 gr/planta de

urea (46% de N); 25 kg/ha de P_2O_5 – 50% restante de la dosis total - ; que corresponde a 13,3 gr/planta de roca fosfórica (27% de P_2O_5); y, 17,5 kg/ha de K_2O – 50% restante de la dosis total -, que equivale a 4,2 kg/planta de muriato de potasio (60% de K_2O).

4.1.3. Infiltración

De la prueba de infiltración realizada se puede indicar que la lámina infiltrada acumulada (I_{cum}), se la determinó en función de la cantidad de agua (lámina de agua) que se infiltró en un tiempo de 180 minutos; la lámina infiltrada se midió en cm. La función de la lámina infiltrada acumulada se obtuvo integrando la velocidad de infiltración I . Para el caso del suelo del ensayo esta función resultante fue:

$$I_{cum} = 0.118T^{0.87} \text{ (cm); tiempo (minutos)}$$



Figura 20. Prueba de infiltración con anillos infiltrómetros

La representación gráfica de los datos obtenidos en campo y de la función se puede ver en la figura siguiente:

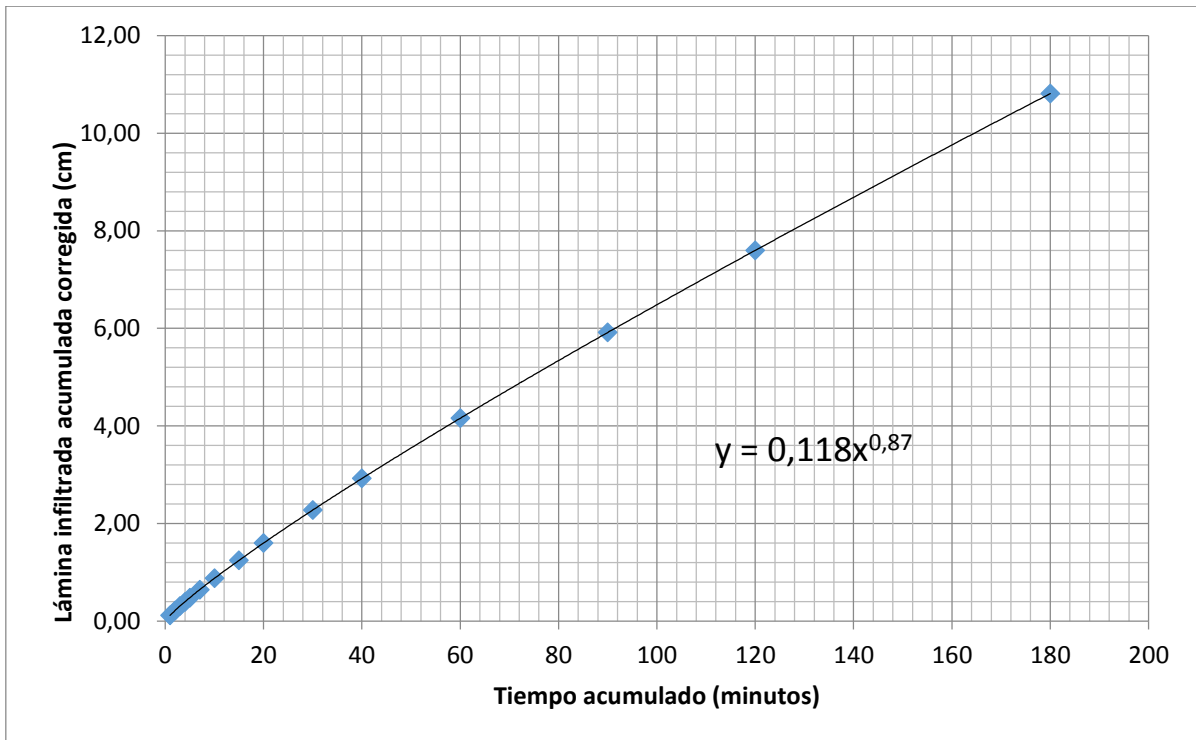


Figura 21. Curva de lámina infiltrada acumulada corregida con la función $I_{cum} = 0.118 T^{0.87}$

La ecuación obtenida para la velocidad de infiltración instantánea es:

$$I = 6,05T^{-0.13} \text{ (cm/h)}$$

Mientras que la ecuación de la velocidad de infiltración promedio es:

$$I = 7,09T^{-0.13} \text{ (cm/h)}$$

Otro dato importante de esta prueba es la velocidad de infiltración básica, que se considera la información que tiene más injerencia en cualquier proyecto de riego. Dado que la precipitación de un aspersor, en cualquier clase de terreno debe ser menor que la velocidad de infiltración básica de éste, o de lo contrario se presentaría pérdidas por escorrentía; y en terrenos donde se opte por el sistema de aspersión por requerimientos de la pendiente del terreno se puede presentar una seria erosión del mismo.

El tiempo básico calculado es de 78 minutos, en tanto que la infiltración básica es de 0,8 cm/h (8,0 mm/h), dato que corresponde a un suelo franco arcilloso. En el gráfico siguiente se observa lo mencionado.

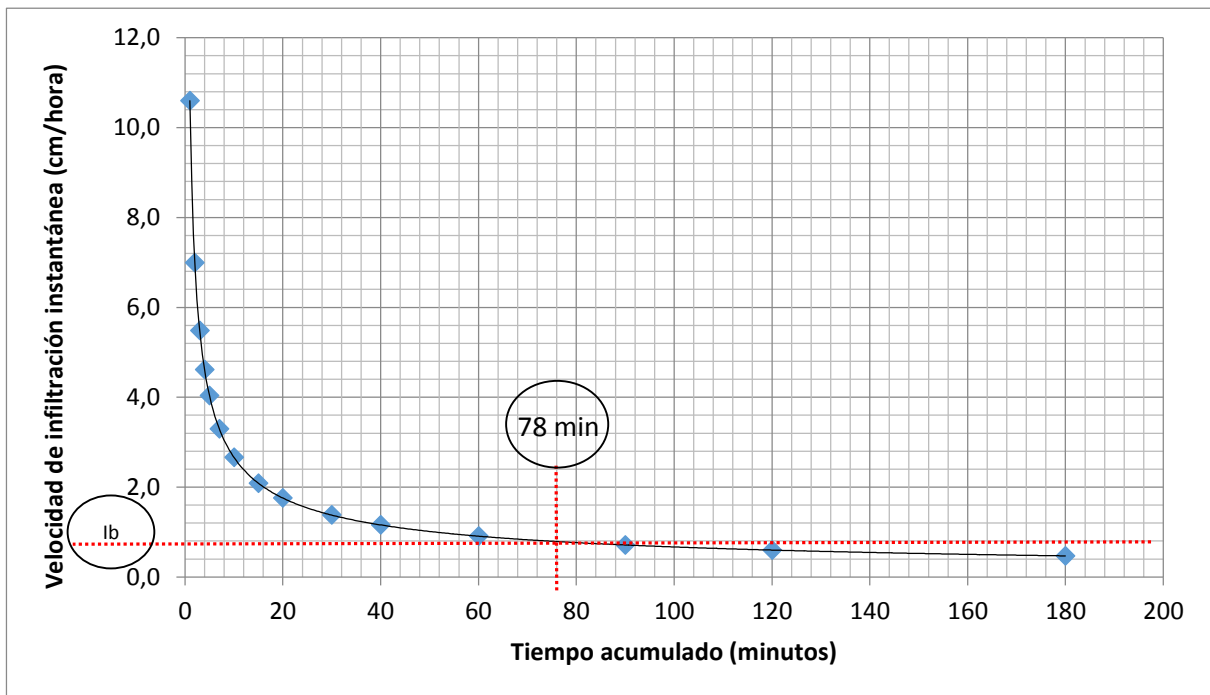


Figura 22. Representación gráfica del tiempo básico y velocidad de infiltración básica

El cálculo detallado se encuentra en el anexo 6.

4.1.4. Prueba de uniformidad del sistema de riego

La prueba de uniformidad del sistema de riego se la hizo en un sector central del área experimental, sector cubierto por cuatro aspersores dispuestos en forma de cuadro.

El valor del coeficiente de uniformidad obtenido por el método Christiansen fue de 98%, valor considerado más que aceptable según los criterios de uniformidad. El detalle de los cálculos se presenta en el anexo 7.

La información del catálogo del aspersor utilizado en el presente ensayo (NAAN 501 – U) de boquilla azul, indica que con una presión máxima de 35 metros de columna de agua, se llega a obtener coeficientes de uniformidad entre el 85 y 88%.

4.1.5. Diseño hidráulico del sistema de riego por aspersión

La tubería de conducción principal y ramales al interior de la parcela que se utilizó fueron de PVC, unión espiga campana, los diámetros utilizados y calculados permitieron el paso de un caudal potencial de 1,5 l/s. Las presiones máximas de trabajo a las que estuvieron sometidas fueron de alrededor de 44 metros de columna de agua (mca), - carga estática - . Las presiones nominales del material estuvieron entre 0,8 y 1,6 Mega pascales (MPa), que corresponden a las comúnmente encontradas en el comercio para diámetros entre 50 mm y 25 mm.

La longitud de tubería utilizada para la línea principal de abastecimiento de agua para el ensayo fue de aproximadamente 126 m de longitud.

Para el cálculo de los diferentes parámetros hidráulicos se utilizó la fórmula de Hazen & Williams; la pérdida de carga calculada para conducir el caudal antes señalado fue de 2,5 m, con lo cual la carga dinámica con la que se llegó a la cabecera del área experimental estuvo en 41,5 m; así mismo la velocidad computada con la que circuló el agua estuvo en 0,86 m/s, que está considerada dentro del rango adecuado.

Los detalles del cálculo hidráulico de la tubería principal y los cálculos para la implementación del riego a lo interno del ensayo se indican en el anexo 8.

Otras características del diseño a lo interno de la parcela dieron los siguientes resultados:

Cuadro 5. Información de los principales parámetros calculados para el funcionamiento del riego a lo interno del área experimental.

Parámetro de diseño	Dato calculado
Pérdida de carga por longitud en tubería principal	2,5 m.c.a
Pérdidas locales por accesorios	0,45 m.c.a.
Espaciamiento entre aspersores	8m
Espaciamiento entre laterales	9m
Distanciamiento asumido para la instalación	8m x 8m
Infiltración básica del suelo	8 mm/h
Precipitación horaria del aspersor	4.1 mm/h

Parámetro de diseño	Dato calculado
Número de laterales requeridos	4
Longitud promedio de laterales	52,4 m
Número de aspersores por lateral	6
Presión de entrada a lateral 1	41,68 m.c.a.
Presión distal o final del lateral 1	41,94 m.c.a.
Presión de entrada a lateral 2	41,83 m.c.a.
Presión distal o final del lateral 2	41,79 m.c.a.
Presión de entrada a lateral 3	41,71 m.c.a.
Presión distal o final del lateral 3	41,92 m.c.a.
Presión de entrada a lateral 4	42,33 m.c.a.
Presión distal o final del lateral 4	41,29 m.c.a.

Como parte del diseño, se indica que a la entrada del área experimental se instaló un cabezal de riego, el mismo que se compone básicamente de una válvula de compuerta y un filtro de anillas de 120 mesh (120 orificios en pulgada lineal), entre otros accesorios todos ellos con un diámetro de una pulgada y media . Las salidas de agua utilizadas para los aspersores son conexiones rápidas; y éstos a su vez estuvieron soportados por elevadores de 1,5 m con sus respectivos accesorios. El detalle de los cálculos y materiales utilizados constan en el anexo 9.

4.2. DETERMINACIÓN DE LAS FASES FENOLÓGICAS DE LA ACHIRA

Como producto del seguimiento del cultivo para determinar sus fases fenológicas, se obtuvieron los siguientes resultados.

4.2.1. Fases fenológicas según la escala general de la BBCH (Institución Federal Alemana)

El inicio del seguimiento del cultivo de la achira ocurrió el 1 de febrero del 2012, el momento en que se sembró el 100% del área experimental. Los resultados obtenidos según la escala general propuesta por la Institución Federal Alemana (BBCH), son los siguientes:

Cuadro 6. Fechas determinadas de duración de los estadios fenológicos de la achira según la escala de la BBCH.

FASE	DESCRIPCIÓN DE LA FASE	FECHA DE INICIO DE FASE (20%)	FECHA DE PLENITUD DE LA FASE (50%)	FECHA DE FIN DE LA FASE (80%)
Siembra total: 1 de febrero 2012				
Estadio 0	Brotación de la yema	11 de febrero 2012	15 de febrero 2012	18 de febrero 2012
Estadio 1	Desarrollo de las hojas del tallo principal	8 de marzo 2012	26 de abril 2012	7 de junio 2012
Estadio 2	Formación de brotes laterales o ahijamiento	5 de julio 2012	12 de septiembre 2012	15 de diciembre 2012
Estadio 3	Crecimiento longitudinal del tallo principal. Desarrollo de brotes	23 de febrero 2012	4 de abril 2012	28 de junio 2012
Estadio 4	Desarrollo foliar de los hijuelos	1 de mayo 2012	21 de junio 2012	26 de julio 2012
Estadio 5	Emergencia de la inflorescencia	21 de junio 2012	12 de julio 2012	9 de agosto 2012
Estadio 6	Floración del tallo principal	5 de julio 12	9 de agosto 2012	5 de septiembre 2012
Estadio 7	Desarrollo del fruto del tallo principal	20 de julio 2012	9 de agosto 2012	29 de agosto 2012
Estadio 8	Maduración de frutos y semillas	26 de julio 2012	15 de agosto 2012	19 de septiembre 2012
Estadio 9	Senescencia, comienzo de la dormancia, cosecha	29 de diciembre 2012	19 de enero 2013	31 de enero 2013

Elaboración: El autor

De acuerdo al seguimiento y la escala referencial utilizada, se puede indicar que la duración de los estadios fenológicos del cultivo de la achira, para las condiciones de esta investigación fueron los siguientes:

Cuadro 7. Duración de los estadios fenológicos, según el seguimiento hecho al cultivo de la achira.

Estadios fenológicos de la achira (escala BBCH)	Duración (días)
Estadio 0: Brotación de la yema	8 días
Estadio 1: Desarrollo de las hojas del tallo principal	91 días
Estadio 2: Formación de brotes laterales o ahijamiento	164 días
Estadio 3: Crecimiento longitudinal del tallo principal. Desarrollo de brotes	127 días
Estadio 4: Desarrollo foliar de los hijuelos	87 días
Estadio 5: Emergencia de la inflorescencia	50 días
Estadio 6: Floración del tallo principal	63 días
Estadio 7: Desarrollo del fruto del tallo principal	41 días
Estadio 8: Maduración de frutos y semillas	56 días
Estadio 9: Senescencia, comienzo de la dormancia, cosecha	33 días

Elaboración: El autor

Lo mencionado se manifiesta gráficamente en la figura 23.

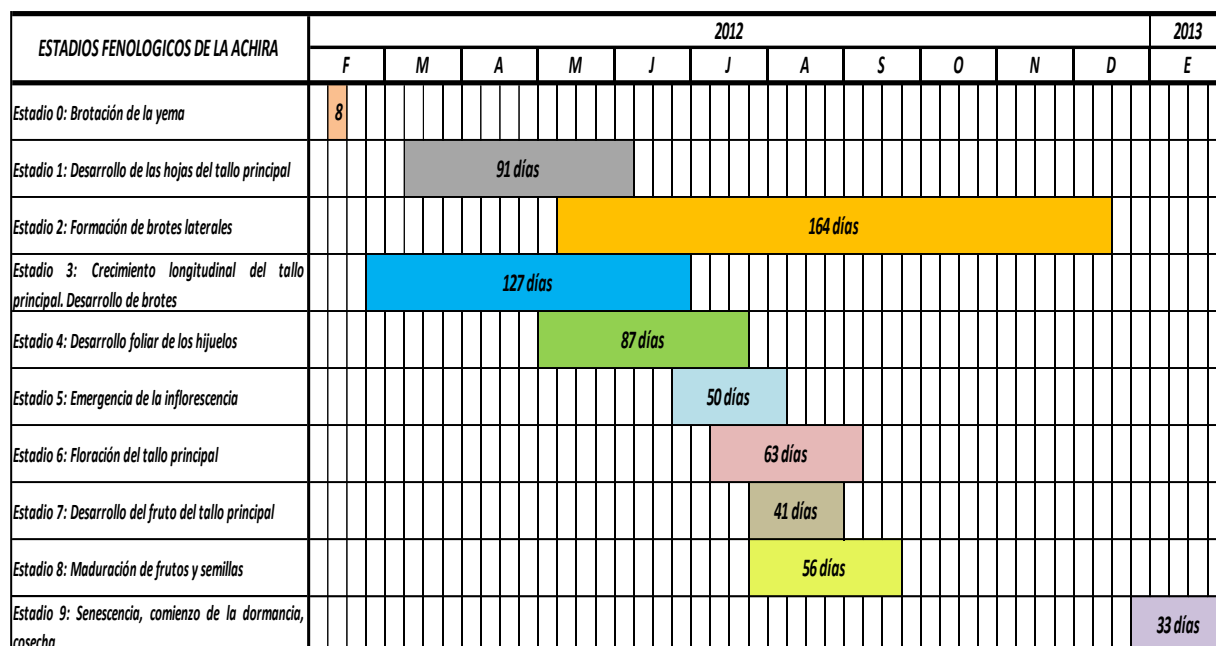


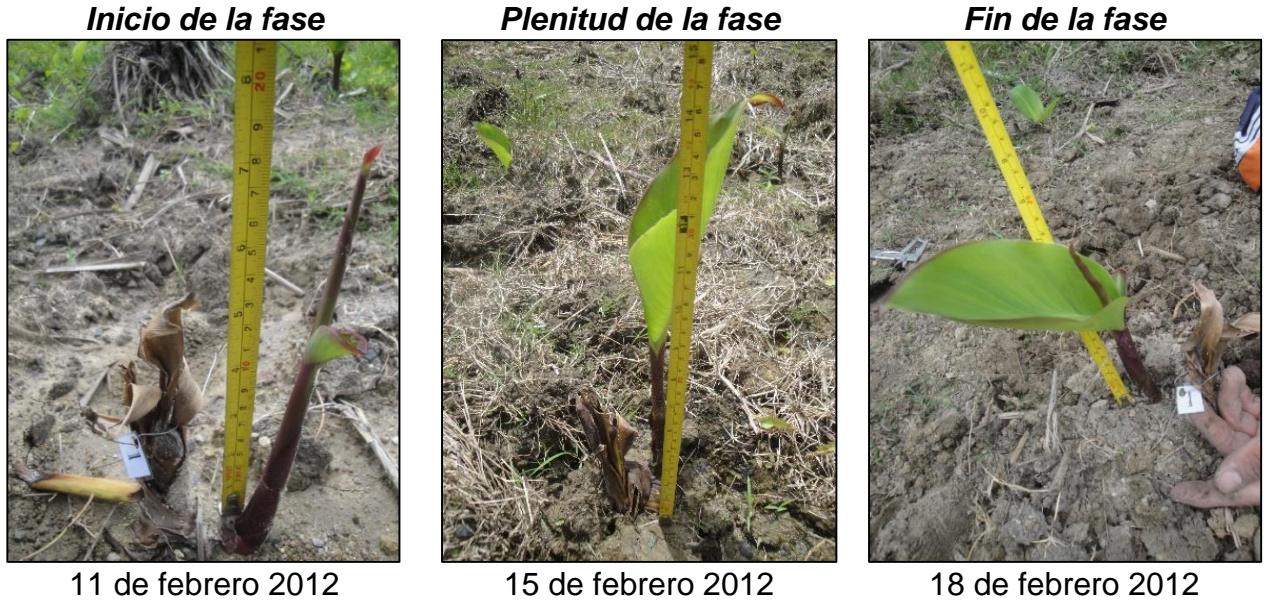
Figura 23. Duración de los estadios fenológicos del cultivo de la achira, en relación al ciclo vegetativo total.

La figura 23 deja ver también que según la escala utilizada, no se requiere que termine un estadio fenológico para dar inicio a otro; casi en su totalidad desde el estado de plenitud de una fase comienza la siguiente.

La fase de más corta duración es la brotación de la yema (identificada como estadio 0), con 8 días; en tanto que la más duradera es la dedicada a la formación de brotes laterales con 164 días (estadio 2).

En la última semana de julio coinciden cinco estadios fenológicos del cultivo de la achira, estos son las etapas 2, 5, 6, 7 y 8; también existió un espacio de tiempo en que concordaron cuatro estadios fenológicos, esto sucedió desde la segunda semana de mayo, hasta la primera semana de junio.

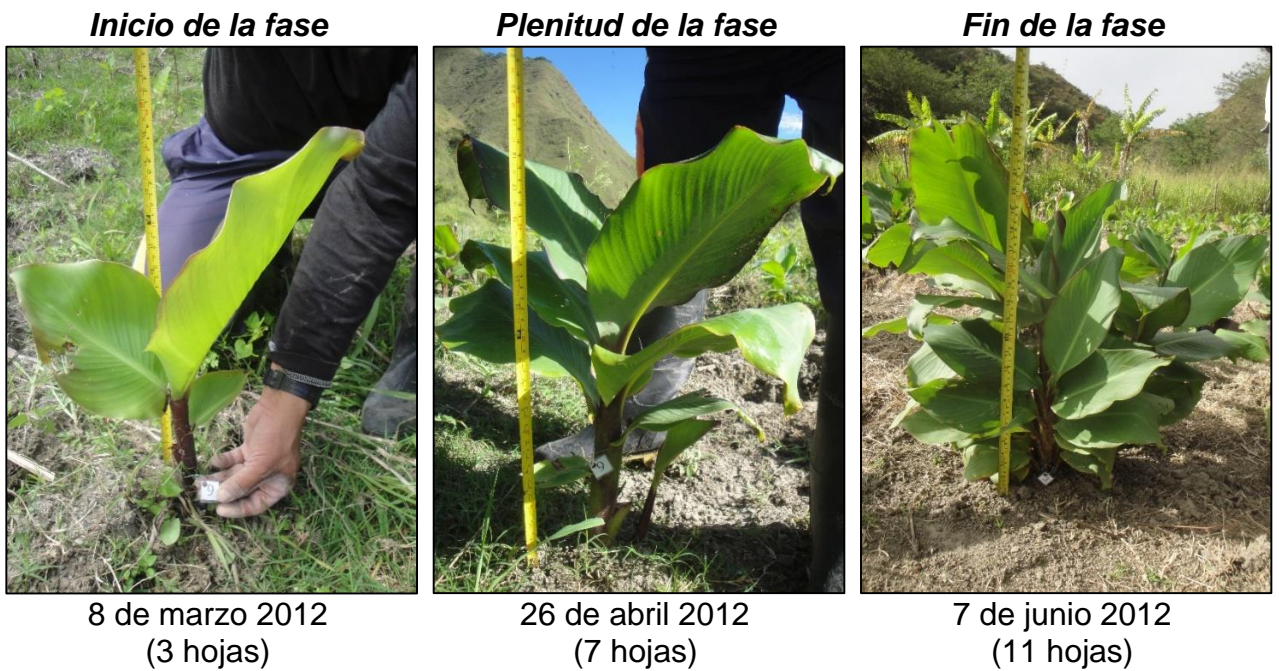
Las fotografías que se presentan seguidamente, dan una idea clara de la evolución de la planta de achira en cada estadio fenológico.



Duración de la fase: 8 días

Figura 24. Estadio 0: Brotación de la yema

En esta fase o estadio las plantas en seguimiento desarrollaron la primera hoja, y la altura promedio alcanzada fue de 12 cm.



Duración de la fase: 91 días

Figura 25. Estadio 1: Desarrollo de las hojas del tallo principal.

Al inicio de esta fase, las plantas en promedio tuvieron 3 hojas; ya en la plenitud de la fase en promedio alcanzaron a sacar 7 hojas; al finalizar la fase se llegó a determinar el apareamiento de 11 hojas. Al concluir este estadio la altura promedio de la planta madre fue de 53 cm, generalmente aparecieron 4 brotes; y el diámetro que cubre la planta es de 62,7 cm en promedio.

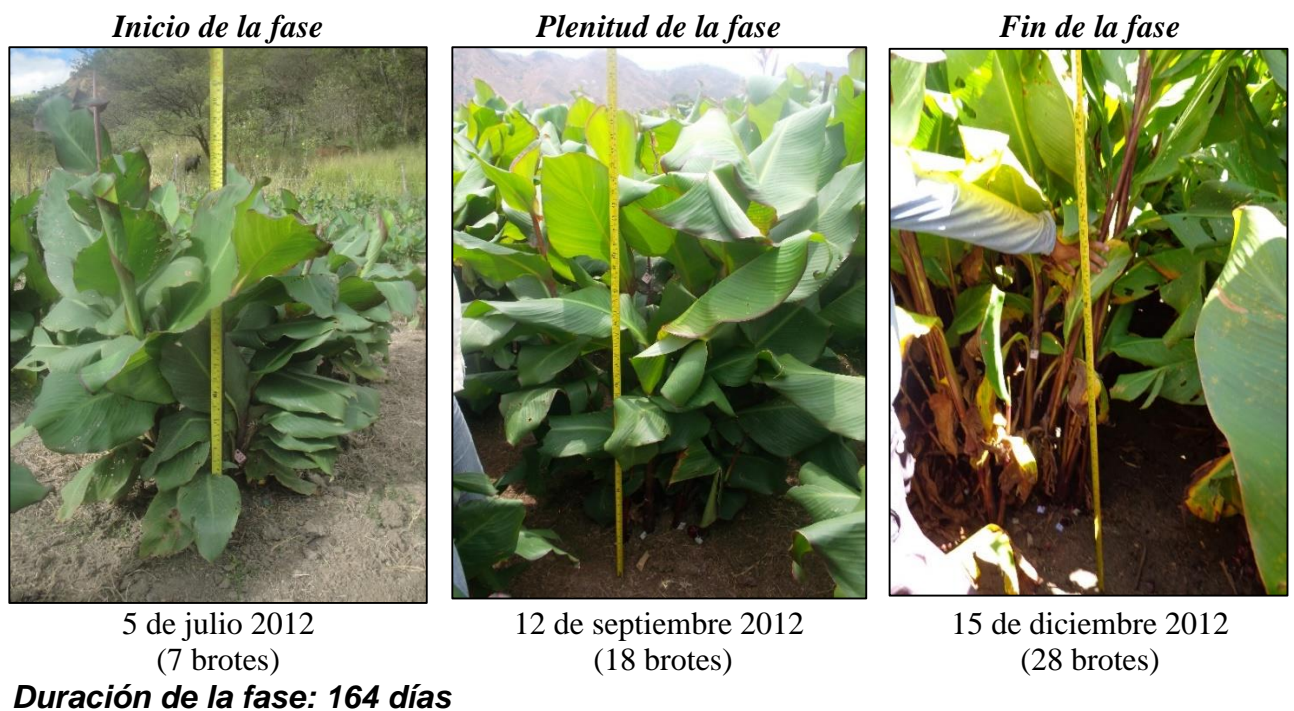


Figura 26. Estadio 2: Formación de brotes laterales o ahijamiento.

Al concluir esta fase denominada 2 o de formación de brotes, se estableció una altura promedio de la planta madre de 105,0 cm; en general se puede decir que cada planta ha desarrollado 28 brotes o hijuelos, y el diámetro que cubre la planta con su desarrollo foliar es de 128 cm.

El estadio reconocido como 3 o de crecimiento longitudinal del tallo y de desarrollo de los brotes, se caracterizó por enmarcarse dentro de la fase 2, presentó los siguientes datos principales al final de la fase: Las plantas madres generalmente se quedan más pequeñas que los brotes; del seguimiento realizado la planta madre alcanzó en promedio 74 cm; mientras que los brotes promedian 1,95 m. El diámetro de cobertura de las plantas alcanzó en promedio 79,5 cm que representa el 62% del área total. La figura 27 muestra los momentos más importantes del estadio.

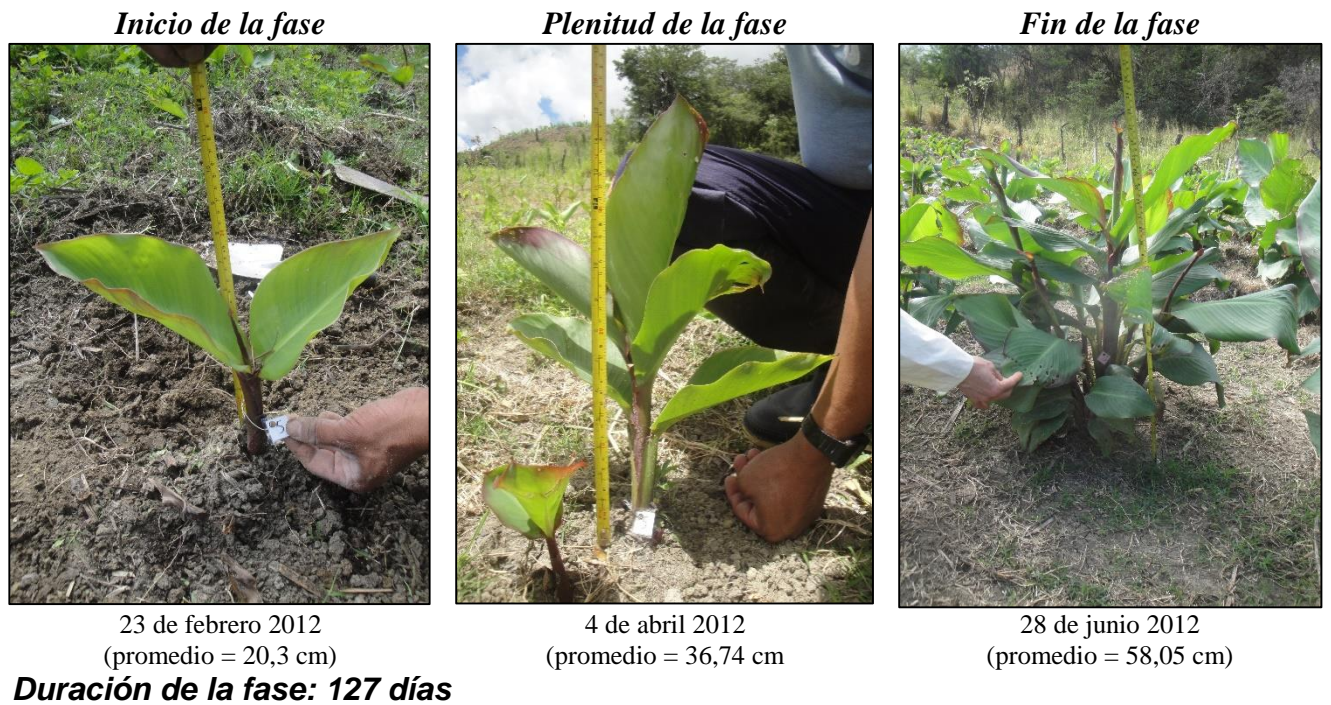


Figura 27. Estadio 3: Crecimiento longitudinal del tallo principal, desarrollo de brotes.

Para contar con algunos datos importantes del estadio 4, se hizo el promedio para los tres primeros brotes de las plantas de seguimiento. El promedio de brotes de las plantas de seguimiento fue de 35 hijuelos hasta la fecha de cosecha.

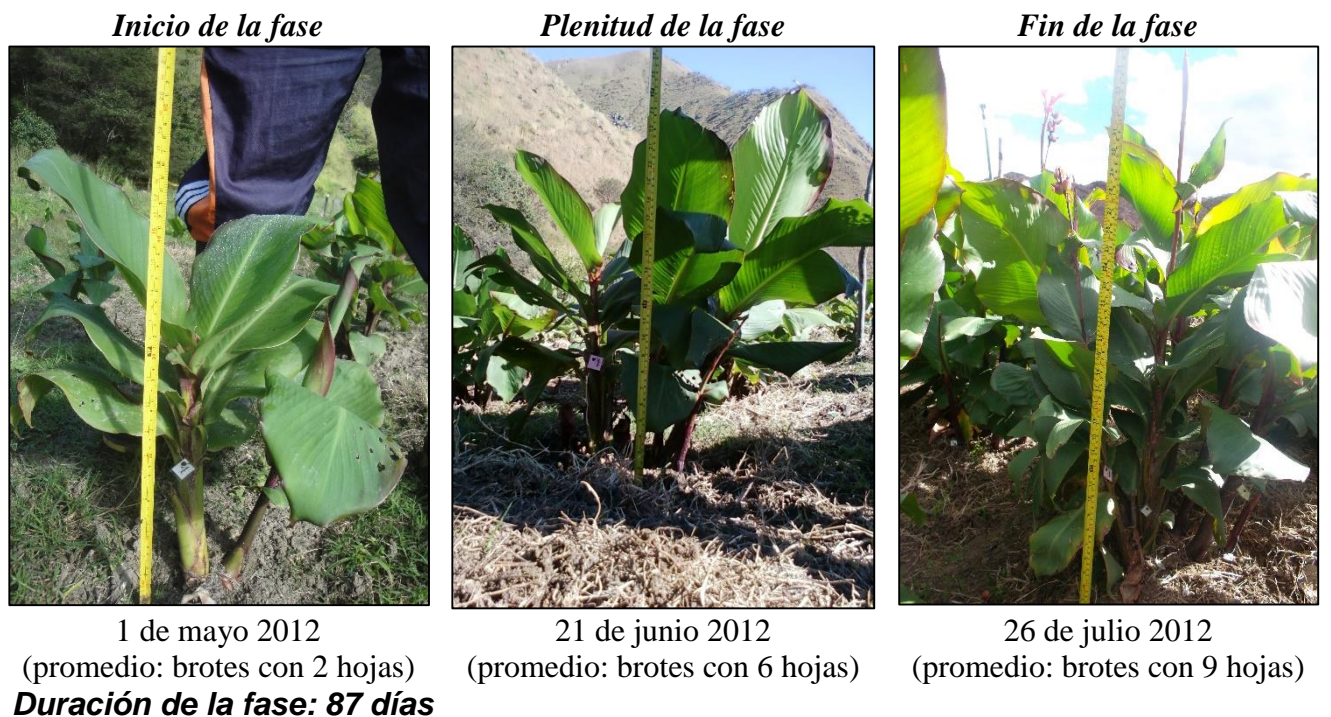


Figura 28. Estadio 4: Desarrollo foliar de los hijuelos.

La fase denominada por la BBCH como estadio 5, tuvo su inicio a los 142 días después de la siembra, y tiene la particularidad de que no todas florecen en un periodo corto de tiempo, más bien la emergencia de los botones florales se presenta paulatinamente en las plantas. En el presente ensayo se determinó que el 80% de las plantas presentaron poco a poco su inflorescencia durante un periodo que duró alrededor de 50 días.

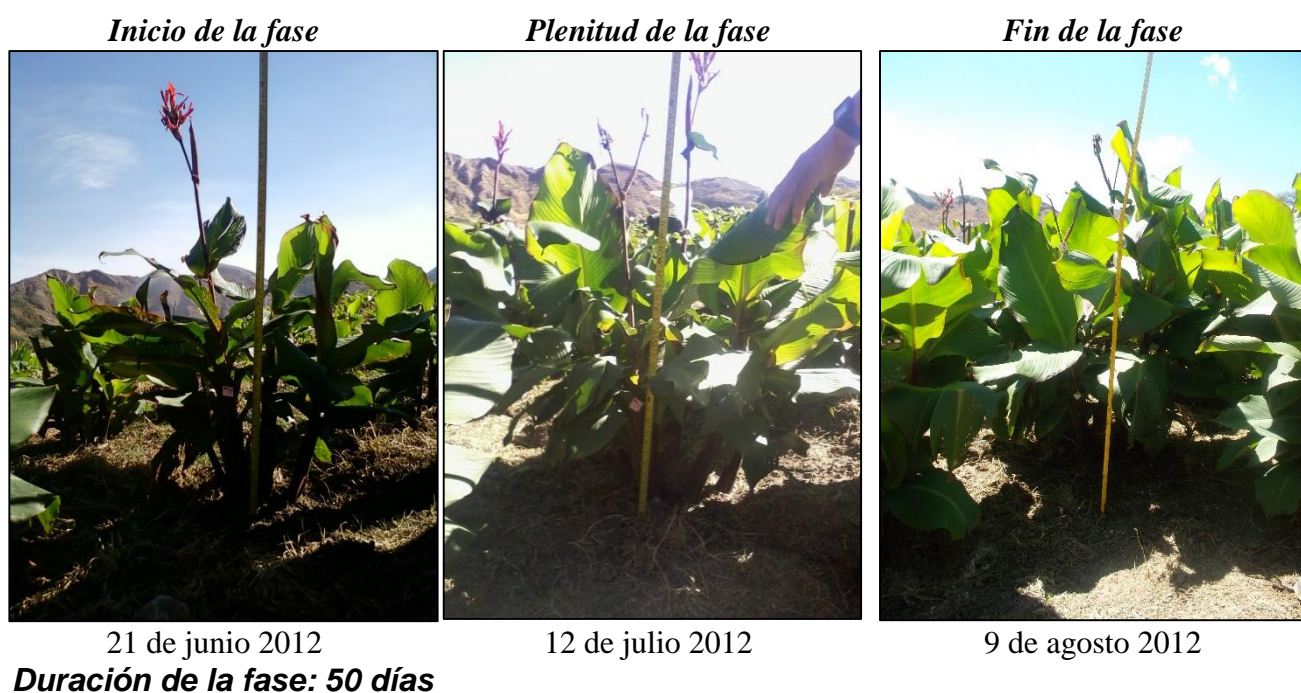


Figura 29. Estadio 5: Emergencia de la inflorescencia.

El estadio 6 tuvo una duración de 63 días, se la determinó solamente en el tallo principal, o en la planta madre. Al término de esta etapa el promedio de las plantas llegaron a tener 14,6 cm de diámetro; y consecuentemente cubrieron aproximadamente 130 % del área total, es decir las hojas se traslaparon entre las plantas. Las características principales de su evolución se pueden evidenciar en la figura 30.

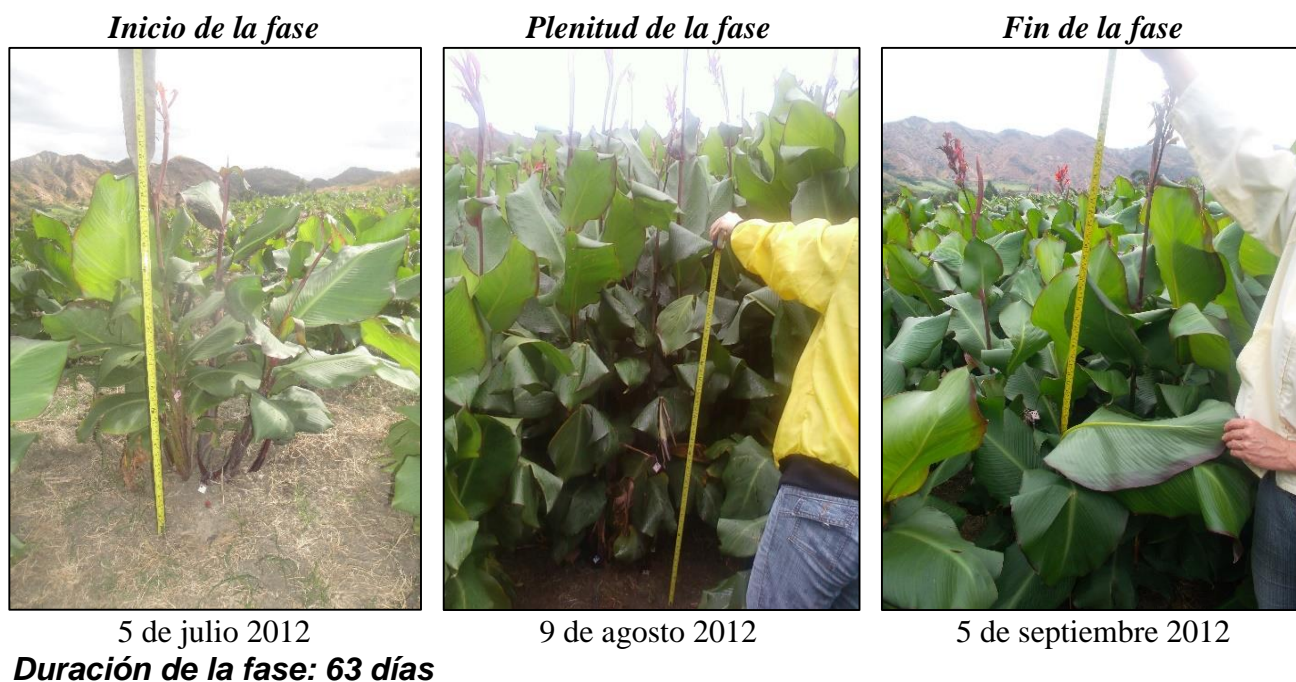


Figura 30. Estadio 6: Floración del tallo principal.

La fase identificada con el número 7 tuvo una duración de 41 días. Se observó en el 80% de las plantas de seguimiento que este evento sucedió primeramente en las plantas madres, solo en el 20% el primer brote llegó a desarrollar el fruto antes que el brote principal.

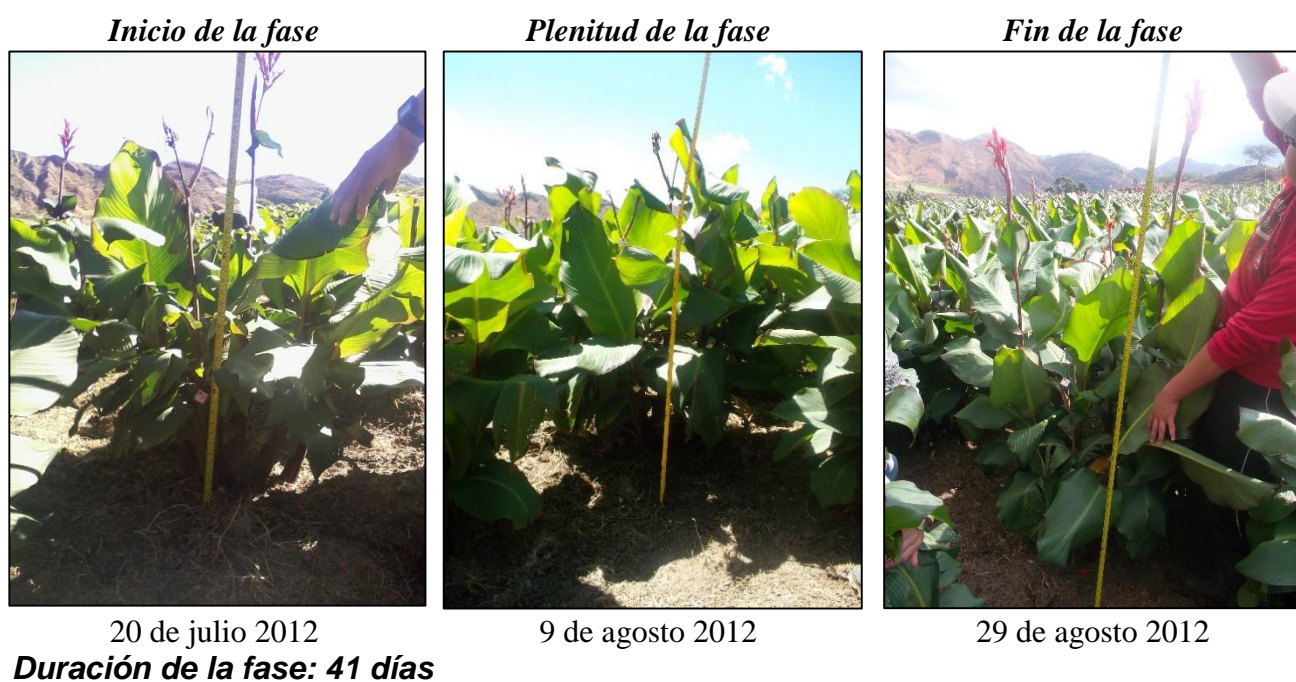


Figura 31. Estadio 7: Desarrollo del fruto del tallo principal.

En el estadio 8 se llegó a determinar que generalmente la vida del fruto de la planta de achira es de corta duración, entre una semana a diez días, tiempo en el cual desarrolla, cambia de color - de verde pálido a café intenso - y cae; en ningún caso se llegó a determinar la presencia de semilla.

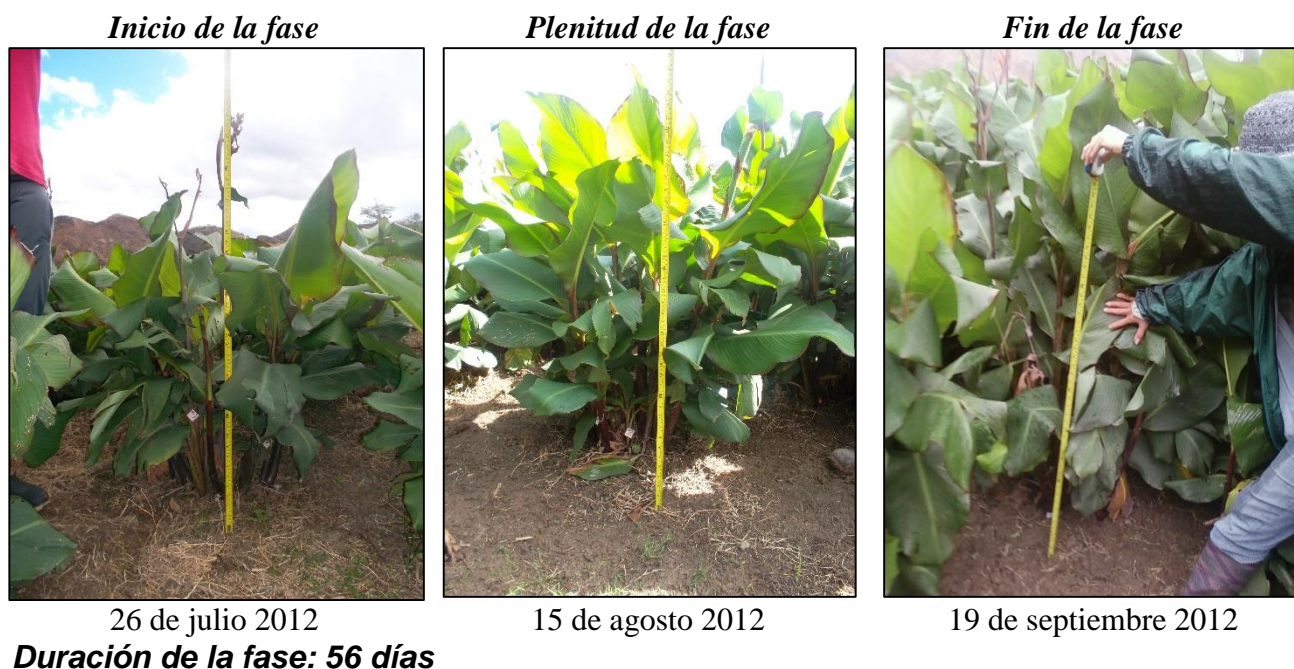


Figura 32. Estadio 8: Maduración de frutos y semillas.

El estadio identificado con el número 9; se constituyó en el tiempo en que la planta de achira concentró la mayor parte de almidón en los cormas; es la segunda fase de más corta duración durante el ciclo de cultivo; ya que solamente duró 33 días. Se caracterizó por que la mayor parte de sus hojas pasaron a tener una coloración parduzca.

Según las directrices de los agricultores se identificó que la planta está lista para ser cosechada mediante la extracción de cormas, y luego proceder a cortarlos para ver el estado de su coloración; los mismos que al contacto con el aire se tornaron azulados por efectos de la oxidación del almidón en la mayor parte de la superficie cortada. En el presente caso al cumplir 365 días desde su siembra se determinó el estado óptimo para la cosecha.



Figura 33. Estadio 9: Senescencia, comienzo de la dormancia, cosecha.

La información con detalle respecto del seguimiento del cultivo, se muestra en el anexo 10.

4.2.2. Etapas de crecimiento del cultivo según las directrices de la FAO

La duración de las etapas de crecimiento con fines de riego, determinadas en el seguimiento del cultivo de achira son las que se muestran en el cuadro 8. Se señala que no se ha podido ubicar información de otras investigaciones que den datos referenciales que permitan hacer comparaciones con la que se ha podido determinar en el presente trabajo.

Cuadro 8. Duración de las etapas de crecimiento del cultivo de achira, para las condiciones de la investigación.

ETAPAS	DIRECTRICES	FECHAS	URACIÓN (Días)
Etapa inicial	Desde siembra hasta 10% de cobertura	<ul style="list-style-type: none"> • Desde 1 de febrero 2012 • Hasta 29 de marzo 2012 	57 días
Etapa de desarrollo del cultivo	Desde 10 % de cobertura hasta inicio de floración	<ul style="list-style-type: none"> • Desde 29 de marzo 2012 • Hasta 26 de julio 2012 	119 días

ETAPAS	DIRECTRICES	FECHAS	URACIÓN (Días)
Etapa de mediados de temporada	Desde el inicio de floración hasta la madurez del fruto (75% de floración)	<ul style="list-style-type: none"> • Desde 26 de julio 2012 • Hasta 3 de noviembre 2012 	100 días
Etapa de finales de temporada	Desde la madurez del fruto hasta la cosecha	<ul style="list-style-type: none"> • Desde 3 de noviembre 2012 • Hasta 31 de enero 2013 	89 días
TOTAL DEL CICLO DE CULTIVO			365 días

Elaboración: El Autor.

Para determinar el 10% de cobertura requerido para establecer el fin de la etapa inicial y el inicio de la etapa de desarrollo del cultivo, se lo hizo en función de mediciones semanales del diámetro de cobertura del follaje de las plantas en seguimiento. Este porcentaje de cubierta fue alcanzado cuando las plantas tuvieron en promedio 32 cm (57 días después de la siembra). Aproximadamente la etapa inicial cubre el 16 % del ciclo de cultivo.

La etapa de desarrollo del cultivo duró 119 días, aproximadamente el 33% de todo el ciclo de la planta. Se indica adicionalmente que la máxima cobertura alcanzada por el follaje de la achira fue de 177 % del área; esto significa que el diámetro promedio alcanzado por las plantas en su pleno vigor fue 134 cm, hecho registrado el 29 de diciembre del 2012 (después de 332 días de la siembra), esta situación conlleva a tener follajes de plantas que se traslapan unos a otros, consecuentemente se tiene el suelo completamente cubierto. Después de éste clímax de desarrollo foliar, comienza un descenso paulatino a consecuencia del secamiento de las hojas (senescencia de este ciclo de la planta).

La etapa reconocida con el nombre mediados de temporada duró 100 días; es decir el 27% del ciclo del cultivo.

Lo indicado se puede observar en el cuadro 9 que se muestra a continuación:

Cuadro 9. Cobertura del follaje de las plantas de achira durante su ciclo vegetativo (según las condiciones dadas durante el ensayo).

DESCRIPTOR: DIAMETRO DE COBERTURA DE LAS PLANTAS DE ACHIRA															
FECHA DE SEGUIMIENTO	NUMERO DE PLANTA DE SEGUIMIENTO										SUMA	PROMEDIO (cm)	PROMEDIO (m)	Area de cobertura por planta (m ²)	% de cobertura de las plantas
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					
1 de febrero 2012	Siembra general del area experimental										0,0	0,00	0,000	0,00	0,00%
8 de febrero 2012	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,00	0,000	0,00	0,00%
11 de febrero 2012	4	5	5	4	3	4	3	4	4	2	38,0	3,80	0,040	0,00	0,16%
15 de febrero 2012	4	5	5	6	4	4	4	5	5	4	46,0	4,60	0,048	0,00	0,23%
18 de febrero 2012	4	6	6	8	5	4	6	7	6	5	57,0	5,70	0,060	0,00	0,35%
23 de febrero 2012	6	8	15	14	12	13	9	11	15	11	114,0	11,40	0,114	0,01	1,28%
1 de marzo 2012	8	11	21	16	16	18	13	18	22	16	159,0	15,90	0,159	0,02	2,48%
8 de marzo 2012	12	15	40	22	25	30	21	25	30	20	240,0	24,00	0,240	0,05	5,65%
13 de marzo 2012	20	25	40	26	28	28	23	23	32	25	270,0	27,00	0,270	0,06	7,16%
22 de marzo 2012	32	34	42	35	33	27	26	22	34	28	313,0	31,30	0,313	0,08	9,62%
29 de marzo 2012	30	35	36	36	30	32	27	25	38	32	321,0	32,10	0,321	0,08	10,12%
4 de abril 2012	32	36	28	42	37	38	27	28	42	34	344,0	34,40	0,344	0,09	11,62%
12 de abril 2012	33	37	28	42	38	39	28	28	44	36	353,0	35,30	0,353	0,10	12,23%
19 de abril 2012	37	42	36	42	41	44	32	30	54	37	395,0	39,50	0,395	0,12	15,32%
26 de abril 2012	40	44	38	44	43	47	35	32	58	38	419,0	41,90	0,419	0,14	17,24%
1 de mayo 2012	43	54	55	50	56	48	42	34	50	28	460,0	46,00	0,460	0,17	20,77%
10 de mayo 2012	50	60	63	55	45	35	40	30	45	30	453,0	45,30	0,453	0,16	20,15%
17 de mayo 2012	54	60	66	55	50	45	40	40	65	50	525,0	52,50	0,525	0,22	27,06%
24 de mayo 2012	50	65	66	55	55	45	45	45	65	45	536,0	53,60	0,536	0,23	28,21%
31 de mayo 2012	54	65	80	55	55	50	45	50	70	45	569,0	56,90	0,569	0,25	31,79%
7 de junio 2012	55	68	85	65	62	50	60	60	70	52	627,0	62,70	0,627	0,31	38,60%
14 de junio 2012	70	75	85	72	75	56	65	60	86	54	698,0	69,80	0,698	0,38	47,83%
21 de junio 2012	75	83	90	72	78	63	68	66	92	55	742,0	74,20	0,742	0,43	54,05%
28 de junio 2012	78	94	95	78	78	70	72	75	100	55	795,0	79,50	0,795	0,50	62,05%
5 de julio 2012	85	98	98	90	96	70	90	85	105	58	875,0	87,50	0,875	0,60	75,17%
12 de julio 2012	85	98	102	90	98	70	90	88	105	60	886,0	88,60	0,886	0,62	77,07%
20 de julio 2012	94	105	105	94	98	70	95	88	110	65	924,0	92,40	0,924	0,67	83,82%
26 de julio 2012	105	108	108	100	110	70	95	95	110	66	967,0	96,70	0,967	0,73	91,80%
1 de agosto 2012	107	108	110	105	110	70	95	108	120	75	1008,0	100,80	1,008	0,80	99,75%
9 de agosto 2012	107	108	115	105	110	75	95	110	120	75	1020,0	102,00	1,020	0,82	102,14%
15 de agosto 2012	107	112	115	110	120	85	95	110	120	80	1054,0	105,40	1,054	0,87	109,06%
22 de agosto 2012	108	112	115	110	120	85	95	115	122	82	1064,0	106,40	1,064	0,89	111,14%
29 de agosto 2012	110	112	119	116	130	89	88	115	126	83	1088,0	108,80	1,088	0,93	116,21%
5 de septiembre 2012	115	112	119	120	135	95	100	125	140	85	1146,0	114,60	1,146	1,03	128,93%
12 de septiembre 2012	115	112	112	115	130	95	95	130	130	95	1129,0	112,90	1,129	1,00	125,14%
19 de septiembre 2012	118	120	120	115	130	95	95	130	130	95	1148,0	114,80	1,148	1,04	129,38%
25 de septiembre 2012	118	120	120	115	130	95	95	130	130	95	1148,0	114,80	1,148	1,04	129,38%
3 de octubre 2012	118	120	120	115	130	105	105	130	130	100	1173,0	117,30	1,173	1,08	135,08%
10 de octubre 2012	120	120	125	115	135	100	105	130	132	100	1182,0	118,20	1,182	1,10	137,16%
17 de octubre 2012	120	125	125	115	135	100	110	130	132	100	1192,0	119,20	1,192	1,12	139,49%
27 de octubre 2012	121	130	128	118	136	105	112	132	134	101	1217,0	121,70	1,217	1,16	145,41%
24 de noviembre 2012	123	135	128	118	138	106	116	133	136	103	1236,0	123,60	1,236	1,20	149,98%
1 de diciembre 2012	125	140	130	120	140	110	120	135	140	105	1265,0	126,50	1,265	1,26	157,10%
15 de diciembre 2012	128	136	132	132	140	111	122	130	141	106	1278,0	127,80	1,278	1,28	160,35%
22 de diciembre 2012	132	135	134	141	140	112	124	132	142	108	1300,0	130,00	1,300	1,33	165,92%
29 de diciembre 2012	150	135	138	155	140	115	125	130	145	110	1343,0	134,30	1,343	1,42	177,07%
5 de enero 2013	132	125	115	121	132	115	120	122	132	100	1214,0	121,40	1,214	1,16	144,69%
19 de enero 2013	122	102	112	96	105	96	101	105	114	92	1045,0	104,50	1,045	0,86	107,21%
2 de febrero 2013	118	98	108	85	92	84	92	86	98	88	949,0	94,90	1,0	0,79	98,17%

Elaboración: El Autor

Para la determinación del fin de la etapa de desarrollo del cultivo (inicio de la floración), y el inicio de la etapa de finales de temporada (madurez del fruto – 75% de floración); se lo hizo en función del seguimiento semanal del universo de las plantas sembradas

en el área experimental (6 parcelas). El inicio de la floración se lo marcó cuando se notó que algunos especímenes empezaron a florecer, hecho registrado el 26 de julio del 2012. Luego continuó un constante florecimiento y aparecimiento de frutos de plantas madres y brotes; por esta razón se determinó que el inicio de la siguiente etapa se dio cuando se registró que el 75% del universo de plantas ha florecido. Los resultados resumidos de este seguimiento se pueden observar en el cuadro 10.

Cuadro 10. Registro secuencial del porcentaje de florecimiento de las plantas de achira del área experimental.

Parcela experimental de seguimiento	Fecha de seguimiento - Descriptor: Emergencia de la inflorescencia (porcentaje)																						
	26/07/2012	01/08/2012	09/08/2012	15/08/2012	22/08/2012	29/08/2012	05/09/2012	12/09/2012	19/09/2012	25/09/2012	03/10/2012	10/10/2012	17/10/2012	27/10/2012	03/11/2012	17/11/2012	24/11/2012	01/12/2012	15/12/2012	22/12/2012	29/12/2009	19/01/2013	31/01/2013
Parcela 1	1,2	2,8	5,5	7,3	9,8	15,0	19,6	23,9	27,5	33,0	46,8	53,8	53,8	73,4	82,6	92,7	96,3	97,2	98,2	98,2	99,7	100,0	100,0
Parcela 2	0,3	0,3	2,0	2,8	5,4	13,4	17,4	26,5	36,5	43,3	55,3	64,1	64,1	86,9	90,6	96,6	98,6	98,9	98,9	98,9	99,7	100,0	100,0
Parcela 3	0,4	2,0	5,6	7,6	13,1	18,3	26,3	30,7	36,3	43,0	49,4	53,8	53,8	67,7	74,9	86,9	90,4	92,4	94,8	94,8	96,4	97,6	98,0
Parcela 4	0,4	1,4	2,5	5,4	7,2	10,8	13,4	15,5	18,4	21,7	27,4	35,0	35,0	62,8	78,0	89,2	93,1	97,1	98,6	98,6	98,9	100,0	100,0
Parcela 5	0,0	0,0	0,3	0,6	0,6	1,7	2,3	4,6	5,4	7,2	11,5	16,6	16,6	25,2	31,8	49,0	65,6	75,6	83,1	83,1	88,0	92,0	96,3
Parcela 6	3,4	4,9	9,3	13,0	17,0	20,4	24,4	29,9	37,0	41,0	50,3	56,5	56,5	73,8	87,3	93,5	96,9	97,5	98,5	98,5	99,1	99,4	99,7
suma	5,7	11,4	25,1	36,7	53,1	79,6	103,3	131,1	161,1	189,2	240,7	279,8	279,8	389,8	445,2	507,8	541,0	558,8	572,0	572,0	581,8	589,0	594,0
Promedio	0,94	1,9	4,19	6,12	8,85	13,3	17,2	21,8	26,9	31,5	40,1	46,6	46,6	65,0	74,2	84,6	90,2	93,1	95,3	95,3	97,0	98,2	99,0

Elaboración: El Autor

De manera gráfica lo antes mencionado se aprecia en las figuras que se muestran a continuación.

ETAPAS DE DESARROLLO DEL CULTIVO, SEGÚN FAO	2012												2013										
	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E											
Etapa inicial	57 días																						
Etapa de desarrollo del cultivo			119 días																				
Etapa de mediados de temporada							100 días																
Etapa de finales de temporada																				89 días			

Figura 34. Duración de las etapas de crecimiento del cultivo de la achira, según el procedimiento propuesto por la FAO.

A diferencia de la metodología propuesta por la BBCH, de la cual se proporcionó la información anteriormente, con este procedimiento se debe acabar una fase para que

inicie otra. La etapa inicial consume el 16% del tiempo total del ciclo del cultivo; la etapa de desarrollo del cultivo demanda el 33%; en tanto que la etapa de mediados de temporada necesita el 27%; y, finalmente la etapa de finales de temporada requiere el 24% del tiempo total del ciclo de cultivo. En la figura 35 se aprecia de manera gráfica las diferentes etapas descritas.

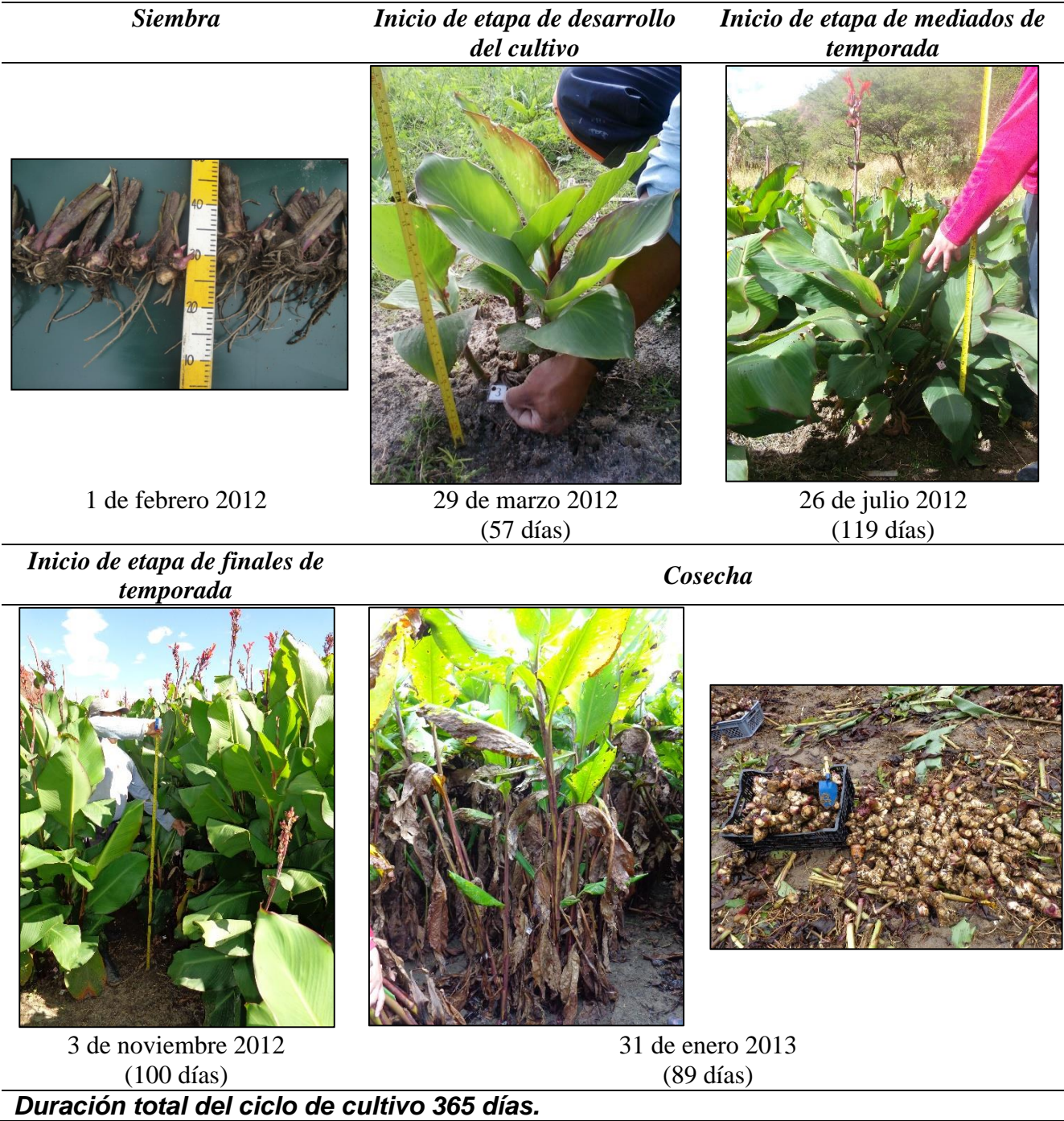


Figura 35. Imágenes de las plantas de achira y su evolución conforme las etapas de crecimiento propuesta por la FAO.

4.3. ANÁLISIS DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL (ET_o) A TRAVÉS DEL PROCEDIMIENTO DE PENMAN MONTEITH

Para este análisis, previamente se procesó la información climática diaria generada en la estación INAMHI – Quinara, relacionados con los parámetros que intervienen en su determinación; estos son: velocidad del viento a 2 m de altura, insolación, temperatura y humedad relativa. La información procesada de cada uno de estos indicadores climáticos se ubica en el anexo 11.

Con estos datos de inicio, se confeccionó una hoja de cálculo para determinar la ETo diaria según el procedimiento de Penman Monteith, los resultados se muestran resumidos por periodo decadal en el cuadro 11; y a detalle diario se incluye en el anexo 11.

Cuadro 11. Valores de ETo decadal y mensual promedio (mm/día), obtenidos por el método de Penman Monteith para la estación Quinara, ubicada a 1 Km del área experimental.

ESTACIÓN: *Quinara* PARAMETRO: *ETo (mm/día); Penman Monteith*
 LATITUD: *04°18'50" S (geográficas) 9522951,771 N (UTM)* PERIODO: *Febrero 2012 - Enero 2013*
 LONGITUD: *79°14'36" W (geográfica) 694953,3243 E (UTM)*
 ELEVACIÓN: *1559 msnm*

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO
DECADAS													
1°	0,00	0,50	2,10	1,32	3,02	4,48	4,57	5,11	5,21	1,38	0,51	0,57	2,26
2°	0,00	0,71	2,39	1,31	1,73	4,57	5,32	3,69	4,36	0,38	0,65	0,62	1,18
3°	0,00	0,85	1,98	1,74	3,27	2,75	5,33	4,05	3,55	1,79	0,22	1,39	1,05
Media	0,00	0,68	2,15	1,46	2,69	3,93	5,08	4,28	4,37	1,20	0,46	0,88	1,48

Elaboración: El Autor

La sumatoria mensual de la ETo, nos refleja la información de la siguiente tabla y figura.

Cuadro 12. Valores de ETo mensual obtenidos por el método de Penman Monteith para la estación Quinara.

FEBRERO 2012	MARZO 2012	ABRIL 2012	MAYO 2012	JUNIO 2012	JULIO 2012	AGOSTO 2012	SEPTIEMBRE 2012	OCTUBRE 2012	NOVIEMBRE 2012	DICIEMBRE 2012	ENERO 2013
19,76	66,70	43,73	83,41	118,01	157,44	132,55	131,13	37,23	13,85	27,17	45,97

Elaboración: El Autor

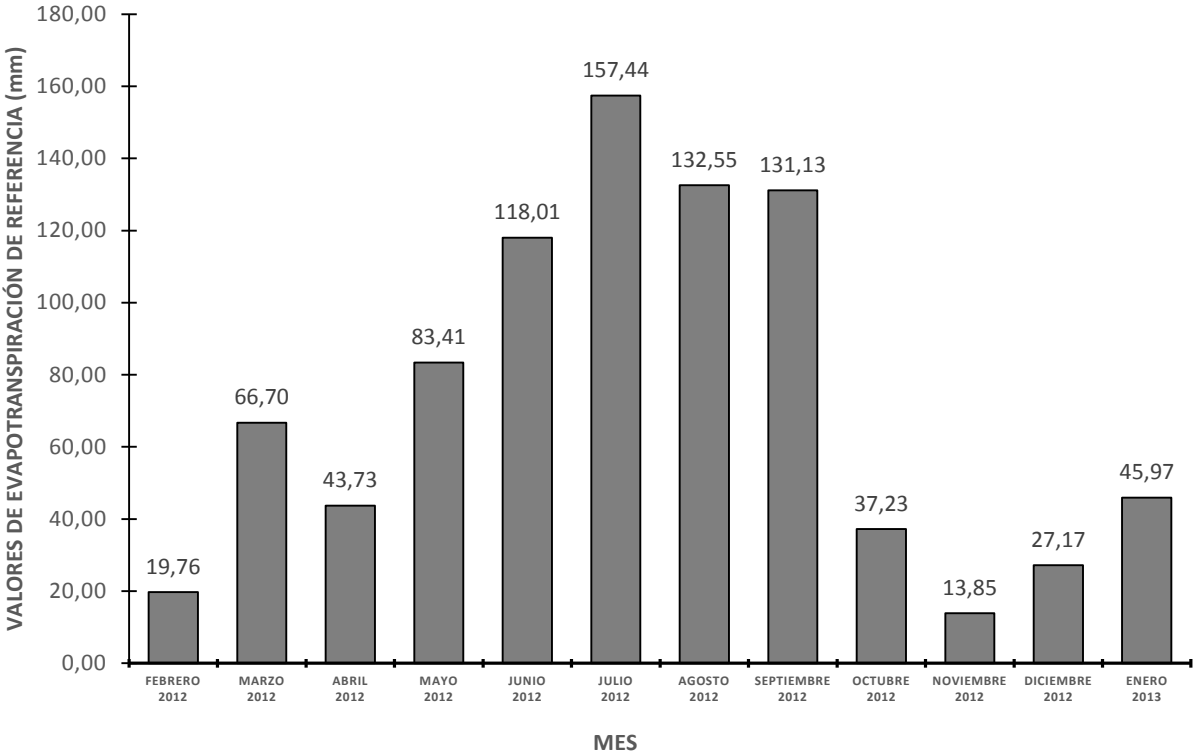


Figura 36. ETo mensual (mm/mes)- Estación Quinara

El análisis de esta información – durante el ciclo del cultivo de la achira para este ensayo específico -, indica que el mes que tuvo mayor ETo para la zona de Quinara fue julio con 157,44 mm/mes, que representó el 18% del total del ciclo; seguido de agosto y septiembre con 132,55 mm/mes (15,1%), y 131,13 mm/mes (15%). Este trimestre evapotranspiró 421,12 mm, que representa el 48% del total anual.

Los meses que registraron menos evapotranspiración fueron noviembre con 13,85 mm/mes, febrero con 19,76 mm/mes y diciembre con 27,17 mm/mes. Estos tres meses juntos suman una ETo de 60,78 mm, que equivale al 7,8% del total anual.

Por otro lado, el promedio diario por mes de ETo, marcó su mayor registro en julio con 5,08 mm/día; y, su menor valor en noviembre con 0,46 mm/día.

El máximo evento registrado sucedió el 12 de septiembre con 7,42 mm/día; y, los menores registros corresponden al mes de octubre y noviembre con 14 y 13 días respectivamente con valores de 0,0 mm/día.

Al relacionar los valores mensuales de ETo con los de precipitación, durante el ciclo de cultivo, se observa en la figura 37 que la lluvia caída en la zona durante los meses febrero, marzo, abril, noviembre, diciembre del 2012, y enero del 2013 fueron superiores a los valores de evapotranspiración de referencia; por tanto se requiere de aplicaciones auxiliares de agua al cultivo. Por otro lado, durante el periodo comprendido entre los meses de mayo a octubre los valores de ETo presentaron predominancia sobre los de precipitación, motivo por el cual durante estos siete meses se requiere de aplicaciones de riego.

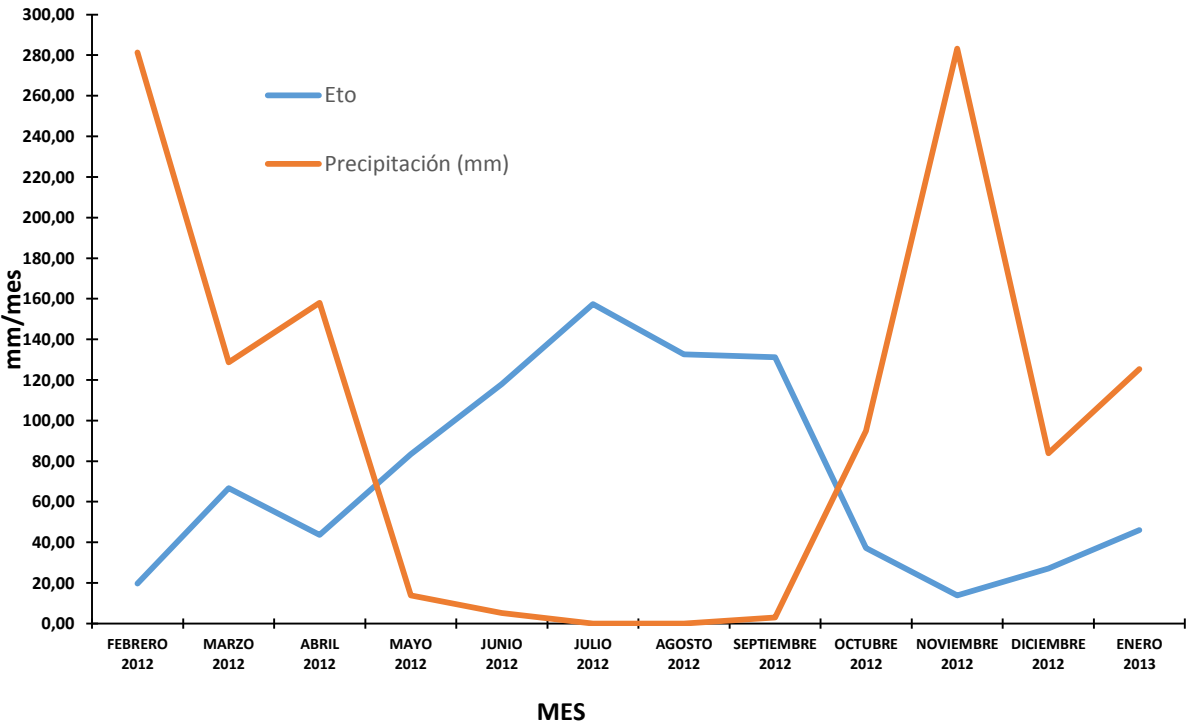


Figura 37. Relación ETo vs Precipitación (mm/mes)

4.3.1. Análisis comparativo entre ETo obtenido por Penman Monteith y ETo obtenido con el tanque evaporímetro clase A

Con el objeto de tener información comparativa, se hizo el análisis de la ETo utilizando la información del tanque evaporímetro clase A.

Mediante los registros de evaporación obtenidos con el tanque evaporímetro, y la obtención del coeficiente Kp del tanque se obtuvo la ETo, la misma que en forma resumida se presenta en el cuadro 13; y de manera pormenorizada se ubica en el anexo 11.

Cuadro 13. Valores de ETo decadal y mensual promedio, obtenidos por el método del tanque evaporímetro clase A para la estación Quinara.

ESTACIÓN: Quinara PARAMETRO: ETo TANQUE CLASE A (mm)
 LATITUD: 04°18'50" S (geográficas) 9522951,771 N (UTM) AÑO: 2012 y Enero 2013
 LONGITUD: 79°14'36" W (geográfica) 694953,3243 E (UTM)
 ELEVACIÓN: 1559 msnm Borde = 10 m

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO
DECADAS													
1°	0,0	16,2	30,7	19,4	33,4	32,2	26,5	26,5	34,7	26,8	20,2	29,2	24,3
2°	0,0	16,6	30,2	23,2	22,7	29,0	32,2	30,8	40,8	22,9	32,2	23,9	23,4
3°	0,0	14,3	25,9	23,5	30,8	20,8	33,0	30,3	29,8	25,9	17,1	24,0	18,0
Σ	0,0	47,0	86,8	66,1	86,9	81,9	91,8	87,6	105,2	75,6	69,5	77,1	65,7
Media (mm/día)	0,0	1,6	2,8	2,2	2,8	2,7	3,0	2,8	3,5	2,4	2,3	2,5	2,1

Elaboración: El Autor

Haciendo un análisis comparativo de esta información en relación con la obtenida por el procedimiento de Penman Monteith, para todo el ciclo que duró el cultivo, se deduce lo siguiente: La correspondencia existente entre estos dos procedimientos presenta valores muy bajos, el coeficiente de correlación a nivel de todo el ciclo fue de $r = 0,51$ ($r^2 = 0,26$), notándose consecuentemente una dispersión casi total de los puntos correlacionados; tal como se observa en la figura 38.

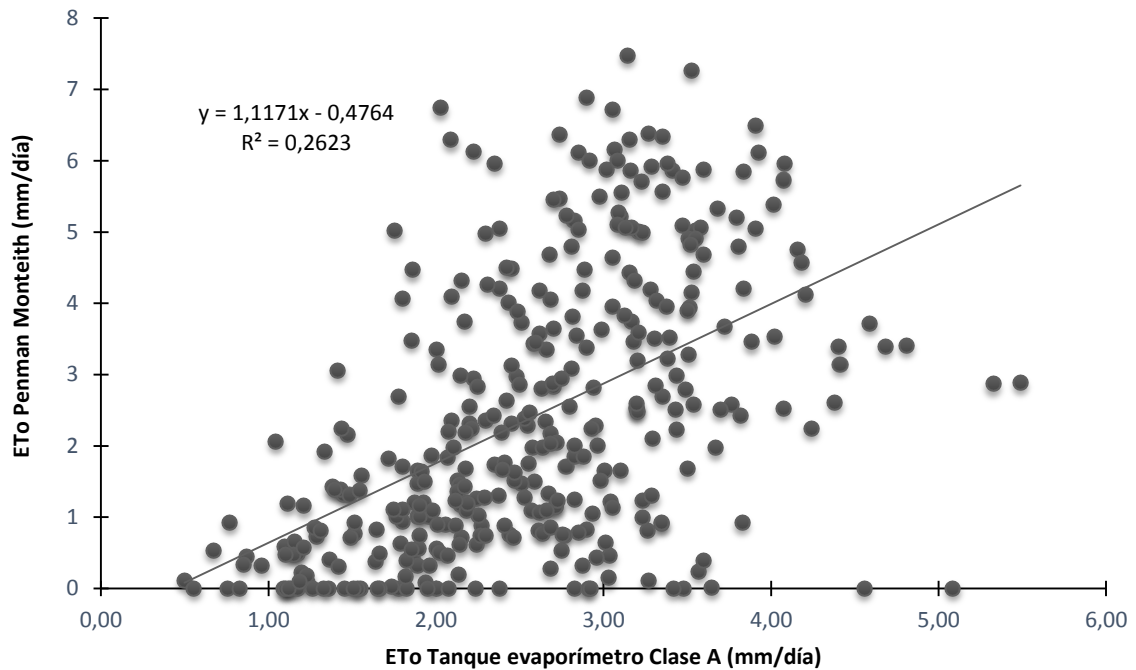


Figura 38. Relación ETo del tanque evaporímetro clase A y ETo Penman Monteith

La comparación de los resultados de ETo obtenidos con estos dos procedimientos, hacen notar que en los meses donde existió los valores más representativos de lluvias, la ETo obtenida por el método del tanque evaporímetro clase A presentó valores más altos que los obtenidos por el método de Penman Monteith; y, en los meses con poca o ninguna precipitación los registros de ETo obtenidos por Penman Monteith, tuvieron un valor mayor que los obtenidos por el método del tanque evaporímetro clase A.

Durante todo el ciclo de cultivo (febrero 2012 – enero 2013), la ETo del evaporímetro fue de 941,14 mm, mientras que la ETo obtenida por el procedimiento propuesto por Penman Monteith fue de 876,95 mm; es decir hubo una diferencia de 64,19 mm. Al hacer una correlación mes a mes entre ambos procedimientos, se obtuvo niveles muy bajos de afinidad. Lo indicado se puede visualizar en el cuadro 14 y en la figura 39.

En esta investigación no se pudo determinar la razón del bajo nivel de correlación de estos dos procedimientos.

Cuadro 14. Comparación de valores de ETo obtenidos por los procedimientos de: Tanque evaporímetro clase A y Penman Monteith, durante el ciclo de cultivo de la achira, en Quinara.

PARAMETROS	FEB 2012	MAR 2012	ABR 2012	MAY 2012	JUN 2012	JUL 2012	AGO 2012	SEP 2012	OCT 2012	NOV 2012	DIC 2012	ENE 2013	SUMA /DIFERENCIA
ETo													
Evaporímetro A (mm/mes)	46,96	86,78	66,10	86,94	81,91	91,79	87,63	105,25	75,57	69,49	77,05	65,68	941,14
ETo Penman Monteith (mm/mes)	19,76	66,7	43,73	83,41	118,01	157,44	132,55	131,13	37,23	13,85	27,17	45,97	876,95
Diferencia	27,20	20,08	22,37	3,53	-36,10	-65,65	-44,92	-25,88	38,34	55,64	49,88	19,71	64,19
Correlación (r)	0,44	0,63	0,49	0,71	0,41	0,46	0,28	0,062	0,62	0,25	0,0084	0,12	
Precipitación (mm/mes)	281,4	128,7	158,0	13,8	5,1	0,0	0,0	3,0	94,9	283,3	83,8	125,4	1461,5

Elaboración: El Autor

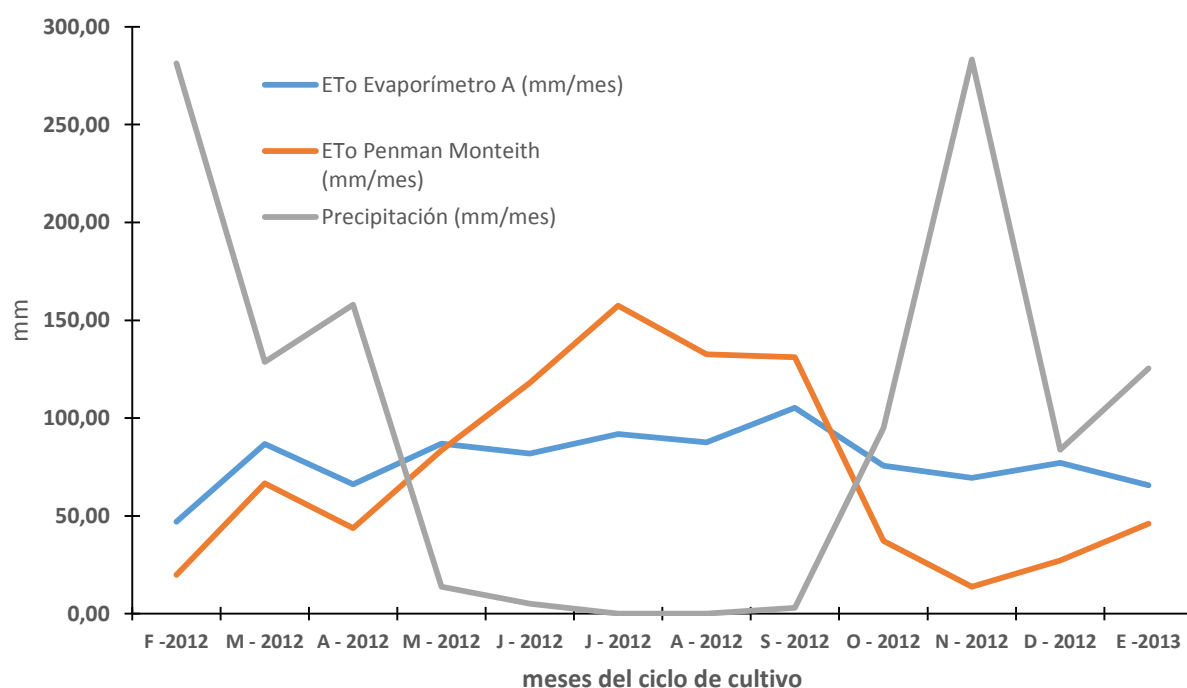


Figura 39. Comportamiento de la ETo del tanque evaporímetro clase A y ETo Penman Monteith, en relación con la precipitación.

4.3.2. Validación del tanque evaporímetro artesanal con relación al tanque evaporímetro clase A

Para dar una solución práctica a los agricultores de la zona bajo la influencia del sistema de riego La Palmira, se colocaron juntos un tanque evaporímetro clase A y un balde plástico de color amarillo de 15.7 litros de capacidad (comúnmente utilizados para la venta de pintura, cola plástica o manteca). La intención fue conocer la relación

que existe entre ambos recipientes, y dar como alternativa de uso para los agricultores la utilización del evaporímetro artesanal con fines de reponer la cantidad de agua evaporada, los valores obtenidos de estas lecturas son las que se indican en el anexo 12.

Como se muestra en la figura 40, existe muy buena correspondencia entre la evaporación del tanque evaporímetro Clase A y la evaporación del tanque evaporímetro artesanal. La correlación lineal realizada indica un coeficiente muy cercano a la unidad; su valor es de $R^2 = 0,984$. La ecuación que permite hacer el ajuste para el presente caso es:

$$Y = 0,8874X - 1,0226$$

Dónde:

- Y = Evaporación registrada en el tanque evaporímetro artesanal, mm
- X = Evaporación registrada en el tanque evaporímetro clase A, mm
- 0,8874 = Factor de ajuste entre el tanque evaporímetro artesanal y el tanque evaporímetro clase A (pendiente de la línea de mejor tendencia).

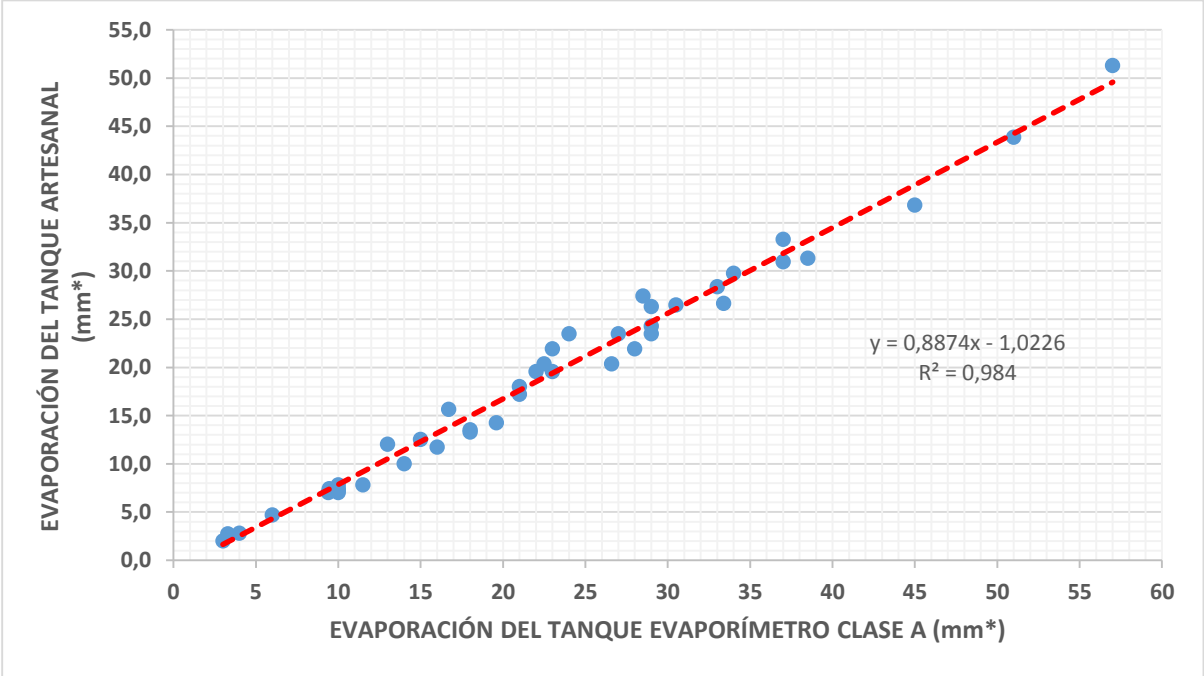


Figura 40. Correlación de lecturas entre tanque evaporímetro artesanal y tanque evaporímetro "clase A"

(*) La lámina evaporada fue medida en periodos variables de tiempo (entre uno y tres días).

Por lo expuesto se consideran aceptables los valores obtenidos de evaporación del tanque artesanal, se ha determinado un factor de ajuste entre el método de tanque evaporímetro artesanal y los valores del tanque evaporímetro clase A, el mismo que es de 0.8874; esto significa que a los valores de evaporación del tanque evaporímetro artesanal hay que multiplicar por dicho factor de ajuste para lograr la equivalencia a las lecturas del tanque evaporímetro clase A. Este factor es el resultado de la pendiente de la línea de tendencia o línea de mejor ajuste. Los valores correlacionados constan en el anexo 12.



Figura 41. Registro de evaporación de los tanques evaporímetros en el área de ensayo

4.3.2.1. Uso de la información del tanque evaporímetro artesanal en la programación del riego

La validación del tanque evaporímetro artesanal resulta importante, ya que con este procedimiento sencillo se puede sugerir que los técnicos de apoyo y los agricultores de la zona donde se realizó el experimento, puedan realizar una programación del riego basado en este dispositivo sencillo. Para comprender la aplicación de la misma

se presenta un ejemplo de programación de riego para la fase inicial del cultivo de la achira.

INFORMACIÓN BÁSICA:

Capacidad de campo	CC	22,00 %
Punto de marchitez	PMP	12,00 %
Agua aprovechable	AA	10,00 %
Densidad aparente	Da	1,17 gr/cm ³
Prof. Raíz	Pr	12 cm
% agotamiento permisible de humedad		40 %
Kp del tanque		0.7
Eficiencia de aplicación de riego	Ea	0,75
# emisores / m ²	4	
Caudal del emisor		1,2 l/h

CÁLCULOS:

Lámina aprovechable	Ln =	5,62 mm
Lámina bruta de riego	Lb =	7,5 mm

Los cálculos realizados indican que cuando la lámina bruta acumulada de riego esté alrededor de 7,5 mm se debe proceder a suministrar riego al cultivo. En el cuadro 15, se presenta un ejemplo de cálculo de la programación de riego haciendo uso de la información del tanque evaporímetro artesanal para la fase inicial del cultivo de achira.

Cuadro 15. Programación de riego en base a los registros del tanque evaporímetro artesanal.

Días Después de la siembra	Evap T ART (mm)	Factor de ajuste	ET (mm)	Kp	ETo (mm)	Kc	Etc (mm)	Lb (mm)	Lb acum. (mm)	OBSERVACIONES
0										Riego de pre siembra
1	2,7	0,89	2,396	0,7	1,6772	0,66	1,107	1,476	1,476	
2	3,2	0,89	2,84	0,7	1,9878	0,66	1,312	1,749	3,225	
3	3,8	0,89	3,372	0,7	2,3605	0,66	1,558	2,077	5,302	
4	4,2	0,89	3,727	0,7	2,609	0,66	1,722	2,296	7,60	Riego
5	4,8	0,89	4,26	0,7	2,9817	0,66	1,968	2,624	2,624	
6	3,5	0,89	3,106	0,7	2,1741	0,66	1,435	1,913	4,537	
7	3,6	0,89	3,195	0,7	2,2362	0,66	1,476	1,968	6,505	
8	2,9	0,89	2,573	0,7	1,8014	0,66	1,189	1,585	8,09	Riego

9	3,6	0,89	3,195	0,7	2,2362	0,66	1,476	1,968	1,968	
10	4,5	0,89	3,993	0,7	2,7953	0,66	1,845	2,460	4,428	
11	2,6	0,89	2,307	0,7	1,6151	0,66	1,066	1,421	5,849	
12	4,3	0,89	3,816	0,7	2,6711	0,66	1,763	2,351	8,20	Riego
13	3,8	0,89	3,372	0,7	2,3605	0,66	1,558	2,077	2,077	
14	4,1	0,89	3,638	0,7	2,5468	0,66	1,681	2,241	4,318	
15	2,3	0,89	2,041	0,7	1,4287	0,66	0,943	1,257	5,576	
16	5,2	0,89	4,614	0,7	3,2301	0,66	2,132	2,843	8,42	Riego
17	3,9	0,89	3,461	0,7	2,4226	0,66	1,599	2,132	2,132	
18	2,6	0,89	2,307	0,7	1,6151	0,66	1,066	1,421	3,553	
19	2,7	0,89	2,396	0,7	1,6772	0,66	1,107	1,476	5,029	
20	4,6	0,89	4,082	0,7	2,8574	0,66	1,886	2,515	7,54	Riego

Los datos calculados con el tanque evaporímetro artesanal indican que con las condiciones dadas en el ejemplo, para recuperar la lámina evapotranspirada por el cultivo se requiere suministrar riegos cada cuatro días (en caso de que no hayan lluvias de por medio).

Para que el agricultor aplique de manera más práctica los datos de su tanque artesanal se puede decir que cuando la suma de agua añadida al tanque artesanal esté entre 7 a 9 mm hay que regar el cultivo, para las condiciones de desarrollo del cultivo dadas (profundidad radicular de 12 cm). Esta lámina y espaciamiento variará con el incremento de profundidad radicular.

4.4. ESTIMACIÓN DE LOS VALORES DE COEFICIENTE DE CULTIVO (K_c) DE LA ACHIRA PARA LAS FASES DE CULTIVO DEFINIDAS POR LA FAO

Para llegar a estimar los valores del coeficiente de cultivo de la achira, se siguió la siguiente secuencia.

4.4.1. Profundidad radicular del cultivo

Para llegar a obtener los valores de Kc del cultivo de la achira, fue necesario hacer un seguimiento al desarrollo radicular (en sentido vertical), el mismo que arrojó los valores que se muestran en el cuadro 16.

Cuadro 16. Crecimiento radicular en profundidad (cm) del cultivo de la achira.

Día	2012											2013
	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE
1	0,00	8,00	11,50	16,00	17,14	18,00	20,00	22,86	29,71	35,25	35,50	36,20
2	0,23	8,19	11,67	16,00	17,29	18,00	20,00	23,14	29,86	35,26	35,53	36,20
3	0,46	8,37	11,83	16,00	17,43	18,00	20,00	23,43	30,00	35,28	35,56	36,20
4	0,69	8,56	12,00	16,00	17,57	18,00	20,00	23,71	30,29	35,29	35,59	36,20
5	0,92	8,74	12,00	16,00	17,71	18,00	20,00	24,00	30,57	35,30	35,62	36,20
6	1,15	8,93	12,00	16,00	17,86	18,00	20,00	24,14	30,86	35,31	35,65	36,21
7	1,38	9,11	12,00	16,00	18,00	18,00	20,00	24,29	31,14	35,32	35,68	36,21
8	1,61	9,30	12,00	16,00	18,00	18,00	20,00	24,43	31,43	35,33	35,71	36,22
9	1,84	9,41	12,00	16,00	18,00	18,00	20,00	24,57	31,71	35,34	35,74	36,23
10	2,07	9,53	12,00	16,00	18,00	18,00	20,17	24,71	32,00	35,35	35,77	36,24
11	2,30	9,64	12,00	16,14	18,00	18,00	20,33	24,86	32,43	35,36	35,80	36,24
12	2,87	9,76	12,00	16,29	18,00	18,00	20,50	25,00	32,86	35,37	35,90	36,25
13	3,44	9,87	12,29	16,43	18,00	18,00	20,67	25,29	33,29	35,38	36,00	36,26
14	4,01	9,99	12,57	16,57	18,00	18,00	20,83	25,57	33,71	35,39	36,10	36,26
15	4,59	10,10	12,86	16,71	18,00	18,00	21,00	25,86	34,14	35,40	36,20	36,27
16	5,16	10,21	13,14	16,86	18,00	18,00	21,00	26,14	34,57	35,41	36,20	36,28
17	5,73	10,33	13,43	17,00	18,00	18,00	21,00	26,43	35,00	35,43	36,20	36,29
18	6,30	10,44	13,71	17,00	18,00	18,00	21,00	26,71	35,02	35,44	36,20	36,29
19	6,64	10,56	14,00	17,00	18,00	18,00	21,00	27,00	35,04	35,45	36,20	36,30
20	6,98	10,67	14,29	17,00	18,00	18,00	21,00	27,29	35,06	35,46	36,20	36,33
21	7,32	10,79	14,57	17,00	18,00	18,33	21,00	24,57	35,08	35,47	36,20	36,36
22	7,66	10,90	14,86	17,00	18,00	18,67	21,00	27,86	35,10	35,48	36,20	36,39
23	8,00	10,91	15,14	17,00	18,00	19,00	21,14	28,14	35,12	35,49	36,20	36,41
24	8,00	10,93	15,43	17,00	18,00	19,33	21,29	28,43	35,14	35,50	36,20	36,44
25	8,00	10,94	15,71	17,00	18,00	19,67	21,43	28,71	35,16	35,50	36,20	36,47
26	8,00	10,96	16,00	17,00	18,00	20,00	21,57	29,00	35,18	35,50	36,20	36,50
27	8,00	10,97	16,00	17,00	18,00	20,00	21,71	29,14	35,20	35,50	36,20	36,50
28	8,00	10,99	16,00	17,00	18,00	20,00	21,86	29,29	35,21	35,50	36,20	36,50
29	8,00	11,00	16,00	17,00	18,00	20,00	22,00	29,43	35,22	35,50	36,20	36,50
30		11,17	16,00	17,00	18,00	20,00	22,29	29,57	35,23	35,50	36,20	36,50
31		11,33		17,00		20,00	22,57		35,24		36,20	36,50
	Valores obtenidos del seguimiento al cultivo											
	Valores obtenidos por interpolación											

Elaboración: El Autor

Los resultados del seguimiento del crecimiento radical del cultivo de la achira indican que la máxima profundidad alcanzada en el sitio del ensayo fue de 36.5 cm, en sentido vertical – que es el valor precisado para fines de riego -. Al quinto mes de su siembra su raíz midió 18 cm (prácticamente el 50% del total); se puede decir que su crecimiento progresivo se da hasta el noveno mes que es donde alcanzó el 96.6%, los últimos tres

meses si bien es cierto continua su desarrollo, pero en éste último periodo tan solo representa el 3.5% de su valor total.

Se notó que este cultivo tiene un desarrollo radicular de mayor envergadura en el sentido horizontal, llegando a observarse raíces de hasta 75 cm en todas direcciones desde el centro de la planta. Algunos detalles de lo mencionado se pueden observar en la figura 42.



Fecha: 8 de febrero 2012
Profundidad: 1,6 cm



Fecha: 22 de febrero 2012
Profundidad: 7,7 cm



Fecha: 22 de marzo 2012
Profundidad: 10,9 cm



Fecha: 24 de mayo 2012
Profundidad: 17,0 cm



Fecha: 7 de junio 2012
Profundidad: 18,0 cm



Fecha: 28 de junio 2012
Profundidad: 18,0 cm



Fecha: 26 de julio 2012
Profundidad: 20,0 cm



Fecha: 29 de agosto 2012
Profundidad: 22,0 cm



Fecha: 27 de octubre 2012
Profundidad: 35,2 cm

Figura 42. Desarrollo radicular del cultivo de la achira

4.4.2. Contenido de humedad del suelo

Con el objeto de hacer el balance de humedad del suelo, se elaboró una curva que relaciona el contenido de humedad del suelo en peso versus las lecturas del tensiómetro, los resultados obtenidos son los que se muestran a continuación en el cuadro 17 y en la figura 43.

Cuadro 17. Relación entre las lecturas del tensiómetro (centibares) y el contenido de humedad del suelo, según la información remitida por el laboratorio (ver anexo 13).

Identificación de la muestra	Tensión (cbs)	Contenido de humedad (%)
L - 4	4	41,5
B1-T2-6	6	43,5
B1-T2-7	7	41,0
B1-T1-8	8	38,0
B1-T1-10	10	33,5
L-18	18	29,5
B1-T2-19	19	28,8
L - 30	30	27,0
B1-T1-40	40	21,8
B1-T2-60	62	17,4

Elaboración: El Autor

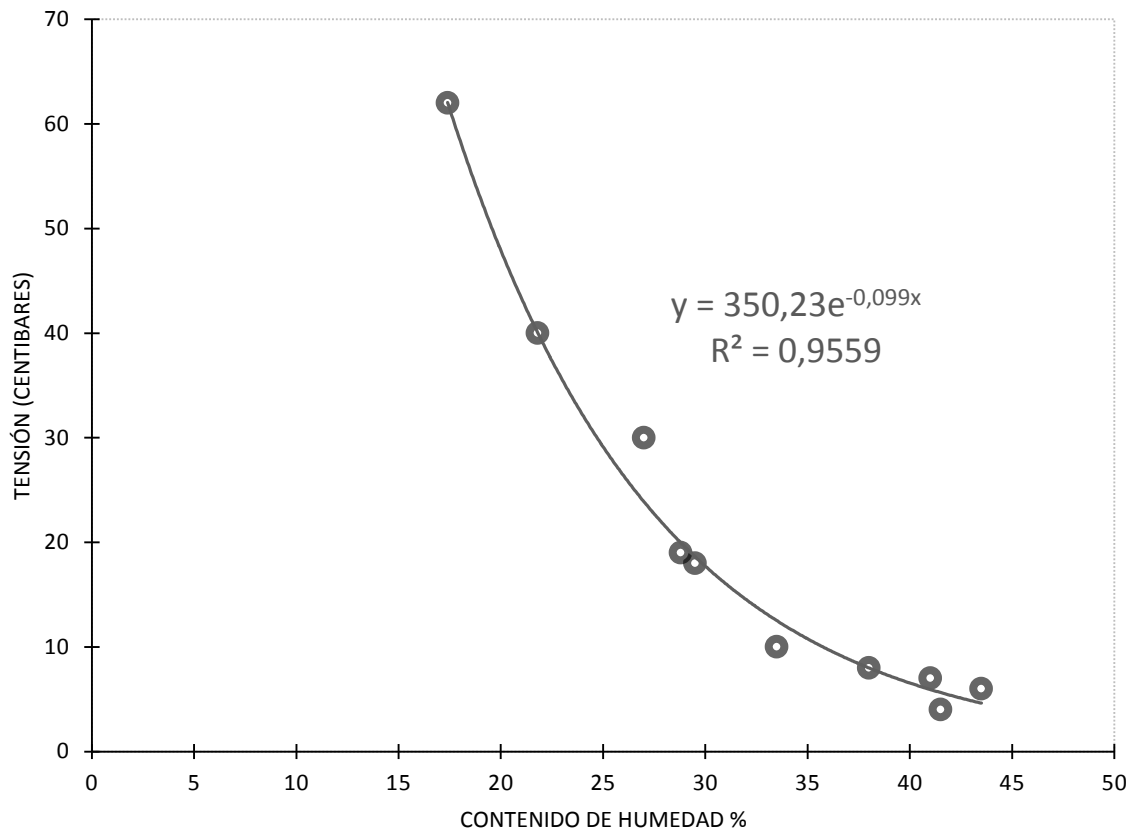


Figura 43. Relación Tensión - contenido de humedad

El ajuste de esta curva proporcionó la información que se indica en el cuadro 18 y figura 44, valores que se aplicaron en los cálculos de la Evapotranspiración del cultivo.

Cuadro 18. Valores de contenido de humedad (% peso), obtenidos de la curva corregida entre tensión versus contenido de humedad.

Tensión (cbs)	Contenido humedad (%)	Tensión (cbs)	Contenido humedad (%)	Tensión (cbs)	Contenido humedad (%)	Tensión (cbs)	Contenido humedad (%)	Tensión (cbs)	Contenido humedad (%)	Tensión (cbs)	Contenido humedad (%)	Tensión (cbs)	Contenido humedad (%)	Tensión (cbs)	Contenido humedad (%)
1,5	55,0	2,41	50,0	4,0	45,0	6,5	40,0	10,7	35,0	17,7	30,0	29,1	25,0	47,9	20,0
1,5	54,9	2,43	49,9	4,0	44,9	6,6	39,9	10,8	34,9	17,8	29,9	29,4	24,9	48,4	19,9
1,5	54,8	2,5	49,8	4,0	44,8	6,7	39,8	10,9	34,8	18,0	29,8	29,7	24,8	48,8	19,8
1,5	54,7	2,5	49,7	4,1	44,7	6,7	39,7	11,1	34,7	18,2	29,7	30,0	24,7	49,3	19,7
1,5	54,6	2,5	49,6	4,1	44,6	6,8	39,6	11,2	34,6	18,4	29,6	30,3	24,6	49,8	19,6
1,5	54,5	2,5	49,5	4,2	44,5	6,9	39,5	11,3	34,5	18,6	29,5	30,6	24,5	50,3	19,5
1,6	54,4	2,6	49,4	4,2	44,4	6,9	39,4	11,4	34,4	18,8	29,4	30,9	24,4	50,8	19,4
1,6	54,3	2,6	49,3	4,2	44,3	7,0	39,3	11,5	34,3	18,9	29,3	31,2	24,3	51,3	19,3
1,6	54,2	2,6	49,2	4,3	44,2	7,1	39,2	11,6	34,2	19,1	29,2	31,5	24,2	51,8	19,2
1,6	54,1	2,6	49,1	4,3	44,1	7,1	39,1	11,7	34,1	19,3	29,1	31,8	24,1	52,4	19,1
1,6	54,0	2,7	49,0	4,4	44,0	7,2	39,0	11,9	34,0	19,5	29,0	32,1	24,0	52,9	19,0
1,6	53,9	2,7	48,9	4,4	43,9	7,3	38,9	12,0	33,9	19,7	28,9	32,5	23,9	53,4	18,9
1,6	53,8	2,7	48,8	4,5	43,8	7,3	38,8	12,1	33,8	19,9	28,8	32,8	23,8	54,0	18,8
1,7	53,7	2,7	48,7	4,5	43,7	7,4	38,7	12,2	33,7	20,1	28,7	33,1	23,7	54,5	18,7
1,7	53,6	2,8	48,6	4,6	43,6	7,5	38,6	12,3	33,6	20,3	28,6	33,4	23,6	55,0	18,6
1,7	53,5	2,8	48,5	4,6	43,5	7,6	38,5	12,5	33,5	20,5	28,5	33,8	23,5	55,6	18,5
1,7	53,4	2,8	48,4	4,6	43,4	7,6	38,4	12,6	33,4	20,7	28,4	34,1	23,4	56,2	18,4
1,7	53,3	2,8	48,3	4,7	43,3	7,7	38,3	12,7	33,3	20,9	28,3	34,5	23,3	56,7	18,3
1,7	53,2	2,9	48,2	4,7	43,2	7,8	38,2	12,8	33,2	21,1	28,2	34,8	23,2	57,3	18,2
1,8	53,1	2,9	48,1	4,8	43,1	7,9	38,1	13,0	33,1	21,4	28,1	35,1	23,1	57,9	18,1
1,8	53,0	2,9	48,0	4,8	43,0	8,0	38,0	13,1	33,0	21,6	28,0	35,5	23,0	58,4	18,0
1,8	52,9	3,0	47,9	4,9	42,9	8,0	37,9	13,2	32,9	21,8	27,9	35,9	22,9	59,0	17,9
1,8	52,8	3,0	47,8	4,9	42,8	8,1	37,8	13,4	32,8	22,0	27,8	36,2	22,8	59,6	17,8
1,8	52,7	3,0	47,7	5,0	42,7	8,2	37,7	13,5	32,7	22,2	27,7	36,6	22,7	60,2	17,7
1,9	52,6	3,1	47,6	5,0	42,6	8,3	37,6	13,6	32,6	22,4	27,6	36,9	22,6	60,8	17,6
1,9	52,5	3,1	47,5	5,1	42,5	8,4	37,5	13,8	32,5	22,7	27,5	37,3	22,5	61,4	17,5
1,9	52,4	3,1	47,4	5,1	42,4	8,4	37,4	13,9	32,4	22,9	27,4	37,7	22,4	62,0	17,4
1,9	52,3	3,1	47,3	5,2	42,3	8,5	37,3	14,0	32,3	23,1	27,3	38,1	22,3	62,7	17,3
1,9	52,2	3,2	47,2	5,2	42,2	8,6	37,2	14,2	32,2	23,4	27,2	38,4	22,2	63,3	17,2
2,0	52,1	3,2	47,1	5,3	42,1	8,7	37,1	14,3	32,1	23,6	27,1	38,8	22,1	63,9	17,1
2,0	52,0	3,2	47,0	5,3	42,0	8,8	37,0	14,5	32,0	23,8	27,0	39,2	22,0	64,6	17,0
2,0	51,9	3,3	46,9	5,4	41,9	8,9	36,9	14,6	31,9	24,1	26,9	39,6	21,9	65,2	16,9
2,0	51,8	3,3	46,8	5,4	41,8	9,0	36,8	14,8	31,8	24,3	26,8	40,0	21,8	65,9	16,8
2,0	51,7	3,3	46,7	5,5	41,7	9,1	36,7	14,9	31,7	24,5	26,7	40,4	21,7	66,5	16,7
2,1	51,6	3,4	46,6	5,6	41,6	9,1	36,6	15,1	31,6	24,8	26,6	40,8	21,6	67,2	16,6
2,1	51,5	3,4	46,5	5,6	41,5	9,2	36,5	15,2	31,5	25,0	26,5	41,2	21,5	67,9	16,5
2,1	51,4	3,4	46,4	5,7	41,4	9,3	36,4	15,4	31,4	25,3	26,4	41,6	21,4	68,5	16,4
2,1	51,3	3,5	46,3	5,7	41,3	9,4	36,3	15,5	31,3	25,5	26,3	42,1	21,3	69,2	16,3
2,1	51,2	3,5	46,2	5,8	41,2	9,5	36,2	15,7	31,2	25,8	26,2	42,5	21,2	69,9	16,2
2,2	51,1	3,5	46,1	5,8	41,1	9,6	36,1	15,8	31,1	26,1	26,1	42,9	21,1	70,6	16,1
2,2	51,0	3,6	46,0	5,9	41,0	9,7	36,0	16,0	31,0	26,3	26,0	43,3	21,0	71,3	16,0
2,2	50,9	3,6	45,9	6,0	40,9	9,8	35,9	16,2	30,9	26,6	25,9	43,8	20,9	72,0	15,9
2,2	50,8	3,7	45,8	6,0	40,8	9,9	35,8	16,3	30,8	26,9	25,8	44,2	20,8	72,8	15,8
2,2	50,7	3,7	45,7	6,1	40,7	10,0	35,7	16,5	30,7	27,1	25,7	44,6	20,7	73,5	15,7
2,3	50,6	3,7	45,6	6,1	40,6	10,1	35,6	16,6	30,6	27,4	25,6	45,1	20,6	74,2	15,6
2,3	50,5	3,8	45,5	6,2	40,5	10,2	35,5	16,8	30,5	27,7	25,5	45,5	20,5	75,0	15,5
2,3	50,4	3,8	45,4	6,3	40,4	10,3	35,4	17,0	30,4	27,9	25,4	46,0	20,4	75,7	15,4
2,3	50,3	3,8	45,3	6,3	40,3	10,4	35,3	17,1	30,3	28,2	25,3	46,5	20,3	76,5	15,3
2,36	50,2	3,9	45,2	6,4	40,2	10,5	35,2	17,3	30,2	28,5	25,2	46,9	20,2	77,3	15,2
2,38	50,1	3,9	45,1	6,5	40,1	10,6	35,1	17,5	30,1	28,8	25,1	47,4	20,1	78,0	15,1
2,41	50,0	4,0	45,0	6,5	40,0	10,7	35,0	17,7	30,0	29,1	25,0	47,9	20,0	78,8	15,0

Elaboración: El Autor

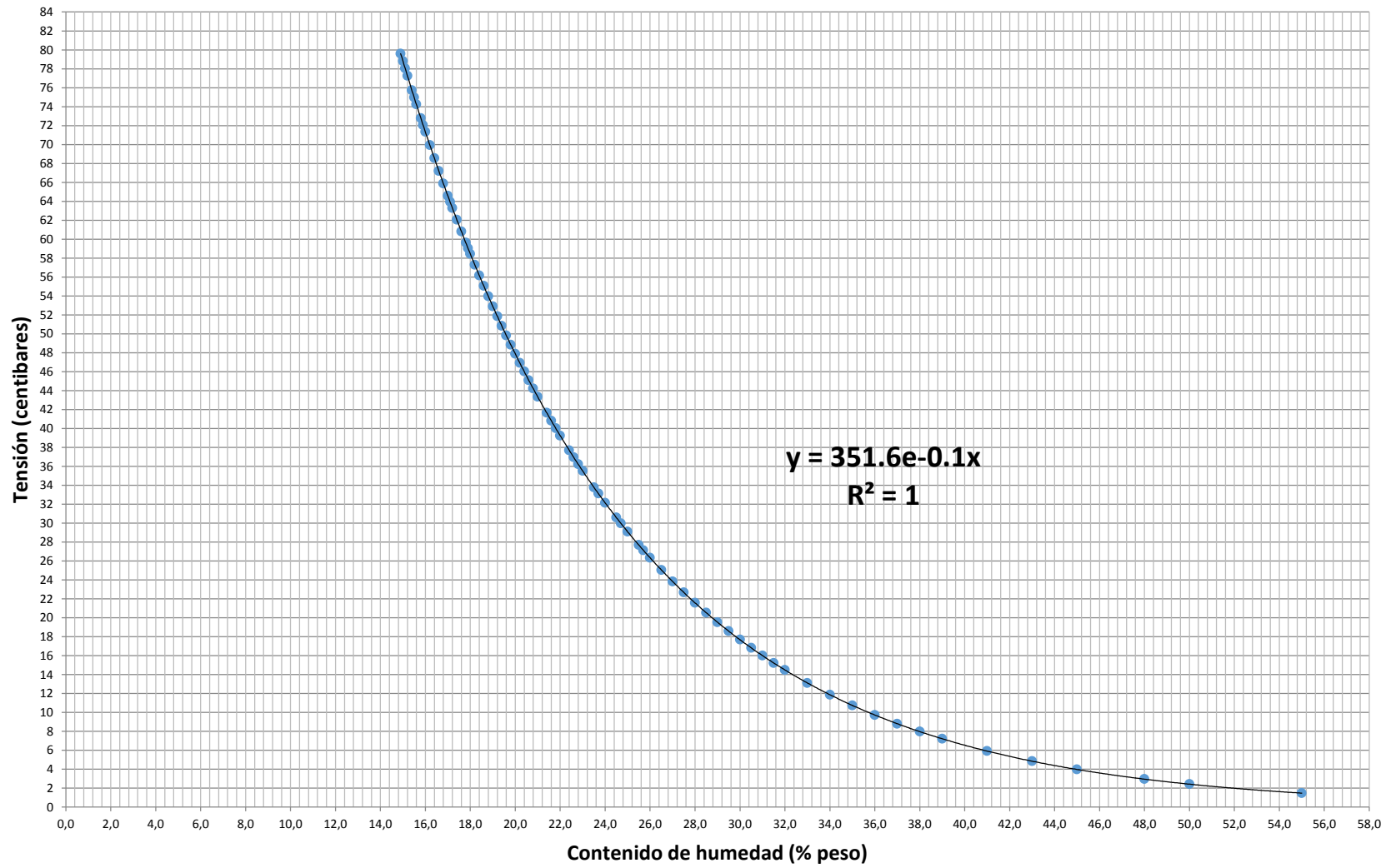


Figura 44. Curva corregida de contenido de humedad vs Tensión (ensayo Achira)

Elaboración: El Autor

4.4.3. Instalación y lecturas del lisímetro

Con el fin de obtener los valores de evapotranspiración del cultivo se instaló un recipiente de polietileno de 90 cm de altura y un diámetro de 112 cm, el cual fue provisto de un tubo en su base que permitió recoger el agua de exceso. Al recipiente se lo rellenoó hasta su mitad con piedras y gravas, y luego se colocó el suelo en el mismo orden como estaba dispuesto antes de realizar la excavación. Luego se sembró plantas de achira con las mismas distancias utilizadas en el área experimental.

Se realizó un promedio de tres lecturas por semana, las cuales consistieron en retirar el agua de drenaje cuando se produjeron lluvias o excedentes de agua de riego; o en su defecto proceder a suministrar riego cuando el tensiómetro marcaba valores cercanos a 20 centibares, el agua de riego aplicada estaba en relación con el dato de evapotranspiración de referencia calculada (método de Penman Monteith) para el periodo entre lectura y lectura. Las imágenes a continuación dan una idea del proceso de instalación y mantenimiento del lisímetro.



Figura 45. Instalación del lisímetro y su mantenimiento.

La información sobre los aportes de agua al lisímetro, y del agua de exceso retirada del mismo se presenta en el tema siguiente.

4.4.4. Determinación del coeficiente de cultivo (Kc) de la achira

Con los preparativos ya indicados y con los datos previos ya antes determinados, se ha obtenido los valores del coeficiente de cultivo para la achira, para las condiciones puntuales de este ensayo; los mismos que se exponen en el cuadro 19 y figura 46.

Cuadro 19. Balance de humedad y valores decadales de Kc del cultivo de la achira obtenidos utilizando el procedimiento del lisímetro.

Década	P	I	D	Lectura tensiómetro		ΔW (mm)			ETc	Eto	Kc déc.	Kc medio	Etapas de crecimiento
	Precipitación efectiva (mm)	Lámina aplicada en el riego (mm)	Drenaje (mm)	antes del riego	después del riego	Cambios en contenido de humedad		Evapotranspiración del cultivo					
						antes del riego	después del riego		ΔW				
1º FEB	82,79	0,00	79,80			58,61	58,61	0,00	0,30	0,50	0,60	0,66	Inicial
2º FEB	72,13	0,00	67,62			287,00	287,00	0,00	0,45	0,71	0,64		
3º FEB	118,01	0,00	113,30			419,38	419,38	0,00	0,52	0,85	0,61		
1º MAR	0,00	15,23	18,80			73,46	91,08	-17,63	1,41	2,10	0,67		
2º MAR	13,89	13,20	21,86			181,22	192,53	-11,32	1,66	2,39	0,69		
3º MAR	107,05	15,23	121,99			134,66	150,09	-15,43	1,43	1,98	0,72		
1º ABR	91,42	23,00	113,30			390,05	397,43	-7,38	0,85	1,32	0,64	0,77	Desarrollo del cultivo
2º ABR	23,12	15,23	32,07			178,88	182,18	-3,30	0,96	1,31	0,73		
3º ABR	38,83	7,50	39,00			315,03	320,36	-5,33	1,27	1,74	0,73		
1º MAY	3,18	46,23	40,55			263,95	270,13	-6,18	1,50	3,02	0,50		
2º MAY	8,36	23,23	22,10			194,74	198,52	-3,78	1,33	1,73	0,77		
3º MAY	2,19	64,18	55,70			328,19	345,09	-16,91	2,51	3,27	0,77		
1º JUN	0,00	45,79	15,90			282,95	289,01	-6,06	3,59	4,48	0,80		
2º JUN	0,00	49,98	10,02			194,59	197,96	-3,37	4,33	4,57	0,95		
3º JUN	5,08	38,48	30,60			209,13	219,87	-10,74	2,37	2,75	0,86		
1º JUL	0,00	77,81	56,80			208,92	227,24	-18,32	3,93	4,57	0,86		
2º JUL	0,00	91,40	70,75			195,23	222,18	-26,96	4,76	5,32	0,90	0,97	Mediados de temporada
3º JUL	0,00	96,03	79,30			211,73	243,60	-31,88	4,42	5,33	0,83		
1º AGO	0,00	95,49	75,50			215,51	242,66	-27,14	4,71	5,11	0,92		
2º AGO	0,00	118,76	108,00			210,78	233,33	-22,55	3,33	3,69	0,90		
3º AGO	0,00	104,55	85,80			228,53	246,45	-17,93	3,33	4,05	0,82		
1º SEP	0,00	126,88	109,55			219,31	256,42	-37,11	5,44	5,21	1,04		
2º SEP	0,00	154,29	135,10			255,80	282,32	-26,52	4,57	4,36	1,05		
3º SEP	2,99	105,19	96,30			301,74	324,40	-22,66	3,45	3,55	0,97		
1º OCT	27,93	153,61	168,90			449,37	451,15	-1,78	1,44	1,38	1,04		
2º OCT	13,72	20,00	29,48			354,17	354,17	0,00	0,42	0,38	1,13		
3º OCT	51,05	0,00	31,00			136,44	136,44	0,00	1,82	1,79	1,02	0,81	Final de temporada
1º NOV	118,15	0,00	112,60			778,88	778,88	0,00	0,55	0,51	1,08		
2º NOV	68,91	0,00	65,90			311,10	314,50	-3,40	0,64	0,65	0,98		
3º NOV	83,90	0,00	81,76			522,70	522,70	0,00	0,21	0,22	0,98		
1º DIC	5,16	5,00	6,19			329,85	329,85	0,00	0,40	0,57	0,70		
2º DIC	49,11	0,00	44,87			1095,14	1095,14	0,00	0,42	0,62	0,68		
3º DIC	27,61	0,00	15,60			924,40	924,40	0,00	1,09	1,39	0,79		
1º ENE	1,60	10,50	0,00			421,91	421,91	0,00	1,21	2,26	0,53		
2º ENE	46,50	0,00	38,50			313,01	313,01	0,00	0,80	1,18	0,68		
3º ENE	73,40	0,00	63,10			1015,60	1015,60	0,00	0,94	1,05	0,89		

Elaboración: El Autor

El detalle del cálculo se presenta de manera detallada en el anexo 14.

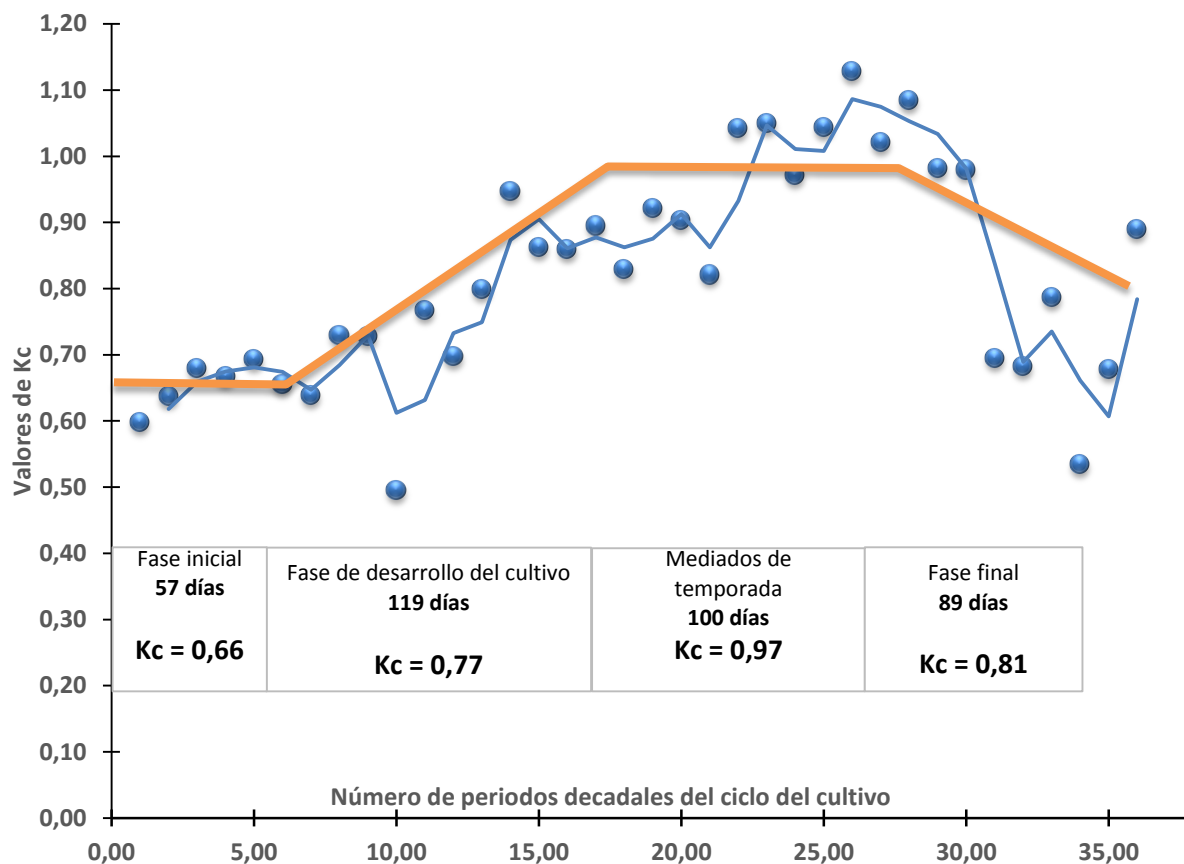


Figura 46. Curva de coeficiente de cultivo (Kc) de la achira
Elaboración: El Autor

De acuerdo al balance de entradas y salidas de agua dentro del lisímetro se determinó los valores de evapotranspiración del cultivo de la achira. En la etapa inicial los valores de ETc promedio por década oscilaron entre 0,3 mm y 1,66 mm; en la fase de desarrollo del cultivo la variación de ETc promedio por periodo decadal estuvo entre 0,85 mm y 4,76 mm; luego, en la fase de mediados de temporada su valor más bajo fue de 0,42 mm y el mayor valor de 5,44 mm; finalmente en la fase final su menor registro estuvo en 0,21 mm, y el valor más alto en 1,21 mm.

En cuanto a la precipitación efectiva es importante anotar que en la fase inicial fue de 393,9 mm (34,7% del total), comprendida entre el 1 de febrero y el 28 de marzo; en la fase de desarrollo la precipitación efectiva fue de 172,2 milímetros (15,2%), entre el 29 de marzo y el 25 de julio; la lluvia efectiva en la fase media fue de 95,7 milímetros (8,4%), entre el 26 de julio y el 2 de noviembre; mientras que en la fase final la

precipitación efectiva fue de 474,3 mm (41,7%) comprendida entre el 3 de noviembre y el 31 de enero del 2013. El valor total de precipitación efectiva durante el ciclo del cultivo fue de 1136,1 milímetros.

Los riegos aplicados al lisímetro reflejan las siguientes cifras, en la etapa inicial se dio 3 riegos que significaron una lámina de 43,65 mm; en la fase de desarrollo se proporcionaron 11 riegos que sumaron 482,82 mm; en la fase media se dieron 9 riegos que equivalieron a 974,8 mm; en tanto que en la fase final se dio 2 riegos con un equivalente en lámina de agua de 15,5 mm. En todo el ciclo se aplicó una lámina de 1516,77 mm.

La cantidad de agua de exceso recogida del sistema de drenaje del lisímetro fue la siguiente: en la etapa inicial 423,36 mm; en la etapa de desarrollo se recolectaron 486,79 mm; en la siguiente fase denominada de mediados del periodo, se recogieron 918,93 mm; y, en la fase final 428,52 mm. En todo el ciclo el agua de exceso que no fue aprovechada por las plantas sembradas en el área del lisímetro fue de 2257,60 mm.

Esta información indica que el valor neto de agua retenido en la capa de suelo de 45 cm fue de 395,27 mm; es decir 3952,70 m³/ha/ciclo de cultivo.

Para obtener los valores del coeficiente de cultivo K_c, se relacionó mediante división los valores de la E_{Tc} alcanzada por el método del lisímetro, y los valores de la E_{To} obtenida por el procedimiento de Penman Monteith; los valores promedios son los que se encuentran representados en la figura anterior, y que son los siguientes:

- Fase inicial: 0,66
- Fase de desarrollo del cultivo: 0,77
- Fase de mediados de temporada: 0,97
- Fase final: 0,81

El proceso pormenorizado del cálculo se ubica en el anexo 14.

4.5. CÁLCULO DE LOS REQUERIMIENTOS DE RIEGO

Con la elaboración del presente trabajo se pudo determinar los requerimientos reales de riego suministrados al cultivo por dos vías; la una se refiere a los datos proporcionados de manera tradicional por el lisímetro, procedimiento por el cual obtenemos la información de la evapotranspiración del cultivo; y, la otra con el aprovisionamiento de riego mediante las directrices que dieron las lecturas de tensiómetros ubicados en las parcelas del área experimental.

4.5.1. Cálculo de los requerimientos de riego con la información de ETc generada en el lisímetro

Con la información básica generada en la ejecución de actividades para el cumplimiento de los objetivos específicos de la presente investigación, referentes principalmente a obtener valores del Kc del cultivo y detalles de su fenología, se tiene los elementos necesarios que permiten establecer los requerimientos de riego para el cultivo de la achira en las condiciones dadas para el presente ensayo; o también para otras condiciones parecidas a la zona de Quinara.

Aplicando los datos establecidos en este trabajo, mediante la utilización del lisímetro, se tienen los resultados que se reflejan en las figuras 47 y 48; y a detalle en el anexo 15.

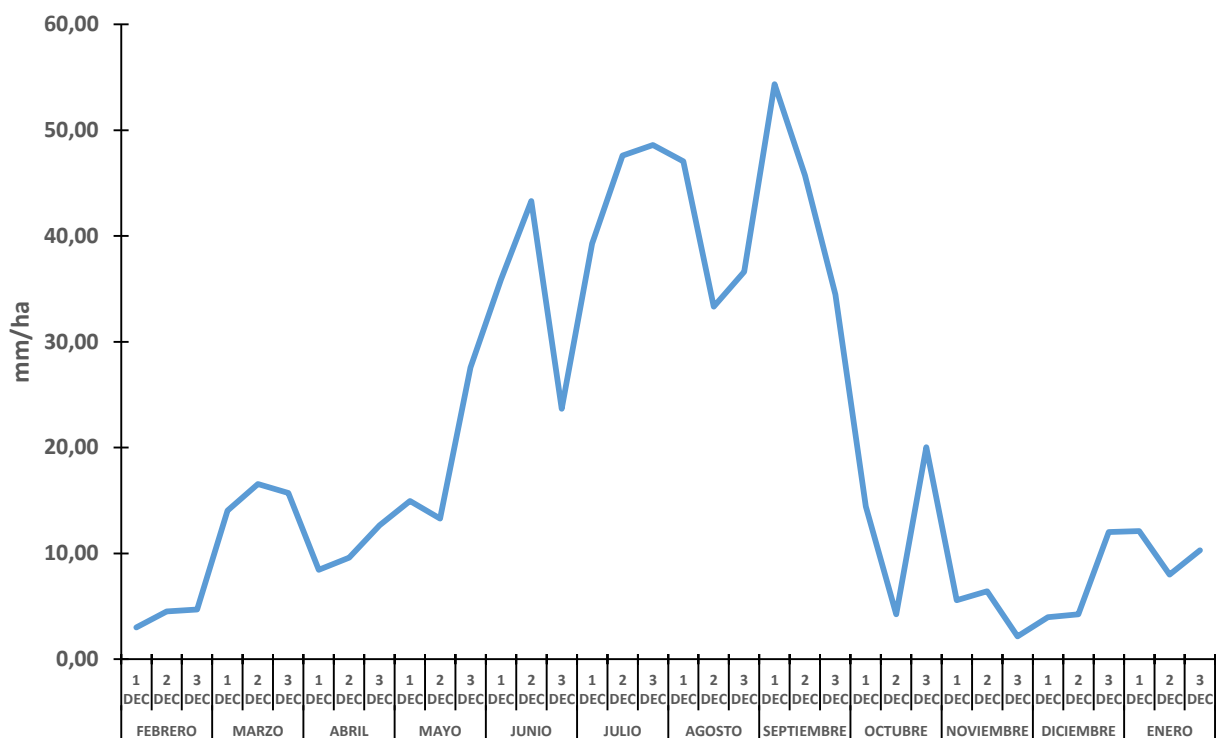


Figura 47. Requerimientos hídricos de la achira durante su ciclo de cultivo, basados en la ETc obtenida en el lisímetro.

Elaboración: El Autor

La figura 47, indica que durante los doce meses que duró el ciclo de cultivo de la achira para las condiciones dadas en el presente ensayo – en referencia a la información obtenida del lisímetro -, se estableció que la necesidad de agua requerida fue de 7427,69 m³/ha (742,77 mm/ha). La curva de requerimientos hídricos establece que existen tres periodos claramente diferenciados, el primero – considerado como de exigencias bajas - que va desde la siembra a inicios de febrero hasta la segunda década de mayo (aproximadamente 3,5 meses), donde se requirieron 118,68 mm; el segundo periodo considerado de altas exigencias hídricas, cuya duración fue de 4,5 meses (desde la segunda década de mayo hasta fines de septiembre), se necesitaron 520,66 mm; y, la tercera etapa que duró 4 meses (desde octubre hasta la cosecha), también considerada de baja exigencia, el cultivo necesitó 103,43 mm.

En la figura 48, se indica que descontando los aportes recibidos por la lluvia efectiva, las necesidades de riego de la achira fueron de 5543,81 m³/ha (554,38 mm/ha).

Para las condiciones dadas en el presente trabajo, se requirió un periodo de tiempo de riego permanente que cubrió 5 meses, desde mayo a septiembre; el resto de

tiempo fue cubierto por las lluvias caídas en la zona. Durante estos cinco meses el cultivo consumió 527,17 mm (95% del total).

El caudal máximo requerido para dotar de agua a una hectárea de achira es de 0,86 l/s/, el mismo podrá servir como dato referencial para dimensionar las tuberías de abastecimiento para la unidad de área dada.

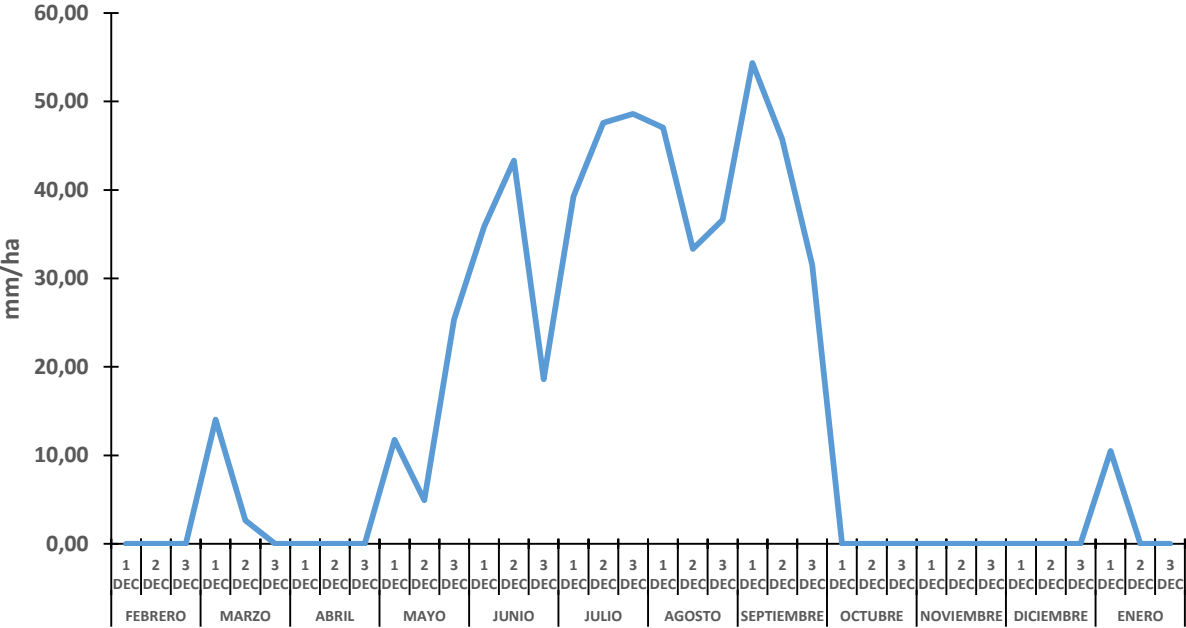


Figura 48. Requerimientos de riego de la achira durante su ciclo de cultivo, basados en la ETC obtenida en el lisímetro.

Elaboración: El Autor

4.5.2. Determinación de los requerimientos de riego, según las lecturas de tensiómetros establecidas en el ensayo

Con el fin de tener datos más afinados respecto de los requerimientos de riego del cultivo de la achira, en esta investigación se planteó hacer esta faena cuando el tensiómetro marcó 20, 30 y 40 centibares (dos repeticiones), según como consta en el diseño experimental.

Para llevar adecuadamente el experimento se colocó los tensiómetros a diferentes profundidades, según como se produjo el desarrollo radicular, las fechas en las que

se hizo el cambio de las puntas de estos aparatos de medición de la humedad del suelo, se suscitaron según como se indica en el cuadro 20.

Cuadro 20. Fecha de cambios de ubicación de los tensiómetros en relación a la profundidad radicular durante el ciclo de cultivo.

Profundidad de colocación de los tensiómetros (cm)	Fecha de inicio	Fecha final	Duración (días)
0 - 15	1 febrero/2012	22 abril/2012	82
15 - 20	23 abril/2012	1 agosto/2012	101
20 - 25	2 agosto/2012	12 septiembre/2012	42
25 - 30	13 septiembre/2012	3 octubre/2012	22
30 - 40	4 octubre/2012	31 enero 2013	119
Total			366

Elaboración: El Autor

Por otro lado, para llegar a determinar los volúmenes reales aplicados en las unidades experimentales, se hizo la medición del tiempo que se requirió para que los tensiómetros ubicados a diferentes profundidades: 10, 15, 20, 25, 30, 40 cm, lleguen a marcar 4 cbar (véase figura 48); el resultado de estas medidas determinaron los siguientes valores.

Cuadro 21. Tiempo de aplicación del riego hasta lograr la disminución de la lectura del tensiómetro a 4 centibares, a diferentes profundidades.

Profundidad de ubicación del tensiómetro (cm)	Tiempo de aplicación del riego (horas)
10	2,72
15	4,08
20	5,44
25	6,80
30	8,16
40	10,88

Elaboración: El Autor

Con la información presentada en el cuadro 21 se infirió, mediante interpolación los datos intermedios. La información con detalle se muestra en el anexo 16.



Figura 49. Ubicación de tensiómetros a diferentes profundidades para determinar el tiempo de reducción de lecturas a 4 centibares.

Con esta información y el conocimiento del caudal que precipita cada aspersor se determinó los volúmenes proporcionados al cultivo en cada riego.

Para las unidades experimentales que se les proporcionó riego cada vez que el tensiómetro llegó a marcar 20 centibares, el cultivo tuvo un requerimiento hídrico de $7305,57 \text{ m}^3/\text{ha}$ ($730,56 \text{ mm/ciclo}$), y una exigencia de riego de $4907,86 \text{ m}^3/\text{ha}$ ($490,79 \text{ mm/ciclo}$), durante todo su ciclo de cultivo. El número promedio de riegos proporcionados al cultivo fue de 16, para este caso específico.

Lo señalado se puede apreciar de forma gráfica en la figura 50.

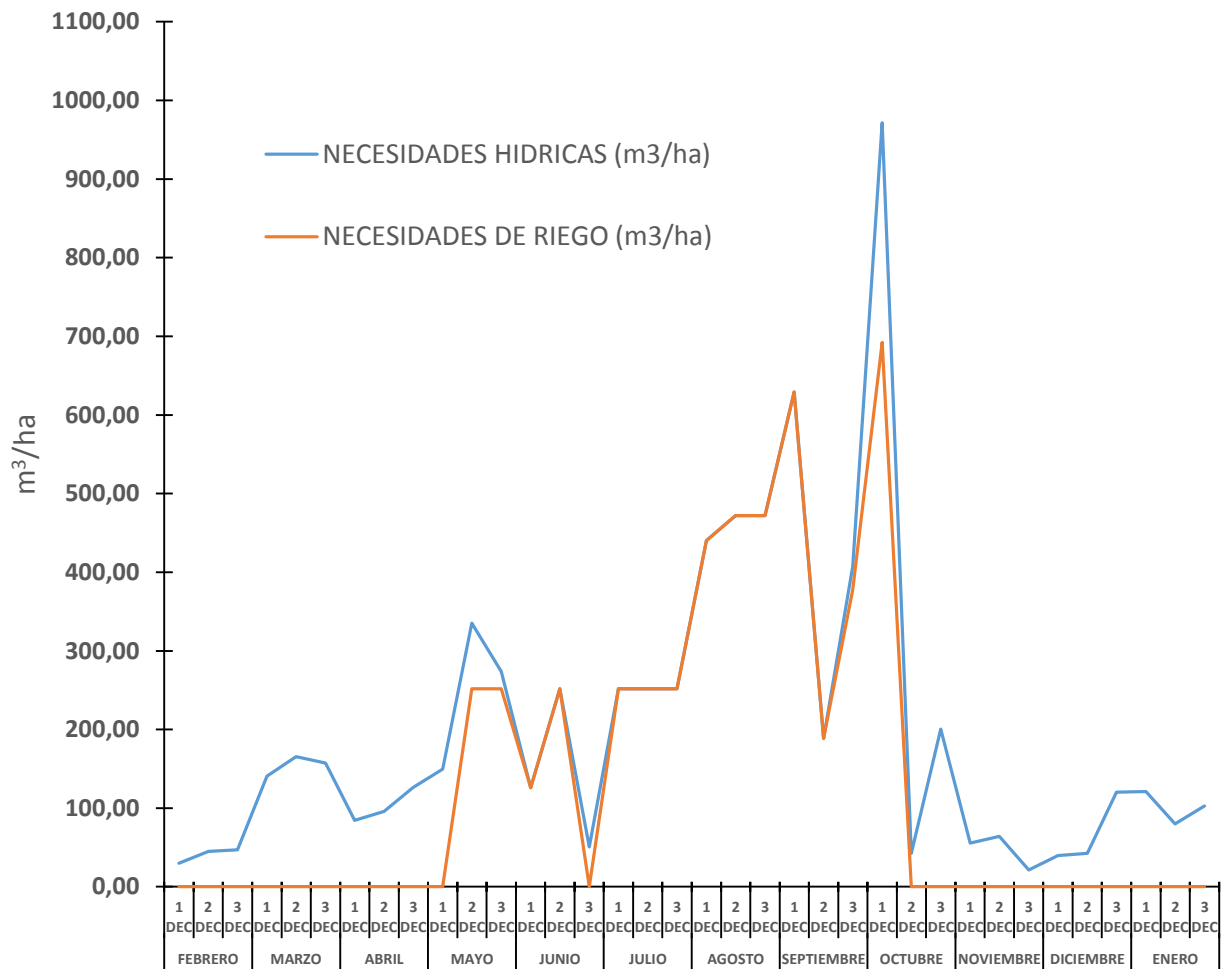


Figura 50. Requerimientos hídricos y de riego de la achira durante su ciclo de cultivo, cuando el tensiómetro marcó 20 centibares.

Para las unidades experimentales que se les proveyó riego cada vez que el tensiómetro llegó a marcar 30 centibares, el cultivo tuvo un requerimiento hídrico de 6676,36 m³/ha (667,64 mm/ciclo), y una exigencia de riego de 4278,65 m³/ha (427,87 mm/ciclo), durante todo su ciclo de cultivo. Para cumplir con lo establecido en esta variable se requirieron en promedio de 15 riegos.

Lo anotado se puede visualizar de forma gráfica en la figura 51.

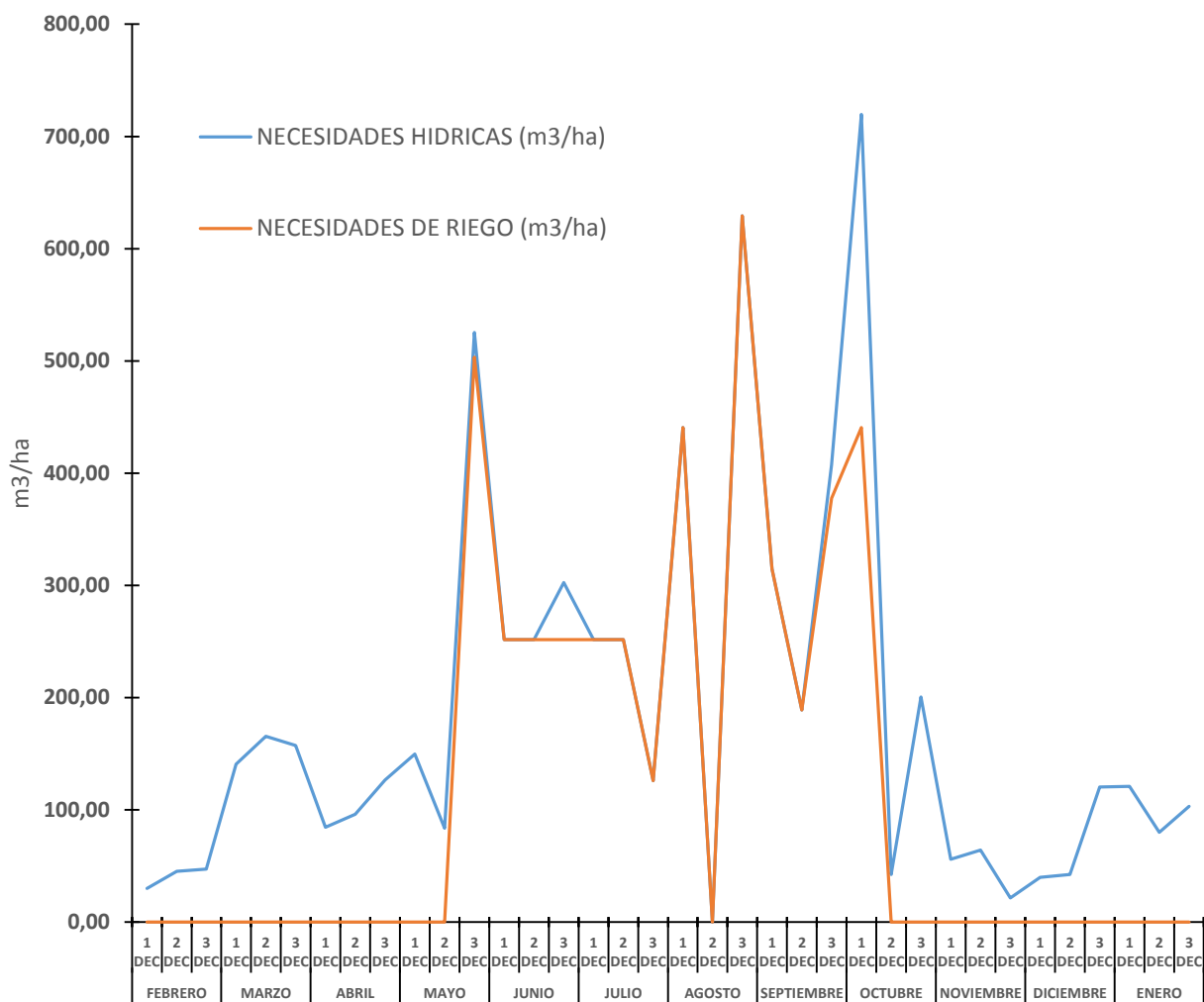


Figura 51. Requerimientos hídricos y de riego de la achira durante su ciclo de cultivo, cuando el tensiómetro marcó 30 centibares.

Las parcelas o áreas experimentales que se les suministró riego cada vez que el tensiómetro llegó a marcar 40 centibares, el cultivo tuvo un requerimiento hídrico de 6361,75 m³/ha (636,18 mm/ciclo), y una exigencia de riego de 3964,04 m³/ha (396,40 mm/ciclo), durante todo su ciclo de cultivo. Se necesitaron en promedio 13 riegos, lógicamente sin tomar en cuenta los aportes de lluvias.

Lo descrito se puede visualizar de forma gráfica en la figura 52.

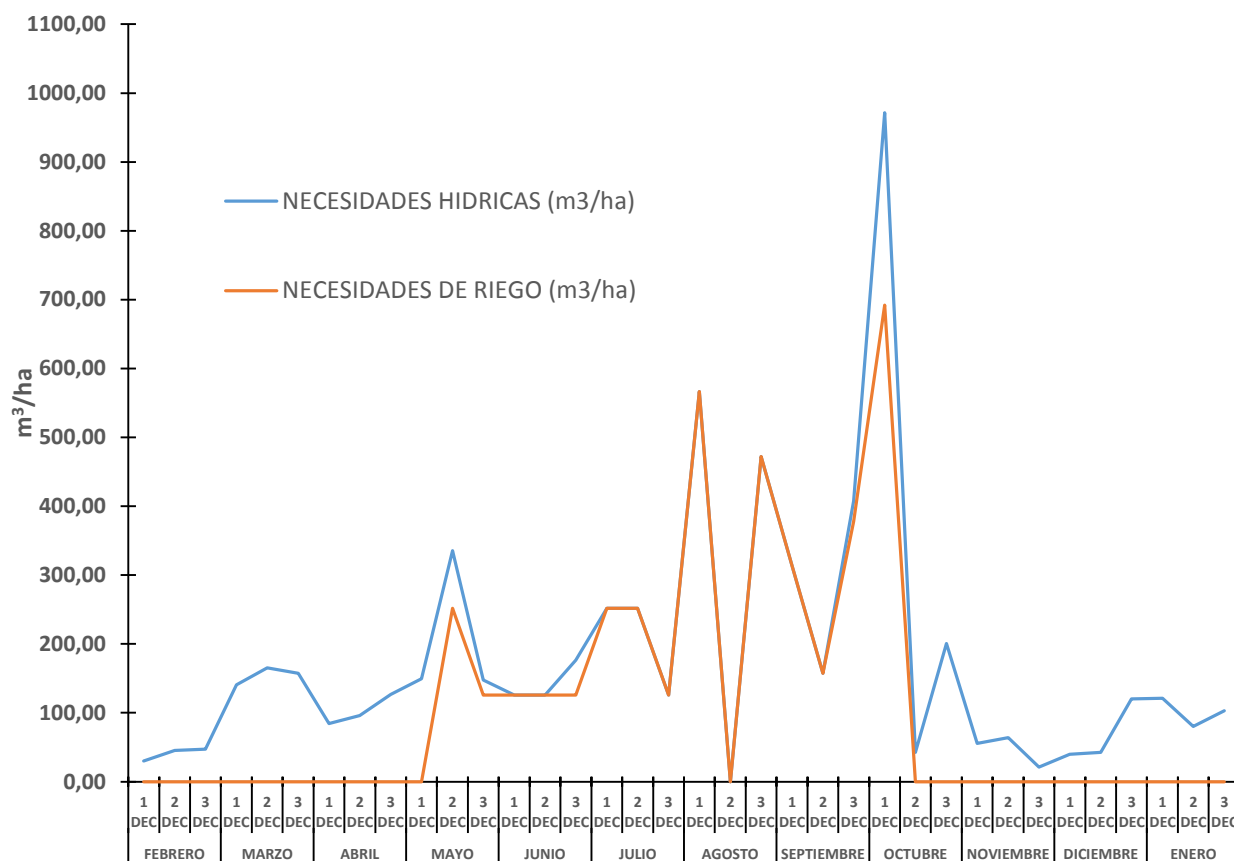


Figura 52. Requerimientos hídricos y de riego de la achira durante su ciclo de cultivo, cuando el tensiómetro marcó 40 centibares.

La diferencia existente en la cantidad de agua requerida y suministrada al cultivo en los diferentes tratamientos fue:

- 20 cbar y 30 cbar: 629,21 m³/ha/ciclo (62,92 mm/ha/ciclo)
- 20 cbar y 40 cbar: 943,80 m³/ha/ciclo (94,38 mm/ha/ciclo)
- 30 cbar y 40 cbar: 314,61 m³/ha/ciclo (31,46 mm/ha/ciclo)

Comparando los valores obtenidos con el lisímetro y los logrados con el uso de los tensiómetros tenemos que, los del lisímetro tienen mayor semejanza con los obtenidos con los del tensiómetro a 20 centibares. El resumen se muestra en el cuadro 22.

Cuadro 22. Requerimientos hídricos y de riego del cultivo de la achira, determinados con diferentes tensiones de humedad y lisímetro.

Método	Requerimientos hídricos		Requerimientos de riego	
	m³/ha/ciclo	mm/ha/ciclo	m³/ha/ciclo	mm/ha/ciclo
20 cbar	7305,57	730,56	4907,86	490,79
30 cbar	6676,36	667,64	4278,65	427,89
40 cbar	6361,75	636,18	3964,04	396,40
Lisímetro	7427,69	742,77	5543,81	554,38

Elaboración: El Autor

No se ha podido hacer un parangón de los datos obtenidos en este trabajo, con información bibliográfica o de investigaciones realizadas en este cultivo. PRONATTA, 2003, refiere que este cultivo durante su periodo vegetativo requiere precipitaciones de 1000 a 1200 mm bien distribuidos; en tanto que Caicedo G, en el documento titulado El cultivo de la Achira: alternativa de producción para el pequeño productor, indica que el requerimiento de agua durante el periodo vegetativo es de 800 a 1120 mm bien distribuidos.

En el sitio donde se realizó el presente trabajo investigativo, es fácil determinar que el agricultor requiere cantidades mucho más significativas de agua de riego para poder atender a una hectárea de cultivo de achira; por las siguientes consideraciones:

- El método de aplicación de riego es por gravedad, por tanto conduce caudales de agua para riego de alrededor de 10 litros por segundo, y requiere al menos 15 horas para irrigar una hectárea de cultivo; esto significa que en cada riego se necesitan 540 m³/ha.
- Para sacar adelante una cosecha se necesitan en promedio 14 riegos por ciclo, lo que hace que se consuman alrededor de 7560 m³/ha/ciclo en lo que se refiere a dotaciones de riego.
- Con este procedimiento de aplicación de riego no se garantiza que el agua se profundice hasta la zona de cobertura de las raíces, en toda la superficie cultivada.

Con la metodología utilizada en este ensayo, en comparación con las prácticas de riego usadas por el agricultor, se ha determinado que el ahorro de agua que se puede lograr es en promedio del 40%.

4.6. EFECTO DEL MANEJO DE LA TENSIÓN DE HUMEDAD SOBRE EL RENDIMIENTO DE LA ACHIRA EN PESO DE CORMAS Y EN PESO DE ALMIDÓN

El efecto de la humedad (que se traduce en los requerimientos de agua y de riego) sobre el rendimiento de almidón de la achira, es un tema de mucha importancia que también se lo asumió en este trabajo como parte esencial que contribuye al objetivo general planteado. La información referente a los rendimientos en peso de cormas y en peso de almidón se obtuvo del universo de plantas (350 plantas por unidad experimental); los valores por cada bloque y tratamientos se muestran en la siguiente tabla.

Cuadro 23. Valores de rendimientos del cultivo de la achira en comparación con los tratamientos de humedad dados.

Tratamientos	Repetición 1	Repetición 2
Tratamiento 1 (40 centibares)	Peso en corma: 1219,55 kg Peso en almidón: 172,85 kg	Peso en corma: 1713,45 kg Peso en almidón: 257,85 kg
Tratamiento 2 (20 centibares)	Peso en corma: 1748,96 kg Peso en almidón: 265,97 kg	Peso en corma: 1265,69 kg Peso en almidón: 125,91 kg
Tratamiento 3 (30 centibares)	Peso en corma: 1632,14 kg Peso en almidón: 171,28 kg	Peso en corma: 1848,50 kg Peso en almidón: 246,36 kg

Elaboración: El Autor

Para el análisis estadístico se tomó en cuenta el rendimiento en peso del almidón (chuno). El resumen de la producción promedio del universo de plantas de cada uno los tres tratamientos y sus dos repeticiones - unidades experimentales (UE)- se presenta en el cuadro 24.

Cuadro 24. Producción de almidón de achira (chuno) en kg

TRATAMIENTO	REPLICAS O REPETICIONES		SUMA	MEDIA
	1	2		TRATAM.
T1 (40 cbs)	172,85	257,85	430,70	215,35
T2 (20 cbs)	265,97	125,91	391,88	195,94
T3 (30 cbs)	171,28	246,36	417,64	208,82
SUMA	610,10	630,12	1240,22	413,41
MEDIA	203,37	210,04	413,41	206,70

Elaboración: El Autor

Con el análisis de varianza efectuado a la producción obtenida, para un nivel de confianza del 95% y nivel de significancia de 5%, aplicando la prueba F, se tiene:

- a) Comparando el valor de F calculada $0,01 < F$ tabulada 19,0, se determina que entre los BLOQUES O REPETICIONES hechas con cada tratamiento NO HAY DIFERENCIA, o la DIFERENCIA NO ES SIGNIFICATIVA, por tanto se acepta la hipótesis de comparación y se concluye que los bloques no tienen ningún efecto en el rendimiento de la achira. Las diferencias entre las medias correspondientes se deben a errores fortuitos.
- b) Cotejando el F calculada $0,02 > F$ tabulada 19,16 se determina que entre los TRATAMIENTOS NO HAY DIFERENCIA, o la DIFERENCIA NO ES SIGNIFICATIVA, por tanto se acepta la hipótesis de comparación, y se concluye que los tratamientos no tienen ningún efecto en el rendimiento de la achira. La diferencia entre las medias correspondientes se deben a errores fortuitos.

Cuadro 25. Análisis de varianza de la producción obtenida en el cultivo de achira

CAUSAS DE VARIACIÓN	GL	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F calculada	F tabulada 5%
BLOQUE O REPLICA	1	66,800	66,80	0,01	19,0
TRATAMIENTO	2	390,189	195,09	0,02	19,16
ERROR EXPERIM.	2	16172,605	8086,30		
TOTAL	5	16629,594	8348,20		

Elaboración: El autor

La hipótesis nula planteada fue que el rendimiento de almidón de achira es igual en las tres tensiones de humedad (tratamientos); del análisis estadístico se determina que efectivamente no hay diferencia, por lo tanto, la hipótesis planteada se acepta. Se puede recomendar que con cualquiera de las tres tensiones de humedad que se aplicó son adecuadas; aunque con la tensión de humedad de 40 centibares se obtuvo mejor rendimiento (215,35 kg en un área de 256 m²); le sigue en importancia la producción obtenida con 30 centibares (208,82 kg/256 m²); y por último el rendimiento obtenido con un manejo de 20 centibares (195,94 kg/256 m²).

Si se hace una proyección de la producción media obtenida por los tratamientos de tensión de humedad, a una hectárea de cultivo tenemos los siguientes valores.

T1 (40 cbar): 8412,11 kg/ha (equivalente a 185 quintales/hectárea)

T2 (20 cbar): 7653.91 kg/ha (equivalente a 168,39 quintales/hectárea)

T3 (30 cbar): 8157,03 kg/ha (equivalente a 179,45 quintales/hectárea)

El porcentaje promedio de almidón obtenido en relación con el peso de corma (tubérculo), de acuerdo a los tratamientos dados es:

T1 (40 cbar): 14,61 % (por cada cien libras de corma se recogen 14,61 libras de chuno)

T2 (20 cbar): 12,58 % (por cada cien libras de corma se recogen 12,58 libras de chuno)

T3 (30 cbar): 11.91 % (por cada cien libras de corma se recogen 11,91 libras de chuno)

Según Barrera Víctor y otros. INIAP - CIP, en la publicación del 2004 denominada: Raíces y tubérculos andinos: Alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador; indica que la producción promedio de la achira es de de 2.27 ton/ha de almidón (49,94 qq/ha).

Caicedo G. y otros. 2003. En la publicación producto de los resultados de la investigación cofinanciada por el Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria, PRONATTA de Colombia, elabora una figura en la que se observa que el rendimiento está en función de la cantidad de precipitación promedio bien distribuida durante el año, y del piso altitudinal de una zona determinada; así se establece que con una precipitación promedio anual bien distribuida de 1150 mm, y en un rango altitudinal entre 1000 y 1420 m s.n.m. se ha obtenido 8225 kg de chuno por hectárea (180,95 qq/ha).

Esta información permite indicar que las producciones obtenidas en el presente ensayo, son comparables con los mejores rendimientos obtenidos en Colombia, y muy superiores a los que se reporta en nuestro país.

El detalle de los pesos del corma obtenidos por cada parcela experimental, y el análisis estadístico se muestran en los anexos 17 y 18.

El proceso de cosecha y poscosecha duró aproximadamente un mes y medio, se utilizó mano de obra conocedora de estas faenas, y las instalaciones de la microempresa La Achirita, ubicada en el barrio La Palmira de la parroquia Quinara, - Loja – Ecuador. Las imágenes a continuación dan una idea de esta etapa del trabajo.



Panorámica del área de ensayo



Sacado de cormas y limpieza de tierra y raíces.



Lavado de cormas (tubérculos)



Pesaje de cormas por cada planta del área experimental



Embalaje



Transporte inicial



Transporte hacia la planta de procesamiento



Rallado del corma



Lavado del producto rallado



Sedimentación del almidón



Secado del almidón luego de varios ciclos de lavado y sedimentación



Producto listo para su utilización

Figura 53. Proceso de cosecha y poscosecha de los cormas de achira.

5. CONCLUSIONES

Con la realización de este trabajo se llegó a las siguientes conclusiones:

- De acuerdo a la escala general de la BBCH los estadios fenológicos de la achira determinados en este experimento y su duración son:
 - Estadio 0 (brotación de la yema), 8 días.
 - Estadio 1 (desarrollo de las hojas del tallo principal), 91 días.
 - Estadio 2 (formación de brotes laterales o ahijamiento), 164 días.
 - Estadio 3 (crecimiento longitudinal del tallo principal/desarrollo de brotes), 127 días.
 - Estadio 4 (desarrollo foliar de los hijuelos), 87 días.
 - Estadio 5 (emergencia de la inflorescencia), 50 días.
 - Estadio 6 (floración del tallo principal), 63 días.
 - Estadio 7 (desarrollo del fruto del tallo principal), 41 días.
 - Estadio 8 (maduración de frutos y semillas), 56 días.
 - Estadio 9 (senescencia, comienzo de la dormancia, cosecha), 33 días.

Según esta escala no es necesario la terminación de una fase para el comienzo de la otra, específicamente en esta especie.

- Las etapas de crecimiento según la metodología de la FAO determinadas para el cultivo de la achira y con las condiciones de este ensayo fueron: Etapa inicial 57 días; etapa de desarrollo del cultivo 119 días; etapa de mediados de temporada 100 días; etapa de finales de temporada 89 días. El ciclo total del cultivo duró 365 días.
- La Evapotranspiración de referencia determinada por el procedimiento de Penman Monteith durante el ciclo del cultivo, registró su mayor valor el mes de julio con 5,08 mm/día; éste valor corresponde a la época más seca del año. Los meses con mayor precipitación registraron los valores de ETo menores; así: octubre 0,48 mm/día y febrero con 0,68 mm/día. El valor total de ETo total durante el ciclo del cultivo fue de 876,95 mm.

- Existe baja correspondencia ($r = 0.51$) entre los valores de ETo obtenidos por los métodos de Penman Monteith y los del tanque evaporímetro clase A. En meses lluviosos la ETo del tanque evaporímetro presentó valores más altos que la ETo de Penman Monteith; y en meses con poca o ninguna precipitación los resultados se dieron a la inversa. La diferencia entre ambos métodos fue de 64,19 mm, siendo mayores los registros totales del tanque evaporímetro clase A.
- Para que los valores del tanque evaporímetro artesanal sean semejantes a los del tanque evaporímetro clase A, se ha determinado que se requiere multiplicar su registro por un factor de ajuste de 0,8874.
- Los valores medios del coeficiente de cultivo determinados en el ensayo fueron: fase inicial 0,66; fase de desarrollo del cultivo 0,77; fase de mediados de temporada 0,97; y, fase final 0,81.
- El valor máximo alcanzado verticalmente por la raíz de la achira en el presente ensayo fue de 36,5 cm; horizontalmente se desarrolló 75 cm en todos los sentidos desde el centro de la planta.
- A través del análisis de la ETo, ETc y Kc; utilizando el riego por aspersión, y para las condiciones dadas en el experimento, se determinó que la necesidad de agua de la achira durante su ciclo de cultivo es de 7427,69 m³/ha; es decir 742,77 mm/ha; y las necesidades de riego fueron de 5543,81 m³/ha (554,38 mm/ha).
- Las demandas hídricas de la achira cuando se utilizó como referencia máxima 20 centibares fue de 7305,57 m³/ha (730,46 mm/ha); y una exigencia de riego de 4907,86 m³/ha (490,79 mm/ha). Para cubrir este requerimiento de riego fueron necesarios 16 riegos.
- Las demandas hídricas de la achira cuando se utilizó como referencia máxima 30 centibares fue de 6676,36 m³/ha (667,64 mm/ha); y una exigencia de riego de 4278,65 m³/ha (427,87 mm/ha). Para cubrir esta demanda de riego fueron necesarios 15 riegos.

- Las necesidades hídricas de la achira cuando se utilizó como referencia máxima 40 centibares fue de 6361,75 m³/ha (636,18 mm/ha); y una exigencia de riego de 3964,04 m³/ha (396,40 mm/ha). Para cubrir este requerimiento de riego fueron necesarios 13 riegos.
- Se ha podido determinar que la cantidad y oportunidad de agua aplicada al cultivo es determinante para conseguir buenos rendimientos; la cantidad de almidón lograda en todos los tratamientos es superior a la que consigue el productor local.
- Para las condiciones dadas en el presente trabajo, se requirió un periodo de tiempo de riego permanente que cubrió 5 meses, desde mayo a septiembre; el resto de tiempo fue cubierto por las lluvias caídas en la zona.
- La mejor tensión de humedad para utilizar en el cultivo de achira fue la de 40 centibares al haber alcanzado el mayor rendimiento de 8412,11 kg/ha (185,0 quintales/ha); y mayor concentración de almidón (14,61%). No siendo necesario utilizar tensiones menores y por tanto frecuencias de riego más cortas.
- Los rendimientos por hectárea alcanzados para todos los tratamientos son superiores a los reportados en otras regiones del país y similares a los mejores rendimientos obtenidos en Colombia.

6. RECOMENDACIONES

- Ejecutar una investigación similar del cultivo, haciendo variaciones en la época de siembra. Al parecer sembrando en el mes de octubre se puede reducir el ciclo de cultivo y posiblemente incrementar la acumulación de mayor cantidad de almidón en el corma, ya que se cosecharía en los meses secos.
- Investigar con tensiones de humedad más altas, posiblemente partir de 40 cbs, 60 cbs y 80 cbs, utilizando el nivel de fertilización aplicado en este ensayo en relación con los resultados de laboratorio de suelos.
- Investigar el nivel de correlación que existe entre los procedimientos para determinar la evapotranspiración de referencia para los sectores más representativos de la provincia de Loja; específicamente los métodos de Penman Monteith versus el del tanque evaporímetro clase A.
- Para los diseños de sistemas de riego en donde esté incluido el cultivo de la achira, se puede partir con los datos generados en esta investigación. No se cuenta con otra información generada al respecto.
- Realizar investigaciones similares, en otros pisos climáticos, otros tipos de suelo y de forma participativa con los productores.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre Zhofre y Maza Byron, sf. Diversidad de tubérculos andinos en el Ecuador. (en línea). Consultada el 20 de diciembre del 2011. Disponible en <http://www.joethejuggler.com/Funbotánica/10tubers>.
- Boswell Michael, 1990. Manual de diseño y manejo de micro irrigación. Traducción y adaptación de la 2ª edición Jesús Rodrigo López y otros. Ed. James Hardie irrigation (Iberia) S.A. Sevilla España. Pp. 23-33.
- Barrera Víctor y otros, 2004. Raíces y tubérculos andinos: Alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador. INIAP, CIP.
- Bustamante, Gimena. 1992. Estudio de las Características agronómicas y comportamiento de cuatro ecotipos de Achira (*Canna edulis*, L) en Vilcabamba. Tesis de ingeniero agrónomo.
- Caicedo, Guillermo, 1999. Raíces Andinas. N° 11. El cultivo de achira, alternativa de producción para el pequeño productor. 1999. CORPOICA. Bogotá, Colombia.
- Cely Germán. 2010. Determinación de Parámetros de Riego para el Cultivo de la Cebolla de bulbo en el distrito de riego del Alto Chicamocha. Universidad Nacional de Colombia. Maestría en Ciencias Agrarias. Bogotá. Pp. 100.
- CESA (Central Ecuatoriana de Servicios Agrícolas), 1988. Técnica del riego por surcos. 2ª edición. Quito – Ecuador.
- Claro Rizo Francisco. 1985. Apuntes de Fenología. Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras. Bogotá. Pp. 38.
- FAO, 1984. Doorenbos J y Pruitt W.O. Las Necesidades de Agua de los cultivos. Estudio FAO Riego y Drenaje N°24.
- FAO, 1987. Brouwer C. y Heibloem M. Necesidades de Agua de los cultivos. Manejo de Agua de Riego. Manual de Campo N°3.
- FAO, 2006. Allen Richard y otros. Evapotranspiración del Cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio FAO Riego y Drenaje N°56.
- Fundación Colinas Verdes, 2004. Proyecto: Producción, transformación y comercialización de almidón de Achira (*Canna edulis*) en Quinara
- Fundación Colinas Verdes, 2006. Estudio de Mercado del Almidón de Achira.

- Fundación Colinas Verdes, sf. Conservación de Especies Nativas - Huertas Agroecológicas con Plantas Nativas. Programa de Capacitación Comunitaria. Pp. 26 – 28.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Quinara, 2011. Plan de Ordenamiento y Desarrollo Territorial de Quinara 2012 – 2025.
- Leclercq Paul, 1981. Utilización de la sonda de neutrones y del tensiómetro para medir la humedad del suelo. Nota técnica N° 18. Cooperación técnica del reino de Bélgica. MAG – INERHI. 45 p.
- Luna A y Valdivieso H, 2006. Efecto de tres niveles de fertilización orgánica y dos densidades de siembra en el cultivo de achira *Canna edulis* Ker., con fines de industrialización artesanal. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional de Loja.
- Maldonado N, et al. 2005. Escenario Natural de la Cultura de Loja (Esbozo de geografía física y humana). Ed. Casa de la Cultura Ecuatoriana – núcleo de Loja.
- Meier Uwe. 2001. Estadios de las Plantas mono y dicotiledóneas. BBCH Monografía. Centro Federal de Investigaciones Biológicas para Agricultura y Silvicultura. Documento obtenido en: BBCH – Skala_spanisch.pdf.
- Montaldo A. 1972. Cultivo de raíces y tubérculos tropicales. Edit. IICA. Lima Perú.
- Morales Rafael, sf. Características físicas, químicas y organolépticas del almidón de achira (*Canna edulis*, Ker). (en línea). Consultado en noviembre del 2011. Disponible en <http://achirasdecolombia.com/index.htm>.
- Ort Paul y Fundación Colinas Verdes. 2008. Recetario de Usos Culinarios del Super Chuno (Almidón de Achira). Pp 16.
- Rodríguez Gonzalo y otros, 2003. El Almidón de Achira a Sagú (*Canna edulis*, Ker). Manual Técnico para su elaboración. CORPOICA (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria).
- Suquilanda Manuel, sf. Producción Orgánica de Cultivos Andinos – Manual Técnico. Pp. 59 – 71.
- Uwe Meier, 2001. Centro Federal de Investigaciones Biológicas para Agricultura y Silvicultura. Estadios de las Plantas mono y dycotiledoneas. BBCH Monografía. Segunda edición.
- Universidad José Carlos Mariátegui. 2009. Experimentación agrícola. Moquegua. Perú.

8. ANEXOS

ANEXO 1. Resultados de análisis de suelos en laboratorio



LABORATORIO DE ANALISIS FISICO-QUIMICO DE SUELOS, AGUAS Y BROMATOLOGIA
AREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

LASAB

Provincia:	Loja	FECHA DE I:	20-enero-2012
Cantón:	Loja	FECHA DE E:	27-febrero-2012
Parroquia:	Quinara	RESPONSABLE:	Ing. Vicente Carrillo
Sector o Proyecto:		La Palmira	

1. RESULTADOS

LAB.	CAMPO	Análisis Mec. % TFSA			TEXTURA	pH	M.O %	Macronutrientes		
		Arena	Limo	Arcilla				N	P ₂ O ₅	K ₂ O
175		47,2	22	30,8	FoAcAo					
176		49,2	28	22,8	Fo	7,9 L AI	1,1 B	11,2 B	0,005 MB	15,5 MB

Interpretación Texturas

FoAcAo = Franco arcilloso arenoso
Fo = Franco

Interpretación pH

L AI = Ligeramente alcalino


Interpretación de Resultados

MA = Muy alto
A = Alto
M = Medio
B = Bajo
MB = Muy bajo

2. RESULTADOS HIDROFÍSICAS

LAB.	Campo	C.C. (%)	P.M.P 15 atm (%)	Densidad Aparente (g/cm ³)
1	0-20 cm	22	12	1,17
2	20-40 cm	19	11	1,20

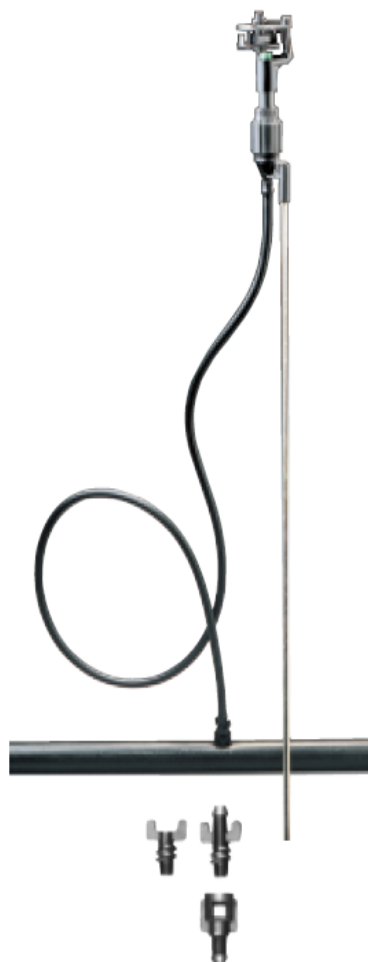

Ing. Omar Ojeda Mg. Sc
RESPONSABLE DEL LABORATORIO


Ing. Jackeline Castillo
TÉCNICA LABORATORISTA



ANEXO 2. Características del aspersor utilizado en el experimento

501-U & 502-H



Aspersores de Volumen Reducido y Espaciamiento Extra - 1/2"

Aplicaciones principales: Irrigación en altura y germinación de hortalizas, patatas, flores, viveros e invernaderos.

- Desarrollados especialmente con los soportes modelos 50 y 52
 - Soporte 50 para 501-U: varilla galvanizada de 8 mm, tubo y conectores rápidos de polietileno de 8 mm de diámetro.
 - Soporte 52 para 502-H: varilla galvanizada de 8 mm, tubo y conectores rápidos de polietileno de 13 mm de diámetro.
- Excelente uniformidad de distribución del agua - más de 90% de CU
- Gotas muy pequeñas de agua que impiden la formación de costras y drenaje, proporcionando condiciones perfectas de germinación.
- Boquillas codificadas a color para una fácil identificación.
- Sus bajos volúmenes de flujo y sus amplias capacidades de espaciamiento crean una baja precipitación y permiten la irrigación de terrenos muy amplios al mismo tiempo.
- Su construcción simple facilita las tareas de mantenimiento.
- Eje y resorte de acero inoxidable.
- Materiales plásticos de alto impacto, que proporcionan resistencia a la corrosión y a los agentes químicos.

Conector a tubería: hembra de 1/2"

Peso: 39 g (sin los soportes para el terreno)

Descarga: 80 - 360 l/h

Presión: 1.5 - 3.5 baras

Esp. Max.: 10 m

501-U			
Boquilla mm	P bar	Q l/h	D m
1.6	1.5	100	11.5
Roja	2.0	117	13.0
	2.5	131	13.5
	3.0	144	13.5
	3.5	155	14.0
1.8*	1.5	138	12.0
Verde	2.0	160	13.0
	2.5	178	14.0
	3.0	196	14.0
	3.5	212	14.0
2.0	1.5	170	13.5
Azul	2.0	195	14.0
	2.5	217	15.0
	3.0	236	15.5
	3.5	253	15.5
2.2	1.5	187	13.5
Amarillo	2.0	219	14.0
	2.5	244	15.5
	3.0	267	16.0
	3.5	288	16.0

* Boquilla standard

502-H			
Boquilla	P bar	Q l/h	D m
2.5	1.5	226	13.0
Anaranjada	2.0	263	15.0
	2.5	292	15.5
	3.0	318	16.5
	3.5	345	17.0

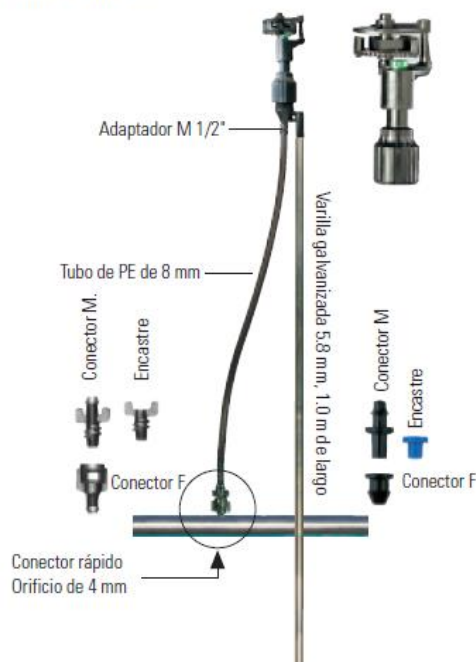
Hasta 8 m

501-U

Aspersor turbo-martillo a bajo volumen sobre varilla de sujeción IriStand 50

Excelente distribución del agua con espaciamentos de hasta 8 m

Emisión de gotas finas para el riego delicado de todo tipo de cultivos



Código de colores - Uniformidad de distribución

- CU > 85%
- CU = 85-88%
- CU = 89-92%
- CU < 93%

501-U				Precipitación (mm/h)					
Boquilla mm	P bar	Q l/h	D m	Espaciación (m)					
				6x6	6x7	7x7	7x8	8x8	8x9
1.6	1.5	100	11.5	2.7	2.4	2.0	1.8	1.6	1.4
	Rojo 2.0	117	13.0	3.2	2.8	2.4	2.1	1.8	1.6
	2.5	131	13.5	3.6	3.1	2.7	2.3	2.0	1.8
	3.0	144	13.5	4.0	3.4	2.9	2.6	2.2	2.0
	3.5	155	14.0	4.3	3.7	3.1	2.8	2.4	2.1
1.8*	1.5	138	12.0	3.8	3.3	2.8	2.5	2.2	1.9
	Verde 2.0	160	13.0	4.4	3.8	3.3	2.9	2.5	2.2
	2.5	178	13.5	4.9	4.2	3.6	3.2	2.8	2.5
	3.0	196	14.0	5.4	4.7	4.0	3.5	3.1	2.7
	3.5	212	14.0	5.9	5.0	4.3	3.8	3.3	2.9
2.0	1.5	170	13.5	4.7	4.0	3.5	3.0	2.7	2.4
	Azul 2.0	195	14.0	5.4	4.6	4.0	3.5	3.0	2.7
	2.5	217	15.0	6.0	5.2	4.4	3.9	3.4	3.0
	3.0	236	15.5	6.5	5.6	4.8	4.2	3.7	3.3
	3.5	253	15.5	7.0	6.0	5.2	4.5	3.9	3.5
2.2	1.5	187	13.5	5.2	4.4	3.8	3.3	2.9	2.6
	Amarillo 2.0	219	14.0	6.0	5.2	4.4	3.9	3.4	3.0
	2.5	244	15.5	6.7	5.8	4.9	4.3	3.8	3.4
	3.0	267	16.0	7.4	6.3	5.4	4.7	4.2	3.7
	3.5	288	16.0	8.0	6.9	5.9	5.1	4.5	4.0

* Boquilla standard

Número máximo de aspersores sobre laterales de PE (C=140)

Aspersores	Boquilla (mm)	Q l/h	Ø Lateral (en mm)		Espaciamento sobre lateral (m)		
			O.D.	I.D.	6	7	8
501-U	Rojo 1.6	117*	25	21.2	15	16	15
	Verde 1.8	160*	25	21.2	14	13	13
	Azul 2.0	195*	32	27.2	21	20	19
			25	21.2	12	12	11
	Amarillo 2.2	219*	32	27.2	19	18	17
			32	27.2	17	16	15

Longitud calculada con un 10% de variación de flujo sobre terreno plano

* P = 2.0 bar



ANEXO 3. Formatos para el seguimiento fenológico

ANEXO 3.1. REPORTE FENOLOGICO DEL CULTIVO DE LA ACHIRA (<i>Canna edulis</i>)- PLANTA UNO											
Variedad (ecotipo):	ACHIRA (FLOR ROJA - MORADA)										
Fecha de observación:										
Lugar:	CABRERIA - LA PALMIRA										
Altitud (m.s.n.m.):	1572										
VARIABLES	18-feb-12	23-feb-12	01-mar-12	08-mar-12	22-mar-12	29-mar-12	04-abr-12	12-abr-12	19-abr-12	Planta 10	Promedio
Altura de la planta (cm)											
Número de hojas											
Longitud ecuatorial de la hoja 1 (cm)											
Ancho ecuatorial de la hoja 1 (cm)											
Distancia entre suelo y hoja 1 (cm)											
Grosor del tallo sector 1 (cm)											
Longitud ecuatorial de la hoja 2 (cm)											
Ancho ecuatorial de la hoja 2 (cm)											
Distancia entre hoja 1 y hoja 2 (cm)											
Grosor del tallo sector 2 (cm)											
Longitud ecuatorial de la hoja 3 (cm)											
Ancho ecuatorial de la hoja 3 (cm)											
Distancia entre hoja 2 y hoja 3 (cm)											
Grosor del tallo sector 3 (cm)											
Longitud ecuatorial de la hoja 4 (cm)											
Ancho ecuatorial de la hoja 4 (cm)											
Distancia entre hoja 3 y hoja 4 (cm)											
Grosor del tallo sector 4 (cm)											
Longitud ecuatorial de la hoja 5 (cm)											
Ancho ecuatorial de la hoja 5 (cm)											
Distancia entre hoja 4 y hoja 5 (cm)											
Grosor del tallo sector 5 (cm)											
Longitud ecuatorial de la hoja 6 (cm)											
Ancho ecuatorial de la hoja 6 (cm)											
Distancia entre hoja 5 y hoja 6 (cm)											
Grosor del tallo sector 6 (cm)											
Longitud ecuatorial de la hoja 7 (cm)											
Ancho ecuatorial de la hoja 7 (cm)											
Distancia entre hoja 6 y hoja 7 (cm)											
Grosor del tallo sector 7 (cm)											
Longitud ecuatorial de la hoja 8 (cm)											
Ancho ecuatorial de la hoja 8 (cm)											
Distancia entre hoja 7 y hoja 8 (cm)											
Grosor del tallo sector 8 (cm)											
Diámetro ecuatorial del corma (cm)											
Diámetro polar del corma (cm)											
Longitud de raíz (laterales) (cm)											
Profundidad de raíz (cm)											
Número de hijuelos (cm)											
Altura al inicio de floración (cm)											
Número de botones florales											
Número de frutos											
Observaciones adicionales: (labores culturales, aparición de plagas, enfermedades, etc):											
.....											
.....											
.....											

ANEXO 3.2. FORMATO PARA REGISTRO DE FLORACION																						
PARCELA UNO - ENSAYO DE ACHIRA - (BLOQUE 2-TRATAMIENTO 1)																						
N° PLANTA		21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
FILA 17	FECHA																					
N° PLANTA		21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
FILA 16	FECHA																					
N° PLANTA		21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
FILA 15	FECHA																					
N° PLANTA		21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
FILA 14	FECHA																					
N° PLANTA		21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
FILA 13	FECHA																					
N° PLANTA		21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
FILA 12	FECHA																					
N° PLANTA		21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
FILA 11	FECHA																					
N° PLANTA		21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
FILA 10	FECHA																					
N° PLANTA		21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
FILA 9	FECHA																					
N° PLANTA		21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
FILA 8	FECHA																					
N° PLANTA		21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
FILA 7	FECHA																					
N° PLANTA		21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
FILA 6	FECHA																					
N° PLANTA		21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
FILA 5	FECHA																					
N° PLANTA		21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
FILA 4	FECHA																					
N° PLANTA		21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
FILA 3	FECHA																					
N° PLANTA		21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
FILA 2	FECHA																					
N° PLANTA		21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
FILA 1	FECHA																					
N° PLANTA		21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

ANEXO 4. Formatos para el registro climático

ANEXO 4.1. FORMATO PARA REGISTRO GENERAL DEL CLIMA

ESTACIÓN: *Quinara*

LATITUD: *04°18'50" S (geográficas) 9522951,771 N (UTM)*

LONGITUD: *79°14'36" W (geográfica) 694953,3243 E (UTM)*

ELEVACIÓN: *1559 msnm*

MES:

AÑO:

	Precipitación (mm)			Temperatura bulbo húmedo °C			Temperatura bulbo seco °C			Humedad Relativa %			Velocidad del viento (anemómetro)			Temperatura		Evaporación (tanque evaporímetro) Agua sacada (cm)			Evaporación (tanque evaporímetro) Agua añadida (cm)			Insolación - heliógrafo (horas)	Nubosidad (octavos)			
	7:00	13:00	19:00	7:00	13:00	19:00	7:00	13:00	19:00	7:00	13:00	19:00	7:00	13:00	19:00	Máx.	Min.	7:00	13:00	19:00	7:00	13:00	19:00	Día	7:00	13:00	19:00	
1																												
2																												
3																												
4																												
5																												
6																												
7																												
8																												
9																												
10																												
11																												
12																												
13																												
14																												
15																												
16																												
17																												
18																												
19																												
20																												
21																												
22																												
23																												
24																												
25																												
26																												
27																												
28																												
29																												
30																												
31																												

Observador: Sr. - INAMHI

4.2. REGISTROS DIARIOS DE PARAMETROS CLIMATICOS

ESTACIÓN: *Quinara*

PARAMETRO:

LATITUD: *04°18'50" S (geográficas) 9522951,771 N (UTM) AÑO:*

LONGITUD: *79°14'36" W (geográfica) 694953,3243 E (UTM)*

ELEVACIÓN: *1559 msnm*

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
25												
26												
27												
28												
29												
30												
31												

DECADAS

1°												
2°												
3°												

Σ												
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

ANEXO 5. Planilla para el cálculo de ETo con datos diarios

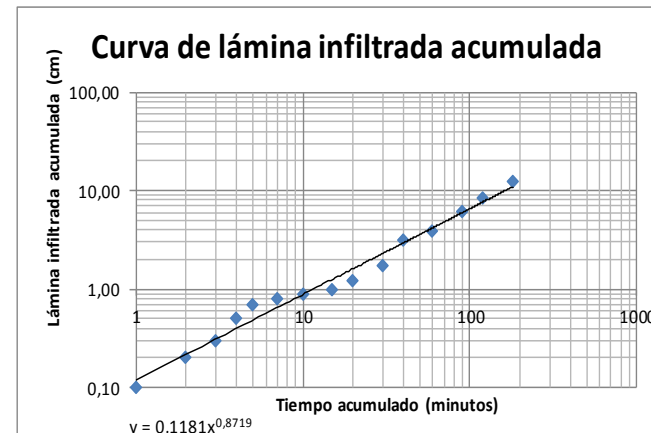
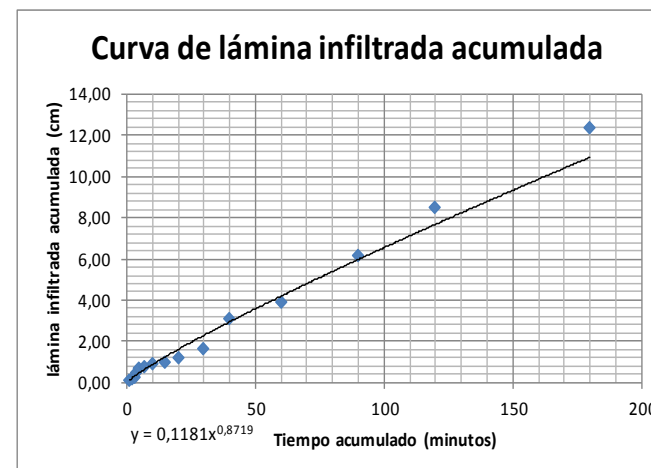
Planilla para el cálculo de ETo (FAO Penman - Monteith)					
Fuente: FAO, 2006. Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos					
Parámetros					
T _{máx}	21,5	°C	T _{media} = (T _{máx} + T _{mín})/2	16,9	°C
T _{mín}	12,3	°C	Δ = (Cuadro 2.4 del Anexo 2)	0,122	kPa°C ⁻¹
T _{media}	16,9	°C	Presión atmosférica P	100,1	kPa
Altitud	100	m	γ = (Cuadro 2.2 del Anexo 2)	0,0666	kPa°C ⁻¹
u ₂	2,078	ms ⁻¹	(1+0.34 u ₂)	1,71	
Δ/[Δ + γ(1+0.34 u ₂)]				0,518	
γ/[Δ + γ(1+0.34 u ₂)]				0,282	
[900/(T _{media} + 273)]u ₂				6,451	
Déficit de presión de vapor					
T _{máx}	21,5	°C	e ^o (T _{máx}) (Cuadro 2.3)	2,564	Kpa
T _{mín}	12,3	°C	e ^o (T _{mín}) (Cuadro 2.3)	1,431	Kpa
Presión de saturación de vapor e _s = [(e ^o (T _{máx}) + e ^o (T _{mín})]/2				1,997	Kpa
e _a = derivada de la temperatura del punto de rocío:					
T _{rocío}		°C	e _a = e ^o (T _{rocío}) (Cuadro 2.3)		Kpa
o bien e _a = derivada de la humedad relativa máxima y mínima:					
HR _{máx}	84	%	e ^o (T _{mín})HR _{máx} /100	1,202	Kpa
HR _{mín}	63	%	e ^o (T _{máx})HR _{mín} /100	1,616	Kpa
e _a : (promedio)				1,409	Kpa
o bien e _a = derivada de la humedad relativa máxima (recomendada si hay errores en HR _{mín}):					
HR _{máx}	84	%	e _a = e ^o (T _{mín}) HR _{máx} /100		Kpa
o bien e _a = derivada de la humedad relativa promedio (menos recomendada debido a la no linealidad):					
HR _{media}		%	e _a = e _s HR _{media} /100		Kpa
Déficit de presión de vapor (e _s - e _a)				0,589	Kpa
Radiación					
Latitud	50°48'				
Latitud	50,8	°	d _r	7,17	
Día	6		δ	-0,60015996	
mes	7		φ latitud (rad)	0,88663	
n	9,25	horas	ω _s	0,57513	
J	187		R _a (Cuadro 2.6)	41,09	MJ m ⁻² día ⁻¹
N (dato tomado de Cuadro 2.7)				16,1	Horas
n/N				0,57	
Si no hay datos disponibles de R _s : R _s = (0.25 + 0.50 n/N)R _a				22,077	MJ m ⁻² día ⁻¹
R _{so} = [0.75 + 2(Altitud)/100000]R _a				30,90	MJ m ⁻² día ⁻¹
R _s /R _{so}				0,71	
R _{ns} = 0.77 R _s				17,00	MJ m ⁻² día ⁻¹
T _{máx}	294,66	°K	σ T _{máx} ⁴ , K ⁴ (Cuadro 2.8)	36,96	MJ m ⁻² día ⁻¹
T _{mín}	285,46	°K	σ T _{mín} ⁴ , K ⁴ (Cuadro 2.8)	32,56	MJ m ⁻² día ⁻¹
σ	4,903E-09		(σ T _{máx} ⁴ + σ T _{mín} ⁴)/2	34,76	MJ m ⁻² día ⁻¹
e _a	1,409	kPa	(0.34 - 0.14ve _a)	0,17	
R _s /R _{so}	0,71		(1.35 R _s /R _{so} - 0.35)	0,61	
R _{n1} = (σ T _{máx} ⁴ + σ T _{mín} ⁴)/2 (0.34 - 0.14ve _a) (1.35 R _s /R _{so} - 0.35)				3,71	MJ m ⁻² día ⁻¹
R _n = R _{ns} - R _{n1}				13,29	MJ m ⁻² día ⁻¹
T _{mes}		°C	G _{día} (asumir = 0)	0	MJ m ⁻² día ⁻¹
T _{mes-1}		°C	G _{mes} = 0.14(T _{mes} - T _{mes-1})		MJ m ⁻² día ⁻¹
R _n - G				13,29	MJ m ⁻² día ⁻¹
0.408(R _n - G)				5,42	mm
Evapotranspiración de referencia del pasto					
$\left[\frac{\Delta}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \right] [0.408(R_n - G)]$				2,81	mm/día
$\left[\frac{\gamma}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \right] \left[\frac{900}{T + 273} \right] u_2 [(e_s - e_a)]$				1,07	mm/día
$E_{to} = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)}$				3,88	mm/día

ANEXO 6. Proceso de cálculo de la prueba de infiltración

DATOS DE PRUEBA DE INFILTRACION CON ANILLOS

Proyecto de tesis: DETERMINACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DE RIEGO DEL CULTIVO DE LA ACHIRA (<i>Canna edulis</i>), Y SUS ESTADIOS FENOLÓGICOS, CON RIEGO POR ASPERSIÓN, EN EL SECTOR CABRERÍA - CHUMBEROS, PERTENECIENTE AL SISTEMA DE RIEGO LA PALMIRA			
Campo:	Quinara - La Palmira - Siito de experimento del cultivo de Achira	Observador:	José Vicente Carrillo
Fecha:	Marzo 2012	Nº de prueba:	1
Método:	Cilindro infiltrómetro	Observaciones:	1
Textura	FoAcAo		

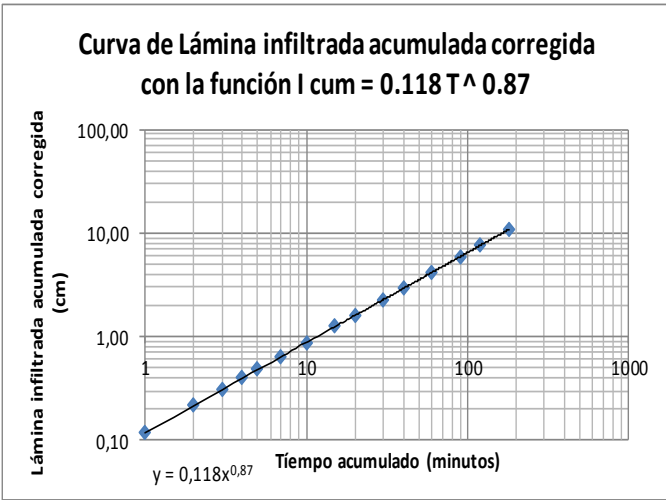
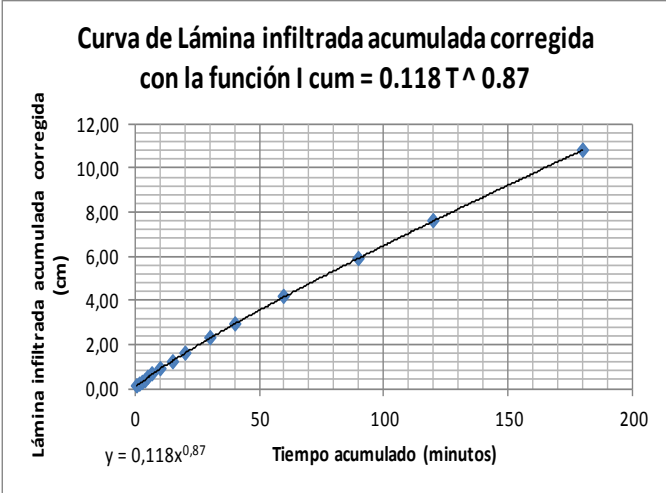
Hora	Tiempo (min)		Lectura (cm)	Lámina infiltrada (cm)		Velocidad de infiltración (cm/hora)	
	Parcial	Acumulado		Parcial	Acumulado	Instantánea	Promedio
9:27:00	0	0	10	0,00	0,00	0,00	0,00
9:28:00	1	1	9,9	0,10	0,10	6,00	6,00
9:29:00	1	2	9,8	0,10	0,20	6,00	6,00
9:30:00	1	3	9,7	0,10	0,30	6,00	6,00
9:31:00	1	4	9,5	0,20	0,50	12,00	7,50
9:32:00	1	5	9,3	0,20	0,70	12,00	8,40
9:34:00	2	7	9,2	0,10	0,80	3,00	6,86
9:37:00	3	10	9,1	0,10	0,90	2,00	5,40
9:42:00	5	15	9	0,10	1,00	1,20	4,00
9:47:00	5	20	8,8	0,20	1,20	2,40	3,60
9:57:00	10	30	8.3/10	0,50	1,70	3,00	3,40
10:07:00	10	40	8,6	1,40	3,10	8,40	4,65
10:27:00	20	60	7.8/10	0,80	3,90	2,40	3,90
10:57:00	30	90	7.7/10	2,30	6,20	4,60	4,13
11:27:00	30	120	7.7/10	2,30	8,50	4,60	4,25
12:27:00	60	180	6,1	3,90	12,40	3,90	4,13



LAMINA INFILTRADA ACUMULADA CORREGIDA CON LA FUNCION $0.118 T^{0.87}$

Tiempo acumulado (min) (T_0)	Lámina infiltrada Acumulada (cm) (I_{cum})	Lámina infiltrada Acumulada Corregida (cm) (I_{cum})
1	0,10	0,12
2	0,20	0,22
3	0,30	0,31
4	0,50	0,39
5	0,70	0,48
7	0,80	0,64
10	0,90	0,87
15	1,00	1,24
20	1,20	1,60
30	1,70	2,27
40	3,10	2,92
60	3,90	4,16
90	6,20	5,92
120	8,50	7,60
180	12,40	10,81

$$I_{cum} = 0.118 T^{0.87}$$



PROCEDIMIENTO PARA OBTENER LA VELOCIDAD DE INFILTRACION BASICA (Vib)

Es quizá la cantidad que tiene más ingerencia en cualquier proyecto de riego. Dado que la precipitación de un aspersor, por ejemplo, en cualquier clase de terreno debe ser menor que la velocidad de infiltración básica de éste, o de lo contrario se presentaría pérdidas por escorrentía; y en terrenos donde se opte por el sistema de aspersión por requerimientos de la pendiente del terreno se puede presentar una seria erosión del mismo.

De acuerdo al Servicio de Conservación de Suelos de la USA, la V_{ib} es el valor instantáneo, cuando la velocidad de cambio de la filtración para un periodo estándar es el 10% o menos de su valor.

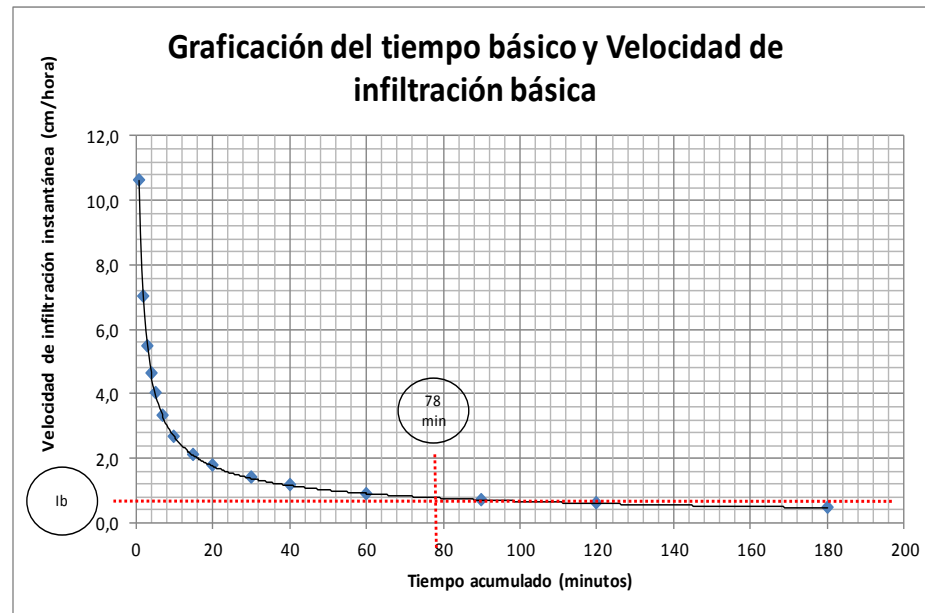
Partimos de la función obtenida $I_{cum} = 0.118T^{0.87}$

Para encontrar la velocidad de infiltración se deriva la ecuación $I_b = 0.118 t^{0.87} \frac{dI}{dt} \rightarrow I_b = 0.87 * 0.118 t^{0.87-1} \rightarrow I_b = 0.103 t^{-0.13}$

Luego se encuentra el tiempo básico (tb), con la expresión: $tb = -600b \text{ (minutos)} \rightarrow tb = -600 * (-0.13) \text{ (minutos)} \rightarrow tb = 78 \text{ minutos}$

Encontrado el tiempo básico, retomamos la ecuación I_b y reemplazamos con su valor $I_b = 0.103 * 78^{-0.13} \rightarrow I_b = 0.06 \text{ cm/h} \rightarrow I_b = 0.6 \text{ mm/h}$

Tiempo acumulado (min) (To)	Velocidad de infiltración instantánea (l) (cm/h)	Velocidad de infiltración instantánea Corregida (l) (cm/h)
1	6,0	10,6
2	6,0	7,0
3	6,0	5,5
4	12,0	4,6
5	12,0	4,0
7	3,0	3,3
10	2,0	2,7
15	1,2	2,1
20	2,4	1,8
30	3,0	1,4
40	8,4	1,2
60	2,4	0,9
90	4,6	0,7
120	4,6	0,6
180	3,9	0,5



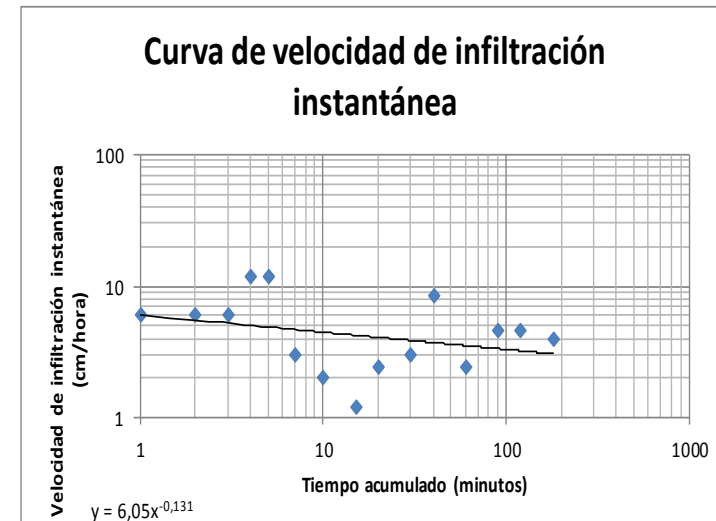
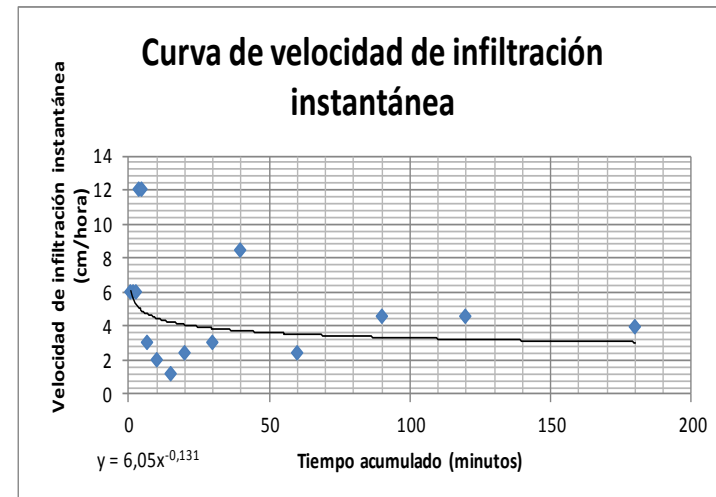
Se trata de un suelo arcilloso

Grados de infiltración Básica para varios tipos de suelo	
Tipo de suelo	Tasa de infiltración básica mm/h
Arena	más de 30
Fo - Ao	20 a 30
Fo	10 a 20
Fo - Ac	5 a 10
Arcilloso	1 a 5

DATOS DE PRUEBA DE INFILTRACION CON ANILLOS

Campo:	Quinara - La Palmira - Siito de experimento del cultivo de Achira	Observador:	José Vicente Carrillo
Fecha:	Marzo 2012	Nº de prueba:	1
Método:	Cilindro infiltrómetro	Observaciones:	1
Textura	FoAcAo		

Hora	Tiempo (min)		Lectura (cm)	Lámina infiltrada (cm)		Velocidad de infiltración (cm/hora)	
	Parcial	Acumulado		Parcial	Acumulado	Instantánea	Promedio
9:27:00	0	0	10	0,00	0,00	0,00	0,00
9:28:00	1	1	9,9	0,10	0,10	6,00	6,00
9:29:00	1	2	9,8	0,10	0,20	6,00	6,00
9:30:00	1	3	9,7	0,10	0,30	6,00	6,00
9:31:00	1	4	9,5	0,20	0,50	12,00	7,50
9:32:00	1	5	9,3	0,20	0,70	12,00	8,40
9:34:00	2	7	9,2	0,10	0,80	3,00	6,86
9:37:00	3	10	9,1	0,10	0,90	2,00	5,40
9:42:00	5	15	9	0,10	1,00	1,20	4,00
9:47:00	5	20	8,8	0,20	1,20	2,40	3,60
9:57:00	10	30	8.3/10	0,50	1,70	3,00	3,40
10:07:00	10	40	8,6	1,40	3,10	8,40	4,65
10:27:00	20	60	7.8/10	0,80	3,90	2,40	3,90
10:57:00	30	90	7.7/10	2,30	6,20	4,60	4,13
11:27:00	30	120	7.7/10	2,30	8,50	4,60	4,25
12:27:00	60	180	6,1	3,90	12,40	3,90	4,13



Formato para determinar la función de la velocidad de infiltración instantánea

Tiempo acumulado (min) (T ₀)	Velocidad de infiltración instantánea (I) (cm/h)	Log. T ₀ =X	Log. I = Y	X*Y	X ²	Y ²
1	6	0,00	0,78	0,00	0	0,61
2	6	0,30	0,78	0,23	0,09	0,61
3	6	0,48	0,78	0,37	0,23	0,61
4	12	0,60	1,08	0,65	0,36	1,16
5	12	0,70	1,08	0,75	0,49	1,16
7	3	0,85	0,48	0,40	0,71	0,23
10	2	1,00	0,30	0,30	1,00	0,09
15	1	1,18	0,08	0,09	1,38	0,01
20	2	1,30	0,38	0,49	1,69	0,14
30	3	1,48	0,48	0,70	2,18	0,23
40	8	1,60	0,92	1,48	2,57	0,85
60	2	1,78	0,38	0,68	3,16	0,14
90	5	1,95	0,66	1,30	3,82	0,44
120	5	2,08	0,66	1,38	4,32	0,44
180	4	2,26	0,59	1,33	5,09	0,35
		Σ X	Σ Y	Σ X*Y	Σ X²	Σ Y²
		17,55	9,43	10,17	27,10	7,07

n	Σ X*Y	Σ X	Σ Y	Σ X ²	B	A ₀	A
15	10,17	17,55	9,43	27,10	-0,13	0,7817588	6,05

$$I = at^b$$

$$b = \frac{n(\sum X_i * Y_i) - \sum X_i * \sum Y_i}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

$$a_0 = \frac{\sum Y_i}{n} - \frac{B \sum X_i}{n}$$

$$r^2 = \frac{\left(\sum X_i * Y_i - \frac{\sum X_i * \sum Y_i}{n}\right)^2}{\left(\sum X_i^2 - \frac{(\sum X_i)^2}{n}\right) * \left(\sum Y_i^2 - \frac{(\sum Y_i)^2}{n}\right)}$$

Donde:

$$Y = \log I$$

$$X = \log.t_0$$

$$a = \text{antilog. } a_0$$

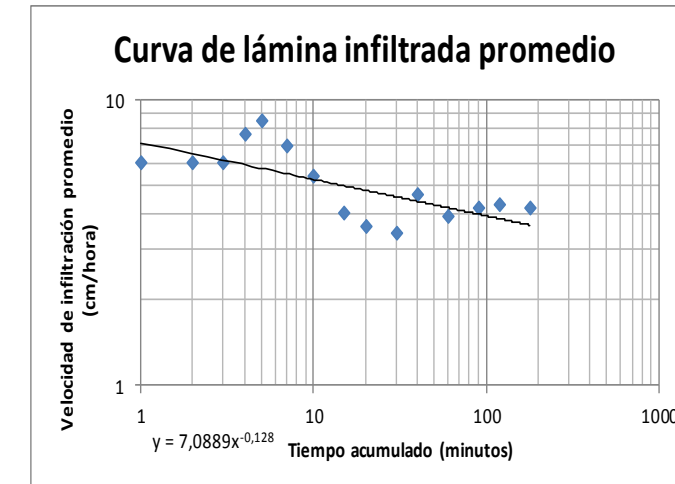
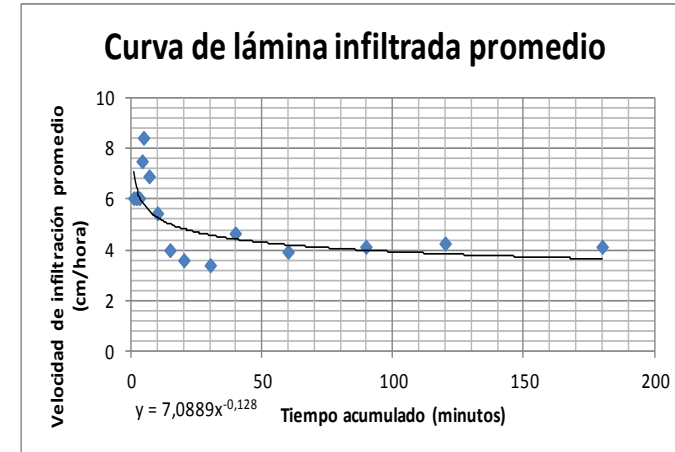
X media	Y media	B	A
1,1698286	0,628570136	-0,13094967	6,050047824

$$I = 6.05 T^{-0.13}$$

DATOS DE PRUEBA DE INFILTRACION CON ANILLOS

Campo:	Quinara - La Palmira - Siito de experimento del cultivo de Achira	Observador:	José Vicente Carrillo
Fecha:	Marzo 2012	Nº de prueba:	1
Método:	Cilindro infiltrómetro	Observaciones:	1
Textura	FoAcAo		

Hora	Tiempo (min)		Lectura (cm)	Lámina infiltrada (cm)		Velocidad de infiltración (cm/hora)	
	Parcial	Acumulado		Parcial	Acumulado	Instantánea	Promedio
9:27:00	0	0	10	0,00	0,00	0,00	0,00
9:28:00	1	1	9,9	0,10	0,10	6,00	6,00
9:29:00	1	2	9,8	0,10	0,20	6,00	6,00
9:30:00	1	3	9,7	0,10	0,30	6,00	6,00
9:31:00	1	4	9,5	0,20	0,50	12,00	7,50
9:32:00	1	5	9,3	0,20	0,70	12,00	8,40
9:34:00	2	7	9,2	0,10	0,80	3,00	6,86
9:37:00	3	10	9,1	0,10	0,90	2,00	5,40
9:42:00	5	15	9	0,10	1,00	1,20	4,00
9:47:00	5	20	8,8	0,20	1,20	2,40	3,60
9:57:00	10	30	8.3/10	0,50	1,70	3,00	3,40
10:07:00	10	40	8,6	1,40	3,10	8,40	4,65
10:27:00	20	60	7.8/10	0,80	3,90	2,40	3,90
10:57:00	30	90	7.7/10	2,30	6,20	4,60	4,13
11:27:00	30	120	7.7/10	2,30	8,50	4,60	4,25
12:27:00	60	180	6,1	3,90	12,40	3,90	4,13



ANEXO 7. Prueba de uniformidad del sistema de riego por aspersión

Nº	Evaluación de la uniformidad				Zonas con:	
	Altura lluvia	n	M	Xi-M	Déficit	Exceso
1	3,85	1	3,97	0,12	0	0
2	3,76	1	3,97	0,21	0	0
3	3,81	1	3,97	0,16	0	0
4	3,65	1	3,97	0,32	0	0
5	3,85	1	3,97	0,12	0	0
6	3,69	1	3,97	0,28	0	0
7	3,98	1	3,97	0,01	0	0
8	3,99	1	3,97	0,02	0	0
9	3,84	1	3,97	0,13	0	0
10	4,02	1	3,97	0,05	0	0
11	3,95	1	3,97	0,02	0	0
12	4	1	3,97	0,03	0	0
13	4,07	1	3,97	0,10	0	0
14	3,87	1	3,97	0,10	0	0
15	3,96	1	3,97	0,01	0	0
16	3,87	1	3,97	0,10	0	0
17	4,05	1	3,97	0,08	0	0
18	4,08	1	3,97	0,11	0	0
19	4,11	1	3,97	0,14	0	0
20	4,06	1	3,97	0,09	0	0
21	4,07	1	3,97	0,10	0	0
22	3,95	1	3,97	0,02	0	0
23	3,97	1	3,97	0,00	0	0
24	3,99	1	3,97	0,02	0	0
25	4,1	1	3,97	0,13	0	0
26	4,17	1	3,97	0,20	0	0
27	4,25	1	3,97	0,28	0	0
28	4,1	1	3,97	0,13	0	0
29	3,97	1	3,97	0,00	0	0
30	3,95	1	3,97	0,02	0	0
31	3,98	1	3,97	0,01	0	0
32	3,95	1	3,97	0,02	0	0
33	4,17	1	3,97	0,20	0	0
34	4,18	1	3,97	0,21	0	0
35	4,2	1	3,97	0,23	0	0
36	4,1	1	3,97	0,13	0	0
37	4,01	1	3,97	0,04	0	0
38	3,96	1	3,97	0,01	0	0
39	3,93	1	3,97	0,04	0	0
40	3,98	1	3,97	0,01	0	0
41	3,98	1	3,97	0,01	0	0
42	4,02	1	3,97	0,05	0	0
43	4,02	1	3,97	0,05	0	0
44	4,05	1	3,97	0,08	0	0
45	4,06	1	3,97	0,09	0	0
46	3,93	1	3,97	0,04	0	0
47	3,98	1	3,97	0,01	0	0
48	3,97	1	3,97	0,00	0	0
49	3,98	1	3,97	0,01	0	0
50	4	1	3,97	0,03	0	0
51	4,01	1	3,97	0,04	0	0
52	4,07	1	3,97	0,10	0	0
53	3,96	1	3,97	0,01	0	0
54	3,85	1	3,97	0,12	0	0
55	3,93	1	3,97	0,04	0	0
56	3,84	1	3,97	0,13	0	0
57	3,55	1	3,97	0,42	1	0
58	3,8	1	3,97	0,17	0	0
59	3,83	1	3,97	0,14	0	0
60	3,91	1	3,97	0,06	0	0
61		0	0,00	0,00	0	0
62		0	0,00	0,00	0	0
63		0	0,00	0,00	0	0
64		0	0,00	0,00	0	0
65		0	0,00	0,00	0	0
66		0	0,00	0,00	0	0
67		0	0,00	0,00	0	0
68		0	0,00	0,00	0	0
69		0	0,00	0,00	0	0
70		0	0,00	0,00	0	0
71		0	0,00	0,00	0	0
72		0	0,00	0,00	0	0

Suma	238,18	60	S (Xi-M)	5,60	1	0
M	3,97	n			Total	

CU 98
www.elregante.com

Separación entre hileras de 0 - 2 m	SI
Separación entre hileras de 2 -4 m	SI
Separación entre hileras de 4 - 6 m	SI
Separación entre hileras de > 6 m	SI

Datos de la evaluación

Ø Boquilla	2	P inicial	32	Ea	8
Q medio	0,07	P final	30,7	EI	8
T prueba	1	PN	30		

Resultados

U. Lateral	Admisible	IG	Fina
Pr	1,3	Efa	101

ANEXO 8. Secuencia del cálculo para el diseño del riego por aspersión en el área experimental

CALCULO HIDRAULICO DE CONDUCCION PRINCIPAL PARA EL AREA EXPERIMENTAL

Material propuesto: Tubería PVC E/C de 50 mm (0.80 Mpa)

Lugar: Area experimental para el cultivo de achira
Módulo: Parte final del sistema de riego La Palmira - sector La Cabrería
Propiedad: Sra Aurelia Macanchí
Cálculo a cargo de: José Vicente Carrillo (Ingeniero agrícola)
Fecha: 3 de febrero del 2012
Distancia total de la línea matriz: metros
Número de salidas de agua parcelas: 24 salidas
 1 Q captación máximo = 1,50 lit/seg

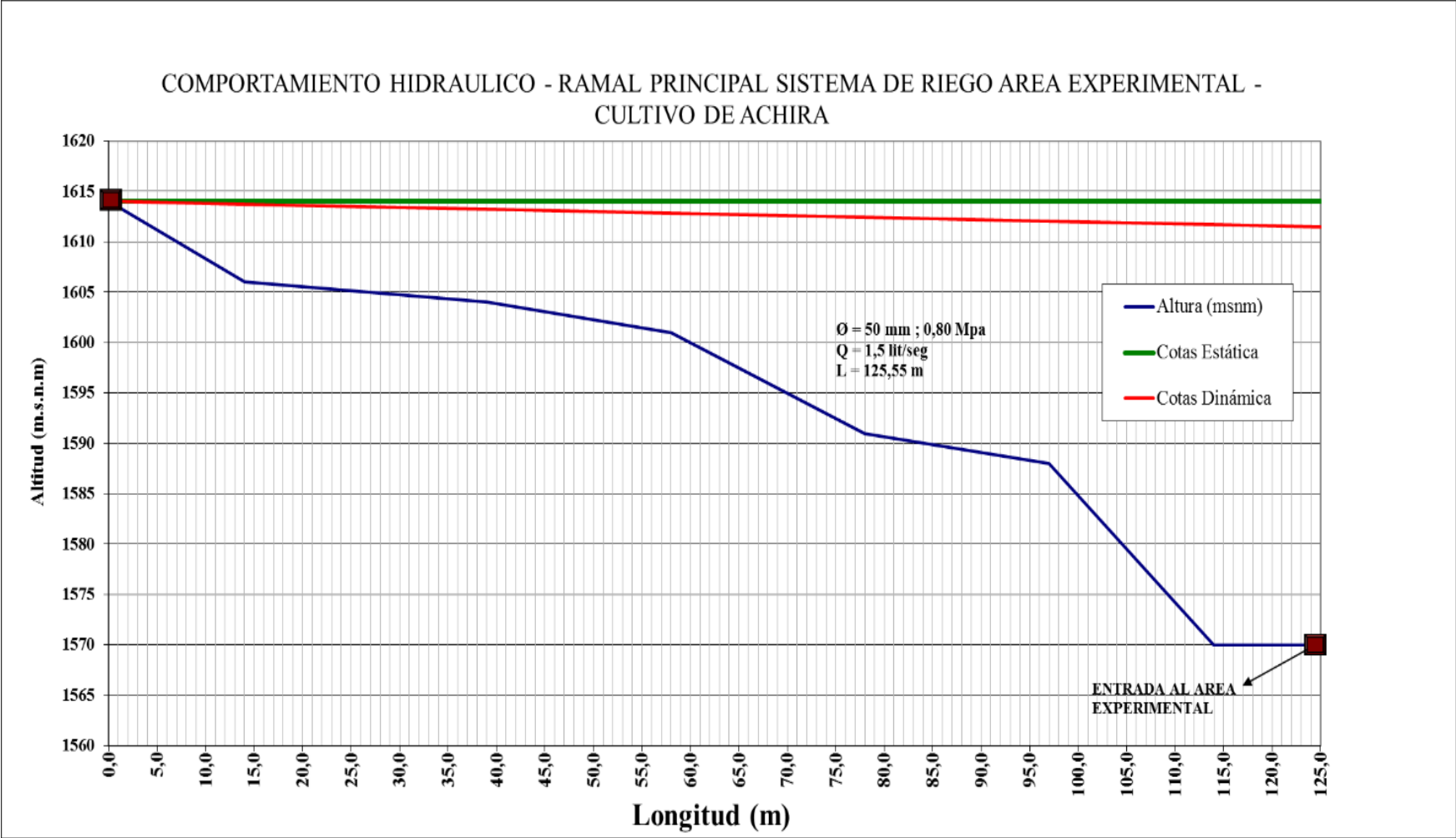
Tubería PVC de 50 mm x 0.80 Mpa	
Ø interno =	0,047
Q (m ³ /s) =	0,0015
J=	0,019905414

Velocidad (m/s)	
Area (m ²) =	0,001734945
Q (m ³ /s) =	0,0015
0,864580949	

TRAMO : CAJA REPARTIDORA AGUA SISTEMA RIEGOLA PALMIRA COTA 1614 HASTA AREA EXPERIMENTAL PROPIEDAD SRA. AURELIA MACANCHI

Punto	Distancia acumulada (m)	Distancia utilizada para cálculo (m)	Altura (msnm)	Caudal (l/s)	Diámetro (mm)	J (m/m)	Hf (m)	V (m/s)	Cotas		Presión		Especificaciones / Observaciones		Longitud de tubería (m)
									Estática	Dinámica	Estática	Dinámica	Generales	Especiales	
1	0,00	0,00	1614,00	1,50	50	0,019905	0,00	0,8646	1614,00	1614,00	0,00	0,00	Captación en caja de distribución final del sistema de riego La Palmira, propiedad de la Sra. Aurelia Macanchí		0,00
2	14,04	14,04	1606,00	1,50	50	0,019905	0,28	0,8646	1614,00	1613,72	8,00	7,72			14,04
3	39,54	39,54	1604,00	1,50	50	0,019905	0,79	0,8646	1614,00	1613,21	10,00	9,21			39,54
4	58,96	58,96	1601,00	1,50	50	0,019905	1,17	0,8646	1614,00	1612,83	13,00	11,83			58,96
5	78,07	78,07	1591,00	1,50	50	0,019905	1,55	0,8646	1614,00	1612,45	23,00	21,45			78,07
6	97,28	97,28	1588,00	1,50	50	0,019905	1,94	0,8646	1614,00	1612,06	26,00	24,06			97,28
7	114,37	114,37	1570,00	1,50	50	0,019905	2,28	0,8646	1614,00	1611,72	44,00	41,72			114,37
8	125,55	125,55	1570,00	1,50	50	0,019905	2,50	0,8646	1614,00	1611,50	44,00	41,50			125,55
														TOTAL	125,55

Características hidráulicas de la tubería principal del sistema de riego del área de ensayo, en relación con el perfil del terreno



Cálculo del comportamiento hidráulico de las redes de distribución del riego a lo interno del área experimental.

DISEÑO HIDRAULICO DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION EN LA PARCELA EXPERIMENTAL

1 Espaciamiento entre aspersores

$$Ea = 0,4 (\text{diámetro de cobertura})$$

Constante 0,5 asumido
 diámetro de cobertura (m) 15,5
 Ea = espaciamiento entre aspersores (m) 7,75 8

2 Espaciamiento entre laterales

$$El = 0,6 (\text{diámetro de cobertura})$$

Constante 0,6
 diámetro de cobertura (m) 15,5
 Ea = espaciamiento entre laterales (m) 9,3 9

3 Se asume un distanciamiento (m)

8x8

4 Precipitación horaria del aspersor

$$Phr = \frac{\text{Precipitación del aspersor}}{Ea * El}$$

Precipitación del aspersor (l/h) 296 se asume el mayor valor por seguridad
 Phr (mm/h) 4,1
 Infiltración básica (mm/h) 8
 Condición 4.1 > 8 OK

501 & 502



Codigo de colores - Uniformidad de distribución

- CU > 85%
- CU = 85-88%
- CU = 89-92%
- CU < 93%

Boquilla mm	P bar	Q l/h	D m	Precipitación (mm/h) Espaciamiento (m)							
				6x6	6x7	7x7	7x8	8x8	8x9		
501-U											
1.6	1.5	100	11.5	2.7	2.4	2.0	1.8	1.6	1.4		
	2.0	117	13.0	3.2	2.8	2.4	2.1	1.9	1.6		
	2.5	131	13.5	3.6	3.1	2.7	2.3	2.0	1.8		
	3.0	144	13.5	4.0	3.4	2.9	2.6	2.2	2.0	1.8	
	3.5	155	14.0	4.3	3.7	3.1	2.8	2.4	2.1	1.9	
1.8"											
	1.5	138	12.0	3.8	3.3	2.8	2.5	2.2	1.9	1.7	
	2.0	160	13.0	4.4	3.8	3.3	2.9	2.5	2.2	2.0	
	2.5	178	13.5	4.9	4.2	3.6	3.2	2.8	2.5	2.2	
	3.0	196	14.0	5.4	4.7	4.0	3.5	3.1	2.7	2.4	
	3.5	212	14.0	5.9	5.0	4.3	3.8	3.3	2.9	2.6	
2.0"											
	1.5	170	12.5	4.7	4.0	3.5	3.0	2.7	2.4	2.1	
	2.0	195	14.0	5.4	4.6	4.0	3.5	3.0	2.7	2.4	
	2.5	217	15.0	6.0	5.2	4.4	3.9	3.4	3.0	2.7	
	3.0	236	15.5	6.5	5.6	4.8	4.1	3.7	3.3	2.9	
	3.5	253	15.5	7.0	6.0	5.2	4.5	3.9	3.5	3.1	
2.2"											
	1.5	187	13.5	5.2	4.4	3.9	3.3	2.9	2.6	2.3	
	2.0	219	14.0	6.0	5.2	4.4	3.9	3.4	3.0	2.7	
	2.5	244	15.5	6.7	5.8	4.9	4.3	3.8	3.4	3.0	
	3.0	267	16.0	7.4	6.3	5.4	4.7	4.2	3.7	3.3	
	3.5	288	16.0	8.0	6.9	5.9	5.1	4.5	4.0	3.6	

* Boquilla standard

Información de pérdidas por longitud de la línea de conducción parcelaria

Presión estática de llegada antes del cabezal de riego 44,00 m.c.a.
 Pérdida de carga por fricción en el tramo de 125,5 2,50 m.c.a.
 Presión dinámica antes del cabezal de riego 41,50 m.c.a.
 Velocidad 0,86 m/s

Pérdidas de carga locales por accesorios del cabezal

	ζ	número	h = ζ(v ² /2g)
Codos de 90°	0,21	4	0,00791621 m.c.a.
Válvula de compuerta	0,26	1	0,00980102 m.c.a.
Filtro de anillas		1	0,43 m.c.a.
		Σ hf loc =	0,45 m.c.a.

dato tomado del catálogo

5 Diseño hidráulico del lateral

$$N^{\circ} \text{aspersores por lateral} = \frac{\text{Longitud de la línea lateral}}{\text{Espaciamiento entre aspersores}}$$

	Nº aspersores por lateral	Nº aspersores real
Longitud de la línea lateral 1 (m)	52,30	7
Longitud de la línea lateral 2 (m)	52,20	7
Longitud de la línea lateral 3 (m)	52,50	7
Longitud de la línea lateral 4 (m)	52,50	7

6 Longitud real de la tubería del lateral

$$\text{Longitud real de la tubería lateral} = N^{\circ} \text{aspersores por lateral} * Ea - \frac{Ea}{2}$$

Longitud de la línea lateral 1 (m)	48,3	44
Longitud de la línea lateral 2 (m)	48,2	44
Longitud de la línea lateral 3 (m)	48,5	44
Longitud de la línea lateral 4 (m)	48,5	44

7 Factor de salidas múltiples del lateral

Material a utilizar PVC = 1,76 (factor n)

Caso c = Cuando la distancia desde la entrada del lateral a la primera salida es Ea/2 (véase tabla más abajo)

Dato tomado de la tabla por interpolación:

	n	Factor F
Lateral 1	6	0,4048
Lateral 2	6	0,4048
Lateral 3	6	0,4048
Lateral 4	6	0,4048

Coeficientes F para laterales de Plástico (es parte de la tabla citada)			
Número de salidas (n)	Plástico (1,760)		
	F1 ^a	F2 ^b	F3 ^c
5	0,469	0,34	0,41
10	0,415	0,35	0,384
12	0,406	0,35	0,381
15	0,398	0,36	0,377
17			0,3754
20	0,389	0,36	0,373

1	0,4308
2	0,4256
3	0,4204
4	0,4152
5	0,41
6	0,4048
7	0,3996
8	0,3944
9	0,3892
10	0,384

$$Po = 41,05 \text{ m.c.a.}$$

8 Pérdida admisible

Po = 41,05

lateral a nivel

$Pérdida\ admisible = 0,2 * Po$

lateral bajando

$Pérdida\ admisible = 0,2 * Po + DZ$

lateral subiendo

$Pérdida\ admisible = 0,2 * Po - DZ$

9 Cálculo del caudal que debe transportar la tubería del lateral

SE ASUME EL MAYOR VALOR DEL CATALOGO
qe 0,253 m3/h

10 Pérdidas de carga en el lateral

$Hf\ lateral = hf * F$

$Caudal\ de\ la\ tubería\ del\ lateral = N^{\circ}\ de\ aspersores\ del\ lateral * qe$

Sub Módulo: PARCELA EXPERIMENTAL	
Desnivel (m)	Pérdida admisible
Lateral 1 Baja	1,8 10,01045655
Lateral 2 Baja	1,5 9,71045655
Lateral 3 Baja	1,75 9,96045655
Lateral 4 Baja	0,5 8,71045655

Tubería PVC de 50 mm x 0.80 Mpa	Tubería PVC de 50 mm x 0.80 Mpa	Tubería PVC de 40 mm x 100 Mpa	Tubería PVC de 40 mm x 100 Mpa	Tubería PVC de 32 mm x 125 Mpa	Tubería PVC de 25 mm x 160 Mpa
Ø interno = 0,047	Ø interno = 0,047	Ø interno = 0,047	Ø interno = 0,037	Ø interno = 0,029	Ø interno = 0,022
Q (m3/s) = 0,001518	Q (m3/s) = 0,001265	Q (m3/s) = 0,001012	Q (m3/s) = 0,000759	Q (m3/s) = 0,000506	Q (m3/s) = 0,000253
0,020349566	0,014523452	0,009611393	0,018097719	0,027997494	0,029819026

Sub Módulo: PARCELA EXPERIMENTAL	
m3/h	l/seg
Lateral 1	1,518 0,422
Lateral 2	1,518 0,422
Lateral 3	1,518 0,422
Lateral 4	1,518 0,422

		Sub Módulo: PARCELA EXPERIMENTAL					
		Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Tramo 5	Tramo 6
Lateral 1	L (m)	8,0	12,0	8,0	12,0	8,0	4,3
	Ø ext	25	32	40	40	50	50
	Ø int	22	29	37	37	47	47
	Q (m3/h)	0,25	0,51	0,76	1,01	1,27	1,52
	J/100m	0,24	0,34	0,14	0,12	0,12	0,09
	J/tramo	0,01908418	0,040316391	0,0115825	0,01384041	0,00929501	0,00376263
	Σ hf	0,10					
	Hf	0,04					
Lateral 2	L	8	12	8	12	8	4,2
	Ø ext	25	32	40	40	50	50
	Ø int	22	29	37	37	47	47
	Q (m3/h)	0,25	0,51	0,76	1,01	1,27	1,52
	J/100m	0,24	0,34	0,14	0,12	0,12	0,09
	J/tramo	0,01908418	0,040316391	0,0115825	0,01384041	0,00929501	0,00358966
	Σ hf	0,10					
	Hf	0,04					
Lateral 3	L	8,0	12,0	8,0	12,0	8,0	4,5
	Ø ext	25	32	40	40	50	50
	Ø int	22	29	37	37	47	47
	Q (m3/h)	0,25	0,51	0,76	1,01	1,27	1,52
	J/100m	0,24	0,34	0,14	0,12	0,12	0,09
	J/tramo	0,01908418	0,040316391	0,0115825	0,01384041	0,00929501	0,00412079
	Σ hf	0,10					
	Hf	0,04					
Lateral 4	L	8,0	12,0	8,0	12,0	8,0	4,5
	Ø ext	25	32	40	40	50	50
	Ø int	22	29	37	37	47	47
	Q (m3/h)	0,25	0,51	0,76	1,01	1,27	1,52
	J/100m	0,24	0,34	0,14	0,12	0,12	0,09
	J/tramo	0,01908418	0,040316391	0,0115825	0,01384041	0,00929501	0,00412079
	Σ hf	0,10					
	Hf	0,04					

11 Presión a la entrada del tubo lateral (**Pe**)

Altura del elevador 1.5 m
 Lateral sobre terreno plano $Pe = P_0 + \frac{3}{4} Hf \text{ lateral} + h \text{ elevador}$

Laterales con pendiente $Pe = P_0 + \frac{3}{4} Hf \text{ lateral} + h \text{ elevador} \pm \frac{Dz}{2}$

Si el lateral sube Dz es positivo

Si el lateral baja Dz es negativo

Submódulo PARCELA
EXPERIMENTAL

Lateral 1	B	41,68
Lateral 2	B	41,83
Lateral 3	B	41,71
Lateral 4	B	42,33

12 Presión distal o final del lateral (**Pd**)

Para terreno plano $Pd = P_0 - \frac{1}{4} Hf \text{ lateral} + h \text{ elevador}$ $Pd = Pe - Hf \text{ lateral}$

Para terreno con pendiente $Pd = P_0 - \frac{1}{4} Hf \text{ lateral} \pm \frac{Dz}{2}$

$Pd = Pe - Hf \text{ lateral} - h \text{ elevador} \pm Dz$

Si el lateral sube Dz es negativo

Si el lateral baja Dz es positivo

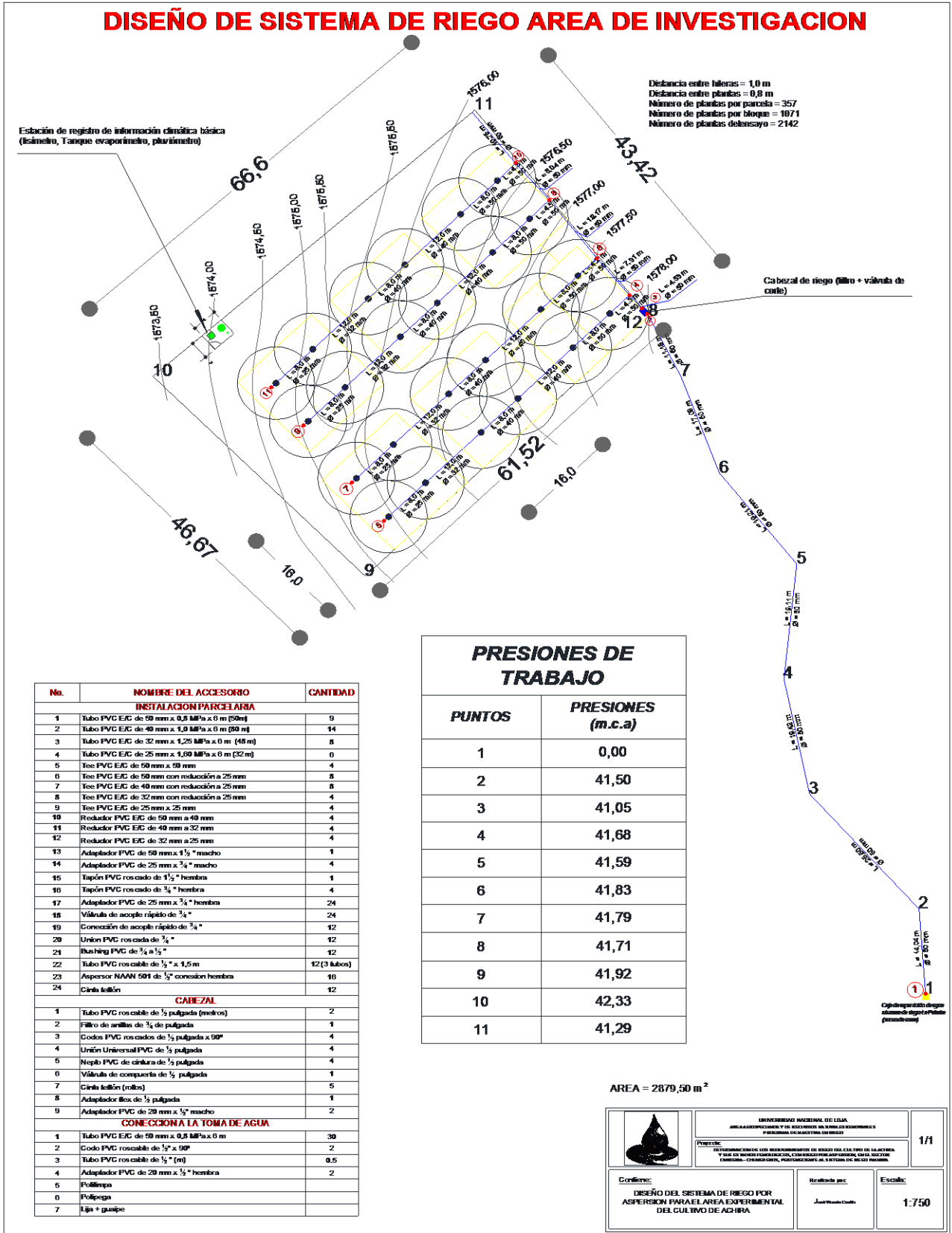
Submódulo PARCELA
EXPERIMENTAL

Lateral 1	B	41,94
Lateral 2	B	41,79
Lateral 3	B	41,92
Lateral 4	B	41,29

41,94
41,79
41,92
41,29

ANEXO 9. Detalles gráficos del diseño parcelario.

DISEÑO DE SISTEMA DE RIEGO AREA DE INVESTIGACION



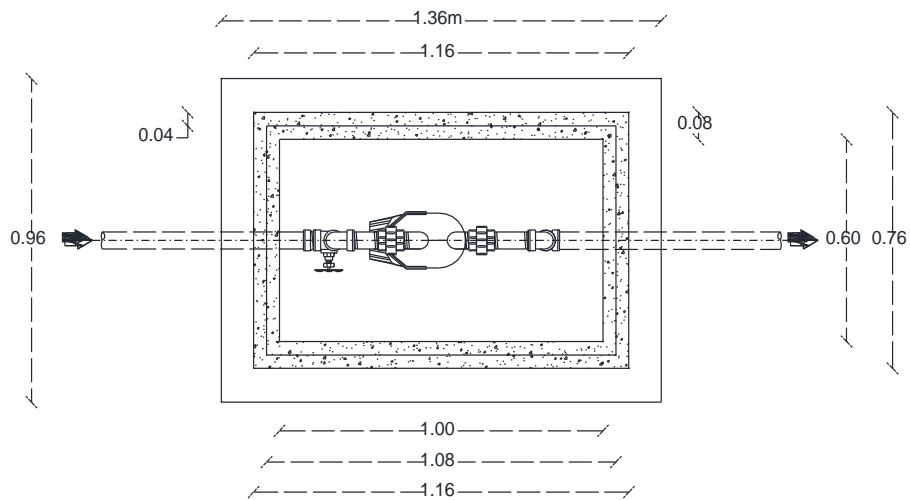
Nº.	NOMBRE DEL ACCESORIO	CANTIDAD
INSTALACION PARCELARIA		
1	Tubo PVC ECG de 50 mm x 0,8 MPa x 6 m (50m)	9
2	Tubo PVC ECG de 40 mm x 1,0 MPa x 6 m (50 m)	14
3	Tubo PVC ECG de 32 mm x 1,25 MPa x 6 m (48 m)	8
4	Tubo PVC ECG de 25 mm x 1,60 MPa x 6 m (32 m)	6
5	Tee PVC ECG de 50 mm x 50 mm	4
6	Tee PVC ECG de 50 mm con reducción a 25 mm	8
7	Tee PVC ECG de 40 mm con reducción a 25 mm	8
8	Tee PVC ECG de 32 mm con reducción a 25 mm	4
9	Tee PVC ECG de 25 mm x 25 mm	4
10	Reductor PVC ECG de 50 mm a 40 mm	4
11	Reductor PVC ECG de 40 mm a 32 mm	4
12	Reductor PVC ECG de 32 mm a 25 mm	4
13	Adaptador PVC de 50 mm x 1 1/2" macho	1
14	Adaptador PVC de 25 mm x 3/4" macho	4
15	Tapón PVC rosca de 1 1/2" hembra	1
16	Tapón PVC rosca de 3/4" hembra	4
17	Adaptador PVC de 25 mm x 3/4" hembra	24
18	Válvula de acople rápido de 3/4"	24
19	Corrección de acople rápido de 3/4"	12
20	Unión PVC rosca de 3/4"	12
21	Bushing PVC de 3/4" a 1/2"	12
22	Tubo PVC rosca de 1/2" x 1,5 m	12 (3 bloques)
23	Aspersor NAAN 500 de 1/2" conexión hembra	18
24	Cinta teñida	12
CABEZAL		
1	Tubo PVC rosca de 1/2" pulgada (metros)	2
2	Filtro de arilla de 3/2" de pulgada	1
3	Codos PVC rosca de 1/2" pulgada x 90°	4
4	Unión Universal PVC de 1/2" pulgada	4
5	Niple PVC de cintura de 1/2" pulgada	4
6	Válvula de compuerta de 1/2" pulgada	1
7	Cinta teñida (rollo)	5
8	Adaptador flex de 1/2" pulgada	1
9	Adaptador PVC de 20 mm x 1/2" macho	2
CONEXION A LA TOMA DE AGUA		
1	Tubo PVC ECG de 50 mm x 0,8 MPa x 6 m	30
2	Codo PVC rosca de 1/2" x 90°	2
3	Tubo PVC rosca de 1/2" (m)	0,5
4	Adaptador PVC de 20 mm x 1/2" hembra	2
5	Polepega	
6	Polepega	
7	Lija + guape	

PRESIONES DE TRABAJO	
PUNTOS	PRESIONES (m.c.a)
1	0,00
2	41,50
3	41,05
4	41,68
5	41,59
6	41,83
7	41,79
8	41,71
9	41,92
10	42,33
11	41,29

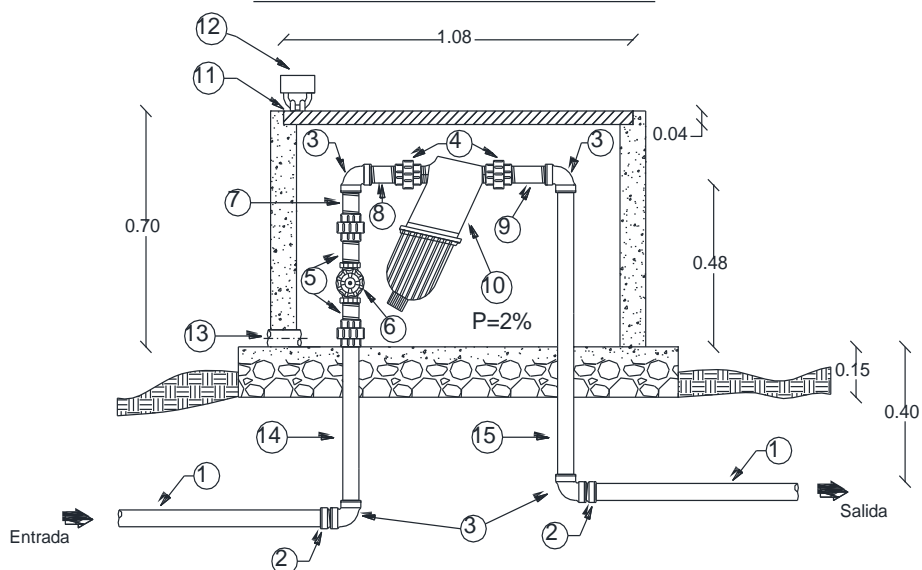
AREA = 2879,50 m²

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA ANEXO EXPERIMENTAL Y DE REGISTRO EN TUBOS DE REGISTRO Y PROGRAMAS DE INVESTIGACION EN RIEGO	1/1
	PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO PARA EL AREA EXPERIMENTAL DEL CULTIVO DE AGUICHA Y DEL DE RIEGO SUBSISTEMAS, CON SERVIDORES PARA RIEGO, DELA, SICTE, CIBERCOM - CIBERCOM, PORTADOCENTE AL SISTEMA DE REGISTRO	
Contiene: DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION PARA EL AREA EXPERIMENTAL DEL CULTIVO DE AGUICHA	Realizado por: Juan Manuel Cordero	Escala: 1:750

VISTA EN PLANTA



CORTE TRANSVERSAL



No.	NOMBRE DEL ACCESORIO	CANTIDAD
1	Tubo PVC E/C de 50mm x 0.8 MPa	variable
2	Adaptador PVC de 50mm x 1 1/2" macho	2
3	Codo PVC roscado de 1 1/2" x 90° R/C	4
4	Unión universal PVC de 1 1/2" hembra	4
5	Neplo PVC de 1 1/2" tubo roscable x 6cm (de cintura)	2
6	Válvula de compuerta R/W x 1 1/2"	1
7	Neplo PVC de 1 1/2" tubo roscable x 10cm	1
8	Neplo PVC de 1 1/2" tubo roscable x 12cm	1
9	Neplo PVC de 1 1/2" tubo roscable x 15cm	1
10	Filtro de anillas x 105 mesh x 1 1/2" conexión macho	1
11	Tapa de tool de 1.08 m x 0.68m	1
12	Candado de 40mm	1
13	Tubo PVC E/C de 50mm x 0.8MPa x 10cm	1
14	Neplo PVC de 1 1/2" tubo roscable x 42cm	1
15	Neplo PVC de 1 1/2" tubo roscable x 85cm	1

MATERIAL NECESARIO

f'c= 185 kg/cm²

Cemento	3 sacos de 50 Kg
Arena	0.20 m ³
Grava	0.30 m ³
Piedra	0.2 m ³

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA PROGRAMA DE MAESTRIA EN RIEGO - PROMAR		1/1
Proyecto: AREA EXPERIMENTAL PARA EL CULTIVO DE ACHIRA		
Contiene: DETALLE DE LA INSTALACIÓN DEL CABEZAL DE RIEGO	Realizado por: José Vicente Carrillo	Escala: 1:20

ANEXO 10. Resultados de la información por estadios fenológicos del cultivo de achira

FASE 0: BROTACIÓN DE YEMA															
FECHA DE SEGUIMIENTO	DESCRIPTOR DE FASE	NUMERO DE PLANTA DE SEGUIMIENTO										SUMA	PROMEDIO	%	OBSERVACIONES
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
1 de febrero 2012	Número hojas o brotes	Siembra general del area experimental										0,0	0,00	0,00%	-
8 de febrero 2012	Número hojas o brotes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,00	0,00%	-
11 de febrero 2012	Número hojas o brotes	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	3,0	0,30	30,00%	Inicio de fase
15 de febrero 2012	Número hojas o brotes	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	5,0	0,50	50,00%	Plenitud de fase
18 de febrero 2012	Número hojas o brotes	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10,0	1,00	100,00%	Fin de fase

FASE 1: DESARROLLO DE HOJAS DEL TALLO PRINCIPAL

FECHA DE SEGUIMIENTO	DESCRIPTOR DE FASE	NUMERO DE PLANTA DE SEGUIMIENTO										SUMA	PROMEDIO	%	OBSERVACIONES
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
1 de febrero 2012	Número de hojas	Siembra general del area experimental										0,0	0,00	0%	-
8 de febrero 2012	Número de hojas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,00	0%	-
11 de febrero 2012	Número de hojas	1	1	1	0	0	0	0	0	0	3,0	0,30	2%		
15 de febrero 2012	Número de hojas	1	1	1	0	0	1	0	0	1	5,0	0,50	4%		
18 de febrero 2012	Número de hojas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10,0	1,00	7%		
23 de febrero 2012	Número de hojas	1	1,5	1,5	1,5	1	2,5	1,5	1,5	1,5	15,0	1,50	11%		
1 de marzo 2012	Número de hojas	1	2,5	2	2,5	1,5	3,5	2,5	2,5	2,5	23,0	2,30	16%		
8 de marzo 2012	Número de hojas	1,5	2,5	2,5	2,5	2,5	3,5	2,5	3,5	3,5	27,0	2,70	19%	Inicio de fase	
13 de marzo 2012	Número de hojas	2	3,5	3	3,5	3,5	3	2,5	3	3,5	30,5	3,05	22%		
22 de marzo 2012	Número de hojas	2,5	4,5	3,5	3,5	3,5	3,5	2,5	3,5	4,5	35,0	3,50	25%		
29 de marzo 2012	Número de hojas	3,5	5,5	4,5	4,5	4,5	4,5	2,5	4,5	4,5	43,0	4,30	31%		
4 de abril 2012	Número de hojas	4,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	2,5	4,5	4,5	49,0	4,90	35%		
12 de abril 2012	Número de hojas	5,5	6,5	5,5	5,5	5,5	6,5	3,5	4,5	5,5	54,0	5,40	39%		
19 de abril 2012	Número de hojas	6	7,5	6,5	6,5	6,5	7,5	3,5	4,5	6,5	61,5	6,15	44%		
26 de abril 2012	Número de hojas	6,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	4,5	5,5	7,5	69,0	6,90	49%	Plenitud de fase	
1 de mayo 2012	Número de hojas	7,5	8,5	7,5	7,5	7,5	8,5	5,5	5,5	7,5	73,0	7,30	52%		
10 de mayo 2012	Número de hojas	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	9,5	6,5	6,5	9,5	83,0	8,30	59%		
17 de mayo 2012	Número de hojas	8,5	9,5	8,5	9,5	9,5	9,5	7,5	6,5	9,5	88,0	8,80	63%		
24 de mayo 2012	Número de hojas	9,5	9,5	9,5	9,5	10,5	10,5	7,5	7	11	93,5	9,35	67%		
31 de mayo 2012	Número de hojas	9,5	11	9,5	10,5	10,5	11	8,5	7,5	12	99,0	9,90	71%		
7 de junio 2012	Número de hojas	10,5	10,5	10,5	11,5	11,5	11,5	9,5	7,5	12,5	106,0	10,60	76%	Fin de fase	
14 de junio 2012	Número de hojas	11,5	11,5	11,5	12,5	12,5	12,5	10,5	9,5	12,0	115,5	11,55	83%		
21 de junio 2012	Número de hojas	12,5	12,0	11,5	12,5	13,5	13,5	10,5	9,0	12,0	118,5	11,85	85%		
28 de junio 2012	Número de hojas	13	13	13	14	15	13	12	9,5	13	124,5	12,45	89%		
5 de julio 2012	Número de hojas	14	14	14	13	15	13	13	9	12	128,5	12,85	92%		
12 de julio 2012	Número de hojas	15	13	15	13	15	13	14	9	12	131,0	13,10	94%		
20 de julio 2012	Número de hojas	15	13	15	13	15	14	15	9	12	135,0	13,50	97%		
26 de julio 2012	Número de hojas	15	13	16	13	15	14	15	9,5	12	129,5	12,95	93%		
1 de agosto 2012	Número de hojas	15	13	16	13	15	14	15	9	12	138,0	13,80	99%		
9 de agosto 2012	Número de hojas	15	13	16	13	15	14	15	9	12	138,0	13,80	99%		
15 de agosto 2012	Número de hojas	15	13	17	13	15	14	15	9	13	139,5	13,95	100%		
22 de agosto 2012	Número de hojas	15	13	16	13	15	14	15	9	12	138,0	13,80	99%		
29 de agosto 2012	Número de hojas	15	13	17	13	15	14	15	9	12	138,5	13,85	99%		
5 de septiembre 2012	Número de hojas	15	13	16	13	15	14	15	9	12	138,0	13,80	99%		
12 de septiembre 2012	Número de hojas	15	13	16	13	15	14	15	9	12	138,0	13,80	99%		

FASE 2: FORMACIÓN DE BROTES LATERALES O AHIJAMIENTO

FECHA DE SEGUIMIENTO	DESCRIPТОR DE FASE	NUMERO DE PLANTA DE SEGUIMIENTO										SUMA	PROMEDIO	%	OBSERVACIONES
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
1 de febrero 2012	Número hijuelos	Siembra general del area experimental										0,0	0,00	0%	-
8 de febrero 2012	Número hijuelos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,00	0%	-
11 de febrero 2012	Número hijuelos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,00	0%	
15 de febrero 2012	Número hijuelos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,00	0%	
18 de febrero 2012	Número hijuelos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,00	0%	
23 de febrero 2012	Número hijuelos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,00	0%	
1 de marzo 2012	Número hijuelos	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	3,0	0,30	1%	
8 de marzo 2012	Número hijuelos	0	2	3	0	0	0	1	0	1	7,0	0,70	2%		
13 de marzo 2012	Número hijuelos	0	2	3	0	1	0	0	1	0	1	8,0	0,80	2%	
22 de marzo 2012	Número hijuelos	0	2	3	1	2	1	1	1	0	1	12,0	1,20	3%	
29 de marzo 2012	Número hijuelos	0	2	4	1	3	1	2	1	0	1	15,0	1,50	4%	
4 de abril 2012	Número hijuelos	0	2	4	1	4	1	2	1	0	2	17,0	1,70	5%	
12 de abril 2012	Número hijuelos	0	2	5	1	4	1	2	1	0	2	18,0	1,80	5%	
19 de abril 2012	Número hijuelos	1	3	5	1	4	1	0	1	1	2	19,0	1,90	5%	
26 de abril 2012	Número hijuelos	1	3	5	1	4	1	2	1	1	2	21,0	2,10	6%	
1 de mayo 2012	Número hijuelos	2	3	5	1	4	1	2	1	1	3	23,0	2,30	6%	
10 de mayo 2012	Número hijuelos	2	4	5	2	4	2	3	3	1	3	29,0	2,90	8%	
17 de mayo 2012	Número hijuelos	2	4	5	2	3	3	3	3	3	3	31,0	3,10	9%	
24 de mayo 2012	Número hijuelos	2	4	5	2	4	3	3	3	3	3	32,0	3,20	9%	
31 de mayo 2012	Número hijuelos	3	5	7	2	5	3	4	3	4	3	39,0	3,90	11%	
7 de junio 2012	Número hijuelos	4	8	7	3	5	3	5	4	4	3	46,0	4,60	13%	
14 de junio 2012	Número hijuelos	4	10	7	5	6	3	5	4	5	3	52,0	5,20	15%	
21 de junio 2012	Número hijuelos	5	11	7	5	6	3	6	5	5	3	56,0	5,60	16%	
28 de junio 2012	Número hijuelos	6	11	8	5	6	5	6	6	7	5	65,0	6,50	18%	
5 de julio 2012	Número hijuelos	7	12	10	5	7	6	6	7	7	6	73,0	7,30	21%	Inicio de fase
12 de julio 2012	Número hijuelos	7	12	10	5	8	7	6	7	7	6	75,0	7,50	21%	
20 de julio 2012	Número hijuelos	10	13	10	8	11	7	8	8	7	8	90,0	9,00	25%	
26 de julio 2012	Número hijuelos	12	19	15	8	11	7	8	9	8	8	105,0	10,50	30%	
1 de agosto 2012	Número hijuelos	12	19	16	9	11	7	8	10	9	8	109,0	10,90	31%	
9 de agosto 2012	Número hijuelos	12	21	16	9	11	8	9	10	10	8	114,0	11,40	32%	
15 de agosto 2012	Número hijuelos	12	23	20	11	13	11	11	12	11	10	134,0	13,40	38%	
22 de agosto 2012	Número hijuelos	13	25	20	11	15	11	14	13	13	10	145,0	14,50	41%	
29 de agosto 2012	Número hijuelos	17	25	23	12	15	12	15	14	15	11	159,0	15,90	45%	
5 de septiembre 2012	Número hijuelos	18	26	24	14	17	14	16	14	16	11	170,0	17,00	48%	
12 de septiembre 2012	Número hijuelos	20	26	24	14	18	13	18	14	16	13	176,0	17,60	50%	Plenitud de la fase
19 de septiembre 2012	Número hijuelos	21	27	25	16	19	13	20	16	16	13	186,0	18,60	53%	
25 de septiembre 2012	Número hijuelos	21	27	25	16	19	13	20	16	16	13	186,0	18,60	53%	
3 de octubre 2012	Número hijuelos	23	30	29	17	19	15	21	16	18	15	203,0	20,30	57%	
10 de octubre 2012	Número hijuelos	23	33	29	17	19	16	22	18	20	16	213,0	21,30	60%	
17 de octubre 2012	Número hijuelos	23	33	30	17	21	16	22	21	20	16	219,0	21,90	62%	
27 de octubre 2012	Número hijuelos	23	35	32	18	23	16	22	25	23	18	235,0	23,50	66%	
24 de noviembre 2012	Número hijuelos	24	38	35	20	26	16	23	29	27	20	258,0	25,80	73%	
1 de diciembre 2012	Número hijuelos	24	39	35	22	28	19	24	30	29	21	271,0	27,10	77%	
15 de diciembre 2012	Número hijuelos	28	39	35	22	30	20	26	31	29	22	282,0	28,20	80%	Fin de la fase
22 de diciembre 2012	Número hijuelos	31	39	35	23	32	21	29	32	30	24	296,0	29,60	84%	
29 de diciembre 2012	Número hijuelos	33	44	36	25	33	21	32	34	30	26	314,0	31,40	89%	
5 de enero 2013	Número hijuelos	34	45	36	25	33	23	35	35	30	27	323,0	32,30	91%	
19 de enero 2013	Número hijuelos	37	46	37	26	33	25	38	37	31	29	339,0	33,90	96%	
2 de febrero 2013	Número hijuelos	39	46	39	30	35	25	39	38	33	30	354,0	35,40	100%	

FASE 3: CRECIMIENTO LONGITUDINAL DEL TALLO PRINCIPAL, DESARROLLO DE BROTES O HIJUELOS

FECHA DE SEGUIMIENTO	DESCRIPTOR DE FASE	NUMERO DE PLANTA DE SEGUIMIENTO										SUMA	PROMEDIO	%	OBSERVACIONES
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
1 de febrero 2012	Altura de planta (cm)	Siembra general del area experimental										0,0	0,00	0%	-
8 de febrero 2012	Altura de planta (cm)	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	3,0	0,30	0%	-
11 de febrero 2012	Altura de planta (cm)	1,0	3,0	0,0	1,0	1,0	2,0	3,0	1,0	1,0	1,0	14,0	1,40	2%	
15 de febrero 2012	Altura de planta (cm)	3,0	6,0	2,0	4,0	3,0	4,0	5,0	4,0	4,0	3,0	38,0	3,80	5%	
18 de febrero 2012	Altura de planta (cm)	6,0	15,0	7,5	12,0	10,0	13,0	16,0	15,0	15,0	12,0	121,5	12,15	16%	
23 de febrero 2012	Altura de planta (cm)	3,0	13,0	19,0	20,0	21,0	22,0	28,0	30,0	29,0	18,0	203,0	20,30	27%	Inicio de fase
1 de marzo 2012	Altura de planta (cm)	6,0	18,0	20,0	25,0	22,0	28,0	27,0	28,0	35,0	22,0	231,0	23,10	31%	
8 de marzo 2012	Altura de planta (cm)	14,0	25,0	22,5	42,0	25,0	37,0	26,0	26,0	42,0	26,0	263,0	26,30	36%	
13 de marzo 2012	Altura de planta (cm)	18,0	26,0	23,0	42,0	28,0	30,0	26,0	26,0	42,0	28,0	289,0	28,90	39%	
22 de marzo 2012	Altura de planta (cm)	31,0	27,0	25,0	42,0	31,0	26,0	27,0	26,0	44,0	31,0	310,0	31,00	42%	
29 de marzo 2012	Altura de planta (cm)	31,0	33,0	31,0	41,0	31,0	39,0	26,0	26,0	45,0	35,0	338,0	33,80	46%	
4 de abril 2012	Altura de planta (cm)	37,4	35,0	29,5	44,0	40,0	46,0	26,0	30,0	46,5	33,0	367,4	36,74	50%	Plenitud de la fase
12 de abril 2012	Altura de planta (cm)	32,0	39,5	31,0	43,0	38,5	43,0	24,0	22,0	50,0	37,0	321,5	32,15	43%	
19 de abril 2012	Altura de planta (cm)	37,0	40,0	30,0	47,0	43,0	44,0	29,0	23,5	52,0	34,0	356,0	35,60	48%	
26 de abril 2012	Altura de planta (cm)	41,5	43,0	30,0	48,0	47,0	46,0	33,0	29,0	61,0	41,0	419,5	41,95	57%	
1 de mayo 2012	Altura de planta (cm)	46,0	41,0	30,0	47,5	43,0	44,0	26,0	32,0	65,0	44,0	418,5	41,85	57%	
10 de mayo 2012	Altura de planta (cm)	48,0	45,0	34,0	51,0	50,0	53,0	30,0	38,0	61,0	42,0	452,0	45,20	61%	
17 de mayo 2012	Altura de planta (cm)	49,0	44,0	38,0	52,0	50,0	55,0	41,0	39,0	60,0	46,0	474,0	47,40	64%	
24 de mayo 2012	Altura de planta (cm)	49,0	49,0	38,0	53,0	52,0	54,0	46,0	36,5	65,0	50,0	456,0	45,60	62%	
31 de mayo 2012	Altura de planta (cm)	50,0	45,0	34,0	53,0	56,0	52,0	40,0	34,0	73,0	44,0	481,0	48,10	65%	
7 de junio 2012	Altura de planta (cm)	53,0	49,0	46,0	56,0	63,0	54,0	56,0	34,0	73,0	46,0	530,0	53,00	72%	
14 de junio 2012	Altura de planta (cm)	57,0	43,0	49,0	56,0	66,0	55,0	52,0	34,0	95,0	46,0	553,0	55,30	75%	
21 de junio 2012	Altura de planta (cm)	57,0	45,0	44,0	60,5	68,0	64,0	60,0	33,0	100,0	47,0	518,0	51,80	70%	
28 de junio 2012	Altura de planta (cm)	57,5	41,0	42,0	60,0	71,0	77,0	52,0	31,0	98,0	51,0	580,5	58,05	78%	Fin de la fase
5 de julio 2012	Altura de planta (cm)	65,0	52,0	45,0	76,0	76,0	85,0	65,0	32,0	104,0	52,0	652,0	65,20	88%	
12 de julio 2012	Altura de planta (cm)	68,0	53,0	60,0	85,0	87,0	75,0	59,0	30,0	97,0	52,0	666,0	66,60	90%	
20 de julio 2012	Altura de planta (cm)	75,0	44,0	65,0	80,0	110,0	85,0	72,0	26,0	95,0	56,0	708,0	70,80	96%	
26 de julio 2012	Altura de planta (cm)	79,0	50,0	63,0	78,0	106,0	80,0	58,0	22,0	95,0	58,0	689,0	68,90	93%	
1 de agosto 2012	Altura de planta (cm)	94,0	50,0	62,0	77,0	100,0	75,0	68,0	22,0	96,0	57,0	701,0	70,10	95%	
9 de agosto 2012	Altura de planta (cm)	95,0	83,0	72,0	76,0	104,0	75,0	64,0	22,0	94,0	58,0	743,0	74,30	100%	
15 de agosto 2012	Altura de planta (cm)	93,0	35,0	66,0	76,0	104,0	75,0	76,0	22,0	92,0	59,0	698,0	69,80	94%	
22 de agosto 2012	Altura de planta (cm)	91,0	33,0	74,0	74,0	103,0	76,0	98,0	17,0	88,0	73,0	727,0	72,70	98%	
29 de agosto 2012	Altura de planta (cm)	92,0	33,0	81,0	76,0	105,0	73,0	109,0	16,0	84,0	69,0	738,0	73,80	100%	
5 de septiembre 2012	Altura de planta (cm)	92,0	32,0	82,0	74,0	105,0	74,0	105,0	16,0	83,0	68,0	731,0	73,10	99%	
12 de septiembre 2012	Altura de planta (cm)	92,0	32,0	90,0	74,0	104,0	73,0	111,0	13,0	84,0	67,0	740,0	74,00	100%	
19 de septiembre 2012	Altura de planta (cm)	91,0	32,0	105,0	-	103,0	70,0	109,0	-	-	66,0	576,0	57,60	78%	
25 de septiembre 2012	Altura de planta (cm)	91,0	32,0	105,0	-	103,0	70,0	109,0	-	-	66,0	576,0	57,60	78%	
3 de octubre 2012	Altura de planta (cm)	87,0	32,0	107,0	-	96,0	-	104,0	-	-	69,0	495,0	49,50	67%	
10 de octubre 2012	Altura de planta (cm)	88,0	-	107,0	-	-	-	103,0	-	-	64,0	362,0	36,20	49%	
17 de octubre 2012	Altura de planta (cm)	87,0	-	105,0	-	-	-	103,0	-	-	68,0	363,0	36,30	49%	

FASE 4: DESARROLLO FOLIAR DE LOS HIJUELOS - número de hojas - (hijuelo tres)

FECHA DE SEGUIMIENTO	DESCRIPTOR DE FASE	NUMERO DE PLANTA DE SEGUIMIENTO										SUMA	PROMEDIO	%	OBSERVACIONES	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					
1 de febrero 2012	Altura de planta (cm)	Siembra general del area experimental										0,0	0,00	0%		0,00%
8 de febrero 2012	Altura de planta (cm)											0,0	0,00	0%		0,00%
11 de febrero 2012	Altura de planta (cm)											0,0	0,00	0%		0,00%
15 de febrero 2012	Altura de planta (cm)											0,0	0,00	0%		0,00%
18 de febrero 2012	Altura de planta (cm)											0,0	0,00	0%		0,00%
23 de febrero 2012	Altura de planta (cm)											0,0	0,00	0%		0,00%
1 de marzo 2012	Altura de planta (cm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0%		0,00%
8 de marzo 2012	Altura de planta (cm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0%		0,30%
13 de marzo 2012	Altura de planta (cm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0%		1,04%
22 de marzo 2012	Altura de planta (cm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0%		1,63%
29 de marzo 2012	Altura de planta (cm)	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,10	1%		4,58%
4 de abril 2012	Altura de planta (cm)	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,20	2%		5,90%
12 de abril 2012	Altura de planta (cm)	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	0,40	3%		9,88%
19 de abril 2012	Altura de planta (cm)	0	1	5,5	0	0	0	0	0	0	0	6,5	0,65	6%		13,40%
26 de abril 2012	Altura de planta (cm)	0	1,5	6,5	0	0	0	0	0	0	0	8,0	0,80	7%		17,83%
1 de mayo 2012	Altura de planta (cm)	0	2,5	6,5	0	0	0	0	0	0	0	9,0	0,90	8%	Inicio de fase	21,07%
10 de mayo 2012	Altura de planta (cm)	0	3,5	8,5	0	0	0	0	0	0	0	12,0	1,20	10%		25,63%
17 de mayo 2012	Altura de planta (cm)	0	3,5	8,5	0	0	0	1	0	0	0	13,0	1,30	11%		28,28%
24 de mayo 2012	Altura de planta (cm)	0	4,5	9,5	0	0	0	1,5	1,5	0	0	17,0	1,70	14%		33,12%
31 de mayo 2012	Altura de planta (cm)	0	5,5	11	0	1	0	2,5	2,5	1	0	23,0	2,30	20%		38,38%
7 de junio 2012	Altura de planta (cm)	0	6,5	11	0	1	0	3,5	3,5	1,5	0	26,5	2,65	23%		42,33%
14 de junio 2012	Altura de planta (cm)	1,5	7,5	12	0	2,5	0	4,5	4,5	2,5	0	34,5	3,45	29%		46,23%
21 de junio 2012	Altura de planta (cm)	2,5	7,5	13	1	3,5	0	5,5	5,5	3,5	0	41,5	4,15	35%	Plenitud de fase	53,25%
28 de junio 2012	Altura de planta (cm)	3,5	8,5	14	1,5	4,5	1	6,5	6,5	4,5	1	51,0	5,10	43%		61,28%
5 de julio 2012	Altura de planta (cm)	3,5	9,5	15	2,5	5,5	2,5	6,5	6,5	5,5	1,5	58,0	5,80	49%		66,97%
12 de julio 2012	Altura de planta (cm)	4,5	9,5	16	3,5	5,5	2,5	7,5	7,5	6,5	2,5	65,0	6,50	55%		71,92%
20 de julio 2012	Altura de planta (cm)	5,5	9,5	16	4,5	6,5	3,5	9,5	7,5	7,5	3,5	73,5	7,35	63%		78,48%
26 de julio 2012	Altura de planta (cm)	6,5	11	16	4,5	6,5	4,5	9,5	7,5	8,5	4,5	78,5	7,85	67%	Fin de fase	79,16%
1 de agosto 2012	Altura de planta (cm)	7,5	13	16	5,5	7,5	5,5	9,5	7,5	9,5	4,5	85,5	8,55	73%		85,59%
9 de agosto 2012	Altura de planta (cm)	8,5	13	16	6,5	8,5	5,5	11	9,5	9,5	5,5	92,5	9,25	79%		89,50%
15 de agosto 2012	Altura de planta (cm)	8,5	13	16	7,5	9,5	6,5	12	9,5	10	5,5	97,0	9,70	83%		91,07%
22 de agosto 2012	Altura de planta (cm)	9,5	13	16	8,5	11	7,5	12	9,5	10	6,5	102,0	10,20	87%		93,08%
29 de agosto 2012	Altura de planta (cm)	9,5	13	16	8,5	11	7,5	12	12	10	6,5	104,0	10,40	89%		94,69%
5 de septiembre 2012	Altura de planta (cm)	9,5	13	16	9,5	11	8,5	12	11,5	10	7,5	107,5	10,75	91%		96,27%
12 de septiembre 2012	Altura de planta (cm)	9,5	13	16	11	11	9,5	12	11,5	10	8,5	110,5	11,05	94%		97,42%
19 de septiembre 2012	Altura de planta (cm)	9,5	13	16	11	11	9,5	12	11,5	10	9,5	111,5	11,15	95%		98,30%
25 de septiembre 2012	Altura de planta (cm)	9,5	13	16	11	11	9,5	12	11,5	10	9,5	111,5	11,15	95%		98,30%
3 de octubre 2012	Altura de planta (cm)	9,5	13	16	11	11	12	12	11,5	10	12	115,5	11,55	98%		99,43%
10 de octubre 2012	Altura de planta (cm)	9,5	13	16	11	11	12	12	11,5	10	12,5	116,5	11,65	99%		99,72%
17 de octubre 2012	Altura de planta (cm)	9,5	13	16	11	11	12	12	11,5	10	13,5	117,5	11,75	100%		100,00%

FASE 5: EMERGENCIA DE LA INFLORESCENCIA EN EL TALLO PRINCIPAL

FECHA DE SEGUIMIENTO	DESCRIPTOR DE FASE	NUMERO DE PLANTA DE SEGUIMIENTO										SUMA	PROMEDIO	%	OBSERVACIONES
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
1 de febrero 2012	Formación de botón floral	Siembra general del area experimental										0,0	0,00	0%	-
31 de mayo 2012	Formación de botón floral	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,00	0%	
7 de junio 2012	Formación de botón floral	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1,0	0,10	10%	
14 de junio 2012	Formación de botón floral	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1,0	0,10	10%	
21 de junio 2012	Formación de botón floral	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	2,0	0,20	20%	Inicio de fase
28 de junio 2012	Formación de botón floral	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	3,0	0,30	30%	
5 de julio 2012	Formación de botón floral	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	4,0	0,40	40%	
12 de julio 2012	Formación de botón floral	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	5,0	0,50	50%	Plenitud de la fase
20 de julio 2012	Formación de botón floral	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	6,0	0,60	60%	
26 de julio 2012	Formación de botón floral	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	6,0	0,60	60%	
1 de agosto 2012	Formación de botón floral	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	6,0	0,60	60%	
9 de agosto 2012	Formación de botón floral	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	7,0	0,70	70%	Fin de la fase
15 de agosto 2012	Formación de botón floral	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10,0	1,00	100%	

FASE 6: FLORACIÓN DEL TALLO (tomando en cuenta las 10 plantas de seguimiento)

FECHA DE SEGUIMIENTO	DESCRIPTOR DE FASE	NUMERO DE PLANTA DE SEGUIMIENTO										SUMA	PROMEDIO	%	OBSERVACIONES
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
1 de febrero 2012	Emergencia de la inflorescencia	Siembra general del area experimental										0,0	0,00	0%	-
31 de mayo 2012	Emergencia de la inflorescencia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,00	0%	
7 de junio 2012	Emergencia de la inflorescencia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,00	0%	
14 de junio 2012	Emergencia de la inflorescencia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,00	0%	
21 de junio 2012	Emergencia de la inflorescencia	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1,0	0,10	10%	
28 de junio 2012	Emergencia de la inflorescencia	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1,0	0,10	10%	
5 de julio 2012	Emergencia de la inflorescencia	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	3,0	0,30	30%	Inicio de fase
12 de julio 2012	Emergencia de la inflorescencia	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	3,0	0,30	30%	
20 de julio 2012	Emergencia de la inflorescencia	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	4,0	0,40	40%	
26 de julio 2012	Emergencia de la inflorescencia	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	4,0	0,40	40%	
1 de agosto 2012	Emergencia de la inflorescencia	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	4,0	0,40	40%	
9 de agosto 2012	Emergencia de la inflorescencia	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	5,0	0,50	50%	Plenitud de la fase
15 de agosto 2012	Emergencia de la inflorescencia	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	6,0	0,60	60%	
22 de agosto 2012	Emergencia de la inflorescencia	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	6,0	0,60	60%	
29 de agosto 2012	Emergencia de la inflorescencia	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	7,0	0,70	70%	
5 de septiembre 2012	Emergencia de la inflorescencia	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	7,0	0,70	70%	Fin de la fase
12 de septiembre 2012	Emergencia de la inflorescencia	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	9,0	0,90	90%	
19 de septiembre 2012	Emergencia de la inflorescencia	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10,0	1,00	100%	

FASE 7: DESARROLLO DEL FRUTO

FECHA DE SEGUIMIENTO	DESCRIPTOR DE FASE	NUMERO DE PLANTA DE SEGUIMIENTO										SUMA	PROMEDIO	%	OBSERVACIONES
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
1 de febrero 2012	Desarrollo del fruto	Siembra general del area experimental										0,0	0,00	0%	-
21 de junio 2012	Desarrollo del fruto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,00	0%	
28 de junio 2012	Desarrollo del fruto	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1,0	0,10	10%	
5 de julio 2012	Desarrollo del fruto	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1,0	0,10	10%	
12 de julio 2012	Desarrollo del fruto	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1,0	0,10	10%	
20 de julio 2012	Desarrollo del fruto	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	3,0	0,30	30%	Inicio de la fase
26 de julio 2012	Desarrollo del fruto	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	3,0	0,30	30%	
1 de agosto 2012	Desarrollo del fruto	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	3,0	0,30	30%	
9 de agosto 2012	Desarrollo del fruto	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	5,0	0,50	50%	Plenitud de la fase
15 de agosto 2012	Desarrollo del fruto	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	7,0	0,70	70%	
22 de agosto 2012	Desarrollo del fruto	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	7,0	0,70	70%	
29 de agosto 2012	Desarrollo del fruto	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	8,0	0,80	80%	Fin de la fase
5 de septiembre 2012	Desarrollo del fruto	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	9,0	0,90	90%	
12 de septiembre 2012	Desarrollo del fruto	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	9,0	0,90	90%	
19 de septiembre 2012	Desarrollo del fruto	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	9,0	0,90	90%	
25 de septiembre 2012	Desarrollo del fruto	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	9,0	0,90	90%	
3 de octubre 2012	Desarrollo del fruto	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10,0	1,00	100%	

FASE 8: MADURACIÓN DE FRUTOS Y SEMILLAS

FECHA DE SEGUIMIENTO	DESCRIPTOR DE FASE	NUMERO DE PLANTA DE SEGUIMIENTO										SUMA	PROMEDIO	%	OBSERVACIONES
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
1 de febrero 2012	Maduración de frutos y semillas	Siembra general del area experimental										0,0	0,00	0%	-
5 de julio 2012	Maduración de frutos y semillas	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1,0	0,10	10%	
12 de julio 2012	Maduración de frutos y semillas	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1,0	0,10	10%	
20 de julio 2012	Maduración de frutos y semillas	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1,0	0,10	10%	
26 de julio 2012	Maduración de frutos y semillas	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2,0	0,20	20%	Inicio de la fase
1 de agosto 2012	Maduración de frutos y semillas	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2,0	0,20	20%	
9 de agosto 2012	Maduración de frutos y semillas	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	4,0	0,40	40%	
15 de agosto 2012	Maduración de frutos y semillas	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	5,0	0,50	50%	Plenitud de la fase
22 de agosto 2012	Maduración de frutos y semillas	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	5,0	0,50	50%	
29 de agosto 2012	Maduración de frutos y semillas	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	5,0	0,50	50%	
5 de septiembre 2012	Maduración de frutos y semillas	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	5,0	0,50	50%	
12 de septiembre 2012	Maduración de frutos y semillas	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	5,0	0,50	50%	
19 de septiembre 2012	Maduración de frutos y semillas	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	8,0	0,80	80%	Fin de la fase
25 de septiembre 2012	Maduración de frutos y semillas	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9,0	0,90	90%	
3 de octubre 2012	Maduración de frutos y semillas	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9,0	0,90	90%	
10 de octubre 2012	Maduración de frutos y semillas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10,0	1,00	100%	
17 de octubre 2012	Maduración de frutos y semillas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10,0	1,00	100%	

ANEXO 11. Información climática diaria procesada de la estación climática ordinaria de Quinara – INAMHI.

REGISTROS DIARIOS DE PARAMETROS CLIMATICOS

ESTACIÓN: Quinara

PARAMETRO: Velocidad del viento (m/s)

LATITUD: 04°18'50" S (geográficas) 9522951,771 N (UTM)

AÑO: 2012 y enero 2013

LONGITUD: 79°14'36" W (geográfica) 694953,3243 E (UTM)

ELEVACIÓN: 1559 msnm

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO
1	1,8	1,0	5,7	6,3	3,0	9,4	12,0	12,0	13,1	8,3	4,2	3,3	2,8
2	3,0	0,5	5,0	4,5	8,1	9,0	11,6	7,8	15,9	5,6	4,9	3,0	3,0
3	1,5	0,3	8,2	4,4	7,5	6,0	8,6	4,6	11,5	4,7	2,8	3,1	2,1
4	1,6	0,7	3,9	2,2	4,6	4,1	6,5	14,0	12,3	4,2	3,2	2,8	6,0
5	1,6	1,0	2,2	1,8	3,2	7,1	6,3	11,7	13,0	1,8	1,8	2,9	6,6
6	1,1	1,7	1,4	1,0	4,8	12,8	12,6	11,0	14,6	1,3	1,6	3,7	5,9
7	1,7	2,1	6,5	1,9	6,9	17,3	19,0	9,0	15,8	3,2	1,8	1,8	8,9
8	3,1	2,3	11,4	0,2	8,9	15,2	17,4	13,5	16,7	8,2	3,2	2,8	8,6
9	2,3	1,3	11,4	1,3	5,4	16,8	13,3	15,5	12,3	6,2	4,9	4,4	6,6
10	1,5	1,0	8,9	1,6	5,8	19,8	11,5	13,4	9,1	2,2	2,2	1,7	5,7
11	1,4	0,6	9,0	1,7	2,9	13,3	7,4	9,7	10,9	2,1	4,0	2,7	3,9
12	1,9	1,4	7,9	1,0	2,7	10,7	5,5	4,5	14,4	1,3	4,9	1,1	3,3
13	2,1	2,8	8,1	1,3	1,9	11,9	11,3	12,9	14,6	5,1	3,8	2,4	2,1
14	1,3	1,2	9,1	2,1	3,5	12,1	14,3	11,7	12,6	4,9	4,6	2,4	2,0
15	1,6	2,1	6,7	2,2	5,5	6,5	15,8	7,3	13,0	3,0	2,4	2,6	1,9
16	1,7	1,0	5,3	1,2	4,6	5,9	16,2	3,7	6,9	1,9	1,1	2,8	2,3
17	0,9	1,6	4,2	1,1	3,5	7,1	14,3	10,3	6,1	0,4	2,9	2,1	1,3
18	2,0	1,0	1,5	1,5	1,9	7,2	16,2	10,7	8,1	1,6	3,8	3,1	3,5
19	2,3	0,9	1,2	2,3	0,7	3,7	17,1	11,0	10,1	1,6	3,2	1,6	3,2
20	1,0	1,8	1,0	2,9	1,4	5,2	13,0	7,5	6,2	1,6	2,7	1,8	5,4
21	3,0	1,5	2,3	2,8	1,7	5,2	15,3	9,1	7,8	2,2	2,4	1,7	2,7
22	1,5	0,8	3,6	1,2	1,3	7,9	15,7	10,6	4,7	1,7	1,8	1,6	1,3
23	2,1	2,2	2,0	4,8	3,4	6,4	13,8	8,5	7,3	2,0	1,4	6,9	1,1
24	3,6	1,4	2,4	4,2	4,4	6,2	13,8	6,5	3,1	0,5	1,8	4,2	0,6
25	2,0	2,1	1,3	3,5	5,7	3,9	17,8	10,4	8,0	6,0	1,6	1,9	0,9
26	1,3	1,1	1,3	2,0	5,4	10,6	19,1	17,9	15,6	9,2	2,4	1,1	1,2
27	0,5	0,4	1,4	1,1	3,9	8,7	12,3	10,2	12,7	16,2	3,6	2,7	1,6
28	1,2	0,8	5,1	1,0	8,4	5,3	10,1	11,9	11,7	14,6	3,2	4,5	1,7
29	0,6	2,5	10,0	0,5	13,4	5,8	6,7	14,4	15,9	8,1	1,9	4,4	3,4
30	0,3		14,6	2,6	12,2	5,5	9,2	11,0	12,8	1,4	3,9	1,8	5,6
31	0,8		9,4		11,0		16,2	14,5		2,5		3,4	5,6

DECADAS

1°	1,9	1,2	6,5	2,5	5,8	11,8	11,9	11,2	13,4	4,6	3,1	2,9	5,6
2°	1,6	1,4	5,4	1,7	2,9	8,3	13,1	8,9	10,3	2,3	3,3	2,3	2,9
3°	1,5	1,4	4,9	2,4	6,4	6,5	13,6	11,3	10,0	5,9	2,4	3,1	2,3

Media	1,7	1,3	5,6	2,2	5,1	8,9	12,9	10,5	11,2	4,3	2,9	2,8	3,6
-------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	-------------	-------------	-------------	------------	------------	------------	------------

REGISTROS DIARIOS DE PARAMETROS CLIMATICOS

ESTACIÓN: Quinara

PARAMETRO: Insolación (horas/día)

LATITUD: 04°18'50" S (geográficas) 9522951,771 N (UTM)

AÑO: 2012 y enero 2013

LONGITUD: 79°14'36" W (geográfica) 694953,3243 E (UTM)

ELEVACIÓN: 1559 msnm

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO
1	3,2	1,1	7,1	7,0	1,1	5,9	0,9	6,8	7,3	10,5	5,0	7,8	2,8
2	0,2	1,4	3,2	7,7	7,5	7,2	5,9	10,1	8,1	7,6	10,6	3,3	3,2
3	1,6	0,1	5,0	6,7	8,3	9,0	5,5	10,1	8,7	5,6	4,9	10,7	2,3
4	1,6	0,4	4,0	6,9	9,3	9,2	5,0	9,4	2,3	7,8	5,9	2,9	6,8
5	3,5	1,4	3,0	0,8	8,5	7,3	4,0	7,2	2,0	2,1	3,6	9,2	8,8
6	2,2	3,3	5,6	6,4	3,1	9,1	5,1	5,6	7,0	1,3	4,1	10,7	7,5
7	4,1	2,1	8,5	6,4	7,1	5,5	5,4	9,7	8,5	6,0	3,9	6,3	7,8
8	6,5	3,3	5,9	1,6	4,5	8,2	7,5	10,1	8,0	5,5	5,7	1,4	3,9
9	4,1	2,2	8,3	2,6	8,5	9,2	1,4	10,1	7,1	7,4	7,5	2,0	3,1
10	5,5	2,3	7,4	3,8	6,5	9,1	7,6	10,1	8,4	7,7	6,9	3,7	4,8
11	4,9	0,3	7,5	7,0	4,5	9,2	9,1	9,3	7,8	4,7	5,1	6,2	3,3
12	1,6	3,2	6,3	5,2	2,1	9,3	9,1	5,7	10,2	9,3	0,2	7,6	2,5
13	4,9	2,7	4,6	2,8	6,7	9,2	5,2	7,0	9,0	7,9	2,1	3,7	7,2
14	0,9	1,0	7,0	9,9	6,8	7,6	5,3	6,5	4,0	8,8	8,3	8,8	6,5
15	3,0	3,4	4,1	8,6	1,4	9,0	7,0	5,0	9,2	2,9	4,8	10,2	5,3
16	2,5	0,2	6,3	2,9	6,8	9,0	9,2	4,0	9,8	1,2	5,2	8,1	7,0
17	3,5	5,7	7,6	1,5	5,3	9,0	6,1	3,3	10,7	0,0	8,7	4,3	7,0
18	6,2	2,2	4,0	5,5	2,3	8,5	8,0	4,8	10,8	5,1	7,6	9,0	8,1
19	4,6	0,8	1,8	3,7	1,5	4,1	9,2	8,3	9,0	4,2	4,3	3,5	5,3
20	1,7	6,5	1,7	6,8	3,9	7,1	9,8	9,9	8,8	2,8	5,9	1,1	6,5
21	4,2	5,6	3,2	9,8	0,4	6,4	9,8	9,8	10,1	6,6	3,8	4,6	3,4
22	1,6	1,9	3,6	3,1	2,0	5,3	7,1	9,7	2,2	6,5	3,2	2,1	1,1
23	2,8	1,5	6,3	6,4	3,0	4,3	6,5	8,6	4,1	5,5	3,5	5,5	0,8
24	6,0	2,4	8,1	6,1	4,0	2,6	7,7	5,2	2,9	0,0	2,3	4,8	4,3
25	2,8	4,1	4,1	5,6	8,1	0,5	5,9	1,9	3,5	2,2	2,8	4,3	4,5
26	2,3	2,1	6,7	7,9	5,5	5,9	9,2	1,9	5,9	4,7	3,5	3,9	5,7
27	0,4	0,5	2,9	5,3	4,5	8,5	7,9	1,8	7,9	9,5	7,2	4,8	5,5
28	0,6	1,2	4,0	6,9	7,0	6,1	8,2	1,0	9,8	10,3	2,8	5,0	0,9
29	1,3	6,7	3,7	2,0	8,1	6,6	2,4	5,8	10,0	8,5	3,7	9,3	2,6
30	2,3		8,6	7,3	9,1	4,2	7,6	4,5	3,0	1,1	4,9	3,5	8,2
31	0,0		5,9		6,8		1,8	8,3		2,9		1,7	5,4

DECADAS

1°	3,2	1,8	5,8	5,0	6,4	8,0	4,8	8,9	6,7	6,1	5,8	5,8	5,1
2°	3,4	2,6	5,1	5,4	4,1	8,2	7,8	6,4	8,9	3,8	6,0	5,7	6,4
3°	2,2	2,9	5,2	6,0	5,3	5,0	6,7	5,3	5,9	5,2	3,8	4,5	3,9

Media	2,9	2,4	5,4	5,5	5,3	7,1	6,5	6,8	7,2	5,1	5,2	5,3	5,1
-------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------

REGISTROS DIARIOS DE PARAMETROS CLIMATICOS

ESTACIÓN: Quinara

PARAMETRO: Temperatura media (°C)

LATITUD: 04°18'50" S (geográficas) 9522951,771 N (UTM)

AÑO: 2012 y enero 2013

LONGITUD: 79°14'36" W (geográfica) 694953,3243 E (UTM)

ELEVACIÓN: 1559 msnm

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO
1	20,1	19,9	20,3	20,7	19,5	20,6	19,8	21,7	21,5	23,3	20,1	21,8	19,8
2	21,5	19,5	19,5	19,9	20,0	21,0	21,5	22,8	22,1	20,3	21,0	21,2	20,0
3	19,8	19,4	19,7	20,7	20,7	22,3	21,3	20,9	22,5	20,3	21,3	21,1	20,7
4	20,0	19,3	20,3	19,5	21,9	19,8	21,7	20,3	20,3	21,3	22,1	20,7	20,5
5	19,7	17,8	21,1	17,5	19,1	19,8	19,5	21,8	21,9	20,5	20,3	21,4	22,1
6	19,7	19,2	20,7	19,8	19,6	22,1	19,5	21,5	21,9	21,1	20,2	20,9	20,7
7	20,3	20,2	20,3	20,5	21,1	20,3	20,3	22,1	23,1	21,3	20,0	20,8	20,3
8	20,5	20,3	20,7	17,5	19,8	21,5	20,7	20,8	22,4	21,5	21,5	21,1	20,3
9	21,6	20,7	21,3	21,0	21,5	21,9	19,8	22,0	22,0	23,7	22,6	19,9	22,0
10	19,9	18,3	21,7	20,5	22,3	21,8	21,8	23,1	20,1	21,4	20,8	20,3	20,7
11	20,7	18,3	21,0	19,5	21,6	22,2	23,1	22,3	21,9	21,2	20,9	20,7	22,1
12	20,1	19,8	21,2	19,7	20,0	22,6	21,9	21,1	24,0	20,8	22,2	19,8	22,2
13	21,0	19,6	22,0	20,2	20,5	21,9	22,5	19,5	23,5	22,7	21,8	20,2	23,1
14	20,9	19,8	23,6	20,6	20,6	21,7	21,5	21,7	19,5	21,6	20,9	21,4	22,9
15	17,9	20,4	22,0	21,5	18,3	21,1	20,7	21,1	21,3	20,3	18,8	21,9	22,9
16	20,8	18,7	20,7	20,0	21,4	22,9	21,5	20,8	22,5	20,3	19,5	21,6	23,7
17	19,4	20,1	21,5	21,3	21,2	20,0	21,3	22,3	19,7	18,6	20,1	21,3	22,9
18	21,0	19,7	20,4	19,1	19,4	20,7	20,7	21,8	19,4	20,1	23,2	21,7	20,5
19	21,1	18,2	20,3	21,7	18,2	21,4	19,9	21,3	21,6	20,7	22,5	22,3	19,7
20	18,0	19,5	19,1	20,6	18,2	22,4	21,5	22,6	22,6	22,1	22,9	20,7	20,9
21	20,4	20,1	21,1	19,9	20,1	20,7	21,5	21,8	22,1	21,6	21,3	20,9	21,7
22	19,3	20,2	20,1	19,1	19,9	20,6	20,8	22,9	20,7	20,6	20,1	20,4	21,1
23	19,9	19,7	21,2	22,1	20,0	19,7	20,7	22,5	20,7	21,0	20,1	21,6	20,9
24	19,9	19,1	21,6	18,9	20,2	18,1	21,3	21,5	22,1	17,0	20,0	21,5	20,2
25	18,9	19,9	20,8	19,7	22,2	17,7	21,1	21,8	18,9	20,3	19,7	21,1	20,7
26	19,2	20,1	20,2	18,9	22,2	18,4	21,8	20,5	23,3	21,5	19,4	21,3	22,1
27	19,1	19,3	20,1	20,0	20,8	19,4	22,3	17,6	21,3	23,4	21,4	21,1	22,0
28	19,5	18,9	19,7	20,2	20,7	19,5	21,3	17,3	22,7	22,7	20,4	20,5	20,4
29	19,9	20,9	20,5	19,2	21,4	20,1	20,7	19,7	22,7	23,8	19,5	21,3	20,6
30	19,5		21,4	20,1	21,9	20,1	21,7	20,1	21,6	19,7	21,6	21,3	20,9
31	19,7		20,8		21,5		21,3		21,3	20,0		21,1	21,9

DECADAS

1°	20,3	19,5	20,6	19,8	20,5	21,1	20,6	21,7	21,8	21,5	21,0	20,9	20,7
2°	20,1	19,4	21,2	20,4	19,9	21,7	21,5	21,5	21,6	20,8	21,3	21,2	22,1
3°	19,6	19,8	20,7	19,8	21,0	19,4	21,3	20,6	21,6	21,1	20,4	21,1	21,1

Media	20,0	19,6	20,8	20,0	20,5	20,7	21,1	21,2	21,7	21,1	20,9	21,1	21,3
-------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------

REGISTROS DIARIOS DE PARAMETROS CLIMATICOS

ESTACIÓN: Quinara

PARAMETRO: Nubosidad (Octavos)

LATITUD: 04°18'50" S (geográficas) 9522951,771 N (UTM)

AÑO: 2012 y enero 2013

LONGITUD: 79°14'36" W (geográfica) 694953,3243 E (UTM)

ELEVACIÓN: 1559 msnm

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO
1	8,0	8,0	6,3	5,3	6,3	5,3	7,7	3,3	3,3	0,7	5,0	7,3	7,7
2	8,0	8,0	5,7	4,7	5,3	6,3	3,3	1,0	4,0	5,0	2,7	8,0	7,7
3	8,0	8,0	5,0	5,7	3,3	4,7	4,7	0,0	3,7	4,7	5,3	1,3	7,7
4	8,0	8,0	7,3	7,0	2,3	1,3	6,3	3,0	6,3	5,0	5,7	8,0	6,7
5	7,7	8,0	7,3	8,0	3,7	3,0	6,7	5,7	6,3	7,7	7,7	2,3	6,0
6	7,7	8,0	6,7	7,3	4,0	2,3	7,3	4,3	7,7	8,0	7,7	2,3	5,3
7	7,7	7,7	4,3	5,7	4,7	3,7	6,3	0,7	2,7	5,3	8,0	6,3	7,3
8	7,3	7,0	3,0	7,3	4,3	2,3	4,7	0,3	1,7	5,3	6,3	7,3	6,7
9	7,7	6,0	2,7	7,7	4,7	2,7	7,7	0,3	3,7	3,0	5,7	8,0	8,0
10	5,7	8,0	4,3	7,3	5,7	2,0	3,7	0,3	4,7	5,3	7,3	7,7	8,0
11	7,7	8,0	4,3	7,3	7,0	1,0	0,7	3,3	3,7	7,3	5,3	7,0	7,0
12	8,0	8,0	5,0	7,7	7,7	0,7	2,7	6,0	1,0	7,3	5,3	7,3	6,3
13	7,7	8,0	5,3	7,0	7,3	0,7	4,3	5,7	2,0	5,0	7,7	7,3	2,7
14	8,0	8,0	6,3	1,7	5,7	5,3	4,3	6,3	7,3	2,0	4,3	3,3	6,0
15	7,7	7,3	7,0	2,0	6,3	5,7	5,0	7,0	5,3	6,3	7,3	2,7	6,7
16	8,0	8,0	6,0	5,0	5,7	1,7	1,7	6,0	0,7	8,0	6,8	7,0	6,3
17	8,0	6,3	6,0	7,7	4,0	1,3	5,3	7,0	0,0	8,0	6,3	4,7	6,3
18	5,3	6,7	7,7	7,3	5,7	5,0	4,0	5,7	2,3	7,7	4,7	3,7	5,0
19	7,7	7,7	7,7	6,3	8,0	6,3	2,7	3,0	2,3	7,7	7,7	7,0	6,3
20	8,0	6,7	8,0	5,0	4,0	4,0	0,3	2,0	2,3	8,0	5,0	7,3	5,7
21	7,7	7,7	7,7	2,0	7,3	5,7	0,0	1,3	0,0	6,3	7,3	7,7	7,7
22	8,0	7,0	7,7	6,7	5,7	4,7	4,0	0,7	7,0	4,0	7,7	7,7	8,0
23	7,3	7,3	5,0	5,7	7,7	6,0	7,7	2,3	7,0	5,3	6,0	6,7	7,7
24	6,0	6,0	5,7	5,7	6,3	6,3	4,3	6,7	8,0	8,0	7,7	6,7	7,3
25	8,0	7,0	7,3	5,7	5,0	8,0	4,3	6,7	6,7	6,0	8,0	7,0	7,7
26	8,0	7,0	6,0	4,3	3,7	4,0	2,3	7,7	5,3	7,3	7,7	7,3	7,0
27	8,0	8,0	7,7	4,3	6,7	4,3	3,3	8,0	5,0	2,7	4,7	6,0	6,3
28	8,0	8,0	6,0	5,7	5,3	5,3	5,0	8,0	1,3	2,3	7,7	5,3	8,0
29	7,7	6,0	7,0	7,7	5,7	6,7	5,3	6,3	1,3	4,3	7,7	6,7	8,0
30	7,3		4,3	5,0	2,0	6,7	5,0	4,0	5,3	7,3	7,3	6,0	4,0
31	7,3		7,0		4,0		7,3	2,7		7,0		7,0	6,0

DECADAS

1°	7,6	7,7	5,3	6,6	4,4	3,4	5,8	1,9	4,4	5,0	6,1	5,9	7,1
2°	7,6	7,5	6,3	5,7	6,1	3,2	3,1	5,2	2,7	6,7	6,1	5,7	5,8
3°	7,6	7,1	6,5	5,3	5,4	5,8	4,4	4,9	4,7	5,5	7,2	6,7	7,1
Media	7,6	7,4	6,0	5,9	5,3	4,1	4,5	4,0	3,9	5,7	6,5	6,1	6,7

REGISTROS DIARIOS DE PARAMETROS CLIMATICOS

ESTACIÓN: Quinara

PARAMETRO: Precipitación (mm)

LATITUD: 04°18'50" S (geográficas) 9522951,771 N (UTM)

AÑO: 2012 y enero 2013

LONGITUD: 79°14'36" W (geográfica) 694953,3243 E (UTM)

ELEVACIÓN: 1559 msnm

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO
1	0,0	11,4	0,0	0,0	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	15,3	24,0	0,0	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6
3	6,6	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	3,0	4,0	0,0	20,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	14,4	0,0	0,0
5	32,4	2,6	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0	21,6	0,0	0,0
6	14,1	3,8	0,0	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	33,0	0,0	0,0
7	4,2	0,0	0,0	32,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5	5,0	5,2	0,0
8	3,4	26,0	0,0	9,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	0,0	8,4	0,0	23,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	24,3	3,4	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,4	51,2	0,0	0,0
11	10,0	6,5	0,0	4,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,6	0,0
12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	23,6	21,4
13	0,0	16,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	8,6	0,0	0,0	0,0	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,0	0,0	0,0
15	2,2	15,7	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	38,0	0,0	0,0
16	21,6	7,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	16,1	0,0	0,0
17	13,5	11,5	0,0	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2	0,0	0,0	27,0
18	0,0	2,0	6,0	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,6	0,0	0,0	0,0
19	17,4	10,1	4,5	14,4	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5	0,0	11,4	0,0
20	33,8	4,6	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
21	4,4	20,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	21,1	11,6	1,3
22	21,5	25,0	0,0	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	28,6	11,5	2,2	9,0
23	0,0	0,0	62,0	0,0	0,0	3,5	0,0	0,0	0,0	13,1	0,0	0,0	22,4
24	0,0	0,0	22,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,2	5,5	0,0	20,2
25	5,9	9,2	19,6	0,0	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	11,0	6,5	14,6
26	16,6	13,2	5,4	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,6	0,0	0,0
27	11,5	19,2	5,5	2,5	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,6	0,0	6,6
28	0,0	35,4	0,0	21,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3
29	3,8	0,0	0,0	5,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,7	7,7	0,0
30	2,5	0,0	0,0	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,8	0,0	0,0	0,0
31	7,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

DECADAS

1º	103,3	85,2	0,0	94,8	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0	28,4	125,2	5,2	1,6
2º	107,1	73,5	14,0	23,5	8,4	0,0	0,0	0,0	0,0	13,8	72,1	50,6	48,4
3º	73,7	122,7	114,7	39,7	2,2	5,1	0,0	0,0	3,0	52,7	86,0	28,0	75,4

Σ	284,1	281,4	128,7	158,0	13,8	5,1	0,0	0,0	3,0	94,9	283,3	83,8	125,4
---	-------	-------	-------	-------	------	-----	-----	-----	-----	------	-------	------	-------

REGISTROS DIARIOS DE PARAMETROS CLIMATICOS

ESTACIÓN: Quinara

PARAMETRO: Precipitación efectiva (mm)

LATITUD: 04°18'50" S (geográficas) 9522951,771 N (UTM)

AÑO: 2012 y enero 2013

LONGITUD: 79°14'36" W (geográfica) 694953,3243 E (UTM)

ELEVACIÓN: 1559 msnm

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO
1	0,0	11,2	0,0	0,0	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	14,9	23,1	0,0	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6
3	6,5	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	3,0	4,0	0,0	19,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	14,1	0,0	0,0
5	30,7	2,6	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,9	20,9	0,0	0,0
6	13,8	3,8	0,0	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	31,3	0,0	0,0
7	4,2	0,0	0,0	30,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5	5,0	5,2	0,0
8	3,4	24,9	0,0	9,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	0,0	8,3	0,0	22,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	23,4	3,4	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,1	47,0	0,0	0,0
11	9,8	6,4	0,0	4,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,2	0,0
12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	22,7	20,7
13	0,0	15,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	8,5	0,0	0,0	0,0	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,6	0,0	0,0
15	2,2	15,3	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35,6	0,0	0,0
16	20,9	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	15,7	0,0	0,0
17	13,2	11,3	0,0	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2	0,0	0,0	25,8
18	0,0	2,0	5,9	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,6	0,0	0,0	0,0
19	16,9	9,9	4,5	14,1	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5	0,0	11,2	0,0
20	32,0	4,6	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
21	4,4	20,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	20,4	11,4	1,3
22	20,8	24,0	0,0	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	27,3	11,3	2,2	8,9
23	0,0	0,0	55,8	0,0	0,0	3,5	0,0	0,0	0,0	12,8	0,0	0,0	21,6
24	0,0	0,0	21,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,2	5,5	0,0	19,5
25	5,8	9,1	19,0	0,0	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	10,8	6,4	14,3
26	16,2	12,9	5,4	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,6	0,0	0,0
27	11,3	18,6	5,5	2,5	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,4	0,0	6,5
28	0,0	33,4	0,0	20,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3
29	3,8	0,0	0,0	5,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,0	7,6	0,0
30	2,5		0,0	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,8	0,0	0,0	0,0
31	7,4		0,0		0,0		0,0	0,0		0,0		0,0	0,0

DECADAS

1°	99,9	82,8	0,0	91,4	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0	27,9	118,1	5,2	1,6
2°	103,5	72,1	13,9	23,1	8,4	0,0	0,0	0,0	0,0	13,7	68,9	49,1	46,5
3°	72,1	118,0	107,1	38,8	2,2	5,1	0,0	0,0	3,0	51,1	83,9	27,6	73,4
Σ	275,4	272,9	120,9	153,4	13,7	5,1	0,0	0,0	3,0	92,7	271,0	81,9	121,5

REGISTROS DIARIOS DE PARAMETROS CLIMATICOS

ESTACIÓN: Quinara

PARAMETRO: Humedad Relativa media (%)

LATITUD: 04°18'50" S (geográficas) 9522951,771 N (UTM)

AÑO: 2012 y enero 2013

LONGITUD: 79°14'36" W (geográfica) 694953,3243 E (UTM)

ELEVACIÓN: 1559 msnm

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO
1		81,0	72,7	76,3	79,3	62,0	61,7	50,0	46,0	47,0	66,3	67,3	71,3
2		88,0	83,3	78,7	73,3	64,3	53,7	43,3	43,3	58,7	57,3	69,0	74,3
3		86,7	80,3	72,7	66,3	52,0	52,0	54,0	47,3	60,3	69,0	63,3	69,7
4		84,0	80,0	78,3	56,7	65,3	50,3	53,3	54,0	60,0	65,3	68,3	77,7
5		82,7	77,0	89,0	71,0	65,3	62,3	52,0	47,3	70,3	77,7	63,7	63,0
6		85,0	71,0	76,7	72,0	55,0	60,3	51,7	48,3	56,0	82,0	65,3	69,3
7		72,7	74,7	76,3	62,0	64,7	58,0	51,0	47,0	64,0	75,7	74,3	68,3
8		81,0	80,7	90,3	67,7	58,3	55,0	58,0	49,3	65,0	65,7	74,3	65,0
9		75,3	74,0	76,0	55,7	56,7	63,0	42,3	51,0	50,3	64,7	72,3	63,3
10		91,3	74,3	78,3	50,3	57,7	55,7	42,3	57,0	68,3	70,7	75,7	70,3
11		88,3	74,7	78,0	53,0	51,3	44,0	49,7	51,7	69,0	73,7	73,3	62,0
12		78,3	73,7	77,0	72,0	43,3	46,3	56,7	40,0	70,0	61,3	75,3	65,3
13		82,7	72,0	76,0	73,0	49,7	50,0	64,3	47,3	52,0	67,7	77,7	67,0
14		78,0	58,3	68,3	73,7	50,0	49,7	54,7	56,7	61,7	74,0	65,0	66,0
15		78,7	65,3	73,7	79,0	57,3	55,0	53,7	53,0	65,0	75,7	61,7	69,3
16		85,7	74,3	79,7	63,0	49,7	53,7	59,0	39,7	66,3	74,3	67,7	57,3
17		79,3	75,7	73,7	61,3	62,7	53,7	49,3	49,3	76,7	73,3	66,3	64,3
18		76,0	80,0	83,7	73,3	66,0	57,3	51,7	54,3	76,3	56,3	66,3	69,7
19		85,7	82,0	73,0	83,0	62,0	47,7	51,0	50,3	74,3	68,3	63,3	70,0
20		78,3	84,7	73,3	82,3	57,7	46,0	46,3	57,0	67,3	64,3	71,7	67,3
21		78,7	76,3	71,7	69,7	63,7	41,3	48,0	57,7	69,0	74,0	72,3	67,0
22		76,7	75,3	76,7	71,3	61,3	49,3	46,0	62,0	73,7	75,7	68,7	72,7
23		80,7	75,0	62,7	68,0	66,7	56,0	50,7	64,7	71,3	77,7	64,3	74,0
24		77,3	73,0	72,3	68,7	68,3	51,3	56,3	57,3	82,3	77,7	67,3	78,3
25		74,7	79,3	70,3	55,7	77,3	54,0	53,3	64,7	67,0	79,0	70,0	69,0
26		78,3	78,0	70,7	59,3	65,0	51,0	56,7	50,0	59,0	79,3	68,3	66,7
27		79,3	80,0	77,3	73,3	63,7	50,7	70,7	55,3	49,7	69,7	70,0	69,7
28		81,3	74,0	74,3	65,7	64,0	55,0	71,3	50,7	51,7	78,7	72,3	75,3
29		71,7	69,7	82,3	62,7	66,0	57,3	54,7	48,0	49,3	82,3	65,0	65,0
30			71,3	72,0	54,7	64,3	54,7	50,3	53,0	68,3	70,0	70,7	65,7
31			71,3		57,7		50,0	44,7		64,7		69,7	59,3

DECADAS

1°	0,0	82,8	76,8	79,3	65,4	60,1	57,2	49,8	49,1	60,0	69,4	69,4	69,2
2°	0,0	81,1	74,1	75,6	71,4	55,0	50,3	53,6	49,9	67,9	68,9	68,8	65,8
3°	0,0	77,6	74,8	73,0	64,2	66,0	51,9	54,8	56,3	64,2	76,4	69,0	69,3

Media	0,0	80,6	75,2	76,0	66,9	60,4	53,1	52,8	51,8	64,0	71,6	69,1	68,2
-------	------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------

REGISTROS DIARIOS DE PARAMETROS CLIMATICOS

ESTACIÓN: Quinara

PARAMETRO: ETo (mm/día); Penman Monteith

LATITUD: 04°18'50" S (geográficas) 9522951,771 N (UTM)

PERIODO: Febrero 2012 - Enero 2013

LONGITUD: 79°14'36" W (geográfica) 694953,3243 E (UTM)

ELEVACIÓN: 1559 msnm

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO
1		0,43	2,84	2,29	1,65	3,55	4,50	5,45	5,07	3,54	1,19	0,11	1,23
2		0,09	1,50	1,76	3,36	3,75	4,79	4,21	6,34	1,75	1,68	0,65	1,24
3		0,11	2,32	2,29	3,20	3,72	5,27	2,49	4,91	1,51	0,47	0,24	1,11
4		0,22	1,74	1,10	3,14	2,61	4,18	6,74	4,21	1,22	0,32	0,86	2,05
5		0,38	1,24	0,66	1,97	3,64	2,95	5,05	5,97	0,00	0,00	0,39	2,94
6		0,40	0,81	0,76	2,23	5,57	4,98	4,47	5,76	0,00	0,00	0,92	2,25
7		1,25	2,54	1,52	3,28	4,49	5,02	4,26	6,38	0,74	0,00	0,00	2,86
8		1,32	2,70	0,34	3,68	5,22	5,47	5,03	5,86	2,47	0,33	0,89	2,84
9		0,71	2,80	1,20	3,52	6,15	3,90	6,89	4,75	2,60	1,15	1,64	3,89
10		0,09	2,53	1,31	4,15	6,13	4,64	6,49	2,85	0,00	0,00	0,00	2,20
11		0,19	2,43	1,01	2,51	5,73	4,69	4,12	4,04	0,00	1,05	1,11	2,19
12		0,61	2,58	0,74	1,67	6,72	4,01	2,01	7,47	0,00	1,30	0,00	1,59
13		1,39	2,99	0,91	1,18	5,92	5,88	3,95	6,29	1,65	1,10	0,20	0,75
14		0,77	5,02	1,71	2,16	5,85	5,88	4,68	3,59	1,33	1,16	0,15	0,76
15		1,01	3,46	1,85	1,69	3,94	4,91	3,09	4,57	0,75	0,00	0,44	0,71
16		0,45	2,51	1,00	2,63	4,05	5,71	1,43	3,39	0,03	0,00	0,93	1,28
17		0,72	2,25	1,26	2,39	4,32	5,09	5,23	2,87	0,00	0,00	0,54	0,31
18		0,56	1,21	0,90	1,46	3,74	5,16	4,43	3,40	0,00	1,14	1,30	1,06
19		0,49	0,93	1,92	0,61	2,31	5,87	4,47	5,05	0,00	0,77	0,90	1,09
20		0,89	0,49	1,83	1,01	3,15	5,96	3,46	2,89	0,00	0,01	0,64	2,04
21		0,83	1,52	2,19	1,36	2,69	7,27	4,32	3,41	0,00	0,39	0,48	1,37
22		0,54	1,65	1,02	1,09	4,07	6,11	5,55	1,71	0,00	0,00	0,57	0,48
23		1,21	1,48	3,65	2,36	3,06	5,20	3,57	2,17	0,00	0,00	3,12	0,54
24		0,81	1,48	2,58	2,56	2,24	5,06	2,88	1,28	0,00	0,00	2,01	0,00
25		1,21	1,16	2,11	3,73	1,39	6,01	4,99	1,98	1,85	0,00	0,89	0,10
26		0,73	0,94	1,63	3,43	3,35	6,37	5,11	5,97	3,45	0,00	0,17	0,32
27		0,33	1,01	0,93	2,36	2,98	5,01	1,98	3,95	6,00	0,50	1,15	0,55
28		0,59	2,55	0,86	3,51	2,34	4,18	2,06	4,44	4,83	0,46	2,24	0,82
29		1,43	3,82	0,56	5,39	2,52	2,99	3,83	5,50	3,23	0,00	1,87	1,50
30			3,38	1,84	5,33	2,81	4,09	4,20	5,06	0,00	0,83	0,79	2,42
31			2,82		4,80		6,29	6,11		0,28		1,97	3,48

DECADAS

1°		0,50	2,10	1,32	3,02	4,48	4,57	5,11	5,21	1,38	0,51	0,57	2,26
2°		0,71	2,39	1,31	1,73	4,57	5,32	3,69	4,36	0,38	0,65	0,62	1,18
3°		0,85	1,98	1,74	3,27	2,75	5,33	4,05	3,55	1,79	0,22	1,39	1,05
Media		0,68	2,15	1,46	2,69	3,93	5,08	4,28	4,37	1,20	0,46	0,88	1,48
Σ		19,76	66,70	43,73	83,41	118,01	157,44	132,55	131,13	37,23	13,85	27,17	45,97

REGISTROS DIARIOS DE PARAMETROS CLIMATICOS

ESTACIÓN: Quinara

PARAMETRO: ETo TANQUE CLASE A (mm)

LATITUD: 04°18'50" S (geográficas) 9522951,771 N (UTM)

AÑO: 2012 y Enero 2013

LONGITUD: 79°14'36" W (geográfica) 694953,3243 E (UTM)

ELEVACIÓN: 1559 msnm

Borde = 10 m

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO
1		1,86	2,70	2,95	1,89	2,84	2,42	2,70	3,17	4,02	2,19	3,27	2,73
2		1,23	2,59	2,41	2,66	3,17	2,81	2,38	3,35	2,55	3,50	3,01	2,11
3		0,50	2,45	2,55	3,20	4,59	3,09	3,20	3,55	2,98	3,03	3,57	1,75
4		1,20	2,35	1,98	4,41	4,38	2,62	2,03	3,84	3,04	1,89	2,68	2,72
5		1,64	3,23	1,15	3,67	2,99	2,23	2,38	3,38	1,78	1,17	3,60	2,75
6		1,37	3,27	2,44	3,44	3,35	2,30	1,86	3,47	2,38	0,75	3,83	2,93
7		2,83	3,20	2,47	3,51	2,45	1,75	2,31	3,27	2,26	1,45	1,95	2,50
8		1,45	3,35	0,85	3,72	3,10	2,74	2,85	3,16	2,56	1,96	2,41	2,25
9		2,15	3,49	1,12	3,39	3,07	3,50	2,90	4,16	3,20	2,71	1,91	2,49
10		1,93	4,08	1,49	3,52	2,23	3,05	3,91	3,31	2,00	1,53	2,92	2,08
11		1,23	3,82	1,77	3,43	4,08	2,68	4,20	3,32	3,48	2,93	1,80	2,18
12		2,24	3,76	1,90	2,40	3,05	2,43	2,96	3,14	2,91	2,37	0,83	1,56
13		1,43	3,43	3,34	2,15	3,28	3,02	3,05	3,15	3,10	2,57	2,14	2,76
14		1,51	3,55	2,78	1,47	3,83	3,60	3,60	3,21	2,67	1,90	3,03	2,76
15		1,96	3,88	2,83	2,17	3,51	3,51	2,81	4,18	2,30	5,08	2,96	2,46
16		0,87	3,70	3,23	2,42	2,69	3,23	2,17	4,40	1,74	4,55	3,35	2,29
17		1,49	4,24	2,24	2,53	2,15	3,47	2,78	5,33	0,55	3,42	2,75	1,42
18		1,90	1,87	2,06	2,14	2,17	2,82	3,15	4,68	1,55	3,05	3,29	2,62
19		1,66	0,77	1,33	2,14	2,20	3,41	2,89	3,91	1,82	2,64	2,01	2,66
20		2,27	1,17	1,71	1,90	2,02	4,08	3,18	5,49	2,83	3,65	1,79	2,68
21		1,64	2,13	2,39	2,13	1,78	3,52	3,19	4,81	2,07	1,82	1,15	1,55
22		1,15	3,01	2,26	2,18	1,80	3,92	3,11	1,80	1,66	1,09	1,21	1,10
23		2,19	2,51	2,70	2,29	1,41	3,80	2,62	2,68	1,13	2,23	2,45	0,67
24		2,61	1,89	3,54	2,20	1,44	3,58	2,70	2,53	1,36	1,10	2,83	1,33
25		1,93	1,21	3,29	2,51	1,39	3,08	3,23	2,58	2,88	1,12	2,12	1,18
26		1,29	1,80	2,47	2,58	2,00	2,74	3,08	2,35	2,60	1,51	1,82	2,87
27		0,96	1,89	1,51	2,09	2,48	3,21	2,10	3,37	2,92	2,02	2,72	1,85
28		1,10	2,80	1,28	3,30	2,65	2,87	1,05	3,54	3,52	2,07	2,21	1,31
29		1,38	2,82	2,00	4,01	3,20	2,14	3,13	2,98	3,38	1,26	1,97	1,93
30			2,90	2,07	3,68	2,63	2,09	3,28	3,13	1,65	2,90	2,85	2,34
31			2,94		3,80		2,09	2,85		2,68		2,64	1,85

DECADAS

1°	16,2	30,7	19,4	33,4	32,2	26,5	26,5	34,7	26,8	20,2	29,2	24,3
2°	16,6	30,2	23,2	22,7	29,0	32,2	30,8	40,8	22,9	32,2	23,9	23,4
3°	14,3	25,9	23,5	30,8	20,8	33,0	30,3	29,8	25,9	17,1	24,0	18,0

Σ	47,0	86,8	66,1	86,9	81,9	91,8	87,6	105,2	75,6	69,5	77,1	65,7
Media (mm/día)	1,6	2,8	2,2	2,8	2,7	3,0	2,8	3,5	2,4	2,3	2,5	2,1

ANEXO 12. Datos obtenidos de las lecturas del tanque evaporímetro clase A, y del tanque evaporímetro artesanal (mm).

FECHA DE LECTURA	TANQUE EVAPORÍMETRO CLASE A	TANQUE EVAPORÍMETRO ARTESANAL
12 de abril / 2012	3,00	2,04
26 de abril /2012	3,30	2,74
8 de mayo / 2012	38,50	31,35
12 de mayo / 2012	11,50	7,84
24 de mayo / 2012	6,00	4,70
25 de mayo / 2012	4,00	2,82
30 de mayo / 2012	33,40	26,65
31 de mayo / 2012	10,00	7,45
1 de junio / 2012	9,40	7,05
6 de junio / 2012	37,00	30,96
7 de junio / 2012	10,00	7,29
12 de junio / 2012	51,00	43,89
14 de junio / 2012	21,00	17,24
18 de junio / 2012	29,00	23,51
21 de junio / 2012	19,60	14,26
28 de junio / 2012	9,45	7,45
2 de julio / 2012	22,50	20,38
5 de julio / 2012	21,00	18,03
12 de julio / 2012	16,00	11,76
16 de julio / 2012	34,00	29,78
20 de julio / 2012	37,00	33,31
24 de julio / 2012	30,50	26,49
26 de julio / 2012	13,00	12,07
30 de julio / 2012	28,50	27,43
1 de agosto / 2012	14,00	10,03
8 de agosto / 2012	57,00	51,33
11 de agosto / 2012	29,00	24,29
18 de agosto / 2012	16,70	15,67
22 de agosto / 2012	29,00	26,33
25 de agosto / 2012	24,00	23,51
29 de agosto / 2012	10,00	7,84
1 de septiembre / 2012	22,00	19,59
5 de septiembre / 2012	27,00	23,51
8 de septiembre / 2012	23,00	21,94
12 de septiembre / 2012	26,60	20,38
15 de septiembre / 2012	23,00	19,59
19 de septiembre / 2012	33,00	28,37
22 de septiembre / 2012	28,00	21,94
25 de septiembre / 2012	10,00	7,05
1 de octubre / 2012	45,00	36,83
3 de octubre / 2012	15,00	12,54
10 de octubre / 2012	18,00	13,32
17 de octubre / 2012	18,00	13,56

**ANEXO 13. Resultados de laboratorio del contenido de humedad del suelo (%),
en relación con las lecturas del tensiómetro.**



LABORATORIO DE ANALISIS FISICO-QUIMICO DE SUELOS, AGUAS Y BROMATOLOGIA
AREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES


LASAB

Provincia:	Loja	FECHA DE I:	7-marzo-2012
Cantón:	Loja	FECHA DE E:	25-abril-2012
Parroquia:	Quinara	RESPONSABLE:	Ing. Vicente Carrillo
Sector o Proyecto: La Palmira			

1. RESULTADOS

Lab.	Identificación	Tensión (cbar)	Contenido de humedad (%)
55	L - 4	4	41,5
56	B1-T2-6	6	43,5
57	B1-T2-7	7	41
58	B1-T1-8	8	38
59	B1-T1-10	10	33,5
60	L-18	18	29,5
61	B1-T2-19	19	28,8
62	L - 30	30	27
63	B1-T1-40	40	21,8
64	B1-T2-60	62	17,4


Ing. Omar Ojeda Ochoa Mg. Sc
RESPONSABLE DEL LABORATORIO


Ing. Jackeline Castillo
TÉCNICA LABORATORISTA



ANEXO 14. Resultados del balance de humedad y valores de Kc del cultivo de la achira obtenidos utilizando el procedimiento del lisímetro.

Mes: febrero 2012											Eto	Kc
Fecha	P	I	D	Lectura tensiómetro		ΔW (mm)			Etc			
	Precipitación efectiva (mm)	Lámina aplicada en el riego (mm)	Drenaje (mm)	antes del riego	después del riego	antes del riego	después del riego	ΔW	Evapotranspiración del cultivo			
1	11,2			2,00	2,00	0,0	0,0	0,00		0,43		
2	23,1		10,7	2,00	2,00	1,4	1,4	0,00		0,09		
3	1,6		22,7	4,00	4,00	2,4	2,4	0,00		0,11		
4	4,0		1,2	4,00	4,00	3,6	3,6	0,00		0,22		
5	2,6			4,00	4,00	4,8	4,8	0,00		0,38		
6	3,8		7,6	4,00	4,00	6,1	6,1	0,00		0,4		
7	0,0		3,1	6,00	6,00	6,6	6,6	0,00		1,25		
8	24,9			2,00	2,00	9,8	9,8	0,00		1,32		
9	8,3		23,9	2,00	2,00	11,2	11,2	0,00		0,71		
10	3,4		10,6	2,00	2,00	12,6	12,6	0,00		0,09		
	82,8	0,0	79,8			58,6	58,6	0,0	0,3	0,5	0,60	
11	6,4			2,00	2,00	14,0	14,0	0,00		0,19		
12	0,0			4,00	4,00	15,1	15,1	0,00		0,61		
13	15,6			2,00	2,00	21,0	21,0	0,00		1,39		
14	0,0		21,2	4,00	4,00	21,1	21,1	0,00		0,77		
15	15,3			2,00	2,00	28,0	28,0	0,00		1,01		
16	7,0			2,00	2,00	31,5	31,5	0,00		0,45		
17	11,3		21,3	2,00	2,00	34,9	34,9	0,00		0,72		
18	2,0			2,00	2,00	38,4	38,4	0,00		0,56		
19	9,9		22,5	2,00	2,00	40,5	40,5	0,00		0,49		
20	4,6		2,6	2,00	2,00	42,5	42,5	0,00		0,89		
	72,1	0,0	67,6			287,0	287,0	0,0	0,5	0,71	0,64	
21	20,0			2,00	2,00	44,6	44,6	0,00		0,83		
22	24,0		19,6	2,00	2,00	46,7	46,7	0,00		0,54		
23	0,0		22,3	4,00	4,00	42,1	42,1	0,00		1,21		
24	0,0			4,00	4,00	42,1	42,1	0,00		0,81		
25	9,1			2,00	2,00	48,8	48,8	0,00		1,21		
26	12,9			2,00	2,00	48,8	48,8	0,00		0,73		
27	18,6		21,3	2,00	2,00	48,8	48,8	0,00		0,33		
28	33,4		17,6	2,00	2,00	48,8	48,8	0,00		0,59		
29	0,0		32,5	2,00	2,00	48,8	48,8	0,00		1,43		
30												
31												
	118,0	0,0	113,3			419,4	419,4	0,0	0,52	0,85	0,61	

Mes: marzo 2012											ETo	Kc
Fecha	P	I	D	Lectura tensiómetro		ΔW			Etc			
	Precipitación efectiva (mm)	Lámina aplicada en el riego (mm)	Drenaje (mm)	antes del riego	después del riego	Cambios en contenido de humedad			Evapotranspiración del cultivo			
						antes del riego	después del riego	ΔW				
1	0,0			4,00	4,00	42,1	42,1	0,00		2,84		
2	0,0		5,2							1,5		
3	0,0									2,32		
4	0,0									1,74		
5	0,0									1,24		
6	0,0									0,81		
7	0,0									2,54		
8	0,0	15,2	13,6	18,00	4,00	31,3	49,0	17,63	1,9	2,7	0,71	
9	0,0									2,8		
10	0,0									2,53		
	0,0	15,2	18,8			73,5	91,1	-17,6	1,4	2,10	0,67	
11	0,0									2,43		
12	0,0									2,58		
13	0,0	13,2	3,9	14,00	5,00	37,0	48,3	11,32	2,1	2,99	0,69	
14	0,0		8,8							5,02		
15	0,0									3,46		
16	0,0									2,51		
17	0,0									2,25		
18	5,9			8,00	8,00	46,4	46,4	0,00	0,6	1,21	0,49	
19	4,5		5,4	6,00	6,00	50,4	50,4	0,00		0,93		
20	3,5		3,8	8,00	8,00	47,4	47,4	0,00		0,49		
	13,9	13,20	21,86			181,22	192,53	-11,32	1,66	2,39	0,69	
21	0,0			14,00	14,00	40,4	40,4	0,00	0,0	1,52		
22	0,0	15,2	3,9	20,00	6,00	36,6	52,0	15,43	26,8	1,65		
23	55,8		14,5							1,48		
24	21,4		53,3							1,48		
25	19,0		19,8							1,16		
26	5,4		8,2							0,94		
27	5,5									1,01		
28	0,0									2,55		
29	0,0	0,0	22,3	4,00	4,00	57,7	57,7	0,00	-2,2	3,82		
30	0,0									3,38		
31	0,0									2,82		
	107,1	15,2	122,0			134,7	150,1	-15,4	1,43	1,98	0,72	

Mes: abril 2012										ETo	Kc
Fecha	P	I	D	Lectura tensiómetro (zona raíces)		ΔW (zona de raíces)			Etc		
	Precipitación efectiva (mm)	Lámina aplicada en el riego (mm)	Drenaje (mm)			Cambios en contenido de humedad			Evapotranspiración del cultivo		
				antes del riego	después del riego	antes del riego	después del riego	ΔW			
1	0,0									2,29	
2	2,2	15,0	14,8	14,00	12,00	44,1	46,3	2,18		1,76	
3	0,0									2,29	
4	19,6	8,0	7,3	8,00	5,50	53,4	58,5	5,19		1,1	
5	3,0		21,7	2,00	2,00	73,1	73,1	0,00		0,66	
6	2,2									0,76	
7	30,7									1,52	
8	9,4		40,5	2,00	2,00	73,1	73,1	0,00		0,34	
9	22,3		7,0	2,00	2,00	73,1	73,1	0,00		1,2	
10	2,0		22,0	2,00	2,00	73,1	73,1	0,00		1,31	
	91,42	23,00	113,30			390,05	397,43	-7,38	0,85	1,32	0,64
11	4,4									1,01	
12	0,0	0,0	7,9	4,00	4,00	63,2	63,2	0,00		0,74	
13	0,0									0,91	
14	0,0									1,71	
15	0,0									1,85	
16	0,0									1	
17	2,5	15,2	10,7	16,00	13,00	48,7	52,0	3,30		1,26	
18	2,2									0,9	
19	14,1	0,0	13,5	6,00	6,00	67,0	67,0	0,00		1,92	
20	0,0									1,83	
	23,1	15,2	32,1			178,9	182,2	-3,3	0,96	1,31	0,73
21	0,0									2,19	
22	4,5									1,02	
23	0,0									3,65	
24	0,0									2,58	
25	0,0	7,5	4,5	12,00	9,00	62,3	67,6	5,33		2,11	
26	3,0	0,0	5,4	4,00	4,00	84,2	84,2	0,00		1,63	
27	2,5									0,93	
28	20,9									0,86	
29	5,5		24,9	4,00	4,00	84,2	84,2	0,00		0,56	
30	2,5		4,2	4,00	4,00	84,2	84,2	0,00		1,84	
31											
	38,8	7,5	39,0			315,0	320,4	-5,3	1,27	1,74	0,73

Mes: mayo 2012										Eto	Kc	
Fecha	P	I	D	Lectura tensiómetro (zona raíces)		ΔW (zona de raíces)			Etc			
	Precipitación efectiva (mm)	Lámina aplicada en el riego (mm)	Drenaje (mm)	antes del riego	después del riego	antes del riego	después del riego	ΔW	Evapotranspiración del cultivo			
				1	3,2	6,0	4,9			4,00	4,00	84,2
2	0,0										3,36	
3	0,0										3,2	
4	0,0										3,14	
5	0,0										1,97	
6	0,0										2,23	
7	0,0										3,28	
8	0,0	25,0	0,7	17,00	14,00	56,9	60,5	3,56			3,68	
9	0,0	0,0	21,7	12,00	12,00	63,5	63,5	0,00			3,52	
10	0,0	15,2	13,3	15,00	13,00	59,3	62,0	2,62			4,15	
	3,2	46,2	40,6			264,0	270,1	-6,2	1,50		3,02	0,50
11	0,0										2,51	
12	0,0	8,0	6,9	10,00	10,00	68,0	68,0	0,00			1,67	
13	0,0										1,18	
14	4,2										2,16	
15	2,0										1,69	
16	0,0										2,63	
17	0,0	15,2	13,9	18,00	15,00	59,3	63,1	3,78			2,39	
18	0,0										1,46	
19	2,2										0,61	
20	0,0	0,0	1,3	12,00	12,00	67,4	67,4				1,01	
	8,4	23,2	22,1			194,7	198,5	-3,8	1,33		1,73	0,77
21	0,0										1,36	
22	0,0	15,2	9,8	12,00	10,50	67,4	70,0	2,59			1,09	
23	0,0										2,36	
24	0,0	0,0	7,4	12,00	12,00	67,4	67,4	0,00			2,56	
25	0,0	15,2	11,9	14,00	10,00	64,2	71,0	6,76			3,73	
26	0,0										3,43	
27	2,2										2,36	
28	0,0										3,51	
29	0,0										5,39	
30	0,0	18,5	15,8	16,00	12,00	61,7	67,4	5,77			5,33	
31	0,0	15,2	10,8	12,00	11,00	67,4	69,2	1,79			4,8	
	2,2	64,2	55,7			328,2	345,1	-16,9	2,51		3,27	0,77

Mes: junio 2012										Eto	Kc
Fecha	P	I	D	Lectura tensiómetro (zona raíces)		ΔW (zona de raíces)			Etc		
	Precipitación efectiva (mm)	Lámina aplicada en el riego (mm)	Drenaje (mm)	antes del riego	después del riego	antes del riego	después del riego	ΔW	Evapotranspiración del cultivo		
				1	0,0	9,1	3,9			10,00	10,00
2	0,0									3,75	
3	0,0									3,72	
4	0,0									2,61	
5	0,0									3,64	
6	0,0	17,5	5,6	16,00	12,00	64,8	70,8	6,06		5,57	
7	0,0	10,2	6,4	12,00	12,00	71,4	71,4	0,00		4,49	
8	0,0									5,22	
9	0,0	9,0	0,0	10,00	10,00	75,2	75,2	0,00		6,15	
10	0,0									6,13	
	0,0	45,8	15,9			282,9	289,0	-6,1	3,59	4,48	0,80
11	0,0									5,73	
12	0,0	17,5	6,7	22,00	22,00	58,5	58,5	0,00		6,72	
13	0,0									5,92	
14	0,0	15,2	1,8	14,00	12,00	68,0	71,4	3,37		5,85	
15	0,0									3,94	
16	0,0									4,05	
17	0,0									4,32	
18	0,0	17,3	1,5	18,00	18,00	68,0	68,0	0,00		3,74	
19	0,0									2,31	
20	0,0									3,15	
	0,0	50,0	10,0			194,6	198,0	-3,4	4,33	4,57	0,95
21	0,0	6,0	4,5	13,00	12,00	69,7	71,4	1,68		2,69	
22	0,0									4,07	
23	3,5									3,06	
24	0,0									2,24	
25	1,6	12,2	8,9	14,00	11,00	68,0	73,3	5,27		1,39	
26	0,0									3,35	
27	0,0									2,98	
28	0,0	20,3	17,2	12,00	10,00	71,4	75,2	3,79		2,34	
29	0,0									2,52	
30	0,0									2,81	
31											
	5,1	38,5	30,6			209,1	219,9	-10,7	2,37	2,75	0,86

Mes: julio 2012										Eto	Kc
Fecha	P	I	D	Lectura tensiómetro (zona raíces)		ΔW (zona de raíces)			Etc		
	Precipitación efectiva (mm)	Lámina aplicada en el riego (mm)	Drenaje (mm)			Cambios en contenido de humedad		Evapotranspiración del cultivo			
				antes del riego	después del riego	antes del riego	después del riego		ΔW		
1	0,0									4,5	
2	0,0	30,5	22,9	13,00	9,00	69,7	77,5	7,79		4,79	
3	0,0									5,27	
4	0,0									4,18	
5	0,0	24,4	17,3	10,00	8,00	75,2	80,0	4,84		2,95	
6	0,0									4,98	
7	0,0									5,02	
8	0,0									5,47	
9	0,0									3,9	
10	0,0	23,0	16,6	17,00	13,00	64,0	69,7	5,69		4,64	
	0,0	77,8	56,8			208,9	227,2	-18,3	3,93	4,57	0,86
11	0,0									4,69	
12	0,0	30,5	23,2	13,00	9,00	69,7	77,5	7,79		4,01	
13	0,0									5,88	
14	0,0									5,88	
15	0,0									4,91	
16	0,0	30,5	23,7	18,00	12,00	62,8	71,4	8,63		5,71	
17	0,0									5,09	
18	0,0									5,16	
19	0,0									5,87	
20	0,0	30,5	23,9	18,00	11,00	62,8	73,3	10,53		5,96	
	0,0	91,4	70,8			195,2	222,2	-27,0	4,76	5,32	0,90
21	0,0									7,27	
22	0,0									6,11	
23	0,0									5,2	
24	0,0	35,5	29,7	17,00	10,00	68,8	80,7	11,99		5,06	
25	0,0									6,01	
26	0,0	28,9	23,9	14,00	10,00	75,6	83,5	7,96		6,37	
27	0,0									5,01	
28	0,0									4,18	
29	0,0									2,99	
30	0,0	31,6	25,7	20,00	12,00	67,4	79,3	11,93		4,09	
31	0,0									6,29	
	0,0	96,0	79,3			211,7	243,6	-31,9	4,42	5,33	0,83

Mes: agosto 2012										Eto	Kc
Fecha	P	I	D	Lectura tensiómetro (zona raíces)		ΔW (zona de raíces)			Etc		
	Precipitación efectiva (mm)	Lámina aplicada en el riego (mm)	Drenaje (mm)			Cambios en contenido de humedad		Evapotranspiración del cultivo			
				antes del riego	después del riego	antes del riego	después del riego		ΔW		
1	0,0	20,3	16,4	14,00	10,00	75,6	83,5	7,96		5,45	
2	0,0									4,21	
3	0,0									2,49	
4	0,0	28,5	22,6	16,00	10,00	72,5	83,5	11,00		6,74	
5	0,0									5,05	
6	0,0									4,47	
7	0,0									4,26	
8	0,0	46,7	36,5	20,00	14,00	67,4	75,6	8,19		5,03	
9	0,0									6,89	
10	0,0									6,49	
	0,0	95,5	75,5			215,5	242,7	-27,1	4,71	5,11	0,92
11	0,0	35,5	32,2	24,00	15,00	65,6	77,1	11,47		4,12	
12	0,0									2,01	
13	0,0									3,95	
14	0,0									4,68	
15	0,0	40,6	38,4	22,00	17,00	70,1	76,6	6,55		3,09	
16	0,0									1,43	
17	0,0									5,23	
18	0,0	42,6	37,4	18,00	15,00	75,1	79,6	4,54		4,43	
19	0,0									4,47	
20	0,0									3,46	
	0,0	118,8	108,0			210,8	233,3	-22,6	3,33	3,69	0,90
21	0,0									4,32	
22	0,0	43,6	36,8	22,00	16,00	70,1	78,1	8,06		5,55	
23	0,0									3,57	
24	0,0									2,88	
25	0,0	40,6	33,6	18,00	14,00	76,6	83,1	6,43		4,99	
26	0,0									5,11	
27	0,0									1,98	
28	0,0									2,06	
29	0,0	20,3	15,4	16,00	14,00	81,8	85,3	3,43		3,83	
30	0,0									4,2	
31	0,0									6,11	
	0,0	104,6	85,8			228,5	246,5	-17,9	3,33	4,05	0,82

Mes: septiembre 2012										Eto	Kc
Fecha	P	I	D	Lectura tensiómetro (zona raíces)		ΔW (zona de raíces)			Etc		
	Precipitación efectiva (mm)	Lámina aplicada en el riego (mm)	Drenaje (mm)			Cambios en contenido de humedad		Evapotranspiración del cultivo			
				antes del riego	después del riego	antes del riego	después del riego		ΔW		
1	0,0	40,6	34,8	28,00	22,00	69,7	76,3	6,58		5,07	
2	0,0									6,34	
3	0,0									4,91	
4	0,0									4,21	
5	0,0	42,6	36,8	26,00	16,00	75,2	89,3	14,11		5,97	
6	0,0									5,76	
7	0,0									6,38	
8	0,0	43,6	38,0	28,00	16,00	74,5	90,9	16,42		5,86	
9	0,0									4,75	
10	0,0									2,85	
	0,0	126,9	109,6			219,3	256,4	-37,1	5,44	5,21	1,04
11	0,0									4,04	
12	0,0	48,7	42,8	24,00	18,00	80,7	89,4	8,70		7,47	
13	0,0									6,29	
14	0,0									3,59	
15	0,0	45,7	40,9	23,00	18,00	85,0	92,5	7,45		4,57	
16	0,0									3,39	
17	0,0									2,87	
18	0,0									3,4	
19	0,0	59,9	51,4	22,00	16,00	90,1	100,4	10,37		5,05	
20	0,0									2,89	
	0,0	154,3	135,1			255,8	282,3	-26,5	4,57	4,36	1,05
21	0,0									3,41	
22	3,0	42,6	39,9	20,00	16,00	95,9	103,6	7,69		1,71	
23	0,0									2,17	
24	0,0									1,28	
25	0,0	37,6	34,6	18,00	14,00	102,7	111,3	8,61		1,98	
26	0,0									5,97	
27	0,0									3,95	
28	0,0									4,44	
29	0,0	25,0	21,8	19,00	16,00	103,1	109,5	6,36		5,5	
30	0,0									5,06	
31											
	3,0	105,2	96,3			301,7	324,4	-22,7	3,45	3,55	0,97

Mes: octubre 2012										Eto	Kc
Fecha	P	I	D	Lectura tensiómetro (zona raíces)		ΔW (zona de raíces)			Etc		
	Precipitación efectiva (mm)	Lámina aplicada en el riego (mm)	Drenaje (mm)	antes del riego	después del riego	Cambios en contenido de humedad		Evapotranspiración del cultivo			
				antes del riego	después del riego	antes del riego	después del riego		ΔW		
1	0,0	73,1	68,4	20,00	19,00	102,3	104,1	1,78		3,54	
2	0,0									1,75	
3	0,0	24,4	21,6	12,00	12,00	122,0	122,0	0,00		1,51	
4	1,5									1,22	
5	7,9									0,00	
6	0,0	11,2	19,2	16,00	16,00	114,8	114,8	0,00		0,00	
7	4,5									0,74	
8	0,0									2,47	
9	0,0									2,60	
10	14,1	45,0	59,7	20,00	20,00	110,2	110,2	0,00		0,00	
	27,9	153,6	168,9			449,4	451,2	-1,8	1,44	1,38	1,04
11	0,0									0,00	
12	0,0									0,00	
13	0,0	0,0	3,5	12,00	12,00	133,7	133,7	0,00		1,65	
14	0,0									1,33	
15	0,0									0,75	
16	2,5									0,03	
17	3,2	20,0	15,9	66,00	66,00	70,6	70,6	0,00		0,00	
18	4,6									0,00	
19	3,5									0,00	
20	0,0	0,0	10,2	10,00	10,00	149,9	149,9	0,00		0,00	
	13,7	20,0	29,5			354,2	354,2	0,0	0,42	0,38	1,13
21	3,0									0,00	
22	27,3									0,00	
23	12,8									0,00	
24	4,2									0,00	
25	0,0									1,85	
26	0,0									3,45	
27	0,0	0,0	31,0	14,00	14,00	136,4	136,4	0,00		6,00	
28	0,0									4,83	
29	0,0									3,23	
30	3,8									0,00	
31	0,0									0,28	
	51,1	0,0	31,0			136,4	136,4	0,0	1,82	1,79	1,02

Mes: noviembre 2012										Eto	Kc
Fecha	P	I	D	Lectura tensiómetro (zona raíces)		ΔW (zona de raíces)			Etc		
	Precipitación efectiva (mm)	Lámina aplicada en el riego (mm)	Drenaje (mm)	Cambios en contenido de humedad		antes del riego	después del riego	ΔW	Evapotranspiración del cultivo		
				antes del riego	después del riego						
1	0,0									1,19	
2	0,0									1,68	
3	0,0									0,47	
4	14,1		13,5	20,00	20,00	122,0	122,0	0,00		0,32	
5	20,9		18,9	6,00	6,00	173,3	173,3	0,00		0,00	
6	31,3		30,0	6,00	6,00	173,3	173,3	0,00		0,00	
7	5,0		4,7	6,00	6,00	173,4	173,4	0,00		0,00	
8	0,0									0,33	
9	0,0									1,15	
10	47,0		45,6	14,00	14,00	137,0	137,0	0,00		0,00	
	118,1	0,0	112,6			778,9	778,9	0,0	0,55	0,51	1,08
11	0,0									1,05	
12	2,0									1,30	
13	0,0									1,10	
14	15,6									1,16	
15	35,6		34,4	14,00	13,00	137,2	140,6	3,40		0,00	
16	15,7									0,00	
17	0,0		31,5	6,00	6,00	173,9	173,9	0,00		0,00	
18	0,0									1,14	
19	0,0									0,77	
20	0,0									0,01	
	68,9	0,0	65,9			311,1	314,5	-3,4	0,64	0,65	0,98
21	20,4									0,39	
22	11,3									0,00	
23	0,0									0,00	
24	5,5		36,4	6,00	6,00	174,2	174,2	0,00		0,00	
25	10,8									0,00	
26	4,6									0,00	
27	11,4		26,4	6,00	6,00	174,2	174,2	0,00		0,50	
28	0,0									0,46	
29	20,0									0,00	
30	0,0		19,0	6,00	6,00	174,2	174,2	0,00		0,83	
31											
	83,9	0,0	81,8			522,7	522,7	0,0	0,21	0,22	0,98

Mes: diciembre 2012											Eto	Kc
Fecha	P	I	D	Lectura tensiómetro (zona raíces)		ΔW (zona de raíces)			Etc			
	Precipitación efectiva (mm)	Lámina aplicada en el riego (mm)	Drenaje (mm)			Cambios en contenido de humedad		Evapotranspiración del cultivo				
				antes del riego	después del riego	antes del riego	después del riego		ΔW			
1	0,0	0,0	6,2	7,00	7,00	167,4	167,4	0,00		0,11		
2	0,0									0,65		
3	0,0									0,24		
4	0,0									0,86		
5	0,0	5,0	0,0	8,00	8,00	162,4	162,4	0,00		0,39		
6	0,0									0,92		
7	5,2									0,00		
8	0,0									0,89		
9	0,0									1,64		
10	0,0									0,00		
	5,2	5,0	6,2			329,8	329,8	0,0	0,40	0,57	0,70	
11	15,2	0,0	0,0	2,00	2,00	223,8	223,8	0,00		1,11		
12	22,7		10,9	2,00	2,00	224,4	224,4	0,00		0,00		
13	0,0		19,6	2,00	2,00	225,1	225,1	0,00		0,20		
14	0,0									0,15		
15	0,0	0,0	4,8	2,00	2,00	226,3	226,3	0,00		0,44		
16	0,0									0,93		
17	0,0									0,54		
18	0,0									1,30		
19	11,2									0,90		
20	0,0		9,6	4,00	4,00	195,5	195,5	0,00		0,64		
	49,1	0,0	44,9			1095,1	1095,1	0,0	0,42	0,62	0,68	
21	11,4									0,48		
22	2,2	0,0	0,0	9,00	9,00	159,9	159,9	0,00		0,57		
23	0,0		8,9	6,00	6,00	177,7	177,7	0,00		3,12		
24	0,0									2,01		
25	6,4									0,89		
26	0,0		3,2	8,00	8,00	165,1	165,1	0,00		0,17		
27	0,0									1,15		
28	0,0									2,24		
29	7,6	0,0	0,0	2,00	2,00	226,3	226,3	0,00		1,87		
30	0,0		3,5	4,00	4,00	195,5	195,5	0,00		0,79		
31	0,0									1,97		
	27,6	0,0	15,6			924,4	924,4	0,0	1,1	1,39	0,79	

Mes: enero 2013										Eto	Kc
Fecha	P	I	D	Lectura tensiómetro (zona raíces)		ΔW (zona de raíces)			Etc		
	Precipitación efectiva (mm)	Lámina aplicada en el riego (mm)	Drenaje (mm)			Cambios en contenido de humedad			Evapotranspiración del cultivo		
				antes del riego	después del riego	antes del riego	después del riego	ΔW			
1	0,0									1,23	
2	1,6									1,24	
3	0,0									1,11	
4	0,0									2,05	
5	0,0	0,0	0,0	2,00	2,00	226,3	226,3	0,00		2,94	
6	0,0									2,25	
7	0,0									2,86	
8	0,0	10,5	0,0	4,00	4,00	195,6	195,6	0,00		2,84	
9	0,0									3,89	
10	0,0									2,20	
	1,6	10,5	0,0			421,9	421,9	0,0	1,21	2,26	0,53
11	0,0									2,19	
12	20,7									1,59	
13	0,0		17,3	8,00	8,00	165,3	165,3	0,00		0,75	
14	0,0									0,76	
15	0,0									0,71	
16	0,0									1,28	
17	25,8									0,31	
18	0,0									1,06	
19	0,0		21,2	12,00	12,00	147,7	147,7	0,00		1,09	
20	0,0									2,04	
	46,5	0,0	38,5			313,0	313,0	0,0	0,80	1,18	0,68
21	1,3									1,37	
22	8,9									0,48	
23	21,6		8,5	4,00	4,00	196,6	196,6	0,00		0,54	
24	19,5		19,5	4,00	4,00	196,8	196,8	0,00		0,00	
25	14,3			2,00	2,00	228,0	228,0	0,00		0,10	
26	0,0		29,5	4,00	4,00	197,1	197,1	0,00		0,32	
27	6,5									0,55	
28	1,3									0,82	
29	0,0		5,6	4,00	4,00	197,1	197,1	0,00		1,50	
30	0,0									2,42	
31	0,0									3,48	
	73,4	0,0	63,1			1015,6	1015,6	0,0	0,94	1,05	0,89

ANEXO 15. Cálculo de los requerimientos hídricos y de riego del cultivo de la achira

PARÁMETROS	FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO			JUNIO			JULIO			AGOSTO			SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE			ENERO					
	1 DEC	2 DEC	3 DEC	1 DEC	2 DEC	3 DEC	1 DEC	2 DEC	3 DEC	1 DEC	2 DEC	3 DEC	1 DEC	2 DEC	3 DEC	1 DEC	2 DEC	3 DEC	1 DEC	2 DEC	3 DEC	1 DEC	2 DEC	3 DEC	1 DEC	2 DEC	3 DEC	1 DEC	2 DEC	3 DEC	1 DEC	2 DEC	3 DEC	1 DEC	2 DEC	3 DEC			
Número de días	10	10	9	10	10	11	10	10	10	10	10	11	10	10	10	10	10	11	10	10	11	10	10	10	10	10	11	10	10	10	10	10	11	10	10	11			
P efectiva (mm/década)	82,8	72,1	118,0	0,0	13,9	107,1	91,4	23,1	38,8	3,2	8,4	2,2	0,0	0,0	5,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	27,9	13,7	51,1	118,1	68,9	83,9	5,2	49,1	27,6	1,6	46,5	73,4
P efectiva (mm/día)	8,3	7,2	13,1	0,0	1,4	9,7	9,1	2,3	3,9	0,3	0,8	0,2	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	2,8	1,4	4,6	11,8	6,9	8,4	0,5	4,9	2,5	0,2	4,7	6,7		
Eto (mm/día)	0,50	0,71	0,77	2,10	2,39	2,18	1,32	1,31	1,74	3,02	1,73	3,59	4,48	4,57	2,75	4,57	5,32	5,33	5,11	3,69	4,05	5,21	4,36	3,55	1,38	0,38	1,79	0,51	0,65	0,22	0,57	0,62	1,39	2,26	1,18	1,05			
Eto (mm/década)	5,00	7,08	6,91	21,02	23,87	23,99	13,23	13,13	17,37	30,18	17,31	39,51	44,83	45,73	27,45	45,70	53,16	58,58	51,08	36,87	44,60	52,10	43,56	35,47	13,83	3,76	19,64	5,14	6,53	2,18	5,70	6,21	15,26	22,61	11,78	11,58			
Kc	0,60	0,64	0,61	0,67	0,69	0,72	0,64	0,73	0,73	0,50	0,77	0,77	0,80	0,95	0,86	0,86	0,90	0,83	0,92	0,90	0,82	1,04	1,05	0,97	1,04	1,13	1,02	1,08	0,98	0,98	0,70	0,68	0,79	0,53	0,68	0,89			
Etc	0,30	0,45	0,47	1,41	1,66	1,57	0,85	0,96	1,27	1,50	1,33	2,76	3,59	4,33	2,37	3,93	4,76	4,42	4,71	3,33	3,33	5,44	4,57	3,45	1,44	0,42	1,82	0,55	0,64	0,21	0,40	0,42	1,09	1,21	0,80	0,94			
Nhidricas (m3/ha/década)	29,94	45,17	42,35	140,53	165,50	172,92	84,99	95,78	126,62	150,37	132,62	303,34	359,46	433,31	236,98	393,35	476,10	486,03	471,37	333,15	366,75	544,44	457,03	345,34	144,23	42,40	200,51	55,45	64,13	21,39	39,65	42,41	120,14	120,96	80,01	102,99			
7427,69																																							
Nhidricas (mm/ha/década)	2,99	4,52	4,23	14,05	16,55	17,29	8,50	9,58	12,66	15,04	13,26	30,33	35,95	43,33	23,70	39,33	47,61	48,60	47,14	33,31	36,68	54,44	45,70	34,53	14,42	4,24	20,05	5,55	6,41	2,14	3,96	4,24	12,01	12,10	8,00	10,30			
742,77																																							
NRiego (m3/ha/década)	-798,00	-676,16	-1137,71	140,53	26,60	-897,59	-829,21	-135,41	-261,70	118,53	49,05	281,41	359,46	433,31	186,22	393,35	476,10	486,03	471,37	333,15	366,75	544,44	457,03	315,48	-135,07	-94,80	-310,00	-1126,00	-625,02	-817,60	-11,92	-448,71	-156,00	105,00	-385,00	-631,00			
5543,81																																							
NRiego (mm/ha/década)	0,00	0,00	0,00	14,05	2,66	0,00	0,00	0,00	0,00	11,85	4,90	28,14	35,95	43,33	18,62	39,33	47,61	48,60	47,14	33,31	36,68	54,44	45,70	31,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,50	0,00	0,00			
554,38																																							
Caudal característico requerido/ha	0,00	0,00	0,00	0,16	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,06	0,30	0,42	0,50	0,22	0,46	0,55	0,51	0,55	0,39	0,39	0,63	0,53	0,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00	0,00			
Caudal requerido/ha	0,00	0,00	0,00	0,22	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	0,08	0,40	0,57	0,68	0,29	0,62	0,75	0,70	0,74	0,52	0,53	0,86	0,72	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00	0,00			

ANEXO 16. Tiempo de aplicación de riego para lograr lecturas de 4 centibares en el tensiómetro (valores determinados en campo)

TIEMPO REQUERIDO		PROFUNDIDAD DE HUMEDECIMIENTO DEL SUELO	
0,272	horas	1	cm
0,544	horas	2	cm
0,816	horas	3	cm
1,088	horas	4	cm
1,36	horas	5	cm
1,632	horas	6	cm
1,904	horas	7	cm
2,176	horas	8	cm
2,448	horas	9	cm
2,72	horas	10	cm
2,992	horas	11	cm
3,264	horas	12	cm
3,536	horas	13	cm
3,808	horas	14	cm
4,08	horas	15	cm
4,352	horas	16	cm
4,624	horas	17	cm
4,896	horas	18	cm
5,168	horas	19	cm
5,44	horas	20	cm
5,712	horas	21	cm
5,984	horas	22	cm
6,256	horas	23	cm
6,528	horas	24	cm
6,8	horas	25	cm
7,072	horas	26	cm
7,344	horas	27	cm
7,616	horas	28	cm
7,888	horas	29	cm
8,16	horas	30	cm
8,432	horas	31	cm
8,704	horas	32	cm
8,976	horas	33	cm
9,248	horas	34	cm
9,52	horas	35	cm
9,792	horas	36	cm
10,064	horas	37	cm
10,336	horas	38	cm
10,608	horas	39	cm
10,88	horas	40	cm
11,152	horas	41	cm
11,424	horas	42	cm
11,696	horas	43	cm
11,968	horas	44	cm
12,24	horas	45	cm

ANEXO 17. Resultados del peso de correa por tratamientos.

PARCELA UNO - ENSAYO DE ACHIRA - (B2-T1)																						
	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	suma de peso
17	2,38	3,75	3,14	6,16	3,78	3,07	2,48	3,56	4,93	4,64	7,01	X	5,79	X	5,90	2,75	2,55	2,52	2,00	2,60	5,64	74,66
	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	HAY 19 PLANTAS
16	2,90	3,16	4,63	3,48	5,26	3,48	4,17	4,49	5,81	4,90	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	73,15
	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	HAY 17 PLANTAS
15	X	4,61	3,43	4,02	2,88	5,01	5,15	4,21	3,51	6,17	3,63	3,71	2,02	5,24	5,46	5,14	3,10	5,33	X	4,67	6,06	83,34
	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	HAY 19 PLANTAS
14	4,15	3,34	3,98	3,97	4,02	3,48	2,47	1,36	3,97	5,77	4,09	X	4,09	X	6,04	7,81	3,95	4,66	4,26	3,04	3,09	73,44
	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	HAY 18 PLANTAS
13	3,28	4,50	5,91	4,39	3,79	4,05	4,92	2,60	6,85	5,58	5,39	X	X	X	8,67	2,43	5,16	3,15	4,73	3,62	6,14	85,16
	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	HAY 18 PLANTAS
12	X	4,46	4,14	0,98	4,08	3,20	4,69	6,30	5,23	7,80	5,75	1,89	3,84	8	7	6	5	4	3	2	1	87,44
	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	HAY 20 PLANTAS
11	4,85	7,26	4,94	4,83	3,36	4,96	8,04	6,30	6,27	4,47	6,09	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	108,22
	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	HAY 21 PLANTAS
10	X	3,26	5,20	4,02	5,35	4,99	4,53	4,50	5,86	5,62	4,47	3,85	5,16	5,02	X	6,09	2,77	3,97	4,66	6,98	6,65	92,91
	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	HAY 19 PLANTAS
9	X	4,34	5,12	4,00	2,95	5,56	7,92	4,63	6,43	3,56	4,00	4,69	5,83	6,92	8,02	6,77	4,08	4,63	5,34	3,81	4,20	102,80
	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	HAY 20 PLANTAS
8	X	4,31	4,15	4,53	5,94	2,23	6,89	7,20	5,81	5,77	5,77	5,04	5,16	6,07	4,42	3,13	2,81	5,35	4,93	4,61	4,29	92,64
	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	HAY 19 PLANTAS
7	X	5,21	4,15	5,91	7,12	6,53	3,69	4,94	5,35	X	5,71	6,15	8,82	7,32	2,69	6,38	4,38	2,89	3,05	3,05	5,64	98,98
	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	HAY 19 PLANTAS
6	5,16	3,64	4,02	5,77	2,85	10,05	4,68	3,92	X	3,44	3,85	10,75	4,15	5,40	4,94	6,60	6,42	4,75	5,45	5,57	1,55	102,96
	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	HAY 20 PLANTAS
5	6,82	3,38	3,43	3,43	5,42	6,64	4,11	4,14	2,92	6,23	5,30	5,10	6,98	8,50	3,75	6,31	4,25	4,51	1,75	6,86	6,08	105,90
	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	HAY 21 PLANTAS
4	4,89	6,43	4,78	7,24	7,13	6,64	3,09	4,13	5,02	4,82	8,23	5,67	2,72	5,60	3,86	5,88	5,00	5,31	3,80	5,00	4,62	109,88
	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	HAY 21 PLANTAS
3	5,94	6,35	6,06	6,32	X	X	1,45	0,96	3,89	6,10	6,70	6,73	7,86	5,89	4,75	4,62	5,67	5,60	7,23	6,19	10,23	108,54
	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	HAY 19 PLANTAS
2	X	X	7,53	4,73	3,21	7,27	6,44	6,32	5,36	4,79	4,94	5,06	6,59	6,98	4,28	2,87	7,18	3,12	6,36	5,21	4,35	102,56
	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	HAY 19 PLANTAS
1	X	X	7,67	5,04	5,79	3,55	X	6,88	2,02	6,49	5,59	6,12	7,18	5,85	3,61	6,24	5,86	5,87	3,82	6,45	4,24	98,25
	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	HAY 18 PLANTAS
	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1600,85

4	5	6
3	2	1

BALDE 0,805

5040,5

-4052,6 -0,804

3521,88
35,2187594

PARCELA DOS - ENSAYO DE ACHIRA - (B2-T3)

	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	suma de peso
17	6,236	5,71	4,0615	2,913	8,812	8,812	6,6105	3,571	5,831	2,8135	6,611	6,813	8,813	2,813	6,01	5,303	4,011	4,022			90,9545	
	●	●	●	●	X	●	X	●	●	●	X	●	●	●	●	●	●	●	X	●	●	HAY 17 PLANTAS
16	4,403	4,613	6,831	5,231	4,611	5,5035	4,181	7,301	7,82	7,808	7,3315	6,721	3,1715	4,913	6,808	8,322	4,121	7,911	5,513		113,1145	
	●	●	●	●	●	●	●	X	●	●	●	●	X	●	●	●	●	●	●	●	●	HAY 20 PLANTAS
3660	7,03	5,523	5,0225	6,634	4,313	6,11	9,603	4,0115	6,02	5,131	6,33	3,262	8,5115	5,571	7,2585	4,011	4,01	5,913	4,112	4,3105	4,369	117,0565
	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
14	7,8215	6,821	3,4325	3,1665	6,034	4,281	4,1315	7,021	5,5205	5,111	4,513	3,6115	2,913	6,6108	4,822	3,051	5,3205	5,022	5,487	4,3875	2,682	101,7608
	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
13	4,104	3,9295	7,3485	3,6965	3,3225	5,0185	2,6465	4,548	4,483	4,8335	5,6195	5,7045	4,2555	4,8965	3,931	5,682	4,119	3,7055	4,7605	3,9305	7,5925	98,1275
	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
12	4,735	3,097	4,9055	5,639	5,236	2,557	7,75	4,3565	5,8015	5,5505	6,095	6,0425	6,1055	5,9205	5,594	6,0925	3,295	4,728	3,737		97,238	
	●	●	●	X	X	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
11	3,1565	4,733	4,934	4,9095	6,1725	4,9625	4,872	8,035	5,9295	6,5875	6,556	5,8175	5,407	6,463	8,991	5,26	5,1015	6,9635			6,722	111,5735
	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	X	X	●	●
10	4,498	4,993	4,6775	5,541	4,018	5,4265	6,201	5,098	4,4565	7,1165	4,558	8,705	4,7985	5,8775	5,9205	6,7845	6,0635	5,427	5,961			106,1215
	●	●	●	●	●	●	●	●	●	X	●	●	●	●	●	X	●	●	●	●	●	●
9	3,193	6,92	2,0375	4,864	66,407	5,493	4,362	6,036	5,991	3,445	5,8825	5,4565	5,502	5,451	3,8455	6,4515	6,105	6,1615	6,3615	5,2645	6,512	171,742
	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
8	2,414	4,671	6,818	5,653	2,7845	4,867	5,5985	4,9935	3,217	5,5805	6,2735	6,0605	7,6315	2,4645	4,9245	5,133	2,9715	7,305				89,361
	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	X	●	X	●	●	●	X	●	●	●
7	4,0035	7,445	10,402	4,9155	6,2795	3,801	2,733	1,71	5,8365	7,198	3,3995	4,707	4,804	5,338	6,1775	6,9895	3,6035	7,0545	4,9105	4,106	6,595	112,009
	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
6	4,425	3,309	4,2415	5,9345	2,367	4,9665	6,622	5,1225	3,029	7,9995	6,3805	4,2345	5,422	3,261	4,849	5,2045	3,884	6,9415	2,8775	3,874	7,179	102,124
	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
5	4,2685	3,3125	5,6365	6,419	6,6995	4,467	4,9	5,275	6,311	6,735	4,0675	6,1035	3,232	3,8685	6,334	4,637	3,591				5,8295	102,8825
	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	X	●	●	●	●
4	5,089	4,566	5,3165	6,28	6,5255	6,8265	4,754	4,2495	5,53	6,073	7,199	3,827	7,9905	4,8915	6,109	3,232	4,4955	6,29	6,9385	5,0795		111,2625
	X	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
3	6,261	5,219	5,648	3,9235	5,3245	3,707	5,456	5,9315	4,0215	5,743	5,6455	6,6675	3,8715	6,819	1,674	5,54	5,5385	3,331	6,489	5,5065	6,3395	108,657
	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
2	6,3145	4,264	4,5575	5,596	5,6745	2,7735	4,8635	5,47	3,407	4,372	5,744	5,7635	3,22	3,915	3,6935	4,956	5,187	4,303	3,285	4,834	4,6335	96,827
	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
1	5,0285	5,3485	5,204	4,78	5,8155	7,0035		8,093	7,4945	3,8715	5,437	5,308	7,6155	4,878	5,414	6,597	4,7275	9,125	5,076	4,3895	6,492	117,6985
	●	●	●	●	●	●	X	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

1848,5103
4066,72266

4	5	6
3	2	1

BALDE 0,805

40,6672266
5,286739458 **186**

PARCELA SEIS - ENSAYO DE ACHIRA - (B1-T2)

	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	Fecha
17	1,481	2,173	X	1,3255	2,125	2,807	4,326	3,0075	3,983	3,422	4,7595	4,159	2,7035	2,1535	3,089	2,8055	3,3385	2,891	5,316	3,3515	4,3775	63,5945
	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	HAY 20 PLANTAS
16	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
	6,0425	3,556	X	X	X	X	X	3,8545	2,56	3,271	3,914	4,812	5,561	4,894	5,6245	5,232	6,995	5,8345	4,5275	2,059	7,7995	76,537
	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	HAY 15 PLANTAS
15	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
	4,2055	4,062	X	X	X	4,2005	2,689	2,671	5,1765	3,768	7,605	6,873	3,9135	5,791	4,712	5,4605	4,098	2,75	2,0735	5,3555	3,776	79,1805
	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	HAY 18 PLANTAS
14	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
	5,0005	4,893	6,299	X	2,5075	4,1405	4,855	5,097	5,8045	4,92	9,593	8,537	4,681	5,1545	6,013	5,45	7,4805	6,304	2,455	5,2425	7,5815	112,009
	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	HAY 20 PLANTAS
13	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
	4,5985	4,297	5,5815	4,428	2,4165	2,1385	X	3,8535	X	5,347	7,632	6,8795	4,2635	6,377	5,8785	4,4305	7,313	4,488	6,835	6,58	6,635	99,9725
	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	HAY 19 PLANTAS
12	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
		5,0645	6,5	3,3625	5,87	3,163	3,661	X	4,1165	X	3,3525	4,199	4,5995	4,098	6,2915	5,3225	3,1505	4,269	4,4165	4,772	5,633	81,8415
	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	HAY 18 PLANTAS
11	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
	4,7345	4,833	5,5565	5,115	10,611	2,161	1,6135	X	6,456	3,486	4,737	4,5375	3,909	4,3615	4,4845	5,9595	5,0535	6,861	2,2865	4,2785		91,035
	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	HAY 19 PLANTAS
10	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
	6,2185	7,4015	5,541	6,375	5,6085	6,46	1,311	4,032	4,689	X	2,957	5,434	3,4965	4,1675	5,241	3,578	3,9395	3,8535	3,41	5,23	7,2875	96,231
	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	HAY 20 PLANTAS
9	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
	5,409	7,7375	2,759	6,2535	6,8335	7,907	X	X	3,17	5,479	5,291	2,663	3,677	5,442	4,044	5,0095	2,1315	3,225	6,1485	4,177	4,7265	92,0835
	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	HAY 19 PLANTAS
8	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
	4,563	4,523	5,2415	7,964	5,121	7,251	7,4935	4,2745	4,099	6,422	5,2755	6,7975	3,946	3,615	5,729	4,4885	3,501	4,249	3,9145	4,145	6,6855	109,299
	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	HAY 21 PLANTAS
7	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
	5,3795	5,259	3,2865	4,459	6,3165	6,7255	5,7155	7,3475	7,3465	4,5065	7,172	5,77	7,064	4,959	5,3155	4,5415	3,815	6,0545	5,123	6,9965	5,5245	118,6775
	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	HAY 21 PLANTAS
6	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
	5,91	5,403	4,32	2,34	6,4035	3,738	7,07	7,299	X	1,6425	X	4,9235	6,7775	3,411	4,086	5,7435	4,292	6,243	4,835	6,396	9,192	100,0255
	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	HAY 19 PLANTAS
5	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
	5,933	4,4425	3,667	4,8885	7,37	5,94	5,7435	4,0625	7,304	4,1275	X	6,242	4,0825	5,5915	3,7435	6,32	3,1045	5,807	X	5,0155	8,526	101,911
	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	HAY 19 PLANTAS
4	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
	5,052	4,155	7,949	X	5,6195	5,878	5,04	4,3465	10,5215	3,889	3,582	X	8,821	5,4005	6,936	5,3475	5,329	3,521	1,806	8,7445	3,5955	105,5335
	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	HAY 18 PLANTAS
3	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
	4,1735	3,391	3,736	4,8565	5,5815	6,874	4,421	6,676	6,1795	5,6955	X	X	X	7,0095	4,6195	6,0775	4,459	5,741	6,701	4,354	5,442	95,988
	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	HAY 18 PLANTAS
2	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
	3,221	2,957	6,3455	6,001	3,3675	4,65	6,72	3,909	3,9095	3,2335	3,2335	X	7,382	4,848	7,497	6,1015	4,692	4,594	6,047	4,0535	3,918	96,6805
	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	HAY 20 PLANTAS
1	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
	3,8525	4,564	4,6635	3,2225	6,367	5,2465	5,72	5,5095	X	4,8575	X	4,387	4,6075	5,804	5,709	6,433	4,608	3,5505	2,2425	6,004	6,10	93,4445
	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	HAY 19 PLANTAS
	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1614,044

4	5	6
3	2	1

BALDE 0,805 1000

3550,8968
35,508968

ANALISIS ESTADISTICO DE LA PRODUCCIÓN DE ALMIDON DE ACHIRA

TRATAMIENTO	REPLICAS O REPETICIONES		SUMA	MEDIA	yij	yij^2	S trat	S^2 trat	S repet	S^2 repet
	1	2		TRATAM.						
1	172,85	257,85	430,7	215,35	172,85	29877,12	430,7	185502,490	610,1	372222,01
2	265,97	125,91	391,88	195,94	257,85	66486,62	391,88	153569,934	630,12	397051,2144
3	171,28	246,36	417,64	208,82	265,97	70740,04	417,64	174423,170	suma	769273,22
SUMA	610,1	630,12	1240,22	413,41	125,91	15853,33	suma	513495,594		
MEDIA UE	203,37	210,04	413,41	206,70	171,28	29336,84				
					246,36	60693,25				
			SUMA		1240,22	272987,20				

ANALISIS DE VARIANZA

Desviación Estandar =	89,9238704
Suma Cuad Desv =	

de UE (N)= 6,00
 # de obs/trat= 3
 # de obs/repet= 2
 SDC Total =

1	Factor de corrección	FC=(G^2)/tb	G = Gran Total
			t = N° de tratamientos
			b= N° de bloques
		FC =	256357,6081
2	Suma de cuadrados total	$\sum y^2 = \sum y_{ij}^2 - FC$	i= tratamiento
			j=repetición
		$\sum y^2 =$	16629,59393
3	Suma de cuadrados de tratamientos	SCT=(($\sum T_i^2$)/b)-FC	390,1889333
4	Suma de cuadrados de bloques	SCB=(($\sum b_j^2$)/t)-FC	66,80006667
5	Suma de cuadrados del error	SCError=SCTotal-SCTrat-SCBloq	16172,60493
		SCError=	
6	ADEVA (análisis de varianza)		

FL	SC	GL	CM	F calc 0,05 - 0,01	F tabul 0,05	0,01
Bloques	66,8000667	1	66,80	0,01	19	
Tratamient	390,188933	2	195,09	0,02	19,16	
error exp.	16172,6049	2	8086,30			
Total	16629,5939	5	8348,20			

CM_E

OTRAS ESTIMACIONES

6	CV = (($\sqrt{CM_E}$)/ \bar{y})*100	CV=	21,75 %
7	Desviación estandar		
	DS =	$\sqrt{CM_{ERROR}}$	89,9239
8	Error estandar de las medias de los tratamientos		
	ES _{xt} =	$\sqrt{CM_{ERROR}/t}$	0,00 ±
9	Error estandar de las medias de los bloques o repeticiones		
	ES _{xBLOQUES} =	$\sqrt{CM_{ERROR}/b}$	63,59 ±

CONCLUSIÓN:

1) Comparando el F calculada 0,01 < F tabulada 19,0, se determina que entre los BLOQUES O REPETICIONES hechas con cada tratamiento NO HAY DIFERENCIA, o la DIFERENCIA NO ES SIGNIFICATIVA, por tanto se acepta la hipótesis de comparación y se concluye que los bloques no tienen ningún efecto en el rendimiento de la achira. Las diferencias entre las medias correspondientes se deben a errores fortuitos.

2) Comparando el F calculada 0,02 > F tabulada 19,16 se determina que entre los TRATAMIENTOS NO HAY DIFERENCIA, o la DIFERENCIA NO ES SIGNIFICANCIA, por tanto se acepta la hipótesis de comparación, y se concluye que los tratamientos no tienen ningún efecto en el rendimiento de la achira. La diferencia entre las medias correspondientes se deben a errores fortuitos.