



1859

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA AGROPECUARIA Y DE
RECURSOS NATURALES RENOVABLES

MAESTRÍA EN RIEGO

**“EFECTO DE TRES FRECUENCIAS DE RIEGO POR GOTEO EN
LA PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE FRÉJOL (*Phaseolus
vulgaris L.*), SEGÚN LA EVAPORACIÓN DEL TANQUE
EVAPORÍMETRO CLASE A”**

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

AUTOR

Jorge Rodrigo Sivisaca Caraguay

DIRECTOR

Ing. Mg. Sc. Temístocles Maldonado Rojas

LOJA - ECUADOR

2013

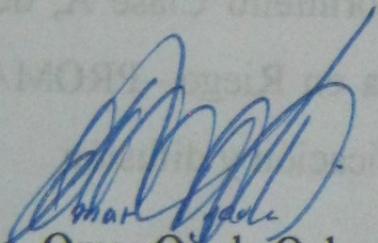
1859

ii

EFFECTO DE TRES FRECUENCIAS DE RIEGO POR GOTEO EN LA PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE FRÉJOL (*Phaseolus vulgaris L.*), SEGÚN LA EVAPORACIÓN DEL TANQUE EVAPORÍMETRO CLASE A

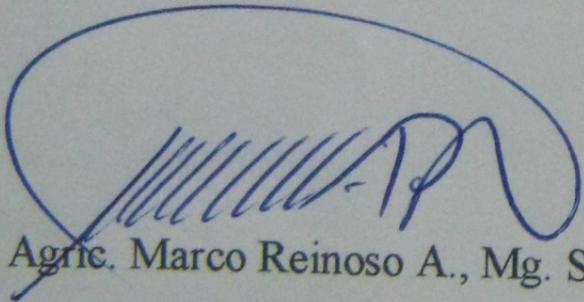
Tesis de Grado presentada al Tribunal Calificador como requisito parcial para obtener el Título de Magister en Riego, nivel de Postgrado del Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja.

APROBADA:



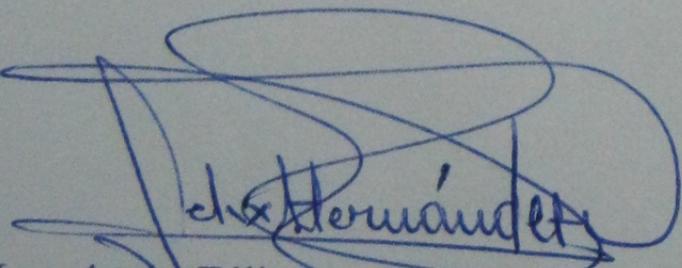
Ing. Agríc. Omar Ojeda Ochoa, Mg. Sc.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



Ing. Agríc. Marco Reinoso A., Mg. Sc.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Ing. Agríc. Félix Hernández Cueva, Mg. Sc.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

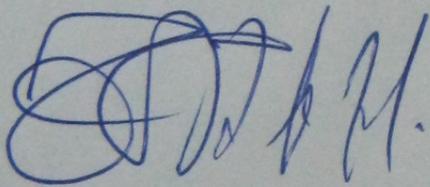
Ing. Agríc. Temístocles Maldonado Rojas, Mg. Sc.

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: Efecto de tres frecuencias de riego por goteo en la producción del cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris L.*), según la evaporación del tanque evaporímetro Clase A, de autoría del Ing. Jorge Rodrigo Sivisaca Caraguay, egresado de la Maestría en Riego -PROMAR-, cumple con los requisitos de validez técnica, por lo que autorizo su publicación y difusión.

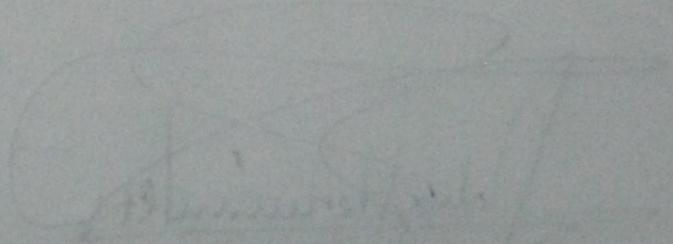
Loja, mayo del 2013.



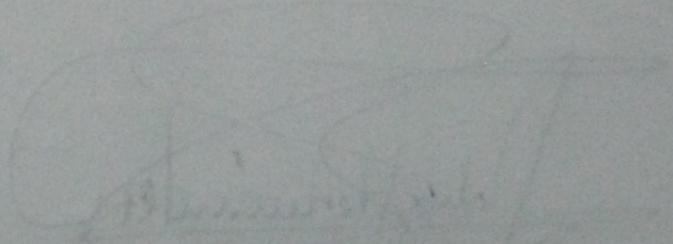
Ing. Agríc. Temístocles Maldonado Rojas, Mg. Sc.



Ing. Agríc. Omar Ochoa Mg. Sc.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



Ing. Agríc. Marco Riquelme A. Mg. Sc.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



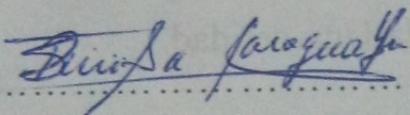
Ing. Agríc. Félix Lombardo Cuervo Mg. Sc.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

AUTORÍA

Yo, Jorge Rodrigo Sivisaca Caraguay, 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. Civil Jorge Rodrigo Sivisaca Caraguay

Firma : 

Cédula: 1103108203

Fecha : mayo 2013

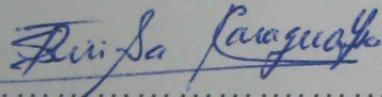
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO.

Yo, Jorge Rodrigo Sivisaca Caraguay, declaro ser autor de la tesis titulada "Efecto de tres frecuencias de riego por goteo en la producción del cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.), según la evaporación del tanque evaporímetro Clase A", 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 31 días del mes de mayo del dos mil trece, firma el autor.

Firma : 
 Autor : Ing. Civil Jorge Rodrigo Sivisaca Caraguay
 Cédula : 1103108203
 Dirección : Loja -Ecuador Correo : icjrsivisaca@yahoo.com
 Teléfono : 3026815 Celular: 0991034583

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de Tesis: Ing. Agríc. Temístocles Maldonado R., Mg. Sc.
 Tribunal de Grado: Ing. Agríc. Omar Ojeda Ochoa, Mg. Sc.
 Ing. Agríc. Marco Reinoso A., Mg. Sc.
 Ing. Agríc. Félix Hernández Cueva, Mg. Sc.

DEDICATORIA

Al Ser Supremo, quién me ha concedido vida, salud y sabiduría para lograr una meta más en mi vida profesional.

A mi madre (+), dotada de sabiduría singular, me ha cuidado, instruido y apoyado desde mi niñez hasta su último día de vida y que seguramente lo sigue haciendo desde el sitio en que se encuentre.

A mi padre, por ser la columna vertebral de mi familia, que cada día enseña el camino del bien con su ejemplo de vida.

A mis hermanos y Tíos: Luis, Rosario; Ángel y Alfredo por su apoyo incondicional y su confianza en mis capacidades para que mis proyectos de vida se hagan realidad.

A mis sobrino (as), a mis mejores amigos(as) y colegas, por motivarme a que cada día me supere y pueda estar mejor preparado para servir con transparencia, honestidad y equidad a la sociedad en general, sobre todo a quienes más lo necesitan.

AGRADECIMIENTO

Mi sincero agradecimiento a la Universidad Nacional de Loja y, de manera particular, al Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, al Programa de Maestría en Riego – PROMAR, a los docentes y personal administrativo que han sido parte de este programa de formación académica de cuarto nivel; y, en especial, al Ing. Temístocles Maldonado Rojas, Director de la tesis, por sus importantes aportes, comentarios y sugerencias emitidas para la culminación de la presente tesis.

Al Sr. Carlos Macas, por su apoyo en el desarrollo de la presente investigación, que tuvo predisposición de compartir sus experiencias en riego y manejo agronómico de cultivos. De igual forma mi gratitud y agradecimiento a mi padre, hermanos y tíos; así como a mis compañeros de la maestría por su colaboración oportuna cuando lo solicité.

El Autor

CONTENIDO

AUTORÍA.....	iv
CARTA DE AUTORIZACION DE TESIS	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
CONTENIDO	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE CUADROS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ANEXOS	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT.....	xvi
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1 INVESTIGACIONES Y ESTUDIOS REALIZADOS	5
2.2 EL CULTIVO DEL FRÉJOL.....	7
2.2.1 Principales datos agronómicos	7
2.2.2 Técnicas agronómicas del cultivo.....	8
2.2.3 Variedades de fréjol.....	9
2.2.4 Fenología del cultivo.....	10
2.2.5 Coeficiente de cultivo del fréjol	11
2.2.6 Fertilización.....	12
2.2.7 Síntomas de deficiencias nutricionales	13
2.2.8 Principales enfermedades y plagas que se presentan en el cultivo de fréjol.....	14
2.3 RIEGO POR GOTEIO.....	16
2.3.1 Cabezal de riego	16
2.3.2 Red de conducción y distribución.....	16
2.3.3 Emisores	17
2.3.4 Ventajas del riego por goteo.....	17
2.3.5 Desventajas.....	18
2.4 PROGRAMACIÓN Y MANEJO DEL RIEGO	18
2.4.1 Factores a considerar en la programación del riego	19
2.5 REQUERIMIENTOS DE AGUA DE LOS CULTIVOS	21
2.5.1 Método para determinar la evapotranspiración de los cultivos.....	23
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	27
3.1 UBICACIÓN DEL AREA EXPERIMENTAL	27
3.2 MATERIALES Y EQUIPOS.....	28
3.3 DISEÑO EXPERIMENTAL.....	29
3.3.1 Análisis estadístico	31

3.4 ACTIVIDADES PRELIMINARES DE LA INVESTIGACIÓN	31
3.4.1 Laboreo del terreno y trazado de unidades experimentales	31
3.4.2 Instalación del sistema de riego por goteo y equipos meteorológicos.....	32
3.4.3 Análisis de fertilidad del suelo y constantes hidrofísicas del suelo.....	35
3.4.4 Prueba de funcionamiento hidráulico del sistema de riego.....	36
3.4.5 Riego de pre siembra	38
3.5 REGISTRO DE INFORMACIÓN METEOROLÓGICA	40
3.6 DETERMINACIÓN DE LÁMINAS DE RIEGO SEGÚN EVAPORACIÓN DE TANQUE	
CLASE A	40
3.6.1 Evapotranspiración de referencia, método del tanque evaporímetro.....	40
3.6.2 Evapotranspiración del cultivo	43
3.6.3 Determinación de la lámina de riego	44
3.7 SEGUIMIENTO FENOLÓGICO AL CULTIVO	45
3.8 VALIDACIÓN DEL TANQUE EVAPORÍMETRO ARTESANAL.....	46
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	51
4.1 ANÁLISIS DEL SUELO.....	51
4.2 FERTILIZACIÓN	51
4.3 CONTROL FITOSANITARIO.....	52
4.4 FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE RIEGO.....	53
4.5 RESUMEN DE LA INFORMACIÓN METEOROLÓGICA	54
4.6 FENOLOGÍA DEL CULTIVO.....	56
4.7 MANEJO DEL RIEGO	60
4.8 EFECTO DE LA FRECUENCIA DE RIEGO SOBRE EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO	
.....	61
4.8.1 Análisis de variables agronómicas del cultivo	68
4.9 VALIDACIÓN DE EQUIPOS METEOROLÓGICOS ARTESANALES	69
4.9.1 Uso del tanque evaporímetro artesanal en el manejo del riego	72
5. CONCLUSIONES	75
6. RECOMENDACIONES.....	76
7. BIBLIOGRAFÍA	77
ANEXOS.....	79

ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1	Indicadores de ajuste de la investigación de análisis comparativo entre el modelo de la bandeja con tres modelos más para determinar la evapotranspiración referencial en la zona de Chillan	7
Tabla 2	Variedades mejoradas por el INIAP	9
Tabla 3	Requerimientos de minerales del fréjol	13
Tabla 4	Análisis de varianza ANOVA	31
Tabla 5	Coefficiente del tanque clase A (Kp) para suelo desnudo.	41
Tabla 6	Escala de vientos de Beaufort	42
Tabla 7	Estimación de la velocidad de viento según el investigador	42
Tabla 8	Valores de Kc para el fréjol, según FAO	43
Tabla 9	Etapas fenológicas del cultivo de fréjol	44

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.	
Cuadro 1	Control de plagas y enfermedades realizadas al cultivo	52
Cuadro 2	Información meteorológica	54
Cuadro 3	Fases vegetativas del cultivo	59
Cuadro 4	Calendario de riego	60
Cuadro 5	Volúmenes de riego aplicado	61
Cuadro 6	Producción por tratamiento, según réplicas, Kg, en 453,6 m ²	61
Cuadro 7	Análisis de varianza realizada a la producción obtenida	62
Cuadro 8	Valores promedios de las variables agronómica y de producción del cultivo	64
Cuadro 9	Cobertura foliar y altura promedio de plantas durante el ciclo vegetativo del cultivo	68
Cuadro 10	Resumen de ETo por los métodos: Tanque evaporímetro artesanal y los empíricos	70
Cuadro 11	Valores del error cuadrático y porcentaje relativo de la evapotranspiración de referencia determinado por varios métodos	70
Cuadro 12	Programación de riego en base a los registros del tanque evaporímetro artesanal	74

ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1	Etapas fenológicas del fréjol	11
Figura 2	Plagas en el fréjol	15
Figura 3	Enfermedades del fréjol	15
Figura 4	Movimiento del agua en una planta durante el proceso de transpiración	22
Figura 5	Factores climáticos que intervienen en la evapotranspiración	23
Figura 6	Repartición de la evapotranspiración en evaporación y transpiración durante el periodo de crecimiento de un cultivo anual.	23
Figura 7	Tanque evaporímetro Clase A	24
Figura 8	Ubicación del área experimental	27
Figura 9	Esquema del diseño experimental	30
Figura 10	Trazado de unidades experimentales e identificación de tratamientos	32
Figura 11	Sistema de riego por goteo y piezómetro de columna de agua	33
Figura 12	Instalación del cabezal de riego y protección con cerca de alambre	34
Figura 13	Tanque evaporímetro Clase A y recipientes de evaporación, pluviómetro y el higrómetro.	34
Figura 14	Prueba de infiltración del suelo.	35
Figura 15	Medición del bulbo de humedecimiento	37
Figura 16	Modelamiento hidráulico del riego de la parcela experimental.	38
Figura 17	Curva de Kc según ciclo vegetativo del cultivo de fréjol	44
Figura 18	Implementación de un pluviómetro construido de forma artesanal	49
Figura 19	Actividades de fumigación y control fitosanitario	53
Figura 20	Precipitación diaria y evaporación diaria	55
Figura 21	Humedad relativa diaria	55
Figura 22	Temperatura diaria	56
Figura 23	Germinación y aparición de las primera hojas del cultivo.	56
Figura 24	Registro de la primera hoja trifoliada y medición de las plantas	57
Figura 25	Registro de la tercera hoja trifoliada	57
Figura 26	Inicio de la fase de floración y medición del cultivo	58
Figura 27	Inicio de la fase de formación de las vainas	58
Figura 28	Llenado de vainas y vista general del cultivo	58
Figura 29	Registro del cultivo en su etapa de maduración de vainas	59
Figura 30	Cuarteo de las vainas muestreadas y registro de su peso	60
Figura 31	Producción promedio obtenida de cada uno de los tratamientos en Kg	62
Figura 32	Rendimientos obtenidos en la investigación y tras analizadas	66
Figura 33	Correlación entre la evaporación de tanques: Clase A y la evaporación del tanque artesanal	69
Figura 34	Correlación entre los pluviómetros estándar y artesanal	72

ANEXOS

Anexo 1	Resultado de análisis del suelo
Anexo 2	Resultado de laboratorio de la densidad aparente
Anexo 3	Prueba de descarga de emisores y coeficiente de uniformidad del sistema
Anexo 4	Chequeo de presiones en la parcela experimental
Anexo 5	Prueba de infiltración del suelo
Anexo 6	Escala de vientos de Beaufort
Anexo 7	Cálculo hidráulico del sistema de riego a goteo de la parcela experimental
Anexo 8	Registro de datos de la estación meteorológica
Anexo 9	Cálculo de evaporación y precipitación
Anexo 10	Cálculo de láminas y tiempos de riego para el tratamiento 1
Anexo 11	Cálculo de láminas y tiempos de riego para el tratamiento 2
Anexo 12	Cálculo de láminas y tiempos de riego para el tratamiento 3
Anexo 13	Determinación del factor de ajuste entre los tanques evaporímetros: Clase A y el no tradicional
Anexo 14	Determinación del factor de ajuste entre los pluviómetros: Estándar y el no tradicional
Anexo 15	Prueba de descarga de emisores y coeficiente de uniformidad del sistema de riego del Sr. Carlos Macas
Anexo 16	Cálculo de la evapotranspiración de referencia según tres métodos: Tanque evaporímetro, Thornthwaite, Hargreaves
Anexo 17	Gráfico comparativo de ETo por los tres métodos
Anexo 18	Porcentaje de diferencia relativa entre el método del tanque evaporímetro y los otros dos métodos
Anexo 19	Tabla de radiación extraterrestre para diferentes latitudes
Anexo 20.1	Registro de datos del muestreo la producción en freso en vaina de la UE 1
Anexo 20.2	Registro de datos del muestreo la producción en freso en vaina de UE 2
Anexo 20.3	Registro de datos del muestreo la producción en freso en vaina de UE 3
Anexo 20.4	Registro de datos del muestreo la producción en freso en vaina de la UE 4
Anexo 20.5	Registro de datos del muestreo la producción en freso en vaina de la UE 5
Anexo 20.6	Registro de datos del muestreo la producción en freso en vaina de la UE 6
Anexo 20.7	Registro de datos del muestreo la producción en freso en vaina de UE 7
Anexo 20.8	Registro de datos del muestreo la producción en freso en vaina de la UE 8
Anexo 20.9	Registro de datos del muestreo la producción en freso en vaina de la UE 9
Anexo 20.10	Registro de datos del muestreo la producción en freso en vaina de la UE 10
Anexo 20.11	Registro de datos del muestreo la producción en freso en vaina de la UE 11
Anexo 20.12	Registro de datos del muestreo la producción en freso en vaina de la UE 12
Anexo 21	Valores de F de la tabla valores críticos de la distribución t de student para niveles de significancia de dos colas
Anexo 22	Registro de datos del muestreo realizado al cultivo del Sr. Carlos Macas
Anexo 23	Análisis estadístico del muestreo de la producción obtenida

RESUMEN

La presente investigación se efectuó en el sector Togueros, parroquia San Pedro de la Bendita, perteneciente al cantón Catamayo, provincia de Loja. El objetivo general fue contribuir a la tecnificación del riego, para un uso eficiente de recurso hídrico y mejoramiento de la producción de los cultivos. Los objetivos específicos fueron: Determinar la frecuencia de riego óptima para el cultivo de fréjol, según la evaporación del tanque evaporímetro Clase A; y, validar un tanque evaporímetro no tradicional (artesanal) para el manejo tecnificado de riego por los agricultores.

El modelo estadístico fue mono factorial con distribución de bloques al azar, con tres tratamientos y cuatro repeticiones bajo riego por goteo. Los tratamientos aplicados fueron los siguientes: tratamiento 1, frecuencia de riego diario; tratamiento 2, frecuencia de riego cada dos días; y tratamiento 3, frecuencia de riego cada tres días.

La metodología fue sencilla, accesible, de fácil aplicación por nuestros agricultores; y, sobre todo técnica y práctica. Con la finalidad de contrastar los rendimientos obtenidos en la investigación, se procedió a auscultar la práctica sobre el cultivo de fréjol del Sr. Carlos Macas, agricultor vecino, que tiene una experiencia de aproximadamente siete años en diferentes cultivos bajo riego por goteo.

Los rendimientos de producción en fresco y en vaina promedio de los tres tratamientos fueron: T1 = 10,0 ton/ha, T2 = 8,1 ton/ha, y T3 = 7,3 ton/ha, que en promedio da un valor de 8,4 ton/ha; la altura promedio de las plantas estuvo entre 45 y 50 cm y el ancho de cobertura foliar entre 51 y 54 cm. Consecuentemente la mejor producción corresponde al tratamiento uno, por lo que se concluye que la mejor frecuencia de riego es cada día. El rendimiento promedio obtenida por el Sr. Carlos Macas es de 3,3 ton/ha, misma que está por debajo de la lograda en el ensayo experimental.

Los valores de Evapotranspiración de referencia (ET_o), obtenidos por el método del recipiente de evaporación casero, son mayores con respecto a los obtenidos en los métodos de Thorthwaite y Hargreaves, dando un porcentaje de diferencia relativa de 33,2% y 33,7 % respectivamente,

según análisis estadístico del error cuadrático medio realizado. Valores que son similares a los obtenidos en otras investigaciones (Bochetti, 2010).

El coeficiente de ajuste entre el tanque evaporímetro artesanal y el Clase A es de 1,001 con un coeficiente de correlación $R= 0,946$. El factor de ajuste entre el pluviómetro estándar y el artesanal es de 1,069 con un coeficiente de correlación $R= 0,998$; lo que permite validar los dispositivos artesanales implementados en el ensayo experimental y por ende recomendar su uso.

ABSTRACT

The present research was developed in the neighborhood of Togueros, in the parish of San Pedro de la Bendita, belonging to the canton Catamayo, province of Loja. The general objective was to contribute with the irrigation technology to achieve high water efficiency use and improving crop production. The specific objectives were: Determine the most favorable irrigation frequency for bean crop, according to the Class A evaporation pan, and validating a conventional evaporation pan (artisanal) for the technical management of irrigation by farmers.

The statistical model was mono-factorial randomized block distribution, with three treatments and four replications with drip irrigation. The treatments applied were: treatment 1, frequency of daily irrigation; treatment 2, frequency of irrigation every two days, and treatment 3, frequency of irrigation every three days.

The methodology was simple, especially technical and practical, accessible and easy to apply for farmers. In order to compare results, the treatments were applied on a bean crop which belongs to Carlos Macas, who has an experience of about seven years in different crops with drip irrigation.

Production yields and pod fresh average of the three treatments were: T1 = 10,0 ton/ha, T2 = 8,1 ton/ha, and T3 = 7,3 ton/ha, with an average of 8,4 ton/ha, the plants height were between 45 and 50 cm and the width of foliar coverage was between 51 and 54 cm. Therefore, the best applied production system was the treatment one, so the best irrigation frequency was every day. The average obtained by Mr. Macas was 3.3 ton/ha underneath the results in the experimental test.

The reference Evapotranspiration values (ET), developed by the method of evaporation home container, were higher with regard those in Thorthwaite and Hargreaves methods, with a relative percent difference of 33.2% and 33.7 % respectively, according to statistical analyzes of the mean square error. These values were similar to the results in other studies (Bochetti, 2010).

The adjustment coefficient between conventional pan evaporation and the Class A was 1,001 with a correlation coefficient $R = 0,946$. The adjustment factor between the conventional

pluviometer and the standard one was 1,069 with a correlation coefficient $R = 0,998$; these findings allowed to validate and recommend conventional devices applied to the experimental test.

1. INTRODUCCIÓN

La mayoría de los productores están haciendo agricultura basada en la experiencia empírica, que tienen en el manejo agronómico de sus cultivos, con técnicas de riego de baja eficiencia. Se estima que en promedio la eficiencia global de riego estaría por el 25% (Sánchez, 2007). La mayor parte de estas pérdidas ocurren a nivel parcelario y se evidencian en la producción de los cultivos, debido a un suministro hídrico inadecuado que ocasiona estrés hídrico o anegamiento, disminución del crecimiento de los cultivos, lixiviación de nutrientes disponibles en el suelo; y, en consecuencia un incremento en los costos y degradación del suelo.

Otra problemática que enfrenta el riego en el país, específicamente en la provincia de Loja, es el bajo nivel técnico: se estima que el 51% de la superficie regada aplica el agua a las parcelas por gravedad, ocasionando pérdidas del agua y de suelo; el 20% utiliza el riego por aspersión, el 2% por goteo y el 27% otro tipo de riego (CAMAREN, 2006). De aquí la importancia en poder realizar investigaciones para motivar a nuestros agricultores a tecnificarse en el riego, en la cual es pertinente que las universidades e investigadores sean parte fundamental para en un futuro no muy lejano lograr este objetivo; desde luego hace falta la decisión política y económica efectiva de las instituciones del Estado.

Para el uso adecuado del agua, a nivel parcelario, es necesario conocer los requerimientos hídricos de los cultivos para cuantificar los volúmenes de agua que se debe suministrar en su debido tiempo, es decir, la frecuencia de riego. El cálculo de requerimientos hídricos de los cultivos implica conocer una serie de factores, tanto edafoclimáticos como agronómicos, entre los cuales se puede citar: evaporación, precipitación, temperatura, humedad relativa, disponibilidad de nutrientes y características hidrofísicas del suelo.

La información climatológica se la obtiene de las estaciones meteorológicas, pero en la actualidad existe un déficit de éstas, pues varias de las que anteriormente estaban funcionando han dejado de operar. Y de las que están generando datos están muy distantes de las zonas donde se hace agricultura, y por otra, la obtención de los datos registrados son de difícil acceso; todo

esto dificulta aplicar los métodos empíricos para el cálculo de la evapotranspiración de los cultivos.

Implementar una estación meteorológica convencional representa costos que no están al alcance de los agricultores, por lo que se realizó la validación y obtención de factores de ajuste entre: un tanque evaporímetro Clase A y un recipiente de evaporación de plástico color blanco; y, entre un pluviómetro estándar y un artesanal, dispositivos que permitieron obtener valores diarios de evaporación y precipitación en la zona de cultivo, mismos que fueron complementados con equipos de medición para obtener la temperatura media, humedad relativa media y velocidad de viento; contando con la información necesaria para realizar la determinación de la evapotranspiración potencial o de referencia (ET_o), mediante la aplicación de los métodos indirectos.

El cálculo de la evaporación de referencia se lo realizó mediante el método del tanque evaporímetro Clase A, implementado en el área de experimentación. Para tener mejores elementos de validación del tanque evaporímetro artesanal se realizó la determinación de ET_o, por los métodos de Thornthwaite y Hargreaves y se realizó el análisis estadístico comparativo de los resultados obtenidos.

Para determinar las láminas de riego, tiempos y volúmenes de aplicación del riego, se investigó diversas bibliografías -las más actualizadas y difundidas-, de las cuales se ha extraído las tablas y ecuaciones correspondientes; logrando de esta manera elaborar una metodología sencilla, de fácil aplicación por los agricultores, accesible; y, sobre todo técnica y práctica. Con los resultados obtenidos se valida la metodología aplicada que bien puede ser asumida por los productores para mejorar la eficiencia de uso del agua y obtener mejores rendimientos en sus cultivos; y, por ende incrementar sus ingresos.

Con la finalidad de comparar los rendimientos se procedió a auscultar la experiencia sobre el cultivo de fréjol al Sr. Carlos Macas, que estuvo ubicado muy cerca de la parcela experimental y que además participó como agricultor experimentado en la investigación realizada. La variedad de fréjol cultivada por éste agricultor fue Belén Blanco, el suelo de características similares, bajo

riego por goteo, con un programa de fertilización y control fitosanitario de acuerdo a su experiencia y con diferente práctica de suministro de las láminas de riego durante el ciclo fenológico del cultivo.

La investigación se efectuó en el sector Togueros, parroquia San Pedro de la Bendita, perteneciente al cantón Catamayo, provincia de Loja. El área experimental estuvo ubicada aproximadamente a 52 Km de la ciudad de Loja. El trabajo de campo se realizó desde el 15 de agosto hasta el 30 de noviembre del 2012.

Objetivo General.

Contribuir a la tecnificación del riego, para un uso eficiente del recurso hídrico y mejoramiento de la producción de los cultivos.

Objetivos Específicos.

- ✓ Determinar la frecuencia de riego óptima según la evaporación del tanque evaporímetro Clase A.
- ✓ Validar un tanque evaporímetro no tradicional (artesanal) para el manejo tecnificado de riego por los agricultores, en función al tanque evaporímetro clase A.

Hipótesis

Nula (H₀). El rendimiento del cultivo de fréjol es igual en las tres frecuencias de riego por goteo.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 INVESTIGACIONES Y ESTUDIOS REALIZADOS

Para investigar se revisó la bibliografía pertinente sobre el efecto de frecuencias de riego en la producción del fréjol, para riego por goteo, basado en el evaporación del tanque evaporímetro Clase A, pero no se ha encontrado ninguna investigación al respecto. Existen investigaciones e informaciones interesantes que el autor ha considerado analizarlas, de las cuales se ha extraído lo pertinente y ha servido de base para realizar la presente investigación.

En el Ecuador con la creación, en junio de 1959, del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), se realiza las primeras investigaciones de fréjol, las mismas que han estado a cargo de Gustavo Enríquez por el año de 1975, investigaciones que se extendieron a las provincias de Cañar, Azuay y Loja en la estación experimental de Chuquipata, ubicada al norte de Cuenca. La investigación más descollante se inicia en 1991 con el apoyo del proyecto PROFRIZA y el CIAT, y con el liderazgo de Eduardo Peralta, se logra consolidar la creación del Programa Nacional de Leguminosas en 1997, etapa muy productiva para el mejoramiento genético del fréjol.

Según la publicación del INIAP conjuntamente con el Programa de Modernización del sector Agropecuario (PROMSA), en la estación experimental de Chuquipata se realizó una investigación de una nueva variedad de fréjol para la sierra sur del Ecuador, denominado variedad INIAP 422 (Fréjol Blanco Belén), en la cual se logra obtener los siguientes rendimientos: en grano seco, 1,35 ton/ha y en grano verde 6,77 ton/ha valores que superan al promedio obtenido de varias localidades.

Las características agronómicas del cultivo obtenidas son las siguientes: días a la floración 43; días a la cosecha en verde 79; días a la cosecha en seco 99; peso de 100 gramos en seco 61,6 gr; peso de 100 granos verdes 125 gr; número de vainas por planta 15,6; y, rendimiento experimental entre 5 a 8 ton/ha en vaina verde. (INAP, 2003)

Aparte del INIAP, la Universidad Nacional de Loja (UNL), particularmente en el área de colección y conservación de los recursos genéticos, Carlos García, a partir de la década del 70, y Gilberto Álvarez, en los 90, fueron los que también han trabajado en esta actividad. Existen investigaciones de estudiantes de pregrado de la UNL, pero con sistemas de riego tradicionales, no con goteo, siendo necesario realizar otras investigaciones en fréjol con riego localizado.

Según la investigación en fréjol bajo riego por pulsos realizada en la Quinta Experimental Docente de la Universidad Nacional de Loja (UNL) se obtienen los siguientes valores: vainas/planta: 29,7; 29,8 y 30,5; peso de vaina en seco (gr): 4,7; 5,4 y 5,9; rendimiento (ton/ha): 5,2; 6,0 y 6,7 respectivamente para cada uno de los tratamientos (Armijos y Ordoñez, 2001). Los tratamientos de riego son: un pulso (T0), tres pulsos (T1) y seis pulsos de riego (T3).

Existe una investigación donde se ha determinado la cantidad de agua requerida para el cultivo de fréjol, 1 368 m³/ha/ciclo vegetativo, la misma que ha sido realizada por la zona de Arenillas que tiene una temperatura media de 25.1 °C y una altitud de 15 msnm. El rendimiento obtenido ha sido de 1, 23 ton/ha (Castillo y Quezada, 1980).

La investigación realizada Huachi-Tungurahua que tiene una temperatura de 13.6 °C y una altitud de 2 639 msnm, en la que se han evaluado el comportamiento de cinco variedades de fréjol bajo riego por surcos. Las variedades del fréjol han sido procedentes de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP y se las ha codificado de la siguiente forma: E295, E1427, E1486, E101 Y L-24; y los resultados más relevantes obtenidos son los siguientes: la altura de planta (cm): 38,72, 36,36; 36,32; 39,45; 38,56; número semilla/vaina: 3,35; 3,27; 2,47; 3,0; 3,2; peso de 100 semillas (gr): 54; 76; 48; 68; 71; rendimiento (ton/ha): 1,4; 0,4; 1,5; 0,6 y 1,8 respectivamente. El uso consuntivo acumulado fue de: 268,8; 301,5; 286,4; 309,6 y 319,9 mm respectivamente (Oñate, 1985).

Como se puede deducir existen varias investigaciones, unas con fines del mejoramiento genético del fréjol; otras, para determinar el coeficiente de cultivo (Kc), para determinar el uso consuntivo del cultivo en volumen por hectárea del ciclo vegetativo, para analizar los rendimientos de diferentes variedades, pero no se ha investigado el mejoramiento de la producción de las semillas que dispone el agricultor, investigando la optimización de las frecuencias y láminas de riego,

haciendo uso de la tecnología más eficiente para suministrar el riego parcelario, como lo es el de goteo, con la finalidad de obtener una mejor productividad y optimizar el aprovechamiento del recurso agua que cada día es más escasa y existe mayor demanda.

Bochetti, en el 2010 realiza una investigación de análisis comparativo entre la evapotranspiración de referencia obtenida mediante modelo del tanque evaporímetro Clase A o bandeja (ET_o ban) y los siguientes modelos: Penman Monteith-FAO (PM-F), Hargreaves-Samani (HS) y Priestley-Taylor (P-T), aplicadas a la zona agrícola de Chillan.

Una vez realizado y analizado los ajustes correspondientes en la mencionada investigación se ha determinado que los valores del error cuadrático medio (RMSE) para el modelo H-S son producto de una subestimación de los valores ET_o, siendo éste el modelo que más se aleja de los valores esperados, mientras que los modelos PM-F y P-T presentan una mejor bondad de ajuste, siendo el modelo P-T el que presentan menores diferencias relativas (DR) respecto al modelo de la bandeja (Bochetti, 2010), tal como se observa en la tabla 1.

Tabla 1 Indicadores de ajuste de la investigación de análisis comparativo entre el modelo de la bandeja con tres modelos más para determinar la evapotranspiración de referencia en la zona de Chillan

	PM-F		H-S		P-T	
	RMSE	RD	RMSE	RD	RMSE	RD
RP	mm/día	%	mm/día	%	mm/día	%
30 días	1,068	34,667	1,194	38,771	1,040	33,775
7 días	1,222	39,680	1,359	44,161	1,009	32,791
3 días	1,259	40,944	1,485	48,327	1,165	37,888
1 día	1,468	47,761	1,670	54,316	1,414	46,009

Fuente: Bochetti, 2010

2.2 EL CULTIVO DEL FRÉJOL

2.2.1 Principales datos agronómicos

Desde el punto de vista taxonómico, el fréjol es el prototipo del género *Phaseolus* y su nombre científico es *Phaseolus vulgaris* L., asignado por Lineo en 1753.

Las temperaturas óptimas para el desarrollo de leguminosas de grano fluctúan entre 18° C y 27° C. El fréjol requiere una temperatura entre 18 a 28 ° C y suelos francos, profundos, fértiles, de buen drenaje y sin problemas de salinidad. La conductividad eléctrica no debe ser mayor que 1 mmhos/cm. Es sensible tanto a la sequía como al exceso de humedad.

Las bajas temperaturas retardan el crecimiento, mientras que las altas causan una aceleración. Las temperaturas extremas (5 °C ó 40 °C) pueden ser soportadas en períodos cortos, pero por tiempos prolongados causan daños irreversibles.

El agua es un elemento indispensable para el crecimiento y desarrollo de cualquier planta, como reactivo de la fotosíntesis, elemento estructural, medio de transporte y regulador de la temperatura. Estudios realizados para medir el consumo de agua del fréjol a lo largo de las etapas fenológicas han permitido determinar que el mayor consumo de agua se da en las etapas de floración y formación de las vainas.

En general, el sistema radicular es superficial, ya que el mayor número de raíces se encuentra en los primeros 15 a 20 cm de profundidad del suelo (Arias, et al, 2007).

2.2.2 Técnicas agronómicas del cultivo

Es importante mantener el campo de cultivo libre de malezas, al menos, hasta la floración del mismo. El cultivo y la deshierba tienen la finalidad de eliminar las malezas y así favorecer el crecimiento de la raíz, la fijación del nitrógeno atmosférico y la oxigenación de la raíz. (Castañeda, 2000).

Para lograr un buen rendimiento del cultivo se debe preparar el suelo, de ser posible, de la siguiente forma:

- ✓ Destruir e incorporar residuos de cosecha del cultivo anterior.
- ✓ Reducir la incidencia de plagas y enfermedades.
- ✓ Adecuada oxigenación y aireación de la raíz.
- ✓ Mejor aprovechamiento de los nutrientes y en agua.
- ✓ Corte de malezas grandes, limpieza de bordos y acequias (Castañeda, 2000).

La semilla a utilizar se debe desinfectar contra los hongos e insectos plaga del suelo. Debe realizarse momento antes de la siembra utilizando cualquier de los fungicidas, más un insecticida de los que exista disponible en el mercado. (Castañeda, 2000).

2.2.3 Variedades de fréjol

Existe una diversidad de variedades de fréjol, en el Ecuador, el INIAP, ha realizado el mejoramiento genético del fréjol, logrando obtener 14 variedades mejoradas, las mismas se presentan en la tabla 2 en la cual se identifica la variedad INIAP 422 –Belén Blanco-, cuyo color del grano es blanco (INIAP, 2010). Esta variedad es la que más siembran los agricultores del cantón Catamayo y sus alrededores; por lo tanto fue la semilla seleccionada para el proyecto de investigación.

Tabla 2. Variedades mejoradas por el INIAP

Nombre	Hábito*	Color del grano
INIAP 414 Yunguilla	I	Rojo moteado
INIAP 418 Je.Ma.	II	Rojo moteado
INIAP 420 Canario del Chota	I	Amarillo
INIAP 422 Blanco Belén	I	Blanco
INIAP 423 Canario	I	Amarillo (canario)
INIAP 424 Concepción	I	Morado moteado
INIAP 425 Blanco Fanesquero	I	Blanco
INIAP 427 Libertador	I	Rojo moteado
INIAP 428 Canario Guarandeño	II	Amarillo
INIAP 429 Paragachi Andino	II	Rojo moteado con crema
INIAP 430 Portilla	I	Rojo moteado
INIAP 480 Rocha	I	Amarillo (canario)
INIAP 481 Rojo del Valle	II	Rojo moteado
INIAP 482 Afroandino	II	Negro

* Hábito de crecimiento I=determinado arbustivo, florece de arriba hacia abajo. Hábito de crecimiento II= indeterminado arbustivo, con una guía pequeña, florece de abajo hacia arriba.

Fuente: INIAP, 2010

2.2.4 Fenología del cultivo

El Centro Internacional de Agricultura Tropical —CIAT, 1984— ha establecido una escala para diferenciar las etapas de desarrollo del fréjol, basada en la morfología de la planta y en los cambios fisiológicos que se suceden durante el desarrollo. Esta escala permite referir las observaciones y prácticas de manejo, o etapas de desarrollo fisiológico.

El ciclo biológico de la planta de fréjol se divide en dos fases sucesivas: *la fase vegetativa y la fase reproductiva*. La fase vegetativa se inicia cuando se le provee a la semilla las condiciones para iniciar la germinación y termina cuando aparecen los primeros botones florales o los primeros racimos. En esta fase se desarrolla la estructura vegetativa necesaria para iniciar la actividad reproductiva de la planta. La fase reproductiva, por su parte, está comprendida entre la aparición de los primeros botones florales o racimos y la madurez de cosecha.

En el desarrollo de la planta de fréjol se han identificado 10 etapas, las cuales están delimitadas por eventos fisiológicos importantes (figura 1). Cada etapa comienza en un evento del desarrollo, cuyo nombre la identifica, y termina donde se inicia el siguiente evento, y así sucesivamente. La identificación de cada etapa se hace con base a un código que consta de una letra y un número. La letra corresponde a la inicial de la fase a la cual pertenece la etapa particular. Es decir, V si la etapa pertenece a la fase vegetativa, o R si la fase reproductiva (Arias, et al, 2007).

Las características de los cambios fisiológicos del cultivo de fréjol son las siguientes:

1. *Siembra a emergencia*, es decir cuando los cotiledones aparecen a nivel del suelo.
2. *De emergencia a la aparición de la tercera hoja trifoliada completamente abierta y plana*, la misma que se considera como tal cuando el 50% de las plantas tiene dicha característica.
3. *De la aparición de la tercera hoja trifoliada hasta la floración*, es decir cuando el 50 % de la plantas presentan la primera flor abierta.
4. *De la floración hasta cuando el 50% de las plantas presentan la formación de vainas*.
5. *De la formación de vainas hasta el llenado de las mismas*, siempre que el 50% de las plantas empiece a llenar la primera vaina.

6. *Del llenado de las vainas hasta la maduración*, esta etapa se caracteriza por la maduración y secado de las vainas y considera como tal cuando el 50% de las vainas inicia su decoloración y secado.

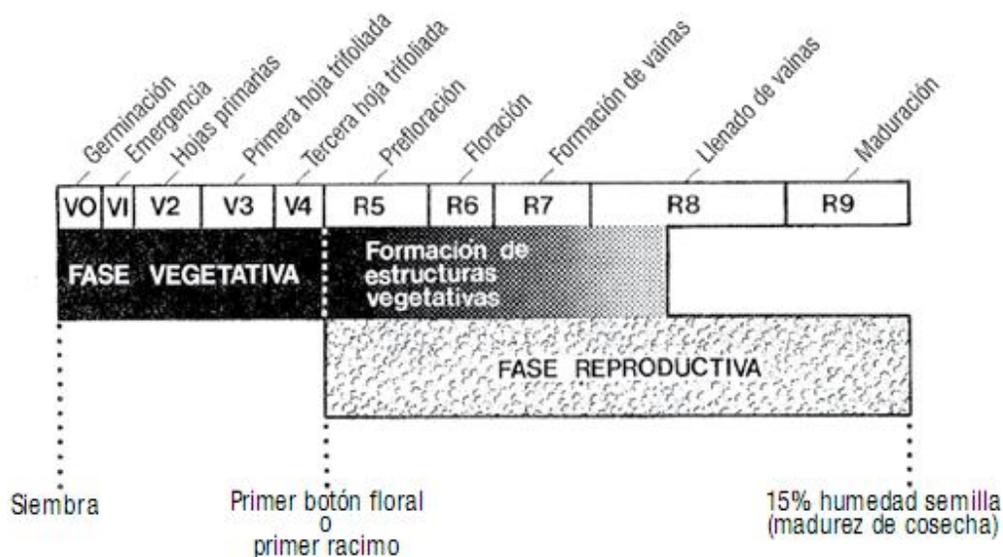


Figura 1. Etapas fenológicas del fréjol

2.2.5 Coeficiente de cultivo del fréjol

Sobre el valor del coeficiente del cultivo de fréjol, K_c , existe una diversidad de valores de investigaciones que se han realizado, los mismos que responden a las características propias de la zona de estudio. Según la investigación en fréjol realizada en la Quinta Experimental Docente de la Universidad Nacional de Loja (UNL), tiene los siguientes valores: Etapa inicial: 0,51. Etapa de desarrollo: 0,8. Etapa mediada de temporada: 0,97. Etapa final: 0,63. (Armijos y Ordoñez, 2011). Según la Publicación Nro 56 de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura –FAO– (Allen, 2006), ha determinado tres etapas del cultivo: la inicial, mediados de temporada y la final, cuyos valores recomendados son: 0,5; 1,05 y 0,90 respectivamente, valores que son semejantes a los determinados en la investigación realizada en la Quinta de la UNL.

En razón de que la FAO, es un organismo internacional y permanentemente está realizando investigaciones por diferentes países en diferentes condiciones climáticas, y como resultado de las mismas han realizado la Publicación Nro 56, en el año 2006, titulado como

Evapotranspiración del cultivo, guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos; ha sido considerado en la presente investigación como documento base.

El tiempo referencial en que se produce las etapas del cultivo, la FAO nos presenta lo siguiente: la fase inicial se presenta a los 15 días después de la siembra (DDS), la fase de desarrollo desde los 16 a 40 DDS, la fase media desde los 41 a 60 DDS; y, la fase final para cosecha en verde desde los 61 a 75 DDS.

2.2.6 Fertilización

La finalidad de la fertilización es poner a disposición de la planta los nutrientes que necesita para un buen rendimiento. Para una adecuada fertilización se debe hacer un análisis previo del suelo para:

- ✓ Conocer el nivel de salinidad o acidez.
- ✓ Conocer la cantidad de nutrientes disponibles en el suelo.
- ✓ Determinar los tipos de fertilizantes y las dosis que deben ser aplicadas al suelo.

Existen diferentes tipos de abonos y fertilizantes que pueden ser utilizados. Entre los orgánicos se tiene: estiércol de aves, vacuno, caprino; que ayudan a mejorar la textura del suelo. Entre los químicos se tiene: urea, superfosfato triple de calcio, fosfato diamónico, sulfato de potasio, sulfato de amonio y otros compuestos que existen a venta en los almacenes de agroquímicos mediante ciertas fórmulas para su comercialización.

El fréjol absorbe cantidades altas de N, K y Ca y en menor cantidad S, Mg y P. La información que se muestra la tabla 3 da una idea de los requerimientos de los nutrientes esenciales para el fréjol, la misma que es referencial, por lo que es prudencial solicitar a los laboratorios que nos proporcionen recomendaciones de fertilización basado en los análisis correspondientes del suelo (Arias, et al, 2007).

Tabla 3 Requerimientos de minerales del fréjol

Componentes De la cosecha	Kg/Ha					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Vainas	32	4	22	4	4	10
Tallos	65	5	71	50	14	15
Total	97	9	93	54	18	25

Fuente: Arias, et al, 2007.

2.2.7 Síntomas de deficiencias nutricionales

Deficiencia de nitrógeno

Aunque el fréjol es una leguminosa capaz de fijar simbióticamente nitrógeno en presencia de la cepa apropiada de *Rhizobium*. La deficiencia de nitrógeno es más frecuente en los suelos con bajo contenido de materia orgánica. También ocurre en suelos ácidos donde los niveles tóxicos de aluminio o manganeso, o las deficiencias de calcio y magnesio, restringen la descomposición microbológica de la materia orgánica y la fijación de nitrógeno por el *Rhizobium*. Los síntomas de deficiencia de nitrógeno son evidentes tan pronto como las hojas bajas de la planta toman un color verde pálido y, eventualmente, muestran amarillamiento. Tal coloración avanza gradualmente hacia arriba. El crecimiento de la planta es raquítico y los rendimientos disminuyen (Arias, et al, 2007).

Deficiencias de fósforo

La deficiencia de fósforo es uno de los principales problemas nutricionales del fréjol. Las plantas deficientes en fósforo son raquíticas, tienen pocas ramas y las hojas bajas se vuelven amarillas y necróticas antes de alcanzar su madurez. Las hojas superiores suelen ser pequeñas y de color verde oscuro. La deficiencia de fósforo reduce la floración y afecta la maduración (Arias, et al, 2007).

Deficiencia de potasio

Las deficiencias de potasio en fréjol no son significativas. Los síntomas típicos de deficiencia son amarillamiento y necrosis de los ápices y márgenes foliares. Estos aparecen primero en las hojas bajas y gradualmente se extienden hacia arriba. En algunos casos de deficiencias muy marcadas pueden presentarse manchas necróticas (Arias, et al, 2007).

Deficiencia de magnesio

El magnesio es un componente básico de la clorofila y, por lo tanto, un nivel óptimo es vital para la fotosíntesis. La deficiencia de magnesio generalmente ocurre en suelos ácidos de poca fertilidad con bajo contenido de bases, y en suelos derivados de cenizas volcánicas con niveles relativamente altos de calcio y potasio (Arias, et al, 2007).

2.2.8 Principales enfermedades y plagas que se presentan en el cultivo de fréjol

Las enfermedades más comunes que se presentan en el cultivo de fréjol son las siguientes: Roya (*Uromyces appendiculatus*), Antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*), mancha angular (*Phaeoisariopsis griseola*), bacteriosis común (*Xanthomonas campestris* pv. *campestris*), añublo de halo o mancha de aceite (*Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*), mustia hilachosa (*Thanatephorus cucumeris*), mildiú polvoso o cenicilla (*Erysiphe polygoni*), ascoquita o mancha anillada (*Phoma exigua*), virus del mosaico común, pudriciones de raíz y nemátodos (INIAP, 2010).

Las plagas más comunes que se presentan en el cultivo de fréjol son las siguientes: Trozadores (*Agrotys*sp), mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum* B. *tabasi*), lorito verde o mosquilla (*Empoasca kraemeri*), barrenador de tallo y vainas (*Epinotia aporema*), arañita roja (*Tetranychus*sp), trips (*Thysanoptera: Thripidae*), gorgojo (*Acanthoscelides obtectus*) (INIAP, 2010).

En las figura 2 y 3 se presentan los síntomas de las plagas y enfermedades más comunes del fréjol.



Mosca blanca o "palomilla"



Gorgojo

Figura 2. Plagas en el fréjol



Roya



Antracnosis



Rhizoctonia solani



Fusarium solani



Fusarium oxisporum

Figura 3. Enfermedades del fréjol.

2.3 RIEGO POR GOTEO

El riego por goteo consiste básicamente en aplicar el agua de riego en forma localizada en los cultivos que se siembran en hileras. Se adapta a diferentes tipos de cultivos, permitiendo un ahorro considerable de agua por su alta eficiencia.

El sistema, como cualquier otro de este tipo, consta de tres unidades fundamentales:

- ✓ Cabezal de riego y filtros.
- ✓ Red de conducción y distribución.
- ✓ Emisores de riego.

2.3.1 Cabezal de riego

El cabezal de riego está constituido, en primer lugar, por la bomba que sirve para dar presión al sistema. También puede ser alimentado desde un reservorio aprovechando la energía del agua por el desnivel existente entre la fuente y el cabezal.

En segundo lugar, en el cabezal se encuentra el equipamiento necesario para medir y controlar el caudal (válvulas volumétricas y de paso) y la presión de operación (manómetros y/o piezómetros).

En tercer lugar aparecen los equipos de filtrado, elementos imprescindibles que tienen como función principal el impedir el taponamiento o la obturación de los emisores. Están constituidos por filtros de arena, de malla o por ambos, dependiendo del tipo de materiales contaminantes que contenga el agua de riego. Es importante subrayar la obligatoriedad de filtros en estos equipos, incluso si el agua proviene de pozos o vertientes.

2.3.2 Red de conducción y distribución

El sistema de conducción y distribución está conformado por una red de tuberías enterradas primarias, secundarias y -dependiendo del tamaño del equipo- terciarias y cuaternarias. Estas tuberías son, en su gran mayoría, de PVC, material de bajo costo y de fácil manejo.

La red primaria es la encargada de conducir el agua desde la fuente a la red secundaria, ésta a su vez a la red terciaria y finalmente hacia los emisores de riego.

Además, en el inicio de cada sector de riego se encuentra una válvula de regulación de flujo que puede ser manual de tipo compuerta o bien automática. Ambas de un diámetro equivalente a la tubería donde va inserta.

Desde las tuberías terciaria o secundaria emergen a la superficie las laterales o porta emisores a una distancia fluctuante, dependiendo del marco de plantación.

2.3.3 Emisores

El agua es distribuida sobre el terreno mediante una red de tuberías de polietileno de 8, 12 ó 16 mm de diámetro. Sobre o en la línea de polietileno se disponen los emisores llamados goteros (2, 4 y 8 l/h), a una distancia de 20 a 50 cm entre ellos, dependiendo especialmente de las condiciones de suelo y tipo de cultivo.

Los goteros dejan escapar el agua en forma de gotas, las que difunden en el perfil formando el bulbo húmedo.

2.3.4 Ventajas del riego por goteo

Por ser un sistema de riego localizado, el riego por goteo presenta las siguientes ventajas:

- ✓ Aumento significativo de la eficiencia de aplicación del agua, que llega a aprovecharse en un 90 a 95%.
- ✓ Se entrega el volumen justo de agua que las plantas necesitan diariamente.
- ✓ Se requiere mínima presión para su operación.
- ✓ La uniformidad del riego es alta, todas las plantas reciben volúmenes similares.
- ✓ Se logran mejores rendimientos asociados a los beneficios anteriores.
- ✓ Los equipos tienen larga vida útil, superior a los 10 a 15 años.
- ✓ Requiere de una baja utilización de mano de obra.
- ✓ Se adapta a cualquier condición topográfica.

1. INTRODUCCIÓN

La mayoría de los productores están haciendo agricultura basada en la experiencia empírica, que tienen en el manejo agronómico de sus cultivos, con técnicas de riego de baja eficiencia. Se estima que en promedio la eficiencia global de riego estaría por el 25% (Sánchez, 2007). La mayor parte de estas pérdidas ocurren a nivel parcelario y se evidencian en la producción de los cultivos, debido a un suministro hídrico inadecuado que ocasiona estrés hídrico o anegamiento, disminución del crecimiento de los cultivos, lixiviación de nutrientes disponibles en el suelo; y, en consecuencia un incremento en los costos y degradación del suelo.

Otra problemática que enfrenta el riego en el país, específicamente en la provincia de Loja, es el bajo nivel técnico: se estima que el 51% de la superficie regada aplica el agua a las parcelas por gravedad, ocasionando pérdidas del agua y de suelo; el 20% utiliza el riego por aspersión, el 2% por goteo y el 27% otro tipo de riego (CAMAREN, 2006). De aquí la importancia en poder realizar investigaciones para motivar a nuestros agricultores a tecnificarse en el riego, en la cual es pertinente que las universidades e investigadores sean parte fundamental para en un futuro no muy lejano lograr este objetivo; desde luego hace falta la decisión política y económica efectiva de las instituciones del Estado.

Para el uso adecuado del agua, a nivel parcelario, es necesario conocer los requerimientos hídricos de los cultivos para cuantificar los volúmenes de agua que se debe suministrar en su debido tiempo, es decir, la frecuencia de riego. El cálculo de requerimientos hídricos de los cultivos implica conocer una serie de factores, tanto edafoclimáticos como agronómicos, entre los cuales se puede citar: evaporación, precipitación, temperatura, humedad relativa, disponibilidad de nutrientes y características hidrofísicas del suelo.

La información climatológica se la obtiene de las estaciones meteorológicas, pero en la actualidad existe un déficit de éstas, pues varias de las que anteriormente estaban funcionando han dejado de operar. Y de las que están generando datos están muy distantes de las zonas donde se hace agricultura, y por otra, la obtención de los datos registrados son de difícil acceso; todo

esto dificulta aplicar los métodos empíricos para el cálculo de la evapotranspiración de los cultivos.

Implementar una estación meteorológica convencional representa costos que no están al alcance de los agricultores, por lo que se realizó la validación y obtención de factores de ajuste entre: un tanque evaporímetro Clase A y un recipiente de evaporación de plástico color blanco; y, entre un pluviómetro estándar y un artesanal, dispositivos que permitieron obtener valores diarios de evaporación y precipitación en la zona de cultivo, mismos que fueron complementados con equipos de medición para obtener la temperatura media, humedad relativa media y velocidad de viento; contando con la información necesaria para realizar la determinación de la evapotranspiración potencial o de referencia (ET_o), mediante la aplicación de los métodos indirectos.

El cálculo de la evaporación de referencia se lo realizó mediante el método del tanque evaporímetro Clase A, implementado en el área de experimentación. Para tener mejores elementos de validación del tanque evaporímetro artesanal se realizó la determinación de ET_o, por los métodos de Thornthwaite y Hargreaves y se realizó el análisis estadístico comparativo de los resultados obtenidos.

Para determinar las láminas de riego, tiempos y volúmenes de aplicación del riego, se investigó diversas bibliografías -las más actualizadas y difundidas-, de las cuales se ha extraído las tablas y ecuaciones correspondientes; logrando de esta manera elaborar una metodología sencilla, de fácil aplicación por los agricultores, accesible; y, sobre todo técnica y práctica. Con los resultados obtenidos se valida la metodología aplicada que bien puede ser asumida por los productores para mejorar la eficiencia de uso del agua y obtener mejores rendimientos en sus cultivos; y, por ende incrementar sus ingresos.

Con la finalidad de comparar los rendimientos se procedió a auscultar la experiencia sobre el cultivo de fréjol al Sr. Carlos Macas, que estuvo ubicado muy cerca de la parcela experimental y que además participó como agricultor experimentado en la investigación realizada. La variedad de fréjol cultivada por éste agricultor fue Belén Blanco, el suelo de características similares, bajo

riego por goteo, con un programa de fertilización y control fitosanitario de acuerdo a su experiencia y con diferente práctica de suministro de las láminas de riego durante el ciclo fenológico del cultivo.

La investigación se efectuó en el sector Togueros, parroquia San Pedro de la Bendita, perteneciente al cantón Catamayo, provincia de Loja. El área experimental estuvo ubicada aproximadamente a 52 Km de la ciudad de Loja. El trabajo de campo se realizó desde el 15 de agosto hasta el 30 de noviembre del 2012.

Objetivo General.

Contribuir a la tecnificación del riego, para un uso eficiente del recurso hídrico y mejoramiento de la producción de los cultivos.

Objetivos Específicos.

- ✓ Determinar la frecuencia de riego óptima según la evaporación del tanque evaporímetro Clase A.
- ✓ Validar un tanque evaporímetro no tradicional (artesanal) para el manejo tecnificado de riego por los agricultores, en función al tanque evaporímetro clase A.

Hipótesis

Nula (H₀). El rendimiento del cultivo de fréjol es igual en las tres frecuencias de riego por goteo.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 INVESTIGACIONES Y ESTUDIOS REALIZADOS

Para investigar se revisó la bibliografía pertinente sobre el efecto de frecuencias de riego en la producción del fréjol, para riego por goteo, basado en el evaporación del tanque evaporímetro Clase A, pero no se ha encontrado ninguna investigación al respecto. Existen investigaciones e informaciones interesantes que el autor ha considerado analizarlas, de las cuales se ha extraído lo pertinente y ha servido de base para realizar la presente investigación.

En el Ecuador con la creación, en junio de 1959, del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), se realiza las primeras investigaciones de fréjol, las mismas que han estado a cargo de Gustavo Enríquez por el año de 1975, investigaciones que se extendieron a las provincias de Cañar, Azuay y Loja en la estación experimental de Chuquipata, ubicada al norte de Cuenca. La investigación más descollante se inicia en 1991 con el apoyo del proyecto PROFRIZA y el CIAT, y con el liderazgo de Eduardo Peralta, se logra consolidar la creación del Programa Nacional de Leguminosas en 1997, etapa muy productiva para el mejoramiento genético del fréjol.

Según la publicación del INIAP conjuntamente con el Programa de Modernización del sector Agropecuario (PROMSA), en la estación experimental de Chuquipata se realizó una investigación de una nueva variedad de fréjol para la sierra sur del Ecuador, denominado variedad INIAP 422 (Fréjol Blanco Belén), en la cual se logra obtener los siguientes rendimientos: en grano seco, 1,35 ton/ha y en grano verde 6,77 ton/ha valores que superan al promedio obtenido de varias localidades.

Las características agronómicas del cultivo obtenidas son las siguientes: días a la floración 43; días a la cosecha en verde 79; días a la cosecha en seco 99; peso de 100 gramos en seco 61,6 gr; peso de 100 granos verdes 125 gr; número de vainas por planta 15,6; y, rendimiento experimental entre 5 a 8 ton/ha en vaina verde. (INAP, 2003)

Aparte del INIAP, la Universidad Nacional de Loja (UNL), particularmente en el área de colección y conservación de los recursos genéticos, Carlos García, a partir de la década del 70, y Gilberto Álvarez, en los 90, fueron los que también han trabajado en esta actividad. Existen investigaciones de estudiantes de pregrado de la UNL, pero con sistemas de riego tradicionales, no con goteo, siendo necesario realizar otras investigaciones en fréjol con riego localizado.

Según la investigación en fréjol bajo riego por pulsos realizada en la Quinta Experimental Docente de la Universidad Nacional de Loja (UNL) se obtienen los siguientes valores: vainas/planta: 29,7; 29,8 y 30,5; peso de vaina en seco (gr): 4,7; 5,4 y 5,9; rendimiento (ton/ha): 5,2; 6,0 y 6,7 respectivamente para cada uno de los tratamientos (Armijos y Ordoñez, 2001). Los tratamientos de riego son: un pulso (T0), tres pulsos (T1) y seis pulsos de riego (T3).

Existe una investigación donde se ha determinado la cantidad de agua requerida para el cultivo de fréjol, 1 368 m³/ha/ciclo vegetativo, la misma que ha sido realizada por la zona de Arenillas que tiene una temperatura media de 25.1 °C y una altitud de 15 msnm. El rendimiento obtenido ha sido de 1, 23 ton/ha (Castillo y Quezada, 1980).

La investigación realizada Huachi-Tungurahua que tiene una temperatura de 13.6 °C y una altitud de 2 639 msnm, en la que se han evaluado el comportamiento de cinco variedades de fréjol bajo riego por surcos. Las variedades del fréjol han sido procedentes de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP y se las ha codificado de la siguiente forma: E295, E1427, E1486, E101 Y L-24; y los resultados más relevantes obtenidos son los siguientes: la altura de planta (cm): 38,72, 36,36; 36,32; 39,45; 38,56; número semilla/vaina: 3,35; 3,27; 2,47; 3,0; 3,2; peso de 100 semillas (gr): 54; 76; 48; 68; 71; rendimiento (ton/ha): 1,4; 0,4; 1,5; 0,6 y 1,8 respectivamente. El uso consuntivo acumulado fue de: 268,8; 301,5; 286,4; 309,6 y 319,9 mm respectivamente (Oñate, 1985).

Como se puede deducir existen varias investigaciones, unas con fines del mejoramiento genético del fréjol; otras, para determinar el coeficiente de cultivo (Kc), para determinar el uso consuntivo del cultivo en volumen por hectárea del ciclo vegetativo, para analizar los rendimientos de diferentes variedades, pero no se ha investigado el mejoramiento de la producción de las semillas que dispone el agricultor, investigando la optimización de las frecuencias y láminas de riego,

haciendo uso de la tecnología más eficiente para suministrar el riego parcelario, como lo es el de goteo, con la finalidad de obtener una mejor productividad y optimizar el aprovechamiento del recurso agua que cada día es más escasa y existe mayor demanda.

Bochetti, en el 2010 realiza una investigación de análisis comparativo entre la evapotranspiración de referencia obtenida mediante modelo del tanque evaporímetro Clase A o bandeja (ET_o ban) y los siguientes modelos: Penman Monteith-FAO (PM-F), Hargreaves-Samani (HS) y Priestley-Taylor (P-T), aplicadas a la zona agrícola de Chillan.

Una vez realizado y analizado los ajustes correspondientes en la mencionada investigación se ha determinado que los valores del error cuadrático medio (RMSE) para el modelo H-S son producto de una subestimación de los valores ET_o, siendo éste el modelo que más se aleja de los valores esperados, mientras que los modelos PM-F y P-T presentan una mejor bondad de ajuste, siendo el modelo P-T el que presentan menores diferencias relativas (DR) respecto al modelo de la bandeja (Bochetti, 2010), tal como se observa en la tabla 1.

Tabla 1 Indicadores de ajuste de la investigación de análisis comparativo entre el modelo de la bandeja con tres modelos más para determinar la evapotranspiración de referencia en la zona de Chillan

	PM-F		H-S		P-T	
	RMSE	RD	RMSE	RD	RMSE	RD
RP	mm/día	%	mm/día	%	mm/día	%
30 días	1,068	34,667	1,194	38,771	1,040	33,775
7 días	1,222	39,680	1,359	44,161	1,009	32,791
3 días	1,259	40,944	1,485	48,327	1,165	37,888
1 día	1,468	47,761	1,670	54,316	1,414	46,009

Fuente: Bochetti, 2010

2.2 EL CULTIVO DEL FRÉJOL

2.2.1 Principales datos agronómicos

Desde el punto de vista taxonómico, el fréjol es el prototipo del género *Phaseolus* y su nombre científico es *Phaseolus vulgaris* L., asignado por Lineo en 1753.

Las temperaturas óptimas para el desarrollo de leguminosas de grano fluctúan entre 18° C y 27° C. El fréjol requiere una temperatura entre 18 a 28 ° C y suelos francos, profundos, fértiles, de buen drenaje y sin problemas de salinidad. La conductividad eléctrica no debe ser mayor que 1 mmhos/cm. Es sensible tanto a la sequía como al exceso de humedad.

Las bajas temperaturas retardan el crecimiento, mientras que las altas causan una aceleración. Las temperaturas extremas (5 °C ó 40 °C) pueden ser soportadas en períodos cortos, pero por tiempos prolongados causan daños irreversibles.

El agua es un elemento indispensable para el crecimiento y desarrollo de cualquier planta, como reactivo de la fotosíntesis, elemento estructural, medio de transporte y regulador de la temperatura. Estudios realizados para medir el consumo de agua del fréjol a lo largo de las etapas fenológicas han permitido determinar que el mayor consumo de agua se da en las etapas de floración y formación de las vainas.

En general, el sistema radicular es superficial, ya que el mayor número de raíces se encuentra en los primeros 15 a 20 cm de profundidad del suelo (Arias, et al, 2007).

2.2.2 Técnicas agronómicas del cultivo

Es importante mantener el campo de cultivo libre de malezas, al menos, hasta la floración del mismo. El cultivo y la deshierba tienen la finalidad de eliminar las malezas y así favorecer el crecimiento de la raíz, la fijación del nitrógeno atmosférico y la oxigenación de la raíz. (Castañeda, 2000).

Para lograr un buen rendimiento del cultivo se debe preparar el suelo, de ser posible, de la siguiente forma:

- ✓ Destruir e incorporar residuos de cosecha del cultivo anterior.
- ✓ Reducir la incidencia de plagas y enfermedades.
- ✓ Adecuada oxigenación y aireación de la raíz.
- ✓ Mejor aprovechamiento de los nutrientes y en agua.
- ✓ Corte de malezas grandes, limpieza de bordos y acequias (Castañeda, 2000).

La semilla a utilizar se debe desinfectar contra los hongos e insectos plaga del suelo. Debe realizarse momento antes de la siembra utilizando cualquier de los fungicidas, más un insecticida de los que exista disponible en el mercado. (Castañeda, 2000).

2.2.3 Variedades de fréjol

Existe una diversidad de variedades de fréjol, en el Ecuador, el INIAP, ha realizado el mejoramiento genético del fréjol, logrando obtener 14 variedades mejoradas, las mismas se presentan en la tabla 2 en la cual se identifica la variedad INIAP 422 –Belén Blanco-, cuyo color del grano es blanco (INIAP, 2010). Esta variedad es la que más siembran los agricultores del cantón Catamayo y sus alrededores; por lo tanto fue la semilla seleccionada para el proyecto de investigación.

Tabla 2. Variedades mejoradas por el INIAP

Nombre	Hábito*	Color del grano
INIAP 414 Yunguilla	I	Rojo moteado
INIAP 418 Je.Ma.	II	Rojo moteado
INIAP 420 Canario del Chota	I	Amarillo
INIAP 422 Blanco Belén	I	Blanco
INIAP 423 Canario	I	Amarillo (canario)
INIAP 424 Concepción	I	Morado moteado
INIAP 425 Blanco Fanesquero	I	Blanco
INIAP 427 Libertador	I	Rojo moteado
INIAP 428 Canario Guarandeño	II	Amarillo
INIAP 429 Paragachi Andino	II	Rojo moteado con crema
INIAP 430 Portilla	I	Rojo moteado
INIAP 480 Rocha	I	Amarillo (canario)
INIAP 481 Rojo del Valle	II	Rojo moteado
INIAP 482 Afroandino	II	Negro

* Hábito de crecimiento I=determinado arbustivo, florece de arriba hacia abajo. Hábito de crecimiento II= indeterminado arbustivo, con una guía pequeña, florece de abajo hacia arriba.

Fuente: INIAP, 2010

2.2.4 Fenología del cultivo

El Centro Internacional de Agricultura Tropical —CIAT, 1984— ha establecido una escala para diferenciar las etapas de desarrollo del fréjol, basada en la morfología de la planta y en los cambios fisiológicos que se suceden durante el desarrollo. Esta escala permite referir las observaciones y prácticas de manejo, o etapas de desarrollo fisiológico.

El ciclo biológico de la planta de fréjol se divide en dos fases sucesivas: *la fase vegetativa y la fase reproductiva*. La fase vegetativa se inicia cuando se le provee a la semilla las condiciones para iniciar la germinación y termina cuando aparecen los primeros botones florales o los primeros racimos. En esta fase se desarrolla la estructura vegetativa necesaria para iniciar la actividad reproductiva de la planta. La fase reproductiva, por su parte, está comprendida entre la aparición de los primeros botones florales o racimos y la madurez de cosecha.

En el desarrollo de la planta de fréjol se han identificado 10 etapas, las cuales están delimitadas por eventos fisiológicos importantes (figura 1). Cada etapa comienza en un evento del desarrollo, cuyo nombre la identifica, y termina donde se inicia el siguiente evento, y así sucesivamente. La identificación de cada etapa se hace con base a un código que consta de una letra y un número. La letra corresponde a la inicial de la fase a la cual pertenece la etapa particular. Es decir, V si la etapa pertenece a la fase vegetativa, o R si la fase reproductiva (Arias, et al, 2007).

Las características de los cambios fisiológicos del cultivo de fréjol son las siguientes:

1. *Siembra a emergencia*, es decir cuando los cotiledones aparecen a nivel del suelo.
2. *De emergencia a la aparición de la tercera hoja trifoliada completamente abierta y plana*, la misma que se considera como tal cuando el 50% de las plantas tiene dicha característica.
3. *De la aparición de la tercera hoja trifoliada hasta la floración*, es decir cuando el 50 % de la plantas presentan la primera flor abierta.
4. *De la floración hasta cuando el 50% de las plantas presentan la formación de vainas*.
5. *De la formación de vainas hasta el llenado de las mismas*, siempre que el 50% de las plantas empiece a llenar la primera vaina.

6. *Del llenado de las vainas hasta la maduración*, esta etapa se caracteriza por la maduración y secado de las vainas y considera como tal cuando el 50% de las vainas inicia su decoloración y secado.

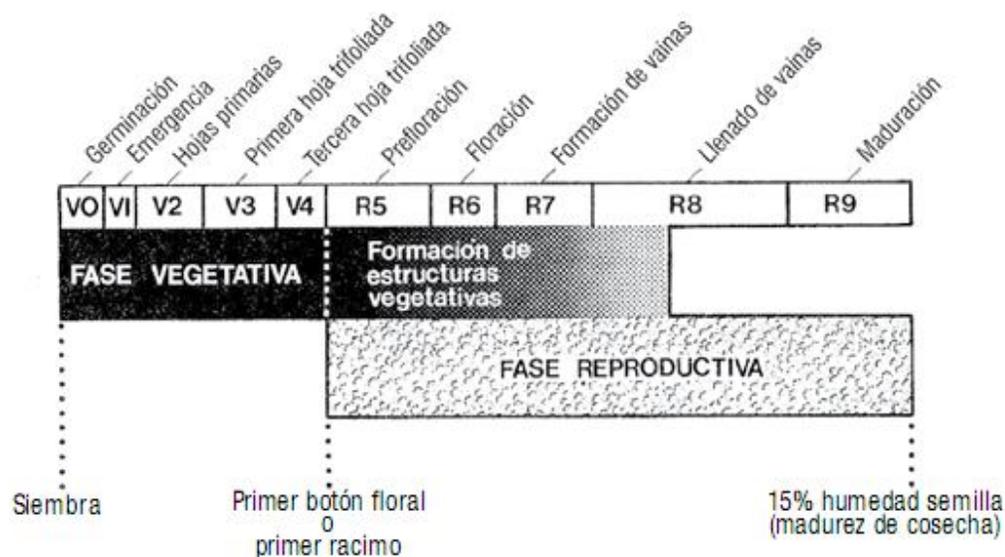


Figura 1. Etapas fenológicas del fréjol

2.2.5 Coeficiente de cultivo del fréjol

Sobre el valor del coeficiente del cultivo de fréjol, K_c , existe una diversidad de valores de investigaciones que se han realizado, los mismos que responden a las características propias de la zona de estudio. Según la investigación en fréjol realizada en la Quinta Experimental Docente de la Universidad Nacional de Loja (UNL), tiene los siguientes valores: Etapa inicial: 0,51. Etapa de desarrollo: 0,8. Etapa mediada de temporada: 0,97. Etapa final: 0,63. (Armijos y Ordoñez, 2011). Según la Publicación Nro 56 de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura –FAO– (Allen, 2006), ha determinado tres etapas del cultivo: la inicial, mediados de temporada y la final, cuyos valores recomendados son: 0,5; 1,05 y 0,90 respectivamente, valores que son semejantes a los determinados en la investigación realizada en la Quinta de la UNL.

En razón de que la FAO, es un organismo internacional y permanentemente está realizando investigaciones por diferentes países en diferentes condiciones climáticas, y como resultado de las mismas han realizado la Publicación Nro 56, en el año 2006, titulado como

Evapotranspiración del cultivo, guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos; ha sido considerado en la presente investigación como documento base.

El tiempo referencial en que se produce las etapas del cultivo, la FAO nos presenta lo siguiente: la fase inicial se presenta a los 15 días después de la siembra (DDS), la fase de desarrollo desde los 16 a 40 DDS, la fase media desde los 41 a 60 DDS; y, la fase final para cosecha en verde desde los 61 a 75 DDS.

2.2.6 Fertilización

La finalidad de la fertilización es poner a disposición de la planta los nutrientes que necesita para un buen rendimiento. Para una adecuada fertilización se debe hacer un análisis previo del suelo para:

- ✓ Conocer el nivel de salinidad o acidez.
- ✓ Conocer la cantidad de nutrientes disponibles en el suelo.
- ✓ Determinar los tipos de fertilizantes y las dosis que deben ser aplicadas al suelo.

Existen diferentes tipos de abonos y fertilizantes que pueden ser utilizados. Entre los orgánicos se tiene: estiércol de aves, vacuno, caprino; que ayudan a mejorar la textura del suelo. Entre los químicos se tiene: urea, superfosfato triple de calcio, fosfato diamónico, sulfato de potasio, sulfato de amonio y otros compuestos que existen a venta en los almacenes de agroquímicos mediante ciertas fórmulas para su comercialización.

El fréjol absorbe cantidades altas de N, K y Ca y en menor cantidad S, Mg y P. La información que se muestra la tabla 3 da una idea de los requerimientos de los nutrientes esenciales para el fréjol, la misma que es referencial, por lo que es prudencial solicitar a los laboratorios que nos proporcionen recomendaciones de fertilización basado en los análisis correspondientes del suelo (Arias, et al, 2007).

Tabla 3 Requerimientos de minerales del fréjol

Componentes De la cosecha	Kg/Ha					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Vainas	32	4	22	4	4	10
Tallos	65	5	71	50	14	15
Total	97	9	93	54	18	25

Fuente: Arias, et al, 2007.

2.2.7 Síntomas de deficiencias nutricionales

Deficiencia de nitrógeno

Aunque el fréjol es una leguminosa capaz de fijar simbióticamente nitrógeno en presencia de la cepa apropiada de *Rhizobium*. La deficiencia de nitrógeno es más frecuente en los suelos con bajo contenido de materia orgánica. También ocurre en suelos ácidos donde los niveles tóxicos de aluminio o manganeso, o las deficiencias de calcio y magnesio, restringen la descomposición microbológica de la materia orgánica y la fijación de nitrógeno por el *Rhizobium*. Los síntomas de deficiencia de nitrógeno son evidentes tan pronto como las hojas bajas de la planta toman un color verde pálido y, eventualmente, muestran amarillamiento. Tal coloración avanza gradualmente hacia arriba. El crecimiento de la planta es raquítico y los rendimientos disminuyen (Arias, et al, 2007).

Deficiencias de fósforo

La deficiencia de fósforo es uno de los principales problemas nutricionales del fréjol. Las plantas deficientes en fósforo son raquíticas, tienen pocas ramas y las hojas bajas se vuelven amarillas y necróticas antes de alcanzar su madurez. Las hojas superiores suelen ser pequeñas y de color verde oscuro. La deficiencia de fósforo reduce la floración y afecta la maduración (Arias, et al, 2007).

Deficiencia de potasio

Las deficiencias de potasio en fréjol no son significativas. Los síntomas típicos de deficiencia son amarillamiento y necrosis de los ápices y márgenes foliares. Estos aparecen primero en las hojas bajas y gradualmente se extienden hacia arriba. En algunos casos de deficiencias muy marcadas pueden presentarse manchas necróticas (Arias, et al, 2007).

Deficiencia de magnesio

El magnesio es un componente básico de la clorofila y, por lo tanto, un nivel óptimo es vital para la fotosíntesis. La deficiencia de magnesio generalmente ocurre en suelos ácidos de poca fertilidad con bajo contenido de bases, y en suelos derivados de cenizas volcánicas con niveles relativamente altos de calcio y potasio (Arias, et al, 2007).

2.2.8 Principales enfermedades y plagas que se presentan en el cultivo de fréjol

Las enfermedades más comunes que se presentan en el cultivo de fréjol son las siguientes: Roya (*Uromyces appendiculatus*), Antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*), mancha angular (*Phaeoisariopsis griseola*), bacteriosis común (*Xanthomonas campestris* pv. *campestris*), añublo de halo o mancha de aceite (*Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*), mustia hilachosa (*Thanatephorus cucumeris*), mildiú polvoso o cenicilla (*Erysiphe polygoni*), ascoquita o mancha anillada (*Phoma exigua*), virus del mosaico común, pudriciones de raíz y nemátodos (INIAP, 2010).

Las plagas más comunes que se presentan en el cultivo de fréjol son las siguientes: Trozadores (*Agrotis* spp), mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum* B. *tabasi*), lorito verde o mosquilla (*Empoasca kraemeri*), barrenador de tallo y vainas (*Epinotia aporema*), arañita roja (*Tetranychus* spp), trips (*Thysanoptera: Thripidae*), gorgojo (*Acanthoscelides obtectus*) (INIAP, 2010).

En las figura 2 y 3 se presentan los síntomas de las plagas y enfermedades más comunes del fréjol.



Mosca blanca o "palomilla"



Gorgojo

Figura 2. Plagas en el fréjol



Roya



Antracnosis



Rhizoctonia solani



Fusarium solani



Fusarium oxisporum

Figura 3. Enfermedades del fréjol.

2.3 RIEGO POR GOTEO

El riego por goteo consiste básicamente en aplicar el agua de riego en forma localizada en los cultivos que se siembran en hileras. Se adapta a diferentes tipos de cultivos, permitiendo un ahorro considerable de agua por su alta eficiencia.

El sistema, como cualquier otro de este tipo, consta de tres unidades fundamentales:

- ✓ Cabezal de riego y filtros.
- ✓ Red de conducción y distribución.
- ✓ Emisores de riego.

2.3.1 Cabezal de riego

El cabezal de riego está constituido, en primer lugar, por la bomba que sirve para dar presión al sistema. También puede ser alimentado desde un reservorio aprovechando la energía del agua por el desnivel existente entre la fuente y el cabezal.

En segundo lugar, en el cabezal se encuentra el equipamiento necesario para medir y controlar el caudal (válvulas volumétricas y de paso) y la presión de operación (manómetros y/o piezómetros).

En tercer lugar aparecen los equipos de filtrado, elementos imprescindibles que tienen como función principal el impedir el taponamiento o la obturación de los emisores. Están constituidos por filtros de arena, de malla o por ambos, dependiendo del tipo de materiales contaminantes que contenga el agua de riego. Es importante subrayar la obligatoriedad de filtros en estos equipos, incluso si el agua proviene de pozos o vertientes.

2.3.2 Red de conducción y distribución

El sistema de conducción y distribución está conformado por una red de tuberías enterradas primarias, secundarias y -dependiendo del tamaño del equipo- terciarias y cuaternarias. Estas tuberías son, en su gran mayoría, de PVC, material de bajo costo y de fácil manejo.

La red primaria es la encargada de conducir el agua desde la fuente a la red secundaria, ésta a su vez a la red terciaria y finalmente hacia los emisores de riego.

Además, en el inicio de cada sector de riego se encuentra una válvula de regulación de flujo que puede ser manual de tipo compuerta o bien automática. Ambas de un diámetro equivalente a la tubería donde va inserta.

Desde las tuberías terciaria o secundaria emergen a la superficie las laterales o porta emisores a una distancia fluctuante, dependiendo del marco de plantación.

2.3.3 Emisores

El agua es distribuida sobre el terreno mediante una red de tuberías de polietileno de 8, 12 ó 16 mm de diámetro. Sobre o en la línea de polietileno se disponen los emisores llamados goteros (2, 4 y 8 l/h), a una distancia de 20 a 50 cm entre ellos, dependiendo especialmente de las condiciones de suelo y tipo de cultivo.

Los goteros dejan escapar el agua en forma de gotas, las que difunden en el perfil formando el bulbo húmedo.

2.3.4 Ventajas del riego por goteo

Por ser un sistema de riego localizado, el riego por goteo presenta las siguientes ventajas:

- ✓ Aumento significativo de la eficiencia de aplicación del agua, que llega a aprovecharse en un 90 a 95%.
- ✓ Se entrega el volumen justo de agua que las plantas necesitan diariamente.
- ✓ Se requiere mínima presión para su operación.
- ✓ La uniformidad del riego es alta, todas las plantas reciben volúmenes similares.
- ✓ Se logran mejores rendimientos asociados a los beneficios anteriores.
- ✓ Los equipos tienen larga vida útil, superior a los 10 a 15 años.
- ✓ Requiere de una baja utilización de mano de obra.
- ✓ Se adapta a cualquier condición topográfica.

- ✓ Fertilización a través del agua de riego, aumentando la eficiencia, la localización y dosis de abonos. De esta manera se puede aplicar otros agroquímicos.
- ✓ Permite realizar, simultáneamente al riego, otras labores culturales, ya que al haber zonas secas, no se presenta obstáculo para desplazarse sobre el terreno.
- ✓ Evita la lixiviación de los nutrientes del suelo y el control sanitario se reduce notablemente (Riego por goteo, s.f. [www. rregar.com/index.php?/200909251327/riego-por-goteo/riego-por-goteo.html](http://www.rregar.com/index.php?/200909251327/riego-por-goteo/riego-por-goteo.html)).

2.3.5 Desventajas

- ✓ El costo inicial de adquisición es elevado dependiendo del cultivo, topografía y el grado de automatización que se quiera del equipo.
- ✓ Necesidad de gasto energético (electricidad, petróleo).
- ✓ El taponamiento de los emisores (goteros principalmente) debido a que su área de salida es bastante reducida. Esto está relacionado directamente con la filtración y la calidad química del agua.
- ✓ En caso de utilizar aguas con alto contenido de sales periódicamente sin realizar lavados al final de cada ciclo, el suelo corre el peligro de salinarse a corto o mediano plazo.
- ✓ Requiere que los usuarios tengan conocimientos en el manejo adecuado del equipo instalado (Riego por goteo, s.f. [www. rregar.com/index.php?/200909251327/riego-por-goteo/riego-por-goteo.html](http://www.rregar.com/index.php?/200909251327/riego-por-goteo/riego-por-goteo.html)).

2.4 PROGRAMACIÓN Y MANEJO DEL RIEGO

En la agricultura bajo riego es necesario optimizar el manejo del agua y aumentar la eficiencia de uso del recurso hídrico mediante un conjunto de procedimientos técnicos que brinden información necesaria para regar un cultivo con una frecuencia y tiempo óptimos.

El objetivo de la programación de riego es permitir decidir cuándo se debe regar y cuánta agua aplicar con el fin de cubrir las necesidades hídricas de los cultivos. Es preciso tener en cuenta que gracias al desconocimiento de las necesidades hídricas de los cultivos, se puede aplicar riego de manera incorrecta, ocasionando problemas fisiológicos, aumento de costos de agua y

fertilizantes y posterior contaminación de aguas subterráneas. En la medida en que se conozcan las respuestas del cultivo a ciertas cantidades de agua, la frecuencia de riego se utilizará con criterios técnicos y económicos, ahorrando agua en algunos períodos concretos del desarrollo de la planta (Cely, 2010)

2.4.1 Factores a considerar en la programación del riego

La programación del riego ha de tomar en consideración los siguientes factores: el clima, el suelo y el cultivo.

El clima. Es el factor que determina si un cultivo requiere riego que, por un lado, aporta agua de lluvia (Precipitación) y, por el otro, absorbe agua por evaporación y por transpiración. La precipitación es extremadamente variable tanto en el tiempo como en el espacio. Durante la programación y el manejo del riego en tiempo real se ha de considerar el aporte de la lluvia para evitar que el suelo se anegue y el exponer las raíces del cultivo a condiciones anaeróbicas (la carencia de oxígeno requerido para la respiración de las raíces), la aplicación de agua en exceso, el consumo innecesario de energía y la lixiviación (el lavado) de nutrientes y de fertilizantes costosos por debajo de la profundidad de enraizamiento del cultivo (Cely, 2010).

El suelo. Para la programación del riego, se considera al suelo como un medio poroso, trifásico, en el cual las plantas pueden desarrollar las raíces. La fase sólida ocupa un volumen más o menos fijo (entre un 30% y un 60% del total, en función de su textura) al tiempo que en el volumen restante, la fracción porosa, el agua (fase líquida) y el aire (la fase gaseosa) se complementan dinámicamente: al agregar agua al suelo, algo de aire escapa a la atmósfera circundante y, por el contrario, al retirarse agua del suelo, aire adicional penetra a éste. Por supuesto que el suelo tiene muchas propiedades adicionales: ofreciendo sostén a las plantas, el abastecimiento de los nutrientes, etc.; a su vez, que impone limitaciones debido a problemas de salinidad, drenaje, compactación, micro-organismos patógenos, entre otros (Cely, 2010).

El manejo del suelo, y sobre todo, su manejo mecanizado con equipo pesado puede alterar la estructura del suelo. Así, por ejemplo, al labrar un suelo húmedo se lo compacta, lo cual altera su

estructura negativamente; el riego con aguas salinas ocasiona la dispersión de los agregados del suelo; su exposición prolongada a la intemperie conduce a la oxidación de la materia orgánica en la capa superior del suelo, lo cual incide negativamente tanto sobre la retención de agua como la disponibilidad de nutrientes en el suelo (Cely, 2010).

El cultivo. El cultivo utiliza la radiación solar, el CO₂ de la atmósfera, agua y nutrientes para producir biomasa (frutos, hojas, tallos y raíces) mediante el proceso de la fotosíntesis. Cuando las estomas de las hojas están abiertas, para permitir la entrada de CO₂, se produce la emisión de agua en forma de vapor desde la planta a la atmósfera mediante el proceso de transpiración. Esta pérdida de agua debe ser repuesta por la planta mediante la extracción de agua del suelo por las raíces. Esta cantidad de agua, unida a la que se pierde por evaporación desde la superficie del suelo, constituye lo que se conoce como evapotranspiración del cultivo (ETc); y debe ser satisfecha mediante riego (Cely, 2010).

Cuando se está trabajando con el suelo agrícola es necesario tener presente algunos conceptos básicos, al citar:

La infiltración. Es la tasa de velocidad a la cual el agua penetra la superficie del suelo. La velocidad de infiltración es la relación entre la lámina de agua que se infiltra y el tiempo que tarda en hacerlo, se expresa generalmente en cm/hr o cm/min (Cely, 2010).

La cantidad de agua que se infiltra en un suelo es una unidad de tiempo, bajo condiciones de campo, es la máxima al comenzar la aplicación del agua en el suelo y disminuye conforme aumenta la cantidad de agua que ya ha entrado en él.

Los factores principales que determinan la magnitud del movimiento del agua por infiltración son:

- ✓ La textura, en un suelo arenoso favorece la infiltración.
- ✓ La estructura, suelos con grandes agregados estables en agua tienen proporciones de infiltraciones más altas.
- ✓ Cantidad de materia orgánica. Altas proporciones de materia orgánica sin descomponer propician que una mayor cantidad de agua entre al suelo.

- ✓ Profundidad del suelo. Los de mayor profundidad almacenan mayor cantidad de agua.
- ✓ Cantidad de agua en el suelo. En general un suelo mojado tendrá menor infiltración que un suelo seco.
- ✓ Temperatura del suelo. Los suelos calientes permiten mayor infiltración de agua que los suelos fríos.
- ✓ Cantidad de organismos vivos. A mayor actividad microbiológica en los suelos habrá una mayor infiltración (Cely, 2010).

Cuando la infiltración llega al punto más bajo en la gráfica (velocidad de infiltración versus tiempo) y no varía, es decir, que la curva se hace asintótica y el valor de infiltración permanece constante, éste valor se define como infiltración básica (Cely, 2010).

Por lo que para que un cultivo pueda desarrollarse es necesario mantener la zona radicular lo más próximo a la capacidad de campo.

2.5 REQUERIMIENTOS DE AGUA DE LOS CULTIVOS

El contenido de agua en el suelo tiene un efecto principal sobre la disponibilidad de agua para el crecimiento vegetal. El agua tiene cuatro funciones fundamentales en las plantas:

- ✓ Es el mayor constituyente de protoplasma (85 a 95%).
- ✓ Es esencial para la fotosíntesis y la conversión de almidones en azúcar.
- ✓ Es el solvente en la cual los nutrientes se mueven en y a través de las partes de la planta.
- ✓ Provee de turgidez a la planta para mantenerla en forma y posición apropiada.

La mayor parte del agua absorbida por las plantas se da a nivel de raíces aunque pueden también hacerlo a través de las estomas en mínima proporción. La transpiración ocurre casi en su totalidad en el día bajo la radiación solar. Por la noche, los poros o estomas de las plantas se cierran y un porcentaje muy pequeño de humedad se libera desde la superficie de la planta, el movimiento del agua en una planta en este proceso se grafica en la figura 4.



Figura 4. Movimiento del agua en una planta durante el proceso de transpiración

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 las hojas del cultivo proyecta más y más sombra sobre el suelo. La evapotranspiración se expresa normalmente en milímetros por unidad de tiempo. La unidad de tiempo puede ser una hora, un día, 10 días, un mes o incluso un completo periodo de cultivo o un año (Cely, 2010).

La cantidad de agua requerida por los cultivos (evapotranspiración) depende de la interacción de factores climáticos, botánicos, edáficos y manejo. Entre ellos, se puede mencionar la temperatura, humedad relativa, viento, radiación, período de crecimiento del follaje, el tamaño, la edad, la estructura del suelo, la distribución de las raíces, la disponibilidad de agua, etc. (Cely, 2010).

En fenómeno de repartición de la evapotranspiración en evaporación y transpiración durante el periodo de crecimiento de un cultivo anual en relación con el área foliar por unidad de superficie de suelo debajo de él se presenta en la figura 6. En el momento de la siembra, casi el 100% de la ET ocurre en forma de evaporación, mientras que cuando la cobertura vegetal es completa, más del 90% de la ET ocurre como transpiración (Allen, 2006).

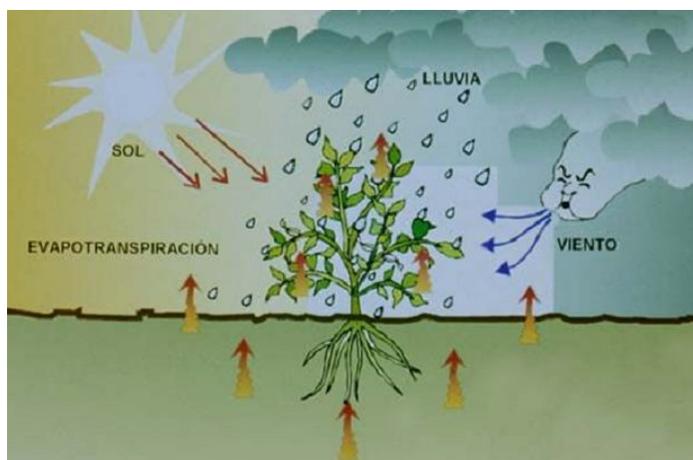


Figura 5. Factores climáticos que intervienen en la evapotranspiración

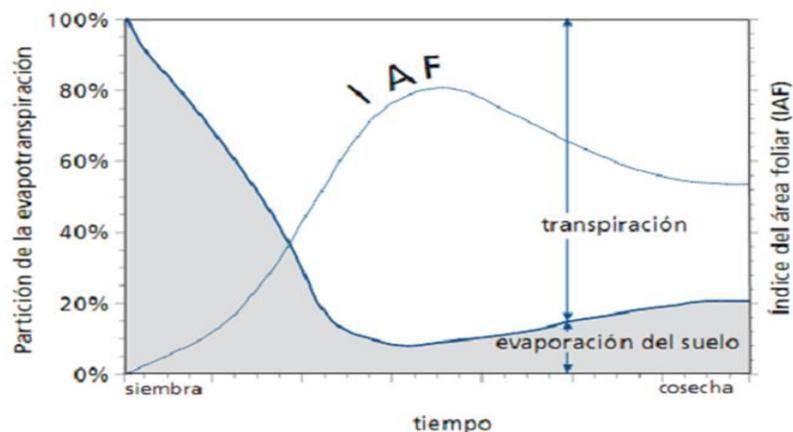


Figura 6. Repartición de la evapotranspiración en evaporación y transpiración durante el periodo de crecimiento de un cultivo anual.

2.5.1 Método para determinar la evapotranspiración de los cultivos

Para estimar la evapotranspiración de los cultivos existe una diversidad de métodos, tanto directos (lisímetros) como indirectos (empíricos). Los primeros son más exactos pero más laboriosos y largos; los segundos, permiten estimaciones menos exactas - mediante fórmulas empíricas-, pero en cambio se determinan rápida y fácilmente.

Cabe aclarar que la mayoría de las fórmulas empíricas en uso, que sirven para estimar el uso consuntivo de los cultivos y que utilizan datos meteorológicos, se basan en una primera estimación de la evapotranspiración potencial o de referencia (ET_o) y luego un ajuste mediante ciertos coeficientes que están establecidos en tablas para cada cultivo.

Entre los métodos indirectos que menos parámetros necesitan, son los siguientes:

Método del tanque evaporímetro

Los tanques evaporímetros permiten medir el efecto combinado de la temperatura, humedad, velocidad del viento y radiación (luz solar) sobre la evaporación (ET). Los más conocidos son el Tanque Evaporímetro Clase "A" y el Tanque Enterrado de Colorado (tanque cuadrado). El primero, que es el más usado en nuestro medio tiene un diámetro de 120,7 cm y una profundidad de 25 cm, es de hierro galvanizado (calibre 22) o de metal (0,8 mm). Se debe instalar, perfectamente nivelado, a 15 cm sobre el suelo. El tanque o cubeta se llena de agua 5 cm del borde y debe cuidarse que el nivel del agua no descienda de 7,5 cm con respecto al borde. El tanque se debe pintar todos los años con una capa de aluminio (Allen, 2006). Los cultivos que se encuentran alrededor del tanque evaporímetro no deben ser más altos de 1m (figura 7).



Figura 7. Tanque evaporímetro Clase A

Este método se base en las siguientes expresiones:

$$ET_c = ET_o * K_c$$

Donde:

ET_c = Evapotranspiración del cultivo, mm/día.

ET_o = Evapotranspiración de referencia de un cultivo tipo. Depende solamente de las variables climáticas de la zona, mm/día.

K_c = Coeficiente de cultivo. Depende del cultivo y de su etapa de desarrollo.

Dicha expresión es válida mientras no se produce un estrés hídrico suficiente para ejercer una reducción en ET, lo que ocurre normalmente cuando se ha agotado entre 70 y 80% el agua extraíble del suelo.

La ET_o de acuerdo al tanque se calcula con la siguiente relación:

$$ET_o = ET * K_p \quad 2$$

Donde:

ET_o = Evapotranspiración del cultivo de referencia, mm/día.

ET = Evaporación medida en el tanque evaporímetro, mm/día.

K_p = Coeficiente del tanque que depende de la humedad relativa mínima, de la velocidad promedio del viento en 24 horas y del tipo de cobertura que se encuentra alrededor del tanque.

El coeficiente de tanque, K_p , depende de:

- ✓ El tipo de tanque usado.
- ✓ El entorno del tanque: en medio de un barbecho o en una superficie con vegetación.
- ✓ El clima: la humedad y la velocidad del viento.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN DEL AREA EXPERIMENTAL

La investigación se efectuó en el sector Togueros, parroquia San Pedro de la Bendita, perteneciente al cantón Catamayo, provincia de Loja. El área experimental estuvo ubicada aproximadamente a 52 Km de la ciudad de Loja (figura 8).



Figura 8. Ubicación del área experimental

La parcela experimental tiene las siguientes características geográficas y climáticas:

Coordenadas UTM, WGS84:	Longitud 79° 25' 16'' (675298 E) Latitud 3° 56' 30'' (9564162 N)
Zona Geográfica:	17 Sur
Altitud:	1 585 msnm
Temperatura media anual:	19°C
Clima:	Tropical - seco
Precipitación media anual:	378 mm

3.2 MATERIALES Y EQUIPOS

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

- ✓ Equipo de muestreo de suelos: barrenos, cilindros koppecky
- ✓ Equipo para medir infiltración (doble anillo)
- ✓ GPS
- ✓ Higrotermómetro
- ✓ Probeta de 50 ml
- ✓ Tanque evaporímetro clase "A", pluviómetros: estándar y artesanal
- ✓ Tanques plásticos de: 1000 l y 650 l de capacidad, tanques metálico de 200 l
- ✓ Tanque de fertilización
- ✓ Recipientes plástico cilíndrico (tanque evaporímetro no tradicional) de capacidad 20 l
- ✓ Equipo de imagen (cámara) y video
- ✓ Herramientas menores
- ✓ Sistema de riego por goteo con mangueras de goteo con descarga variable en función a la presión suministrada por el cabezal de riego
- ✓ Accesorios de riego: filtro de malla, conector del tanque hacia la salida del cabezal de riego, válvulas de bola, adaptadores, etc.

3.3 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental que se utilizó fue mono factorial con distribución de bloques al azar, con tres tratamientos y cuatro repeticiones (figura 9). Los tratamientos fueron: frecuencia de riego diario (T1), frecuencia de riego cada dos días (T2) y frecuencia de riego cada tres días (T3). La ETc se determinó aplicando el método del tanque evaporímetro Clase A. La selección de las frecuencias de riego se debió a que en el sitio de experimentación es una zona en la cual se presentan altas evapotranspiraciones.

El área experimental constó de:

Unidades experimentales (UE) = 12 (4 x 3)

Área útil de cada unidad experimental = 37.8 m² (9 m x 4.2 m)

Distancia entre unidades = 1.0 m

Distancia entre hileras = 0.8 m

Distancia entre emisores = 0.3m

Área de experimentación = 453,6 m²

Variable independiente: Frecuencia de riego

Variable dependiente : Rendimiento del fréjol fresco en vaina

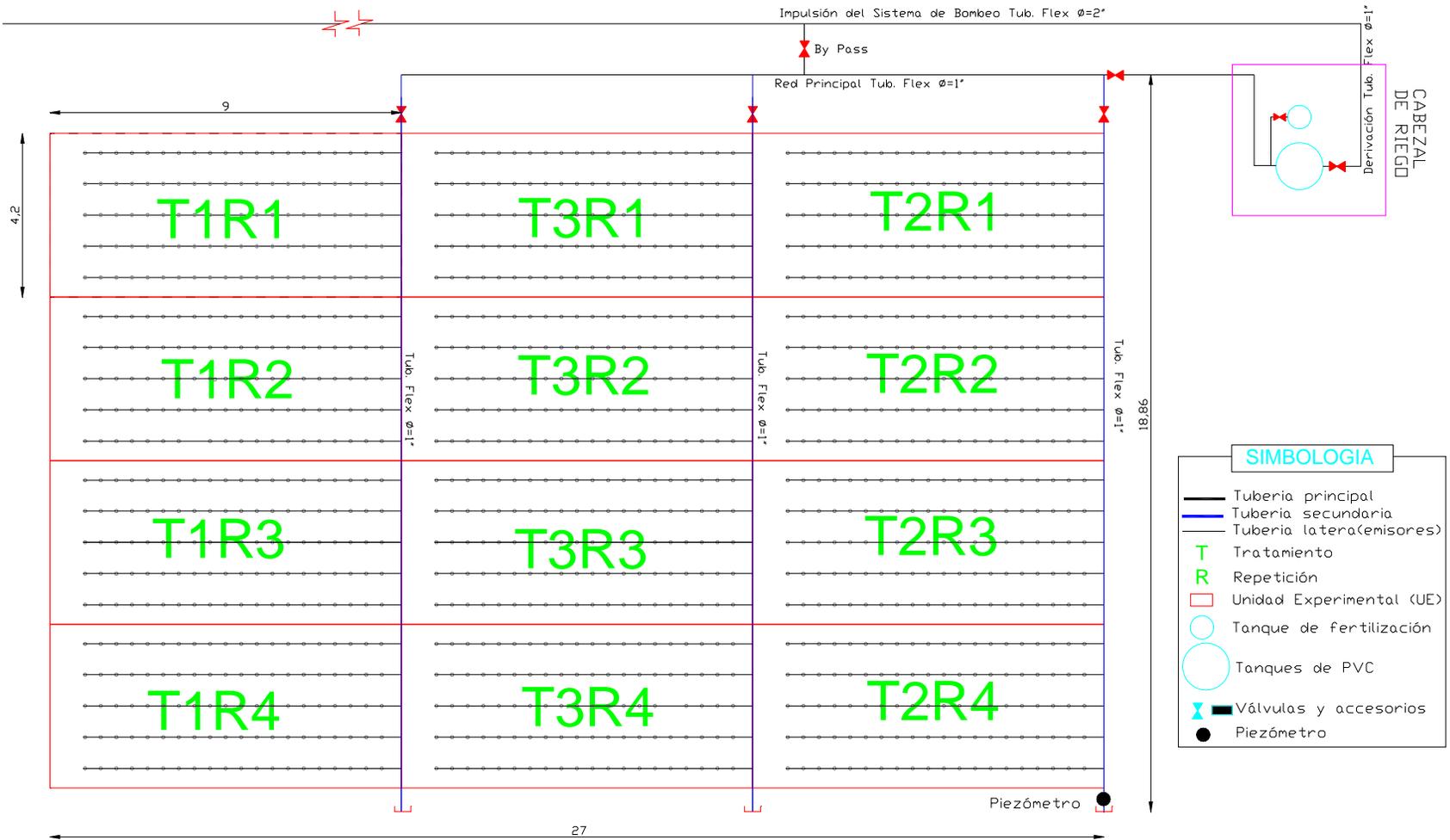


Figura 9. Esquema del diseño experimental

3.3.1 Análisis Estadístico

La forma de los bloques del ensayo experimental fue rectangular, en 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 frecuencias de riego en la producción del cultivo de fréjol, 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 procedió a realizar los cálculos correspondientes, los mismos que se presentan en el anexo 23.

Tabla 4. Análisis de varianza

Causa de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado
Repeticiones o Bloque	r-1	$\sum_{i=1}^t \frac{Y_i^2}{b} - \frac{Y^2}{b * t}$	$\frac{S.C.REPET}{b - 1}$	$\frac{S.M.REPET}{C.M.ERROR}$
Tratamientos	t-1	$\sum_{j=1}^b \frac{Y_j^2}{t} - \frac{Y^2}{b * t}$	$\frac{S.C.TRAT}{t - 1}$	$\frac{S.M.TRAT}{C.M.ERROR}$
Error	(t-1)(b-1)	$\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^b Y_{ij}^2 - \sum_{i=1}^t \frac{Y_i^2}{b} - \sum_{j=1}^b \frac{Y_j^2}{t} + \frac{Y^2}{b * t}$	$\frac{S.C.ERROR}{(t - 1) * (b - 1)}$	
Total	(bt-1)	$\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^b Y_{ij}^2 - \frac{Y^2}{b * t}$		

Fuente: Universidad José Carlos Mariátegui -Experimentación Agrícola- en el año 2009

3.4 ACTIVIDADES PRELIMINARES DE LA INVESTIGACIÓN

3.4.1 Laboreo del terreno y trazado de unidades experimentales

Se procedió a arar el terreno con tractor agrícola hasta dejarlo en condiciones de poder sembrar. Posteriormente se procedió el trazado de las diferentes unidades de experimentación de acuerdo

al diseño experimental. Se procedió a colocar estacas pintadas de blanco para delimitar cada uno de las unidades experimentales (UE) y tratamientos; de igual forma se procedió a colocar letreros de identificación y los tratamientos a investigar (figura 10)



Figura 10. Trazado de unidades experimentales e identificación de tratamientos

3.4.2 Instalación del sistema de riego por goteo y equipos meteorológicos

El sistema de riego estuvo compuesto por una bomba centrífuga marca Honda de 5 HP, con motor de combustión interna. La impulsión del agua se lo realizó desde un reservorio hacia el cabezal de riego instalado en la parte alta de la parcela experimental mediante una tubería flex de 2 pulg, con sus respectivos accesorios y válvulas de control. También en dicha impulsión se realizó un bay pass que permitió alimentar de caudal de forma directa hacia la red principal del sistema de riego.

El sistema de riego parcelario estuvo compuesto de la red principal de tubería flex de 25 mm, la red secundaria que alimenta las laterales con tubería de 25 mm y las respectivas laterales de riego de 8 mm con goteros (microdrip) incorporados a cada 30 cm. La ecuación del emisor es $q = 0.647 * H^{0.49}$ (anexo 6). La longitud de las laterales es de 8 m y están separadas a 0.8 m entre laterales, dentro de la misma unidad experimental; y, de 1 m entre las repeticiones. Al final de la red secundaria se implementó un piezómetro artesanal de columna de agua con la finalidad de poder medir la presión de trabajo del sistema de riego.

Cada lateral dispone de 27 emisores, cada unidad experimental o repetición del tratamiento tiene 5 laterales, dando un total de 135 emisores por cada unidad experimental (UE). De las cinco laterales instalados dos cumplieron la función de efecto de borde y en las tres centrales se realizó el seguimiento al cultivo y el muestreo correspondiente. En cada lateral dos plantas del extremo fueron considerados para el efecto de borde.

El piezómetro fue elaborado de forma artesanal, para lo cual se utilizó una tee de pvc de 25 mm con reducción a 12 mm, tres metros de manguera transparente de 12 mm de diámetro, un soporte de madera de 3 m, una escala graduada en centímetros (figura 11).



Figura 11. Sistema de riego por goteo y piezómetro de columna de agua

El cabezal de riego estuvo compuesto por:

- ✓ Dos tanques de PVC de capacidad 1000 l y 650 l, como reservorios de agua para el sistema de riego.
- ✓ Un tanque de metal de 200 l, para realizar la fertilización.
- ✓ Dos filtros, uno de anillas y otro de malla de 1 pulg.
- ✓ El sistema de válvulas de control con respectivos accesorios.
- ✓ Protección con alambre de púas y postes de madera del cabezal de riego y estación meteorológica (figura 12)



Figura 12. Instalación del cabezal de riego y protección con cerca de alambre.

Los equipos meteorológicos instalados fueron los siguientes:

- ✓ Tres tanques evaporímetros: uno clase A y dos recipientes plásticos de 20 l de capacidad que cumplieron la función de evaporímetros artesanales, debidamente nivelado y con su escala correspondiente; esto con la finalidad de obtener un coeficiente de ajuste entre el tanque estándar convencional y el artesanal.
- ✓ Un higrotermómetro que sirvió para medir la humedad relativa y la temperatura del aire.
- ✓ Dos pluviómetros: uno estándar y el otro artesanal, con la finalidad de encontrar un coeficiente de ajuste que valide el uso del pluviómetro artesanal (figura13).



Figura 13. Tanque evaporímetro Clase A, y recipientes de evaporación, pluviómetros e higrotermómetro.

3.4.3 Análisis de fertilidad y constantes hidrofísicas del suelo

Para determinar la fertilidad del suelo, se procedió a tomar una muestra representativa del terreno, y el análisis se realizó en el laboratorio de la Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro (Agrocalidad), en Tumbaco-Quito, en la que se determinó la capacidad de campo, punto de marchitez permanente, textura del suelo, pH, materia orgánica, nutrientes del suelo como: nitrógeno, fósforo y potasio (anexo 1). Para la densidad aparente se tomó una muestra no disturbada y se la remitió al laboratorio de suelos de la Universidad Nacional de Loja (anexo 2).

Un parámetro técnico para el manejo eficiente del riego es el conocimiento de la capacidad de infiltración del suelo, para lo cual se aplicó el método de los cilindros infiltrómetros (figura 14).



Figura 14. Prueba de infiltración del suelo.

La intensidad de precipitación de los goteros, fue determinada por la siguiente ecuación:

$$Ia = \frac{Qe}{Sl * Se}$$

3

Donde:

Ia = Intensidad de precipitación, mm/h

Qe = Caudal de descarga del gotero, l/h

Sl = Distancia entre laterales, m

Se = Distancia entre emisores, m

3.4.4 Prueba de funcionamiento hidráulico del sistema de riego

Una vez instalado el sistema de riego por goteo se procedió a realizar la prueba de descarga de los emisores en las laterales centrales de las unidades experimentales con la presión del cabezal de riego, 2 mca, con la finalidad de obtener el coeficiente de uniformidad.

El coeficiente de uniformidad (CUC), según Christiansen puede determinarse mediante la siguiente ecuación:

$$CUC = \left(\frac{1 - \sum_{i=1}^n |X_i - \bar{X}|}{n\bar{X}} \right) \times 100$$

4

Donde:

CUC = Coeficiente de uniformidad, %

X_i = Cada uno de los datos u observaciones realizadas, l/h

\bar{X} = Promedio de las observaciones realizadas, l/h

n = número de datos u observaciones

Otro criterio de uniformidad es el llamado un cuarto inferior, representado en la siguiente expresión.

$$CU = 100 * \frac{Q_{e25\%}}{Q_n}$$

5

Donde:

CU = Coeficiente de uniformidad, %

$Q_{e25\%}$ = Media del caudal de descarga del 25% de los emisores con caudales más reducidos, l/h

Q_n = Caudal medio de todos los emisores evaluados, l/h

La variación de presiones en el sistema de riego se determinó con la siguiente expresión:

$$\Delta P = \frac{P_{\max} - P_{\min}}{P_{\text{medio}}} * 100$$

6

Donde:

ΔP = Variación de presión, %

P_{\max} = Presión máxima, mca

P_{\min} = Presión Mínima, mca

P_{medio} = Presión promedio, mca

Posteriormente se procedió a dar riego con una lámina de 6 mm, luego de lo cual se realizó la medición del bulbo de humedecimiento; encontrándose que el diámetro de humedecimiento fue de 15 cm y profundidad de 15 cm (figura 15).



Figura 15. Medición del bulbo de humedecimiento.

Con el propósito de evaluar que las presiones de trabajo aceptables y consecuentemente descargas uniformes en los goteros se realizó el modelamiento hidráulico del sistema de riego, para la cual se procedió a realizar un levantamiento topográfico con GPS de la parcela experimental implementada, posteriormente se hizo uso del software Epanet V2, en la cual se obtuvo presiones en metros de columna de agua (mca) en la red secundaria que suministra agua a cada una de las unidades experimentales, las mismas que fueron adecuadas (1,5 a 3,3 mca), lo que garantizó la descarga necesaria en los goteros para poder dotar de riego al cultivo (figura 16).

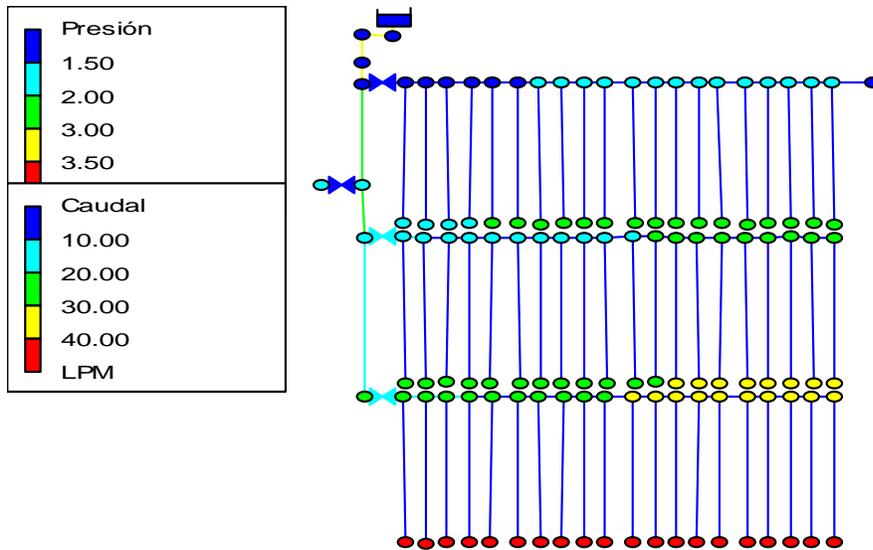


Figura 16 Modelamiento hidráulico del sistema riego de la parcela experimental.

3.4.5 Riego de pre siembra

Los días 4 y 5 de septiembre del 2012 se procedió a dotar al suelo del riego para permitir la germinación del cultivo y el día 6 de septiembre proceder a la siembra del cultivo de fréjol, variedad Belén Blanco, dándose inicio al ciclo vegetativo del cultivo. El riego se determinó en base a los resultados de laboratorio. La lámina de riego determinada es de 18,4 mm, lo que nos da un tiempo de riego, para $Q_e=1.5$ l/h, de 184 min.

Las ecuaciones que sirvieron para determinar las láminas y tiempos de riego son las siguientes:

$$L_r = \frac{(CC - PMP) * D_a * Pr}{100}$$

7

Donde:

- L_r = Lámina de riego neta, mm
- CC = Capacidad de campo, %
- PMP = Punto de martichez permanente, %
- D_a = Densidad aparente, gr/cm³
- Pr = Profundidad de la raíz, mm

La lámina bruta considerando un 90% de eficiencia de aplicación del riego por goteo tenemos:

$$Lb = \frac{Lr}{Ea} \quad 8$$

Donde:

Lb = Lámina bruta, mm

Lr = Lámina neta, mm

Ea = Porcentaje de eficiencia de aplicación, decimal

El tiempo de riego se determinó con la siguiente ecuación

$$Tr = \frac{Lb * Fr}{Ne * Qe} * 60 \quad 9$$

Donde:

Tr = Tiempo de riego, min

Lb = Lámina bruta, mm

Fr = Frecuencia de riego, días

Ne = Número de emisores por metro cuadrado

Qe = Descarga del emisor, l/h

$$Ne = \frac{1}{Sl * Se} \quad 10$$

Donde:

Ne = Número de emisores por metro cuadrado

Sl = Distancia entre laterales, m

Se = Distancia entre emisores, m

3.5 REGISTRO DE INFORMACIÓN METEOROLÓGICA

Para la presente investigación se registró información meteorológica puntual en los equipos implementados, esto es: evaporación, precipitación, humedad relativa media, temperatura media, velocidad del viento predominante con la ayuda de la escala de vientos de Beaufort. Los datos se registraron cada día a las 8H00, con la finalidad de poder calcular las láminas de riego a aplicar a cada tratamiento. La información registrada y procesada durante el período, 02 de septiembre al 30 de noviembre del 2012, se presenta en los anexos 8 y 9.

3.6 DETERMINACIÓN DE LÁMINAS DE RIEGO SEGÚN EVAPORACIÓN DE TANQUE CLASE A

Uno de los principales parámetros en la determinación de las necesidades hídricas es la evapotranspiración del cultivo, la misma que está influenciada por varios factores como: edáficos, agronómicos y climáticos.

3.6.1 Evapotranspiración de referencia, método del tanque evaporímetro

Según la FAO, publicación Nro 56, sección Riego y Drenaje (Allen, 2006), se ha determinado que el color, el tamaño del tanque, el tipo de vegetación que le rodea tiene influencia significativa en el registro de datos de evaporación, por lo que se considera coeficientes de ajuste tal como se muestra en la tabla 5. La evapotranspiración de referencia (ET_o), se calcula como:

$$ET_o = ET * K_p$$

Donde:

ET_o = Evapotranspiración de referencia de un cultivo tipo. Depende solamente de las variables climáticas de la zona, mm/día.

ET = Evaporación del tanque clase A, mm/día

K_p = Coeficiente de tanque que se lo determinó de forma diaria (anexo 10)

Tabla 5. Coeficiente del tanque evaporímetro (K_p), para el tanque Clase A y suelo desnudo

Vel. Viento m/s	Distancia del cultivo al barlovento (m)	HUMEDAD RELATIVA		
		BAJA (<40)	MEDIA (40-70)	ALTA (>70)
Baja	1	0.7	0.8	0.85
< 2	10	0.6	0.7	0.8
	100	0.55	0.65	0.75
	1000	0.5	0.6	0.7
Moderada	1	0.65	0.75	0.8
2- 5	10	0.55	0.65	0.7
	100	0.5	0.6	0.65
	1000	0.45	0.55	0.6
Alta	1	0.6	0.65	0.7
5-8	10	0.5	0.55	0.65
	100	0.45	0.5	0.6
	1000	0.4	0.45	0.55
Muy Alta	1	0.5	0.6	0.65
> 8	10	0.45	0.5	0.55
	100	0.4	0.45	0.5
	1000	0.35	0.4	0.45

FUENTE: Allen, 2006

Villodas (2008), publicó una escala de vientos de Beaufort (tabla 6) que permite estimar de forma muy sencilla y práctica la velocidad del viento, por lo que el investigador realizó una adaptación de dicha escala para de ésta forma determinar el coeficiente de tanque (K_p). En la tabla 7 se presenta una clasificación del viento con su correspondiente codificación, la misma que facilitó la determinación de la velocidad del viento predominante de forma aproximada con la ayuda de un banderín implementada en el área de estudio.

Tabla 6. Escala de vientos de Beaufort

# de Beaufort	Descripción	Especificaciones para estimar la velocidad	Velocidad Km/h	Velocidad m/s
0	Calma	Calma, el humo sube verticalmente	< 1	< 0,3
1	Ventolina	La dirección del viento es mostrada por el humo pero no por veletas	1 – 5	0,3 – 1,5
2	Brisa Suave	El viento se siente en el rostro, hay susurro de las hojas, se mueve las veletas comunes	6 – 11	2 – 3
3	Brisa Leve	Las hojas y las ramas tienen movimientos constantes, el viento extiende banderas livianas	12 – 19	3,1 – 5
4	Brisa Moderada	Las ráfagas levantan polvo y vuelan papeles	20 – 28	5,5 – 8
5	Viento refrescante	Los árboles pequeños empiezan a oscilar, en las aguas interiores se forman olas	29 – 38	8,1 – 10,5
6	Viento Fuerte	Se mueven las ramas grandes, silban los alambres de telégrafo, es difícil usar paraguas.	39 - 49	11 - 14
7	Viento muy fuerte	Árboles enteros en movimiento, se siente molestia al caminar en contra del viento	50 - 61	14,1 - 17
8	Temporal	Se arrancan ramas chicas, generalmente no se puede caminar	62 - 74	17,1 – 20,5
9	Temporal fuerte	Comienzan daños estructurales (vuelan las tapas de chimeneas y pizarras)	75 - 88	21 – 24,5
10	Temporal muy fuerte	Raramente se da en tierras no costeras, se arranca los árboles, los daños estructurales son considerables	89 - 102	25 - 28
11	Tempestad	Raramente experimentado, daños extendidos	103 - 117	29 - 32
12	Huracán	Raramente experimentado, daños extendidos	'> 118	'> 32,8

Fuente: Villodas, 2008

Tabla 7. Estimación de la velocidad del viento, según el investigador

# de Beaufort	CLASIFICACIÓN	COD	Velocidad Promedio m/s	CLASIFICACIÓN POR EL INVESTIGADOR
0	Nulo	N	< 0,3	Baja, banderín no se mueve
1	Baja	B	0,9	
2	Moderado bajo	MB	2,5	Moderada, banderín se mueve poco
3	Moderado	M	3,3	
4	Moderado alto	MA	6,8	Alta, banderín se mueve mucho
5	Alto	A	9,3	Muy Alta, banderín se mueve muy fuerte

Elaboración: Autor

3.6.2 Evapotranspiración del cultivo

La evapotranspiración del cultivo, se obtiene con la siguiente ecuación.

$$ET_c = ET_o * K_c$$

Donde:

ET_c = Evapotranspiración del cultivo, mm/día

ET_o = Evapotranspiración de referencia de un cultivo tipo, mm/día

K_c = Coeficiente de cultivo. Depende del cultivo y de su etapa de desarrollo.

El coeficiente K_c del cultivo se obtuvo en base a los valores recomendados por la publicación Nro 56 de la FAO (tabla 8), dichos valores fueron graficados para obtener la curva de K_c del fréjol (figura 17), de la cual mediante interpolación gráfica se ha obtenido los valores diarios de K_c para el ciclo fenológico del cultivo.

Tabla 8. Valores de K_c para el fréjol, según FAO

FASE	FENOLOGÍA	Días después de la siembra	K_c
	Germinación	0	0.5
Inicial	Hojas foliadas	15	0.5
Desarrollo	Floración	40	1.05
Media	Vainas	65	1.05
Final	Maduración	75	0.9

Fuente: Allen, 2006

Según el Centro Internacional de Agricultura Tropical —CIAT, 1984— se estableció las diferentes etapas del cultivo de fréjol, las mismas se presentan en la tabla 9.

Tabla 9. Etapas fenológicas del cultivo de fréjol

FASE	ETAPA	CODIGO	DDS
VEGETATIVA	Germinación	V0	0 - 5
	Emergencia	V1	5 - 7
	Hojas primarias	V2	7 - 11
	1era Hoja Trifoliada	V3	11 - 16
	3era hoja trifoliada	V4	16- 23
REPRODUCTIVA	Prefloración	R5	23 - 32
	Floración	R6	32 - 36
	Formación de vainas	R7	36 - 44
	Llenado de vainas	R8	44 - 62
	Maduración	R9	62 - 75

DDS = Días después de la siembra

Fuente: CIAT, 1984

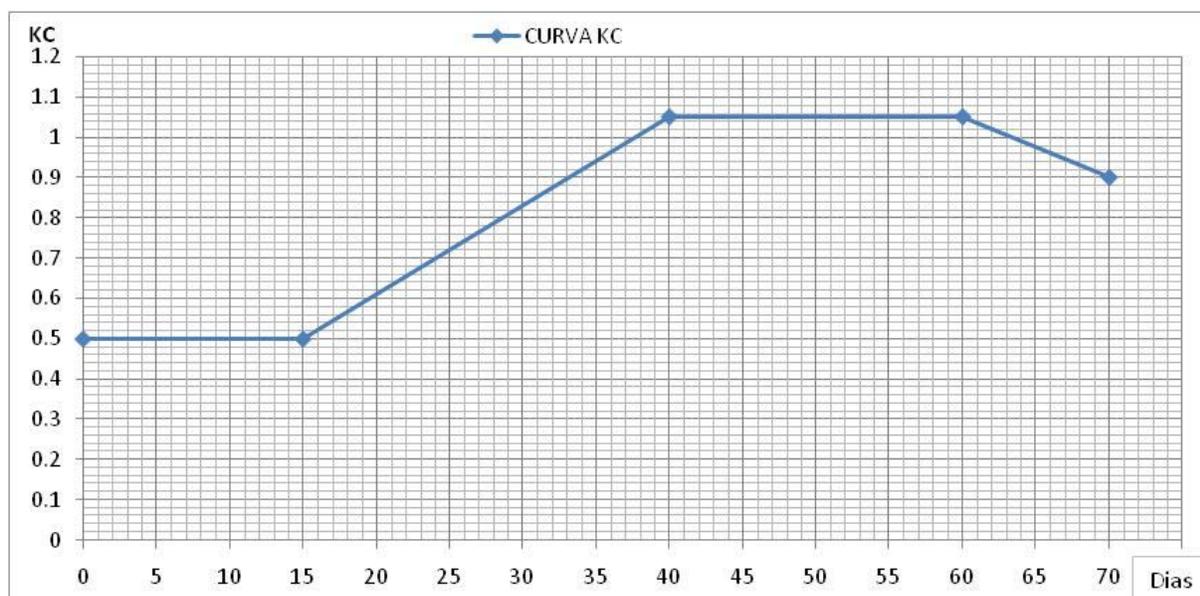


Figura 17. Curva de Kc según ciclo vegetativo del cultivo de fréjol

3.6.3 Determinación de la lámina de riego

La lámina neta de riego resulta de la siguiente ecuación.

$$Ln = ETc - Pe$$

Donde:

Ln = Lámina neta de riego, mm/día
 ETc = Evapotranspiración del cultivo, mm/día
 Pe = Precipitación efectiva, mm/día

$$Pe = \frac{P}{125} * (125 - 0.2P) \quad \text{Para } P < 250 \text{ mm/mes,} \quad 12$$

Donde:

Pe = Precipitación efectiva, mm/día
 P = Precipitación, mm/día

Para determinar la lámina bruta, el número de goteros y el tiempo de riego se calcularon con las ecuaciones 8, 9 y 10 respectivamente.

Finalmente, el volumen de agua aplicada por riego para cada tratamiento resulta de la expresión.

$$Vr = (Qe / 60) * Tr * Net \quad 13$$

Donde:

Vr = Volumen de riego por tratamiento, l
 Qe = Caudal de cada emisor, l/h
 Tr = Frecuencia de riego, min
 Net = Número de goteros por tratamiento

3.7 SEGUIMIENTO FENOLÓGICO AL CULTIVO

Para que el cultivo tenga disponible los nutrientes requeridos es necesario realizar el análisis del suelo y de ésta manera programar las fases de ferti irrigación a dotar al cultivo.

Para que las enfermedades y plagas que se presenten durante el ciclo fenológico del cultivo es necesario realizar el control fitosanitario de forma oportuna.

La siembra del cultivo se realizó con dos semillas por golpe; para evitar el ataque de plagas a la semilla se aplicó “semevin”, en forma de pasta.

Para observar la diferencia entre tratamientos se midió el ancho medio del follaje y la altura de la planta en las tres laterales centrales de cada unidad experimental.

Una vez que el cultivo alcanzó la fase de maduración completa, setenta y dos días después de la siembra, se procedió a realizar el muestreo de variables agronómicas propuestas en la investigación y la correspondiente cosecha del cultivo en verde.

Según Pedro Solís (2005), realizó el muestreo de 10 plantas de fréjol dentro de la parcela útil (unidad experimental) en cada uno de los tratamientos. Armijos y Ordoñez (2011), realizan un muestreo de 20 plantas al azar dentro de cada unidad experimental. En la presente investigación, para poder muestrear las variables del cultivo en igual número de plantas por tratamiento, se procedió a seleccionar seis plantas de las tres laterales o hileras centrales de cada unidad experimental, dando un total de 72 plantas por tratamiento.

3.8 VALIDACIÓN DEL TANQUE EVAPORÍMETRO ARTESANAL

Con el propósito de disponer valores de evaporación del tanque, utilizando recipientes de evaporación en el área experimental se ubicaron dos recipientes plásticos cilíndricos de color blanco de 20 l de capacidad, denominados tanques evaporímetros artesanales; y un tanque evaporímetro Clase A. Para contrastar la información registrada se registró las lecturas de los dos tipos de tanques de forma diaria a la 08H00 (anexo 8).

Se procedió a procesar la información registrada para generar un factor de ajuste que estandarice la evaporación 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 de evaporación.

Para obtener el coeficiente de ajuste, se procedió a graficar las evaporaciones en milímetros por día: en el eje de las abscisas los valores del tanque evaporímetro Clase A, y en la ordenada la evaporación del tanque artesanal.

Además se realizó una comparación entre la evaporación potencial o de referencia, obtenida con el recipiente de evaporación y aquella obtenida con los métodos empíricos de Thorthwaite y Hargreaves. A continuación se detalla el cálculo por los métodos empíricos.

Método del tanque evaporímetro artesanal

$$E_{To} \text{ (artesanal)} = E_{TA} * K_p \quad 14$$

Donde:

E_{TA} = Evaporación del tanque artesanal

K_p = Coeficiente de tanque

Método de Thorthwaite

Este método requiere únicamente datos de temperatura media. Se expresa mediante las siguientes ecuaciones:

$$E_{To} = 0,53 (10t/I)*a \quad 15$$

$$a = 0,000\ 000\ 675\ I^3 - 0,000\ 077\ 1\ I^2 + 0,01792\ I + 0,49239 \quad 16$$

$$i = (t/5)^{1,514} \quad 17$$

Donde:

E_{To} = Evapotranspiración del cultivo de referencia, mm/día

T = Temperatura media diaria, °C

I = Suma de i para todos los meses del año o semana anual de calor ($\Sigma 12\ i$),
Índice calórico anual

I = Índice calórico mensual

A = Constante que depende del lugar y que es función del índice de eficiencia anual temperatura

Método de Hargreaves

Este método está basado en la humedad relativa, la altitud y la radiación extraterrestre que es función de la ubicación geográfica de la zona de estudio. Se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$ET_o = 0,34 * RA (0,40 + 0,024T) * (1,35 \sqrt{(1 - HR)}) * [1 + (0,04 * h / 1000)] \quad 18$$

Donde:

ET_o = Evapotranspiración del cultivo de referencia, mm/día

RA = Radiación extraterrestre (en el límite de la atmósfera, anexo 19), mm/día

T = Temperatura media diaria, °C

HR = Humedad Relativa media, %

H = Altitud del lugar, msnm.

Se realizó el análisis estadístico que permita determinar el porcentaje de diferencia relativa entre los métodos, basado en las siguientes ecuaciones:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_e - X_o)^2} \quad 19$$

Donde:

RMSE = Error cuadrático medio

X_e = Valores estimados por el modelo

X_o = Valores observados

N = Número de datos

$$RD = \frac{RMSE}{\bar{X}_o} \times 100 \quad 20$$

Donde:

RD = Diferencia relativa

X_o = Promedio de los valores observados

RMSE = Error cuadrático medio

Como complemento a la validación del tanque evaporímetro artesanal y ante la presencia de días de lluvias eventuales, se procedió a instalar un pluviómetro artesanal (figura 22), con materiales de bajo costo y de fácil obtención por parte de los agricultores que consiste en lo siguiente.

- ✓ Un embudo de plástico, de diámetro aproximado de 16,5 cm
- ✓ Una manguera de 16 mm de diámetro
- ✓ Una botella plástica de 2 l de capacidad
- ✓ Un poste de madera de dos metros de alto, que sirve de soporte del pluviómetro.
- ✓ Una probeta graduada en milímetros.

El registro de precipitación, se lo realizó a las 08H00, tanto en el pluviómetro estándar y el artesanal.



Figura 18. Implementación de un pluviómetro construido de forma artesanal

Para obtener un coeficiente de ajuste, se procedió a graficar los valores de precipitación en milímetros por día: en el eje de las abscisas la registrada en el pluviómetro estándar y en la ordenada la registrada en pluviómetro artesanal.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 ANÁLISIS DE SUELO

De los análisis de laboratorio se obtuvo la siguiente información:

Capacidad de campo	: 24,38%
Humedad equivalente	: 25,81%
Punto de marchitez	: 14,03%
Agua aprovechable	: 10,35%
Textura del suelo	: Franco – arcilloso – arenoso
pH	: 7,61
CE (ds/cm)	: 2,19 (ds/cm)
Materia orgánica	: 3,41%
Nitrógeno Total, N	: 0,17%
Potasio, K	: 0,92 (cmol/kg)
Fósforo, P	: 56,3 ppm
Densidad aparente	: 1,60 gr/cm ³

4.2 FERTILIZACIÓN

En lo referente a los agroquímicos utilizados fueron los que generalmente utilizan los agricultores de la zona en razón de la disponibilidad de los mismos en los comercios locales. Para la dotación de nitrógeno se usó la urea (46-0-0) y para el fósforo y potasio, se usó K-Producción (0-40-58) y fosfato mono potásico (0-52-34).

Según la recomendación de fertilización (anexo 2), se estableció dotar al cultivo 114 kg/ha de urea, 45,5 kg/ha de superfosfato triple. Con esta información se procedió a calcular la cantidad de nutrientes a suministrar al cultivo, en el área experimental, mediante ferti irrigación desde el cabezal de riego. La primera fertilización se realizó al inicio de la fase desarrollo del cultivo, se suministró 6 kg de urea + 0,5 kg de K-producción. Posteriormente, a mediados de la fase de desarrollo se suministró 3 kg de urea + 0,5 kg de Fosfato mono potásico. La fertilización se realizó a todos los tratamientos por igual para que la misma no sea una variable adicional que afecte en los tratamientos.

4.3 CONTROL FITOSANITARIO

En el cuadro 1 se presenta en resumen el control fitosanitario realizado al cultivo en todos los tratamientos por igual. Cuando el cultivo estuvo en la fase inicial la fumigación se lo realizó mediante una bomba manual y conforme fue desarrollándose se lo realizó mediante el uso de una motobomba apropiada para estas actividades. La fumigación se lo realizó con la ayuda del Sr. Carlos Macas, agricultor vecino y contratado como personal de apoyo en la realización de la investigación. En la figura 19 se muestra las actividades de fumigación.

Cuadro 1. Control de plagas y enfermedades realizadas en el cultivo

FECHA	DDS	DESCRIPCIÓN DE LA PLAGA O ENFERMEDAD PRESENTADA	PRODUCTO	DOSIS APLICADA/ 20 l
06/09/2012	0	Protección de la semilla	Semevin	3cc/kg sem.
15/09/2012	10	Mosca Blanca	Thiosect	10grl
		Minador de hoja	Cyromazina	10gr
		Trozador de tallo	Alphacor	25 cc
		Lancha negra y amarilla	Cuprofix	50gr
		Roya y heladas	Azufre 80%	25 gr
27/09/2012	21	Mosca Blanca	Thiosect	10gr
		Minador de hoja	Cyromazina	10gr
		Trozador de tallo	Alphacor	25 cc
02/10/2012	26	Roya y heladas	Azufre 80%	25 gr
09/10/2012	33	Hongos en la raíz	Thiopicc	15gr
20/10/2012	44		Bacan	10 gr
			Abamectina	10gr
20/10/2012	44	Mosca Blanca	Thiosect	10gr
			Exit (fijador)	20cc
25/10/2012	49		Bacan	10gr
		Minador de hoja	Cyromazina	10gr
			Exit (fijador)	20cc
29/10/2012	53	Gusano en la vaina	Gusanol	25cc

DDS = Días después de la siembra

Elaboración: El autor



Figura 19. Actividades de fumigación y control fitosanitario

4.4 FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE RIEGO

El valor de la infiltración básica fue de 21,4 mm/h (anexo 5). Para que un sistema de riego por goteo funcione bien la intensidad de precipitación de emisor (gotero) tiene que ser menor o igual a la infiltración básica, con la finalidad de evitar que se produzca encharcamiento en zonas planas y escorrentía en terrenos con pendiente. En el sistema de riego implementado en la parcela experimental cumplió con dicha condición ($5,0 \text{ mm/h} < 21,4 \text{ mm/h}$).

Los valores promedio de coeficiente de uniformidad obtenidos para los tres tratamientos fueron los siguientes: método de Christiansen 89% y método del cuarto inferior 87,3%, los mismos que son superiores al 80%, por lo que son aceptables según los dos criterios de uniformidad. El detalle de los cálculos se presenta en el anexo 3.

Las presiones determinadas fueron las siguientes: para el tratamiento 1, la presión mínima fue 1,5 mca y la máxima 1,8 mca; para el tratamiento 2, la presión mínima 1,8 mca y la máxima 2,2 mca; para el tratamiento 3, la presión mínima 2,7 mca y la máxima 3,3 mca.

Del cálculo realizado se determinó que la variación de presión es de 20%, variación que es superior al 10% que generalmente se estima como satisfactorio; esto se debe básicamente a la diferencia de niveles existentes por la topografía del terreno, pero como se describió

anteriormente el coeficiente de uniformidad en la descarga de los goteros fue aceptable. Los cálculos correspondientes se presentan en el anexo 4.

4.5 RESUMEN DE LA INFORMACIÓN METEOROLÓGICA

El resumen de ésta información que ha sido registrada de forma diaria a la 8H00, para el período 02 de septiembre de 2012 al 30 noviembre del 2012, se presenta en el cuadro 1 y las figuras 20 a 22.

Cuadro 2. Información meteorológica

Parámetro	P(mm)	ET(mm)	ETA(mm)	H.R.(%)	T (°C)	V(m/s)
Promedio diario	1.8	5.6	5.6	74	22	2

Elaboración: El autor

SIMBOLOGÍA:

- P = Precipitación
- ETA = Evaporación tanque Clase A
- ET = Evaporación promedio tanques artesanales
- H.R. = Humedad relativa
- T = Temperatura media
- V = Velocidad media viento

Referente a la velocidad del viento, éste ha sido variable durante el día, en ocasiones ha variado desde nulo ($N < 0,3$ m/s) a alto ($A = 9,3$ m/s), según tabla 7, por lo que se ha optado por registrar el valor predominante del día. La distancia desde la ubicación de los equipos meteorológicos a la parcela experimental fue de 10 m.

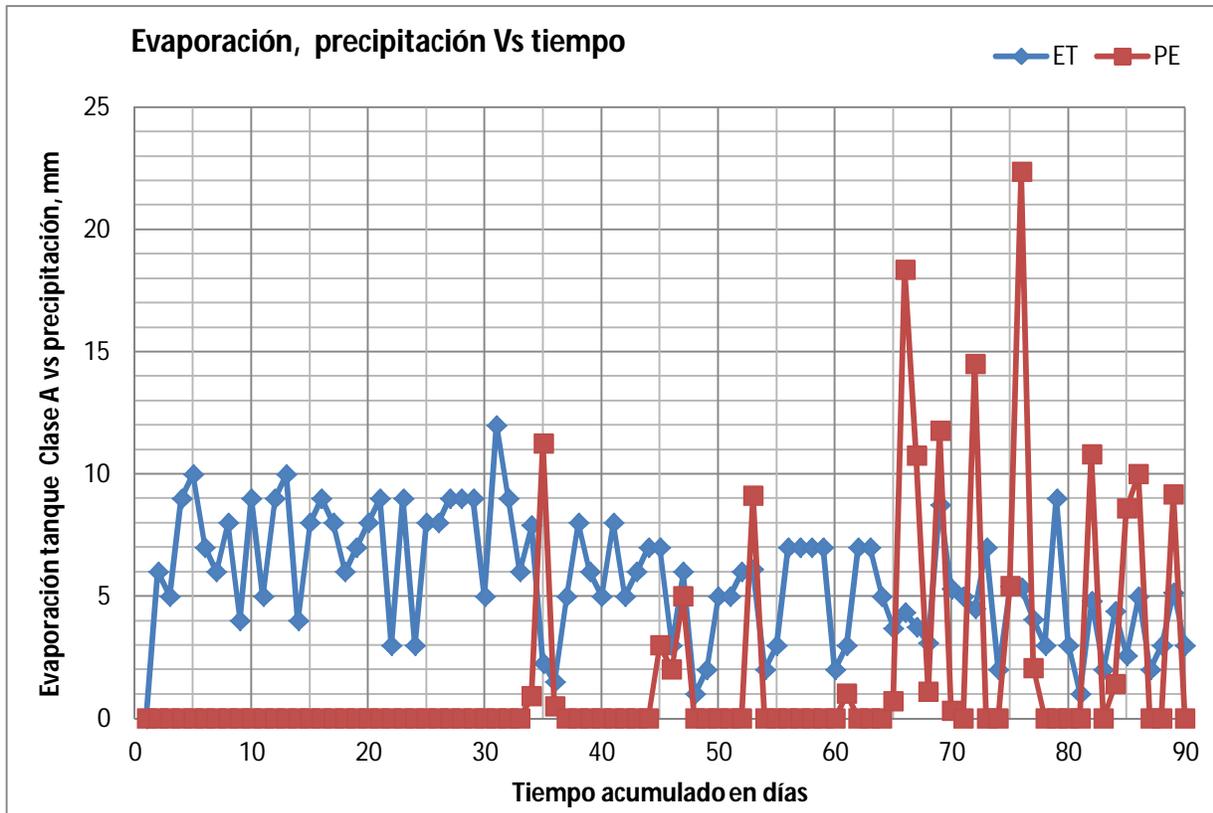


Figura 20. Precipitación diaria y evaporación diaria.

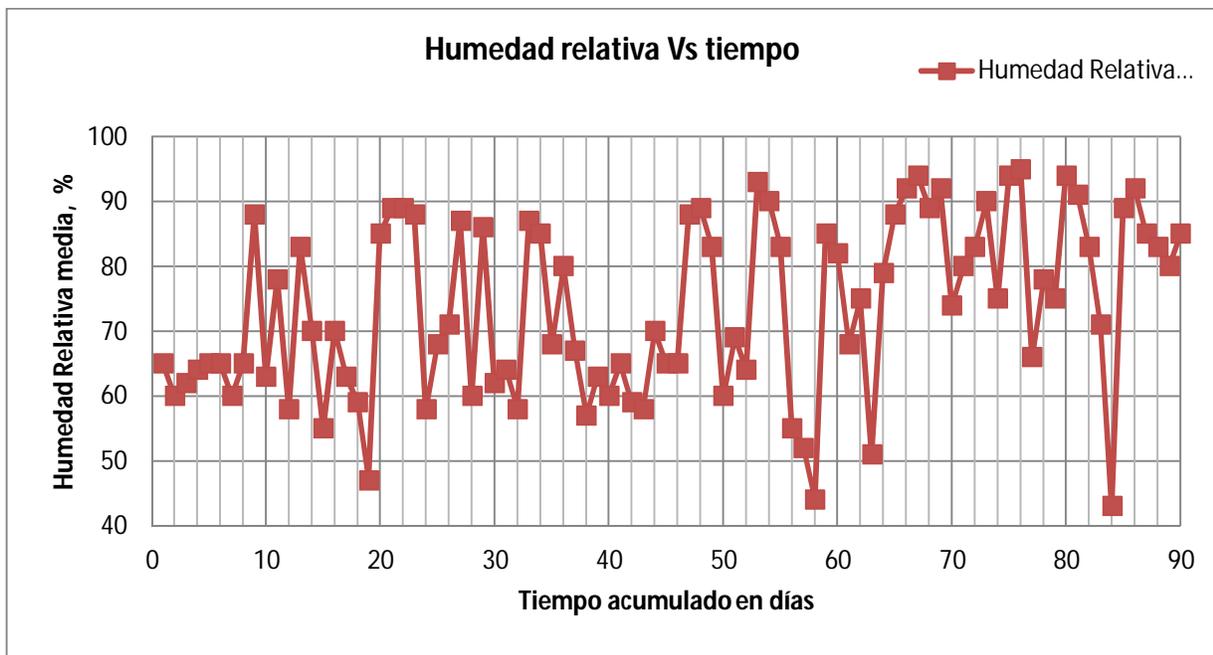


Figura 21. Humedad relativa diaria

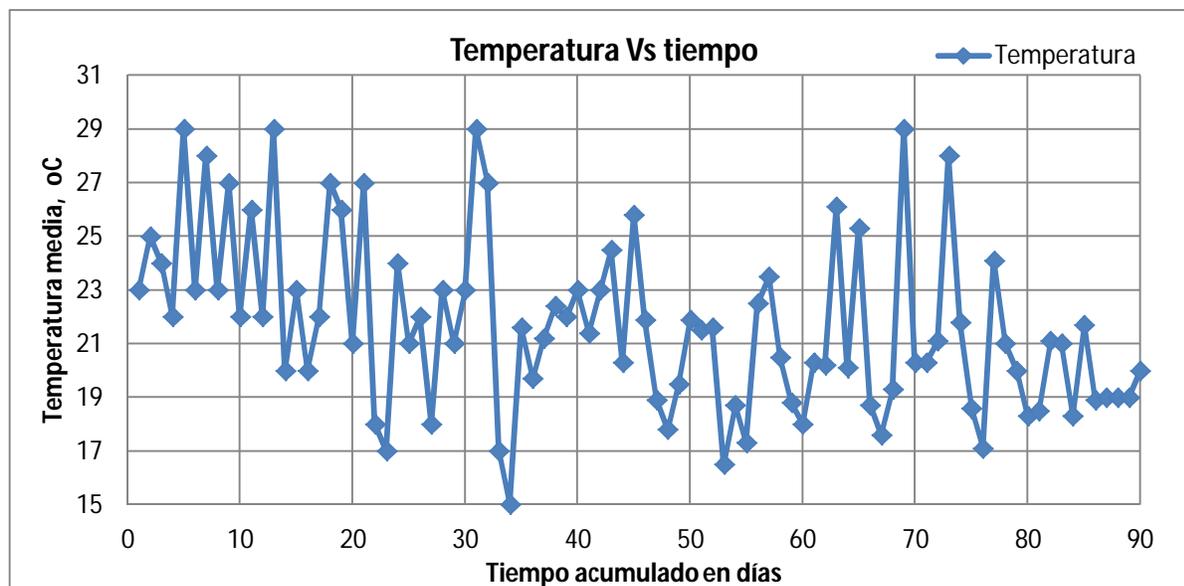


Figura 22. Temperatura diaria

4.6 FENOLOGÍA DEL CULTIVO

A los tres días después de la siembra (DDS), se evidenció la germinación de las plantas y a los cinco días el apareamiento de las primeras hojas (figura 23).

Trece días después de la siembra se constató en la mayoría de las plantas la primera hoja trifoliada; registrándose la medición de la altura y ancho promedio de la cobertura foliar de las mismas (figura 24).



Figura 23. Germinación y aparición de las primera hojas del cultivo



Figura 24. Registro de la primera hoja trifoliada y medición de las plantas

Diecisiete días después de la siembra se evidenció la presencia de la aparición mayoritaria de la tercera hoja trifoliada. Con esta etapa se cumplió la fase vegetativa del cultivo (figura 25).



Figura 25. Registro de la tercera hoja trifoliada

Diecinueve días después de la siembra se procedió a realizar la deshierba del cultivo, por la presencia de cierta maleza, y así dar mejores condiciones al cultivo para su fase reproductiva. Veintiún días después de la siembra se evidenció el inicio mayoritario de la etapa de prefloración del cultivo por lo que se procedió a realizar la medición del mismo. Posteriormente a los treinta días después de la siembra se evidenció el inicio mayoritario de la etapa de floración del cultivo por lo que se procedió a realizar la medición del mismo (figura 26).



Figura 26. Inicio de la fase de floración y medición del cultivo

Treinta y siete días después de la siembra se evidenció el inicio mayoritario de la etapa de formación de vainas (figura 27). Este mismo día se procedió a realizar la deshierba y aporque del cultivo.



Figura 27. Inicio de la fase de formación de las vainas

Cuarenta y dos días después de la siembra se evidenció el inicio mayoritario de la etapa de llenado de las vainas (figura 28).



Figura 28. Llenado de vainas y vista general del cultivo

Sesenta y dos días después de la siembra se evidencia la mayoría de la plantas de cada uno de los tratamientos que se encuentran en la etapa de maduración de las vainas (figura 29).



Figura 29. Registro del cultivo en su etapa de maduración de las vainas

En el cuadro 3 se presenta el resumen de las etapas y fases vegetativas del cultivo.

Cuadro 3. Fases vegetativas del cultivo

PERÍODO REGISTRADO		#	DDS	FASES VEGETATIVAS DEL CULTIVO							
DESDE	HASTA			DIAS	FASE VEGETATIVA			FASE REPRODUCTIVA			
				Germinación Primera hojas	Primera hoja Trifoliada	Tercera Hoja Trifoliada	Prefloración	Floración	Formación de vainas	Llenado de vainas	Maduración
06/09/2012	11/09/2012	5	5								
11/09/2012	19/09/2012	8	13								
19/09/2012	23/09/2012	4	17								
23/09/2012	27/09/2012	4	21								
27/09/2012	07/10/2012	10	31								
07/10/2012	13/10/2012	6	37								
13/10/2012	18/10/2012	5	42								
18/10/2012	17/11/2012	30	72								

DDS = Días después de la siembra

Elaboración: El autor

Las variables agronómicas del cultivo medidas previo a la cosecha fueron las siguientes: altura de la planta, cobertura foliar, profundidad radicular, número de vainas por planta, peso de vaina, peso de 100 vainas y número de granos por vaina. Para obtener el promedio del número de vainas se procedió a cuartear las mismas de cada unidad experimental, contabilizando el número de granos (figura 30).



Figura 30. Cuarteo de vainas y registro de su peso

4.7 MANEJO DEL RIEGO

En el cuadro 4 se resumen las láminas y tiempo de riego aplicado en cada una de las fases fenológicas del cultivo según los tratamientos. Como se observa las láminas aplicadas a cada tratamiento son iguales en cada fase fenológica del cultivo.

Los tiempos de riego fueron diferentes, debido a que las descargas de los emisores en cada uno de los tratamientos fueron también diferentes: tratamiento 1, $Q_e = 1,3$ l/h, tratamiento 2, $Q_e = 0,9$ l/h y tratamiento 3, $Q_e = 1,2$ l/h; esto debido a la diferencia topográfica del terreno.

La lámina total aplicada al cultivo fue 225,2 mm durante todo el ciclo vegetativo del cultivo; lo que representa un uso consuntivo total de 3,13 mm/día.

Cuadro 4. Calendario de riego

ETAPA DEL CULTIVO	PERIODO	# DE DÍAS	Lámina bruta aplicada, mm Según tratamientos			Tiempo de riego aplicado, hr		
			Fr 1 día	Fr 2 días	Fr 3 días	Fr 1 día	Fr 2 días	Fr 3 días
Inicial	06-09 al 21-09	15	43,3	43,3	43,3	8,3	12,0	9,0
Desarrollo	22-09 al 16-10	25	97,3	97,3	97,3	18,7	27,0	20,3
Media	17-10 al 05-11	20	63,4	63,4	63,4	12,2	17,6	13,2
Final	06-11 al 17-11	12	21,2	21,2	21,2	4,1	5,9	4,4
SUMATORIA		72	225,2	225,2	225,2	43,3	62,5	46,9

Elaboración: El autor

En el cuadro 5 se resume los volúmenes de riego suministrado por hectárea en cada una de las fases fenológicas según los tratamientos; es evidente que el volumen de riego total aplicado es igual en todos los tratamientos.

El volumen de riego aplicado fue de 2 252 m³/ha/ciclo vegetativo, que es superior al volumen aplicado en la investigación realizada en arenillas que es de 1 368 m³/ha/ciclo (Castillo y Quezada, 1980), pero el rendimiento logrado en la investigación es superior al obtenido en la investigación en referencia.

Cuadro 5. Volúmenes de riego aplicado

ETAPA DEL CULTIVO	Vol. Agua aplicada, m ³ /ha		
	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
Inicial	433	433	433
Desarrollo	973	973	973
Media	634	634	634
Final	212	212	212
SUMATORIA	2 252	2 252	2 252

Elaboración: El autor

4.8 EFECTO DE LA FRECUENCIA DE RIEGO SOBRE EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO

El resumen de la producción promedio del muestro realizado de cada uno los tres tratamientos y sus correspondientes repeticiones - unidades experimentales (UE)- se presenta en el cuadro 6.

Cuadro 6. Producción del cultivo del fréjol, Kg, en 453,6 m²

TRATAMIENTO	REPLICAS O REPETICIONES				SUMA	MEDIA TRATAM.
	1	2	3	4		
T1	2,71	2,71	2,98	3,05	11,45	2,86
T2	2,16	1,97	1,97	3,07	9,16	2,29
T3	1,99	1,65	2,24	2,11	7,99	2,00
SUMA	6,86	6,33	7,19	8,23	28,61	7,15
MEDIA	2,29	2,11	2,40	2,74	9,54	2,38

Elaboración: El autor

El análisis de varianza realizado a la producción obtenida (cuadro 6), para un nivel de confianza del 95% y nivel de significancia de 5% de dos colas y considerando el valor de F tabular de valores críticos de la distribución t de student (anexo 21), basada en los grados de libertad, se tiene:

Para las repeticiones, el Fcal es menor que Ftab ($2,691 < 3,18$), lo que determina que no hay diferencia entre las repeticiones. Para los tratamientos, el Fcal es mayor que Ftab, ($9,783 > 4,3$), lo que determina que si hay diferencia entre los tratamientos (cuadro 7).

Cuadro 7. Análisis de varianza de la producción obtenida

CAUSAS DE VARIACIÓN	GL	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	Fcal	F tab.
					5%
REPLICA	3	0,64	0,213	2,691	3,18
TRATAMIENTO	2	1,551	0,776	9,783	4,3
ERROR	6	0,476	0,079		
TOTAL	11	2,667			

Elaboración: El autor

Como la hipótesis nula planteada, fue que el rendimiento de fréjol es igual en las tres frecuencias de riego por goteo (tratamientos), y del análisis estadístico se determina que si hay diferencia, por lo tanto, la hipótesis planteada se rechaza. La producción media obtenida por tratamiento se presenta en la figura 31 de la cual se concluye que la frecuencia de riego diaria produjo mejor rendimiento.

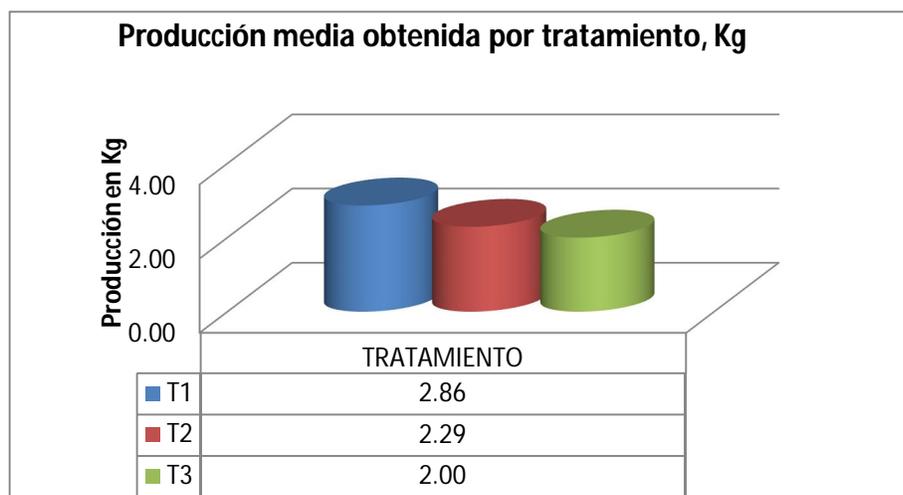


Figura 31. Producción promedio obtenida de cada uno de los tratamientos en Kg

Con la finalidad de realizar una comparación entre los rendimientos obtenidos en la presente investigación con aquellos obtenidos por los agricultores de la zona, se procedió a auscultar el manejo del cultivo de fréjol bajo riego por goteo realizada por el Sr. Carlos Macas, vecino de la parcela experimental; y que además participó como personal de apoyo contratado para realizar actividades de fertilización y control fitosanitario.

En la investigación realizada en la Quinta Experimental de la Universidad Nacional de Loja (UNL), en el cultivo de fréjol, bajo riego por pulsos, con tratamientos de lámina de riego de 17 mm, suministrado mediante: un pulso, tres pulsos y seis pulsos (Armijos y Ordoñez, 2011). La textura del suelo Franco. Los nutrientes suministrados al suelo han sido mediante ferti irrigación basado a la recomendación dada por el laboratorio. La densidad de siembra es de 6 plantas por metro cuadrado. El rendimiento promedio del fréjol en vaina seco obtenido en la investigación realizada es de 5,93 ton/ha

De la investigación realizada en fréjol, entre los años 1990 a1993, en variedad mejorada en la provincia de Loja, INIAP 419 Chaupeño, por la Estación Experimental de Chuquipata en coordinación con el Ministerio de Agricultura y Ganadería de Loja y el apoyo de otras instituciones, obtiene los siguientes rendimientos en promedio: en vaina verde de 5,4 ton/ha y en grano seco de 1,75 ton/ha; de donde se obtiene que la relación entre rendimiento en vaina a grano se es de 3,09 (Jiménez, et al, 1997).

En el cuadro 8 se presenta un resumen de variables agronómicas y de la producción del cultivo, tanto de la presente investigación como la del Sr. Carlos Macas y la investigación realizada por Jiménez.

Cuadro 8. Valores promedios de las variables agronómicas y rendimiento del cultivo

DESCRIPCIÓN		PRODUCCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN				PROD.	PROD.
VARIABLE DE ANÁLISIS	U	T1	T2	T3	PROM	SR. CARLOS	Sr. Jiménez, et al.
# de plantas muestreadas		72,0	72,0	72,0	72,0	82,0	
Altura plantas	cm	50,2	46,2	44,9	47,1	38,0	
Cobertura foliar	cm	54,4	51,3	51,4	52,4	41,0	
Profundidad raíz	cm	13,2	12,2	12,4	12,6	11,7	
# vainas/planta		18,6	16,5	14,8	16,6	5,8	
Peso vaina	gr	8,4	7,7	7,5	7,9	5,7	
Peso 100 granos	gr	112,2	110,5	106,6	109,8	99,7	
# granos/ vaina promedio		4,9	5,0	4,5	4,8	2,7	
Producción según muestreo	kg	11,5	9,2	8,0	9,5	2,7	
Área del tratamiento experimental	m ²	151,2	151,2	151,2	151,2		
Número de plantas por hectárea		71429	71249	71429	71429	100000	
Producción por planta	kg/pl	0,16	0,13	0,11	0,13	0,03	
Número de plantas cosechadas		950	961	990	967		
Número de plantas sembrada		1080	1080	1080	1080		
% entre plantas cosechadas y sembradas	%	87,96	88,98	91,67	89,5	100,0	
Proyección del rendimiento en vaina verde	kg/ha	9995,3	8085,1	7267,9	8449,4	3304,9	5 400,0
Proyección del rendimiento en vaina verde	ton/ha	10,0	8,1	7,3	8,4	3,3	5,4
Proyección del rendimiento en grano verde	ton/ha	7,2	6,2	5,0	6,2	1,6	
Proyección del rendimiento en grano seco	ton/ha	3,2	2,6	2,4	2,7	1,1	1,8

Elaboración: El autor

Los datos registrados del muestreo en fresco en a cada uno de los tratamientos previo a la cosecha del cultivo se presentan en los anexos 20.1 a 20.12. El promedio obtenido de cada tratamiento de presenta en el cuadro 6, del cual se determina que la profundidad de la raíz son: 13,2 cm, 12,2 cm, 12,4 cm para los tratamientos uno, dos y tres, respectivamente; donde se determina que el tratamiento uno tuvo una mayor profundidad radicular promedio.

En lo referente al número de vainas por planta se obtuvieron los siguientes valores en promedio: 18,6; 16,5 y 14,8 para los tratamientos uno, dos y tres, respectivamente; donde se determina que el tratamiento uno tuvo un mayor número de vainas por planta, valores que tienen correspondencia con el peso de 100 granos promedio que es de 112,2 gr; 110,5 gr y 106,6 gr respectivamente.

Con la sumatoria de la producción obtenida en cada uno de los tratamientos (cuadro 8) y dividiendo para el número de plantas muestreadas por tratamiento que fue de 72, se ha calculado la producción por planta obtenida, la misma que es la siguiente: 0,16 kg/planta; 0,13 kg/planta y 0,11 kg/planta en su orden para los tratamientos uno, dos y tres.

En razón de la presencia de enfermedades, plagas y accidentes físicos no previstos del ensayo experimental, dio lugar a que no todas las plantas sembradas terminaron con el ciclo vegetativo; por lo que al momento de la cosecha se procedió a contar el número de plantas reales existentes, con la finalidad de obtener un porcentaje de ajuste entre el número de plantas sembradas y cosechadas, cuyos porcentajes fueron los siguientes: 87,96%; 88,98% y 91,67%, respectivamente para los tratamientos uno, dos y tres (cuadro 8).

En base a la producción promedio por planta obtenida en cada uno de los tratamientos y considerando que la densidad de siembra es 71 429 plantas por hectárea, se infiere que el *rendimiento por hectárea del cultivo en vaina en verde* es el siguiente: 10,0 ton/ha; 8,1 ton/ha; 7,3 ton/ha respectivamente para los tratamientos uno, dos y tres, que en promedio da un rendimiento de 8,4 ton/ha. El rendimiento en grano verde es de: 7,2 ton/ha; 6,2 ton/ha y 5,0 ton/ha respectivamente para los tratamientos uno, dos y tres. El rendimiento en grano seco es de: 3,2 ton/ha; 2,6 ton/ha y 2,4 ton/ha respectivamente para los tratamientos uno, dos y tres; en promedio es de 2,7 ton/ha.

Del muestreo realizado a la producción del Sr. Carlos Macas, se obtiene que el peso promedio de una vaina de 5,7 gr, el número de vainas por planta es 5,8 y la producción por planta de 0,03 kg/planta (anexo 22) y una producción en vaina verde de 3,3 ton/ha.

Con los valores de producción que se presentan en el cuadro 8 se ha elaborado un gráfico que permite visualizar de mejor forma los rendimientos obtenidos por hectárea en vaina verde, los mismos se presentan en la figura 32.

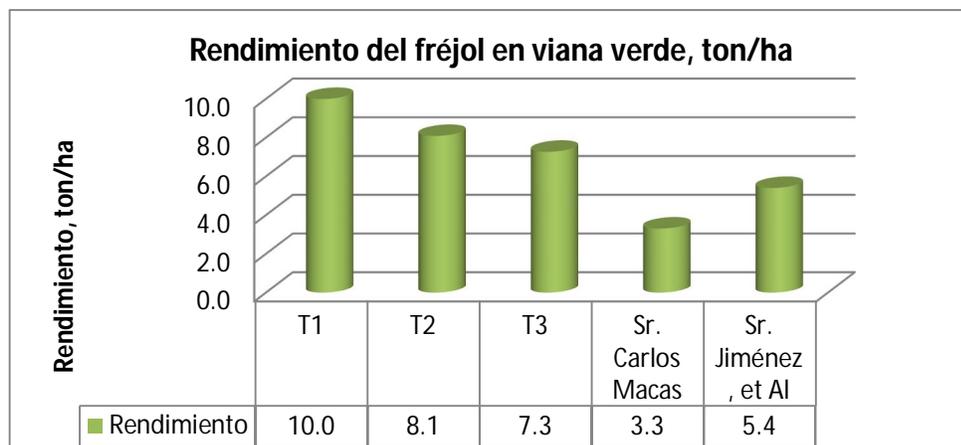


Figura 32. Rendimientos obtenidos en la investigación y otras analizadas

El rendimiento por hectárea obtenida por el Sr. Carlos Macas es de 3,3 ton/ha, valor que está por debajo de los obtenidos en la investigación que son: 10,0 ton/ha; 8,1 ton/ha y 7,3 ton/ha para los tratamientos 1, 2 y 3 respectivamente. El rendimiento de la investigación realizada por los investigadores Jiménez, Minchala y Peralta es de 5,4 ton/ha, rendimiento que está por arriba de la obtenida por el Sr. Carlos y menor al de la investigación. Esto refleja que se logra un mejor rendimiento en las investigaciones realizadas, debido a que el cuidado del cultivo es mejor, en razón de que se suministra riegos oportunos, nutrientes necesarios, control de malezas y fitosanitarios adecuados.

El cultivo de fréjol del Sr. Macas fue variedad Belén, las características físicas del suelo semejantes a la de la parcela experimental, la fuente de agua la misma, solo que la lámina de riego suministrado fue diferente. La densidad de siembra del cultivo fue de 10 plantas por metro cuadrado. El área de cultivo total fue de 2 720 m², de los cuales se ha sembrado en dos partes; la primera área de cultivo es de 1 480 m², que fue a la que se realizó el seguimiento y muestreo correspondiente; y, la segunda área fue de 1 240 m². El muestreo se realizó al azar, logrando muestrear 82 plantas de toda el área cultivada, con la finalidad de obtener un promedio la producción. El día de la siembra del área muestreada ha sido el 6 de agosto del 2012 y su cosecha en verde, el día 17 de octubre del 2012, es decir, el ciclo del cultivo fue de 72 días.

La fertilización suministrada fue de 75 kg de urea, más un fertilizante foliar 10-30-10, en las tres fases: la primera a los 25 días después de la siembra, la segunda en el inicio de la floración y la

tercera en el engrose de la vaina, de donde se determina que la fertilización es diferente al de la investigación. El control fitosanitario lo ha realizado para controlar las plagas y enfermedades presentadas en la investigación, mediante agroquímicos similares.

El sistema de riego fue por goteo, la red de conducción con tubería flex de 50,8 mm, las secundarias de 25 mm controlado con sus respectivas válvulas y las laterales con tubería de 12 mm. Las dimensiones de las laterales no fueron todas iguales porque el terreno fue irregular. La distancia entre laterales de 1,2 m y entre emisores de 0,20 m, el caudal de descarga de los emisores fue de 1,2 l/h.

Con el propósito de determinar el coeficiente de uniformidad del riego por goteo suministrado se procedió a realizar aforos a las descargas de los emisores de tres laterales del área cultivada. Las laterales seleccionadas estuvieron ubicadas uno en la parte superior de la parcela, otra en la parte media y la última en la parte baja. Los resultados presentan en el anexo 15 y el coeficiente de uniformidad obtenido en promedio es de 78% valor que es mayor al 75% que es un porcentaje aceptable para esta técnica de riego.

Los tiempos de riego aplicados por el Sr. Carlos Macas, fueron los siguientes: Los primeros quince días, riego diario por un tiempo de 20 min; los treinta días siguientes, riego diario por 30 min; y, los veinticinco días restantes, riego diario por un tiempo de 40 min. En ciertos días del ciclo del cultivo no ha suministrado riego en razón de escases de agua, y a veces por no disponer de tiempo; por lo que se puede deducir que el riego dado al cultivo ha sido deficitario y no considera la curva del Kc del cultivo.

El Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIAP, 2003), conjuntamente con el Programa de Modernización del sector Agropecuario (PROMSA), en la estación experimental Chuquipata, realiza una investigación de una nueva variedad de fréjol para la sierra sur del Ecuador, denominado variedad INIAP 422 (Fréjol Blanco Belén), en la cual logra obtener un rendimiento en vaina verde 6,8 ton/ha. El estudio realizado en el cantón Arenillas reporta un rendimiento del cultivo de fréjol en seco es de 1,2 ton/ha (Castillo y Quezada, 1980). Por lo descrito, se determina que el rendimiento obtenido en la presente investigación es aceptable.

El mismo documento publicado por el INIAP 2003, hace referencia a las características agronómicas del cultivo y su ciclo vegetativo, mismas que se describe a continuación: días a la floración, 43; días a la cosecha en verde, 79; días a la cosecha en seco, 99; peso de 100 gramos en seco, 61,6 gr; peso de 100 granos verdes, 125 gr; número de vainas por planta, 15,6; rendimiento experimental de 5 ton/ha a 8 ton/ha en vaina verde.

En la presente investigación se obtuvo en promedio los siguientes datos del cultivo: días a la floración, 31; días a la cosecha en verde, 72; peso de 100 granos verdes, 109.8 gr; número de vainas por planta, 16,6; rendimiento promedio experimental de 8,4 ton/ha en vaina verde; de la cual se determina que las mencionadas variables agronómicas obtenidas en la presente investigación son superiores, debido a la técnica de riego que es la variable que se probó.

Realizando un análisis comparativo entre los datos publicados por el INIAP y aquellos obtenidos en la investigación se determina que se logró un mayor número de vainas por planta y una mejor producción, lo que permite concluir que el riego por goteo con frecuencias de uno a tres días, mejora los rendimientos, alcanzando el mayor rendimiento cuando se aplican riegos diarios, lo que se corresponde con los altos valores de evapotranspiración que ocurren en zona secas.

4.8.1 Análisis de variables agronómicas del cultivo

Durante las etapas fenológicas del cultivo y en cada uno de los tratamientos se realizaron mediciones agronómicas, mismas que se presentan en el cuadro 9.

Cuadro 9. Cobertura foliar y altura promedio de plantas durante el ciclo vegetativo del cultivo

FECHA	DIA DEL CICLO CULTIVO	TRATAMIENTO 1		TRATAMIENTO 2		TRATAMIENTO 3	
		A cm	H cm	A cm	H cm	A cm	H cm
19/09/2012	13	17	12	16	11	18	12
27/09/2012	21	27	24	24	19	28	24
07/10/2012	32	45	40	42	35	43	38
24/10/2012	48	61	53	56	46	61	49
16/11/2012	72	54	50	50	45	51	45

SIMBOLOGIA:

A = Ancho de la cobertura foliar

H = Altura de la planta

Elaboración: El autor

Del cuadro 9, en las cuatro primeras mediciones no se evidencia una tendencia clara de los tratamientos. En la última medición realizada, previa a la cosecha del cultivo, se observa una tendencia clara de mayor valores en el tratamiento uno, obteniéndose un ancho de cobertura foliar de 54 cm y una altura de planta de 50 cm que son superiores a los otros dos tratamientos.

4.9 VALIDACIÓN DE EQUIPOS METEOROLÓGICOS ARTESANALES

Como se puede observar en la figura 33 existe buena correlación entre la evaporación del tanque Clase A y la evaporación del tanque artesanal. Del ajuste lineal realizado se obtuvo la siguiente ecuación de regresión con intersección en el origen y constante de correlación de $R=0,946$.

$$Y = 1.001 * X$$

21

Dónde:

Y = Evaporación en tanque evaporímetro artesanal, mm/día

X = Evaporación en tanque evaporímetro clase A, mm/día

1,001 = Factor de ajuste entre el tanque evaporímetro artesanal y el clase A

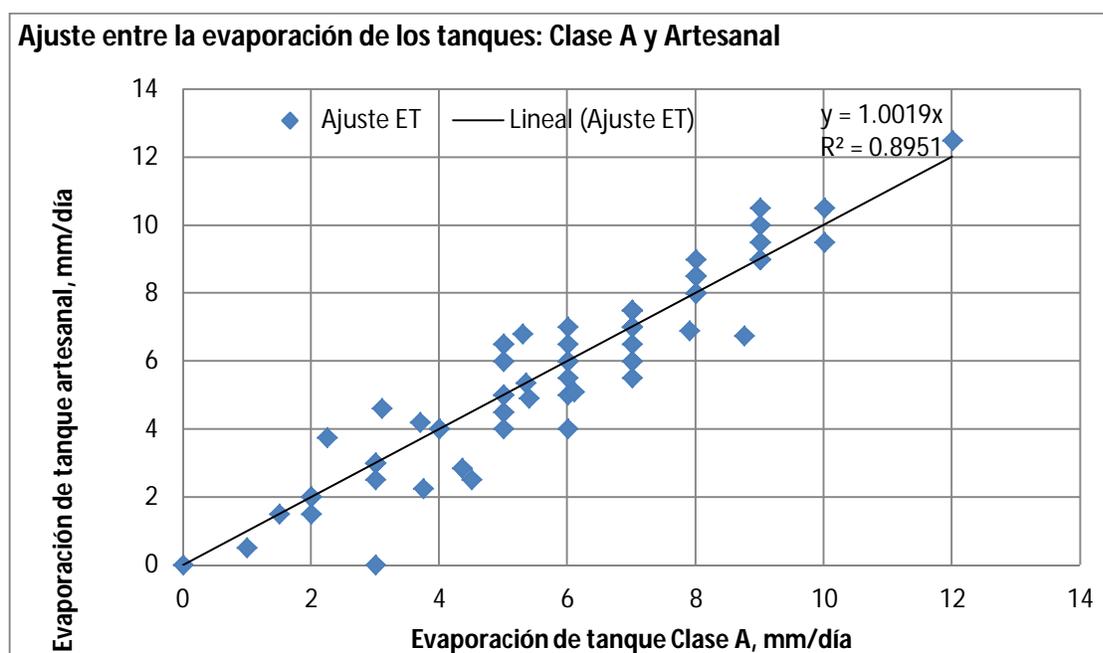


Figura 33. Correlación entre la evaporación de tanques: Clase A y la evaporación del tanque artesanal

Se considera que la evaporación del tanque evaporímetro Clase A es equivalente a la del tanque evaporímetro artesanal por ser el coeficiente de ajuste prácticamente igual a uno, consecuentemente se puede recomendar el uso de este recipiente de evaporación para el manejo tecnificado del riego, para saber cuándo regar y qué cantidad de agua aplicar (cuadro 12).

Complementariamente se procedió a realizar el cálculo de la evapotranspiración potencial o de referencia por tres métodos: tanque evaporímetro artesanal, Thorthwaite y Hargreaves. De los resultados obtenidos (anexo 18) se determinó que el método del tanque evaporímetro artesanal da mayores valores de ETo con respecto a los otros métodos, razón por la cual se procedió a realizar el análisis estadístico que nos permita determinar el porcentaje de diferencia relativa.

Considerando aceptable ET artesanal, se ha determinado un factor de ajuste entre el método de tanque evaporímetro artesanal (TA) y los métodos empíricos de Thorthwaite (TH) y Hargreaves (HG), los mismos que son de 1,32 y 1,24 respectivamente (cuadro 10); es decir, que a los valores de evaporación de referencia obtenidos por los dos métodos empíricos se tendrá que multiplicar por dichos factores de ajuste para lograr la equivalencia al método del tanque evaporímetro artesanal.

El porcentaje de diferencia relativa entre el método del tanque evaporímetro artesanal y el método de Thorthwaite es de 33,2 %; mientras que con respecto al método de Hargreaves es de 33,7 %, basados en error cuadrático medio (RMSE) de 1,04 y 1,18 respectivamente (anexo 18).

Cuadro 10. Resumen de ETo por los métodos: tanque evaporímetro artesanal y los empíricos

DESCRIPCIÓN	UNID.	FASE INICIAL	FASE DE DESARROLLO	FASE MEDIA	FASE FINAL	PRO M
ETo, Tanque Evap.(TA)	mm/día	5.1	4.7	3.2	3.8	4.2
ETo, Thorthwaite(TH)	mm/día	3.8	3.15	2.64	3.05	3.2
Factor TA/TH		1.35	1.51	1.20	1.24	1.32
ETo, Hargreaves (HG)	mm/día	4.1	3.7	3.3	2.5	3.4
Factor TA/HG		1.26	1.26	0.95	1.50	1.24

Elaboración: El autor

Existe una investigación realizada en la zona agrícola de Chillan (Bochetti, 2010), donde se ha realizado un análisis comparativo entre la evapotranspiración referencial obtenida mediante el tanque evaporímetro Clase A o bandeja (Eto ban) y los métodos empíricos de: Penman Monteith-FAO (PM-F), Hargreaves-Samani (HS) y Priestley-Taylor (P-T). En la mencionada investigación se ha determinado que los valores de ajuste entre el método de la bandeja (TA) con los métodos de Thorthwaite (TH) y Hargreaves (HG), son semejantes a los obtenidos en la presente validación (cuadro 11).

Los valores del error cuadrático medio en la investigación de Bochetti están entre 1,04 a 1,19, dando porcentajes de diferencia relativa entre 33,8 % a 38,8%; y, los de la presente investigación está entre 1,04 a 1,18 y 33,2 % a 33,7%.

Cuadro 11. Valores de error cuadrático medio y porcentaje relativa de la evapotranspiración de referencia determinada por varios métodos

Porcentaje de la investigación de Bochetti						Porcentajes de la presente investigación			
PM-F		H-S		P-T		TH		HG	
RMSE	RD	RMSE	RD	RMSE	RD	RMSE	RD	RMSE	RD
mm/día	%	mm/día	%	mm/día	%	mm/día	%	mm/día	%
1,07	34,7	1,19	38,8	1,04	33,8	1,04	33,2	1,18	33,7

Fuente: Bochetti, 2010

Complementariamente se realizó el ajuste lineal a los registros de precipitación presentada en los pluviómetros estándar y artesanal, obteniéndose un coeficiente de ajuste de 1,069; con una correlación de $R=0,998$ (figura 34). La ecuación obtenida es la siguiente:

$$Y = 1.069 * X$$

22

Dónde:

Y = Lámina de precipitación en el pluviómetro estándar, mm/día

X = Lámina de precipitación en el pluviómetro artesanal, mm/día

1.069 = Factor de ajuste entre el pluviómetro artesanal y el estándar

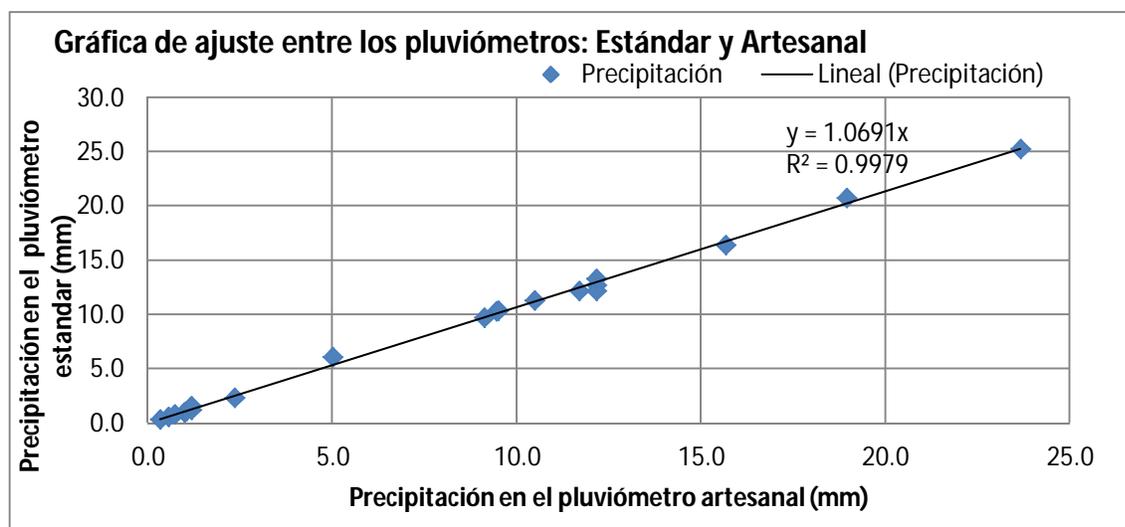


Figura 34. Correlación entre los pluviómetros estándar y artesanal

El conocer la precipitación real presentada en una zona determinada sirve para la planificación del riego en cultivos y además puede ser usada con la finalidad de realizar planes de contingencia para inundaciones y potenciales sitios de deslizamientos, obviamente complementados con otros parámetros de ingeniería. De aquí la importancia de contar con un factor de ajuste para el pluviómetro artesanal investigado que nos permite determinar la precipitación real caída en una zona determinada, que está al alcance de las economías de nuestros agricultores, y, además de fácil manejo.

4.9.1 Uso del tanque evaporímetro artesanal en el manejo del riego

El aporte de ésta validación del tanque evaporímetro artesanal radica en poder sugerir que nuestros agricultores puedan realizar una programación del riego basado en éste dispositivo meteorológico, validado en ésta investigación. Para ver la aplicación de la misma se presenta un ejemplo de programación de riego para la fase inicial del cultivo.

DATOS:

Capacidad de campo	CC	24,38 %
Humedad equivalente	HE	25,81 %
Punto de marchitez	PMP	14,03 %
Agua aprovechable	AU	10,35 %
Densidad aparente	Da	1,6 gr/cm ³

Prof. Raíz	Pr	15 cm
% agotamiento permisible de humedad		35 %
Kp del tanque		0.7
Eficiencia de aplicación de riego	Ea	0,9
# emisores / m ²	4	
Caudal del emisor		1,2 l/h

CÁLCULOS:

Lámina máx.	LAA =	25 mm
Agotamiento permisible	f	35 %
Lámina aprovechable	Ln =	8,75 mm
Lámina bruta de riego	Lb =	9,7 mm
	Lb =	10 mm (redondeado)

ECUACIONES:

$$LAA = (CC - PMP) * Da * Pr \quad 23$$

$$Ln = f * LAA \quad 24$$

$$Lb = \frac{Ln}{Ea}$$

De los cálculos realizados se tiene que cuando la lámina bruta acumulada de riego esté alrededor de 10 mm se debe proceder a suministrar riego al cultivo. En el cuadro 12, se presenta el cálculo de la programación de riego haciendo uso de la información del tanque evaporímetro artesanal para la fase inicial del cultivo de fréjol.

Con el cuadro 12, queda demostrado la aplicabilidad del factor de ajuste obtenido, que nos permite determinar la evaporación real dada en una zona específica donde sea implementado el tanque evaporímetro artesanal, el mismo que está al alcance de las economías de nuestros agricultores, y, además de fácil manejo y sobre todo práctica.

Si al uso del taque artesanal se complementa con la metodología aplicada en la determinación de las láminas de riego y su frecuencia más óptima obtenida en la presente investigación podrán lograr mejorar la productividad de sus cultivos, ya que la metodología es aplicable para cualquier cultivo bajo riego por goteo.

Cuadro 12. Programación de riego en base a los registros del tanque evaporímetro artesanal

FASE DEL CULTIVO	DDS	ET ART mm	Factor	ET mm	ET ac mm	Kc	Lb mm	Lb ac mm	Tr Hrs	Tr		OBSERVACIONES
										Hr	min	
INICIAL	0											Riego de pre siembra a CC
	1	7	1.001	7.0	7.0	0.5	2.7	2.7				
	2	7	1.001	6.5	13.5	0.5	2.5	5.2				
	3	8	1.001	8.0	21.5	0.5	3.1	8.4				
	4	4	1.001	4.0	25.5	0.5	1.6	9.9	3.0	2	58	Riego
	5	10	1.001	10.0	35.5	0.5	3.9	3.9				
	6	6	1.001	6.0	41.5	0.5	2.3	6.2				
	7	10	1.001	10.0	51.4	0.5	3.9	10.1	3.0	3	2	Riego
	8	10	1.001	9.5	60.9	0.5	3.7	3.7				
	9	4	1.001	4.0	64.9	0.5	1.6	5.2				
	10	9	1.001	8.5	73.4	0.5	3.3	8.5				
	11	9	1.001	9.0	82.4	0.5	3.5	12.0	3.6	3	37	Riego
	12	9	1.001	9.0	91.4	0.5	3.5	3.5				
	13	7	1.001	7.0	98.4	0.5	2.7	6.2				
	14	8	1.001	7.5	105.9	0.5	2.9	9.1				
15	9	1.001	8.5	114.4	0.5	3.0	12.1	3.6	3	38	Riego	

SIMBOLOGIA: ET ART= Evaporación en tanque evaporímetro artesanal

ET = Evaporación real corregida por factor de juste

ET ac = Evaporación real acumulada

DDS = Días después de la siembra

Kc = Coeficiente del cultivo

Lb ac = Lámina bruta acumulada

Tr = Tiempo de riego

Elaboración: El autor

5. CONCLUSIONES

- ✓ La frecuencia de riego de un día es la que obtuvo mayor rendimiento al haber alcanzado un rendimiento de 10,0 ton/ha en vaina verde y de 3,2 ton/ha en grano seco.
- ✓ El tanque evaporímetro artesanal proporcionó valores similares de evaporación al tanque estandarizado clase A.
- ✓ El pluviómetro artesanal registro precipitaciones similares al estándar.
- ✓ La metodología aplicada en el manejo agronómico y de riego del cultivo es aceptable, como se evidenció en la producción. La misma que es de fácil cálculo y aplicación, y está al alcance de nuestros agricultores.

6. RECOMENDACIONES

- ✓ Continuar con una investigación similar del cultivo, teniendo como variable independiente diferentes frecuencias de riego en cada uno de las fases fenológicas del cultivo con la finalidad de evaluar los rendimientos de producción que se obtenga.
- ✓ Investigar frecuencias de riego en fréjol con relación a diferentes niveles de fertilización.
- ✓ Investigar la influencia del método de riego, localizado y por aspersión, en el rendimiento del cultivo de fréjol.
- ✓ Realizar investigaciones similares, en otras condiciones de clima, suelo y de forma participativa con los agricultores de la zona mediante proyectos pilotos; los mismos que con seguridad servirán para nuestros agricultores se motiven a tecnificar el riego y a la vez se logren, de forma práctica, la transferencia de tecnología y conocimientos, mejorando de esta forma la productividad de sus cultivos.

7. BIBLIOGRAFÍA

1. Allen, Richard G. 2006. Evapotranspiración del Cultivo. Estudio de riego y drenaje de la FAO. Publicación Nro 56. Roma.
2. Andrade, N; Olabazal, H. 2002. Riego en el Ecuador. Primer Encuentro Nacional del Foro de los Recursos Hídricos. Quito, Ecuador.
3. Arévalo H., Jhon Jairo. 2011. Evaluación del efecto de aplicación de tres diferentes láminas de riego en el cultivo de rosas (*Rosa sp*) cv. Freedom, bajo invernadero en la sábana de Bogotá. Universidad Nacional de Colombia. Maestría en Ingeniería Agrícola. Bogotá D.C.
4. Arias Restrepo, Jesús. Rengifo Martínez, Teresita & Jaramillo Carmona, Maribel. 2007. Manual Técnico de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), en la producción de fríjol voluble. Medellín. Colombia.
5. Armijos, Diego; Ordoñez, Edison. 2011. Determinación de parámetros hidráulicos del sistema de riego por pulsos en surcos y su incidencia en la producción del cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris*) en la Quinta Experimental “La Argelia” de la Universidad Nacional de Loja.
6. Bochetti Vladilo, María de Jesús. 2010. Análisis comparativo de la evapotranspiración obtenida mediante distintas ecuaciones empíricas aplicadas a la zona agrícola de Chillan. Universidad Católica de la Santísima Concepción. Facultad de Ingeniería Civil.
7. CAMAREN. 2006. Propuesta Política de Gestión Integral de los Recursos Hídricos. Foro de los Recursos Hídricos.
8. Castañeda Vásquez, Walter Carlos de Kristov. 2000. El frejol. Facultad de Agronomía UNPRG – Lambayeque.
9. Castillo Herrera, Sara E; Quezada Gallardo, Ruth M. 1980. Uso consuntivo en los cultivos de frejol *Phaseolus vulgaris* L. y soya *Glicine Max* Merr, en la zona de Arenillas. Universidad Técnica de Machala. Escuela de ingeniería agronómica. Machala-Ecuador.
10. Cely Reyes, Germán. 2010. Determinación de parámetros de riego para el cultivo de cebolla de bulbo en el distrito de riego del alto Chicamocha. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá-Colombia.
11. Centro Internacional de Agricultura Tropical –CIAT-, 1982. Etapas de desarrollo de la planta de fríjol común. Cali-Colombia.

12. Cisneros Almazán, Rodolfo. 2003. México. Universidad Autónoma de San Luis de Potosí. Centro de investigaciones y estudios de post grado y área agro geodésica. Apuntes de la materia de riego y drenaje.
13. INIAP. 2010. Manual Agrícola de Fréjol y otras Leguminosas. Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos. Quito-Ecuador.
14. INIAP. 2003. Programa de Modernización del sector Agropecuario (PROMSA). Nueva variedad de fréjol arbustivo para la sierra sur del Ecuador. Estación experimental Chuquipata. INIAP. 422. Blanco Belén. Azogues-Ecuador.
15. Jiménez, Ramiro. Minchala, Luis & Peralta, Eduardo. 1997. Variedad mejorada de fréjol para Loja, INIAP – 419 Chaupeño. Loja-Ecuador.
16. Megía. Pedro de los Ángeles. Diseño agronómico del parque municipal en Santa Cruz de los Cárnanos. Anexo 11. [En línea] [http://www.uclm.es/area/ing_rural/Proyectos/PedroJoseDeLosAngeles/02k_Dise%C3%B1o_Agronomico.pdf] [Consultado: agosto 2012)].
17. Oñate Villarruel, Manuel María. 1985. Determinación de uso consuntivo en cinco líneas de fréjol *Phaseolus vulgaris* L. Huachi-Tungurahua. Universidad Técnica de Ambato (Ecuador). Facultad de Ingeniería Agronómica. Ambato -Ecuador.
18. Proaño, Jaime. 2011. Riego por Goteo. Universidad Agraria del Ecuador.
19. Riego por goteo, s.f. www.rregar.com/index.php?/200909251327/riego-por-goteo/riego-por-goteo.html. [Consultado: julio 2012)].
20. Sánchez C, Edwin; Vinueza M, Carlos. 2007. Optimización del recurso hídrico mediante el cambio de método de riego en la Comuna de Monjas Alto. Cantón Cayambe. Ecuador.
21. Solís Puerto, Pedro Antonio. 2005. Efecto de secuencia de cultivos y sistemas de labranza sobre la dinámica de arvenses y el crecimiento y rendimiento del fréjol común (*Phaseolus vulgaris* L.) Evaluación de tres años de estudio. Managua. Nicaragua.
22. Universidad José Carlos Mariátegui. 2009. Experimentación agrícola. Moquegua. Perú.
23. Villodas, Rubén. 2008. Texto guía de Hidrología de la Universidad Nacional del Cuyo. Argentina.

ANEXOS

ANEXO 1

Resultados del análisis del suelo

 AGROCALIDAD AGENCIA ECUATORIANA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGRO	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS	Hoja 1 de 2
	INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO No. 499 Vía Interoceánica Km 14, Granja del MAGAP, Tumbaco - Teléfono 2372-844 - Telefax 2372-845	

Fecha del informe: 27-Ago-2012

Remitente de la(s) muestra(s):

Propietario de la(s) muestra(s): Sr. Jorge Sivisaca

Número Telefónico: 091034583

Email:

No. Factura: 10879

Fecha de ingreso de la(s) muestra(s): 16-Ago-2012

Nombre de la finca o terreno / Parroquia: San Pedro

Cantón:

Provincia: Loja

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

Método aplicado	Pot.*	Cond.*	Vol.*		Col.*	AA*	
No. LAB.	Nombre de la Muestra	pH	CE* (ds/m)	MO* (%)	N* (%)	P* (ppm)	K* (cmol/Kg)
1371	M-1	7.61	2.19	3.41	0.17	56.3	0.92

* Pot.: Potenciométrico; Vol.: Volumétrico; Col.: Colorimétrico; AA: Absorción Atómica; MO: Materia Orgánica; N: Nitrogeno total; P: Fósforo y K: Potasio

Céntrica				Bouyoucos			
Humedad Equivalente (%)	Capacidad de campo 1/3 atm (%)	Punto de marchitez 15 atm (%)	Agua aprovechable (%)	Textura			Clase textural
				% A*	% L*	% Ac*	
25.81	24.38	14.03	10.35	56	15	29	Franco Arcillosos Arenoso

* A: Arena; L: Limo y Ac: Arcilla

OBSERVACIONES:

- Los resultados se expresan en base seca.

- Los resultados analíticos presentes en este informe corresponden exclusivamente a la muestra enviada por el cliente al laboratorio.
- Este informe puede reproducirse únicamente en su totalidad



INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA

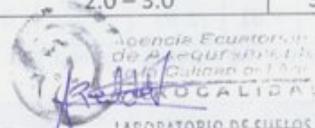
PARÁMETRO	MO (%)	N (%)	P (ppm)	K (cmol/Kg)
BAJO	< 1.0	0 - 0.15	0 - 10	< 0.2
MEDIO	1 - 2.0	0.16 - 0.3	11 - 20	0.2 - 0.38
ALTO	> 2.0	> 0.31	> 21	> 0.4

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN COSTA Y SIERRA

	Acido	Ligeramente Acido	Prácticamente Neutro	Ligeramente Alcalino	Alcalino
pH	5,5	5.6 - 6.4	6.5 - 7.5	7.6 - 8.0	8,1

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN COSTA Y SIERRA

	NO SALINO (NS)	Ligeramente SALINO (LS)	SALINO (S)	MUY SALINO (MS)
CE* (ds/m)	< 2.0	2.0 - 3.0	3.0 - 4.0	4.0 - 8.0



LABORATORIO DE SUELOS
Dra. Alejandra Recalde Vera
RESPONSABLE TÉCNICO

<p>Ministerio de Agricultura y Ganadería</p>	<p>LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS</p> <p>INFORME DE ANÁLISIS</p> <p>(Vía Interoceánica Km. 14; Granja del MAG, Tumbaco - Quito Telef. 02-2372-845 Ext: 225)</p>	<p>Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad (AENOR)</p> <p>LABORATORIO DE CALIDAD</p>
--	--	---

LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS

NUMERO DE MUESTRA:..... 1371

PROPIETARIO:..... *Ing. Jorge Sivisaca*

CULTIVO:..... *LOJA*

FERTILIZACION ANTERIOR.....

LOCALIZACION:..... *LOJA - San Pedro*

FECHA:..... *27-08-2012*

RECOMENDACIONES DE FERTILIZACION

2.5 qq / Ha..... *UREA CO(NH₂)₂*

1 qq / Ha..... *SUPERFOSFATO TRIPLE (P₂O₅)*

20 qq / Ha..... *ABONO ORGANICO*

qq / Ha.....

OBSERVACIONES

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Atenfamente, Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Servicio

[Signature]

LABORATORIO DE CALIDAD

LABORATORIO DE CALIDAD

Recomendación de fertilización dada por el laboratorio de Agrocalidad



ANEXO 2

Resultado del laboratorio del análisis de densidad aparente del suelo.

Provincia:		FECHA DE I:	30- agosto -2012
Cantón:		FECHA DE E:	03 de septiembre de 2012
Parroquia:		RESPONSABLE:	Ing. Jorge Sivisaca
Sector o Proyecto:	San Pedro de la Bendita, Sector Togueros, Perteneciente al Cantón Catamayo, provincia de Loja		

1. RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS

Muestra de LAB.	Densidad Aparente gr/cm ³
591-1	1,65
591-2	1,56
Promedio	1,60

Ing. Jackeline Castillo
TÉCNICA LABORATORISTA

ANEXO 3

PRUEBA DE DESCARGA DE EMISORES DEL ENSAYO EXPERIMENTAL

TESISTA: ING. JORGE SIVISACA

COLABORADORES:

FECHA: 02/09/2012

PRESIÓN DE INGRESO 1.5 mca, CON CABEZAL

TRATAMIENTO 2

ROSARIO SIVISACA

ANGEL CARAGUAY

TOBIAS SIVISACA

LUIS CARAGUAY

RESPALDO FOTOGRAFICO

UE/LAT-POSIC	T (min)	V (ml)	Q (lit/seg)	Q (lit/hr)
1/3 - ALTO	10	132	0.00022	0.8
1/3 - MEDIO	10	137	0.00023	0.8
1/3 - BAJO	10	150	0.00025	0.9
2/8 - ALTO	10	131	0.00022	0.8
2/8 - MEDIO	10	141	0.00024	0.8
2/8 - BAJO	10	152	0.00025	0.9
3/13 - ALTO	10	125	0.00021	0.8
3/13 - MEDIO	10	142	0.00024	0.9
3/13 - BAJO	10	163	0.00027	1.0
4/18 - ALTO	10	197	0.00033	1.2
4/18 - MEDIO	10	159	0.00027	1.0
4/18 - BAJO	10	173	0.00029	1.0
PROMEDIO/SUM			0.00025	0.9



TRATAMIENTO 3

UE/LAT-POSIC	T (min)	V (ml)	Q (lit/seg)	Q (lit/hr)
5/3 - ALTO	10	143	0.00024	0.9
5/3 - MEDIO	10	158	0.00026	0.9
5/3 - BAJO	10	172	0.00029	1.0
6/8 - ALTO	15	257	0.00029	1.0
6/8 - MEDIO	15	264	0.00029	1.1
6/8 - BAJO	15	268	0.00030	1.1
7/13 - ALTO	15	264	0.00029	1.1
7/13 - MEDIO	15	286	0.00032	1.1
7/13 - BAJO	15	300	0.00033	1.2
8/18 - ALTO	14	322	0.00038	1.4
8/18 - MEDIO	14	344	0.00041	1.5
8/18 - BAJO	14	372	0.00044	1.6
PROMEDIO/SUM		3150	0.00032	1.2

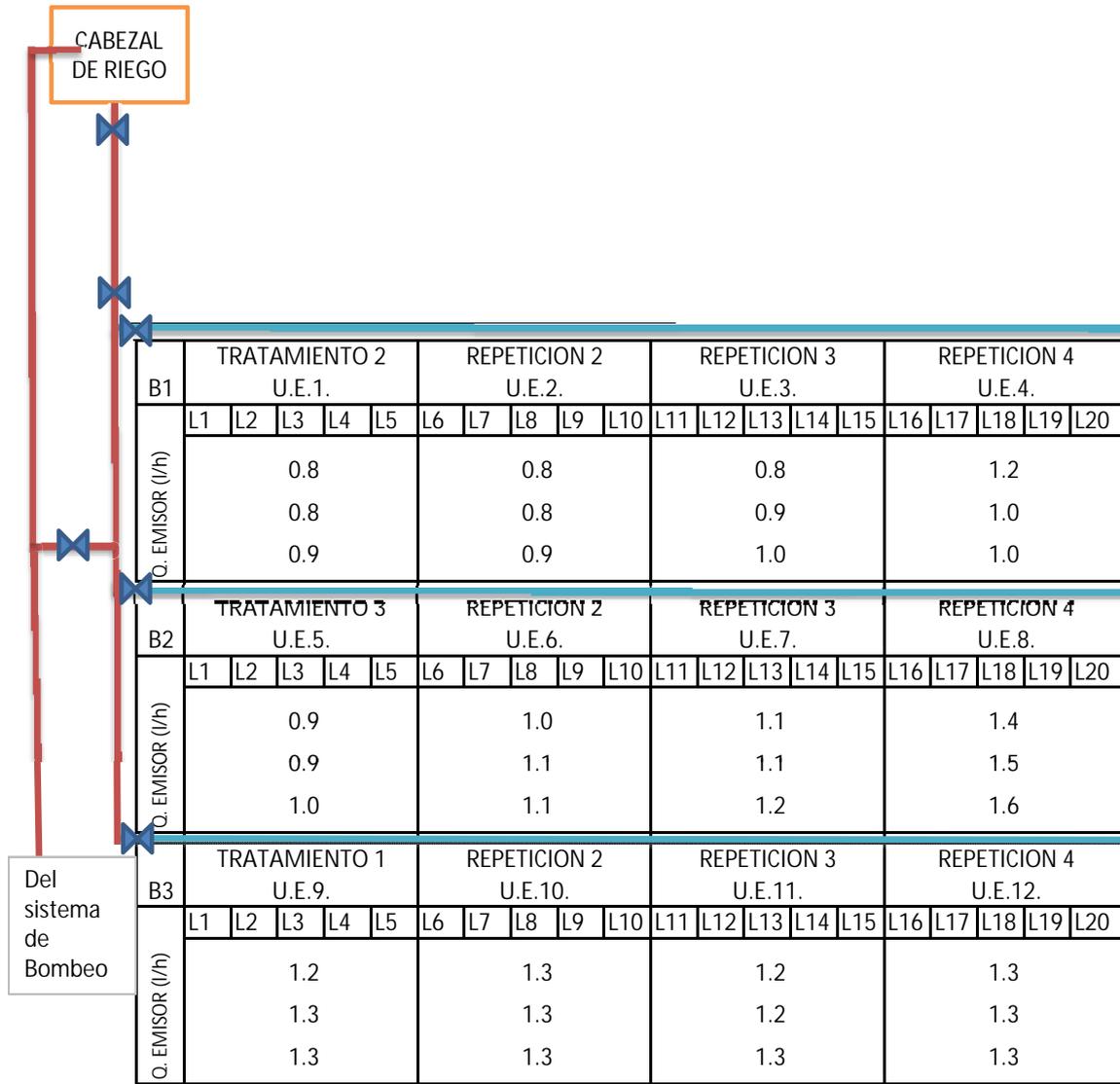


TRATAMIENTO 1

UE/LAT-POSIC	T (min)	V (ml)	Q (lit/seg)	Q (lit/hr)
9/3 - ALTO	15	294	0.00033	1.2
9/3 - MEDIO	15	330	0.00037	1.3
9/3 - BAJO	15	329	0.00037	1.3
10/8 - ALTO	15	318	0.00035	1.3
10/8 - MEDIO	15	332	0.00037	1.3
10/8 - BAJO	15	323	0.00036	1.3
11/13 - ALTO	15	312	0.00035	1.2
11/13 - MEDIO	15	291	0.00032	1.2
11/13 - BAJO	15	325	0.00036	1.3
12/18 - ALTO	15	318	0.00035	1.3
12/18 - MEDIO	15	324	0.00036	1.3
12/18 - BAJO	15	321	0.00036	1.3
PROMEDIO/SUM			0.00035	1.3



ESQUEMA DE UBICACIÓN DE UNIDADES EXPERIMENTALES Y SUS TRATAMIENTOS



SIMB. L1, L2,..., L20. Laterales de riego de cada tratamiento
 B. BLOQUE



DETERMINACIÓN DE LA UNIFORMIDAD DE APLICACIÓN DEL AGUA
MÉTODO DE LA DESCARGA DEL 25% INFERIOR

$$CU = 100 * \frac{Qe\ 25\%}{Qn}$$

DONDE:

CU: Coeficiente de uniformidad

Qe 25%: Media del caudal de descarga del 25% de los emisores con caudales mas reducidos evaluados

Qn: Caudal medio de todos los emisores evaluados

MATRIZ DE CAUDALES REGISTRADOS Y ORDENADOS

	TRATAMIENTO 2		TRATAMIENTO 3		TRATAMIENTO 1	
	Qe	Qe ord.	Qe	Qe ord.	Qe	Qe ord.
	0.8	1.2	0.9	1.6	1.2	1.3
	0.8	1.0	0.9	1.5	1.3	1.3
	0.9	1.0	1.0	1.4	1.3	1.3
	0.8	1.0	1.0	1.2	1.3	1.3
	0.8	0.9	1.1	1.1	1.3	1.3
	0.9	0.9	1.1	1.1	1.3	1.3
	0.8	0.9	1.1	1.1	1.2	1.3
	0.9	0.8	1.1	1.1	1.2	1.3
	1.0	0.8	1.2	1.0	1.3	1.3
	1.2	0.8	1.4	1.0	1.3	1.2
	1.0	0.8	1.5	0.9	1.3	1.2
	1.0	0.8	1.6	0.9	1.3	1.2
#EMIS.	12		12		12	
25% EMIS	3		3		3	
Qn	0.9 l/h		1.2 l/h		1.3 l/h	
Qe. 25%	0.8 l/h		0.9 l/h		1.2 l/h	
CU.	86 %		82 %		94 %	

Tabla de valores recomendados de Coeficiente de Uniformidad CU

Porcentaje	ESTADO
90% - 100%	Excelente
80% - 90%	Buena
70% - 80%	Aceptable
< 70%	Inaceptable

CONCLUSIÓN:

De los cálculos se determina que los Tratamientos 2 y 3, tiene un coeficiente de uniformidad Buena y el Tratamiento 1 es Excelente. Por lo que se ACEPTA LA EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEADO INSTALADO EN LA PARCELA EXPERIMENTAL, PREVIO A EFECTUARSE EL ENSAYO CORRESPONDIENTE DE LA INVESTIGACIÓN PROPUESTA.

DETERMINACIÓN DE LA UNIFORMIDAD DE APLICACIÓN DEL AGUA
MÉTODO DE CHRISTIANSEN

$$CUc = \left(1 - \frac{\sum |Y_i - Y_m|}{n * Y_m} \right) * 100$$

DONDE:

CUc: Coeficiente de uniformidad según Christiansen

Yi : Valor en cada punto observado

Ym: Promedio de las observaciones

n: Número de puntos observados

MATRIZ DE CAUDALES REGISTRADOS

	TRATAMIENTO 2		TRATAMIENTO 3		TRATAMIENTO 1	
	Y	ABS(Y-Ym)	Y	ABS(Y-Ym)	Y	ABS(Y-Ym)
	0.8	0.1	0.9	0.3	1.2	0.1
	0.8	0.1	0.9	0.2	1.3	0.0
	0.9	0.0	1.0	0.1	1.3	0.0
	0.8	0.1	1.0	0.1	1.3	0.0
	0.8	0.1	1.1	0.1	1.3	0.1
	0.9	0.0	1.1	0.1	1.3	0.0
	0.8	0.2	1.1	0.1	1.2	0.0
	0.9	0.0	1.1	0.0	1.2	0.1
	1.0	0.1	1.2	0.0	1.3	0.0
	1.2	0.3	1.4	0.2	1.3	0.0
	1.0	0.1	1.5	0.3	1.3	0.0
	1.0	0.1	1.6	0.4	1.3	0.0
n	12		12		12	
Ym	0.9		1.2		1.3	
SUMATORIA		1.1		2.1		0.5
CUc		92 %		80 %		95 %

Tabla de valores recomendados de Coeficiente de Uniformidad de CHRISTIANSEN (CUc)

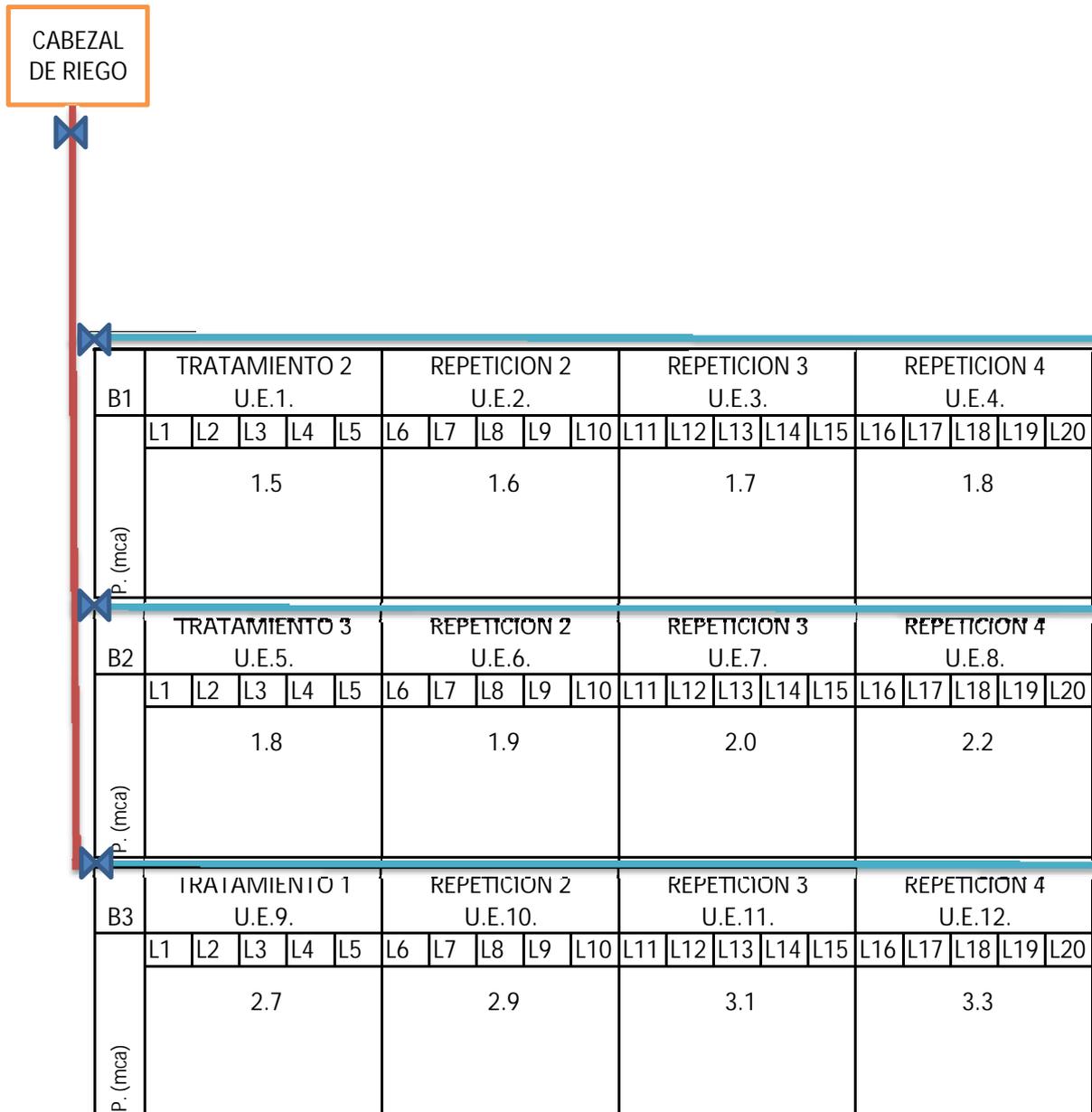
Porcentaje	ESTADO
> 85%	Buena Distribución
75% - 85%	Buena
< 67%	No aceptable

CONCLUSIÓN:

De los cálculos se determina que los Tratamientos 1 y 2, tiene un coeficiente de uniformidad con Buena distribución y el Tratamiento 3 es Buena. Por lo que se ACEPTA LA EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEJO INSTALADO EN LA PARCELA EXPERIMENTAL, PREVIO A EFECTUARSE EL ENSAYO CORRESPONDIENTE DE LA INVESTIGACIÓN PROPUESTA.

ANEXO 4

CHEQUEO DE PRESIONES EN LA PARCELA EXPERIMENTAL



SIMB. L1, L2,..., L20. Laterales de riego de cada tratamiento

B. BLOQUE

Matriz de presiones

	T2	T3	T1
	1.5	1.8	2.7
	1.6	1.9	2.9
	1.7	2.0	3.1
	1.8	2.2	3.3
Pprom	1.7	2.0	3.0
Pmax	1.9	2.2	3.4
Pmin	1.5	1.8	2.7
ΔP	0.2	0.2	0.2

$$\Delta P = \frac{P_{\max} - P_{\min}}{P_{\text{medio}}}$$

DONDE:

ΔP = Variación de presión

Pmax = Presión máxima

Pmin= Presión mínima

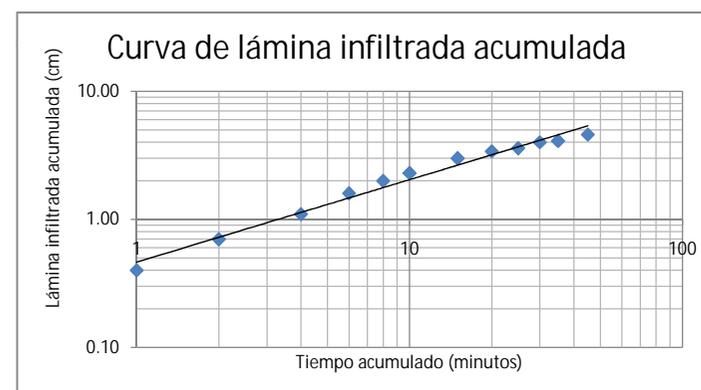
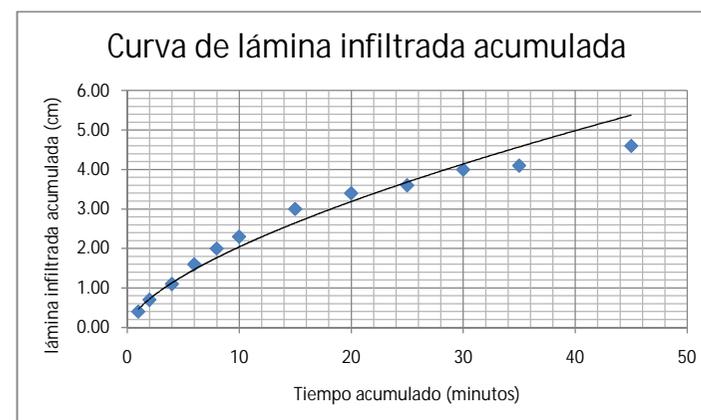
Pmedio= Presión promedio

ANEXO 5

DATOS DE PRUEBA DE INFILTRACIÓN CON ANILLOS

Proyecto:	Efecto de 3 frecuencias de riego por goteo en la producción de fréjol, según la evaporación del tanque evaporímetro Clase A	TESISTA:	Jorge Sivisaca Caraguay
Fecha:	02 de septiembre del 2012	Nº de prueba:	1
Método:	Cilindro infiltrómetro	Observaciones:	
Textura	Franco -Arcilloso - Arenoso		

Hora	Tiempo (min)		Lectura (cm)	Lámina infiltrada (cm)		Velocidad de infiltración (cm/hora)	
	Parcial	Acumulado		Parcial	Acumulado	Instantánea	Promedio
15:00:00	0	0	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1	1	5.40	0.40	0.40	24.00	24.00
	1	2	5.70	0.30	0.70	18.00	21.00
	2	4	6.10	0.40	1.10	12.00	16.50
	2	6	6.60	0.50	1.60	15.00	16.00
	2	8	7.00	0.40	2.00	12.00	15.00
	2	10	7.30	0.30	2.30	9.00	13.80
	5	15	8.00	0.70	3.00	8.40	12.00
	5	20	8.40	0.40	3.40	4.80	10.20
	5	25	8.60	0.20	3.60	2.40	8.64
	5	30	9.00	0.40	4.00	4.80	8.00
	5	35	9.10	0.10	4.10	1.20	7.03
	10	45	9.6 /5	0.50	4.60	3.00	6.13
	15	60	5.80	0.80	5.40	3.20	5.40
	15	75	6.50	0.70	6.10	2.80	4.88
16:30:00	15	90	7.10	0.60	6.70	2.40	4.47



PROCEDIMIENTO PARA OBTENER LA VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN BÁSICA (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.

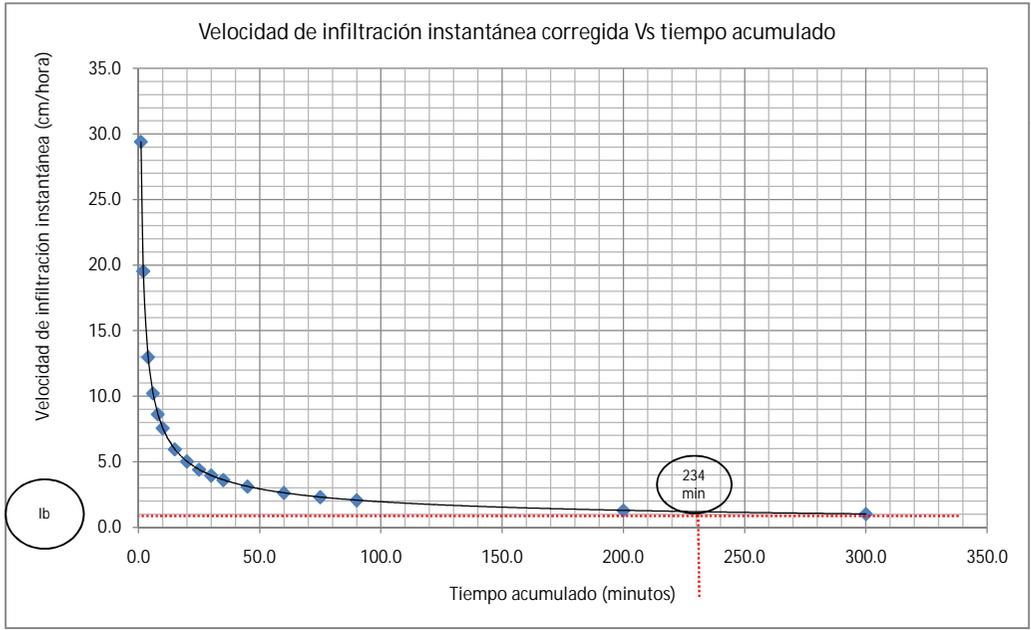
Partimos de la función obtenida $I_{cum} = 0.493 T^{0.61}$

Para encontrar la velocidad de infiltración se deriva la ecuación $I_b = 0.493 t^{0.61} \frac{dI}{dt} \Rightarrow I_b = 0.493 * 0.61 t^{0.61-1} \Rightarrow I_b = 0.30 t^{-0.39}$

Luego se encuentra el tiempo básico (tb), con la expresión: $tb = -600b \text{ (minutos)} \Rightarrow tb = -600(-0.39) \text{ (minutos)} \Rightarrow tb = 234 \text{ (minutos)}$

Encontrado el tiempo básico, retomamos la ecuación I_b y reemplazamos con su valor $I_b = 0.30 * 60 * 234^{-0.39} \Rightarrow I_b = 2.14 \text{ cm/h} \Rightarrow I_b = 21.4 \text{ mm/h}$

Tiempo acumulado (min) (To)	Velocidad de infiltración instantánea (I) (cm/h)	Velocidad de infiltración instantánea Corregida (I) (cm/h)
1.0	24.0	29.4
2.0	18.0	19.5
4.0	12.0	13.0
6.0	15.0	10.2
8.0	12.0	8.6
10.0	9.0	7.6
15.0	8.4	6.0
20.0	4.8	5.0
25.0	2.4	4.4
30.0	4.8	4.0
35.0	1.2	3.6
45.0	3.0	3.1
60.0	3.2	2.6
75.0	2.8	2.3
90.0	2.4	2.1
200	0.0	1.3
300	0.0	1.0



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

Se trata de un suelo FRANCO-ARENOSO

MICRODRIP

ANEXO 6

GOTERO INTEGRAL EN TUBERÍAS DE PARED GRUESA

APLICACIONES

- Riego de cultivos en surcos cortos.
- Sistemas de goteo familiar
- Aplicaciones especiales en línea corta

ESPECIFICACIONES

- Máxima presión de trabajo 2 Bar
- Laberinto TurboNet™ con amplios pasos de agua.
- Para soldarse dentro de tuberías de goteo de pared gruesa (0.8 mm.)
- Gotero inyectado, muy bajo CV.
- El gotero Microdrip cumple con las normas del ISO 9261 y la producción está certificada por el Instituto de Normas de Israel (SII)

CARACTERÍSTICAS Y BENEFICIOS

- Goteros altamente confiables.
- Operación global en campos por más de 35 años.
- La línea de distribución se puede cortar y se puede instalar el gotero donde se necesite.

DATOS TÉCNICOS DE LOS GOTEROS

CAUDAL NOMINAL (L/H.)	MÁXIMA PRESIÓN DE TRABAJO (BAR)	DIMENSIONES DE PASOS DE AGUA ESPESOR-PROFUNDIDAD- LONGITUD (MM.)	ÁREA DE FILTRACIÓN (MM ²)	CONSTANTE K	EXPONENTE X
2.0	2.0	0.68 x 0.60 x 28	25	0.647	0.49

* Caudal nominal a presión 1.0 bar

PRESIÓN VS. CAUDAL DE LOS GOTEROS

MODELO	CAUDAL DEL GOTERO (L/H.) VS. PRESIÓN (BAR)				
	0.8	1.1	1.4	1.7	2.0
2.0	1.8	2.1	2.4	2.6	2.8

DATOS TÉCNICOS DE LOS GOTEROS

MODELO	DIÁMETRO INTERNO (MM.)	ESPESOR DE PARED (MM.)	DIÁMETRO EXTERNO (MM.)	MÁXIMA PRESIÓN DE TRABAJO (BAR)	KD
Microdrip	6.4	0.8	8.0	2.0	2

DATOS DE EMPAQUE

MODELO	ESPESOR DE PARED (MM.)	DISTANCIA ENTRE GOTEROS (M.)	LONGITUD DEL ROLLO (M.)	PESO PROMEDIO DEL ROLLO*(KG.)	NÚMERO DE ROLLOS POR PALET (UNIDADES)	PESO PROMEDIO POR PALET (KG.)	ROLLOS EN UN CONTENEDOR DE 40 PIES (UNIDADES)	TOTAL EN UN CONTENEDOR DE 40 PIES (M.)
Microdrip	0.80	de 0.15 a 0.4	250	4.92	36	191	1440	360.000

* De acuerdo al espaciado de los goteros

ANEXO 7

CÁLCULOS HIDRÁULICOS DE LA PARCELA EXPERIMENTAL

Estado de los Nudos de la Red

	Cota	Demanda	Altura	Presión
ID Nudo	m	LPM	m	m
Nudo 2	1589.62	0.00	1589.98	0.36
Nudo 3	1589.50	0.00	1589.88	0.38
Nudo 4	1588.45	0.00	1589.75	1.30
Nudo 5	1588.42	0.00	1589.73	1.31
Nudo 6	1588.40	0.00	1589.73	1.33
Nudo 7	1588.38	0.00	1589.73	1.35
Nudo 8	1588.36	0.00	1589.72	1.36
Nudo 9	1588.34	0.00	1589.72	1.38
Nudo 10	1588.32	0.00	1589.72	1.40
Nudo 11	1588.25	0.00	1589.71	1.46
Nudo 12	1588.18	0.00	1589.71	1.53
Nudo 13	1588.11	0.00	1589.71	1.60
Nudo 14	1588.04	0.00	1589.71	1.67
Nudo 15	1587.97	0.00	1589.70	1.73
Nudo 16	1587.95	0.00	1589.70	1.75
Nudo 17	1587.93	0.00	1589.70	1.77
Nudo 18	1587.91	0.00	1589.70	1.79
Nudo 19	1587.89	0.00	1589.70	1.81
Nudo 20	1587.85	0.00	1589.70	1.85
Nudo 21	1587.82	0.00	1589.70	1.88
Nudo 22	1587.79	0.00	1589.70	1.91
Nudo 23	1587.76	0.00	1589.70	1.94
Nudo 24	1587.73	0.00	1589.70	1.97
Nudo 25	1587.70	0.00	1589.70	2.00
Nudo 26	1588.00	0.00	1589.51	1.51
Nudo 27	1588.00	0.00	1589.51	1.51
Nudo 28	1587.71	0.00	1589.44	1.73
Nudo 29	1587.67	0.00	1589.44	1.77
Nudo 30	1587.63	0.00	1589.44	1.81
Nudo 31	1587.59	0.00	1589.43	1.84
Nudo 32	1587.55	0.00	1589.43	1.88
Nudo 33	1587.57	0.00	1589.42	1.85
Nudo 34	1587.55	0.00	1589.42	1.87
Nudo 35	1587.53	0.00	1589.41	1.88
Nudo 36	1587.51	0.00	1589.41	1.90
Nudo 37	1587.49	0.00	1589.41	1.92
Nudo 38	1587.43	0.00	1589.40	1.97
Nudo 39	1587.41	0.00	1589.40	1.99
Nudo 40	1587.39	0.00	1589.40	2.01
Nudo 41	1587.37	0.00	1589.40	2.03
Nudo 42	1587.35	0.00	1589.40	2.05
Nudo 43	1587.29	0.00	1589.40	2.11
Nudo 44	1587.27	0.00	1589.40	2.13
Nudo 45	1587.25	0.00	1589.40	2.15

	Cota	Demanda	Altura	Presión
ID Nudo	m	LPM	m	m
Nudo 46	1587.23	0.00	1589.40	2.17
Nudo 47	1587.21	0.00	1589.39	2.18
Nudo 48	1587.15	0.00	1589.39	2.24
Nudo 49	1586.70	0.00	1589.35	2.65
Nudo 50	1586.67	0.00	1589.35	2.68
Nudo 51	1586.64	0.00	1589.34	2.70
Nudo 52	1586.61	0.00	1589.34	2.73
Nudo 53	1586.58	0.00	1589.33	2.75
Nudo 54	1586.51	0.00	1589.33	2.82
Nudo 55	1586.47	0.00	1589.32	2.85
Nudo 56	1586.43	0.00	1589.32	2.89
Nudo 57	1586.39	0.00	1589.31	2.92
Nudo 58	1586.35	0.00	1589.31	2.96
Nudo 59	1586.31	0.00	1589.30	2.99
Nudo 60	1586.27	0.00	1589.30	3.03
Nudo 61	1586.23	0.00	1589.30	3.07
Nudo 62	1586.19	0.00	1589.30	3.11
Nudo 63	1586.15	0.00	1589.30	3.15
Nudo 64	1586.11	0.00	1589.30	3.19
Nudo 65	1586.08	0.00	1589.30	3.22
Nudo 66	1586.05	0.00	1589.29	3.24
Nudo 67	1586.02	0.00	1589.29	3.27
Nudo 68	1585.99	0.00	1589.29	3.30
Nudo 69	1585.92	0.00	1589.29	3.37
Nudo 70	1587.76	0.41	1589.67	1.91
Nudo 71	1587.74	0.41	1589.67	1.93
Nudo 72	1587.72	0.41	1589.67	1.95
Nudo 73	1587.70	0.41	1589.66	1.96
Nudo 74	1587.64	0.41	1589.66	2.02
Nudo 75	1587.62	0.41	1589.66	2.04
Nudo 76	1587.60	0.41	1589.65	2.05
Nudo 77	1587.58	0.41	1589.65	2.07
Nudo 78	1587.56	0.41	1589.65	2.09
Nudo 79	1587.50	0.41	1589.65	2.15
Nudo 80	1587.48	0.41	1589.65	2.17
Nudo 81	1587.46	0.41	1589.65	2.19
Nudo 82	1587.44	0.41	1589.65	2.21
Nudo 83	1587.42	0.41	1589.64	2.22
Nudo 84	1587.36	0.41	1589.64	2.28
Nudo 85	1587.34	0.41	1589.64	2.30
Nudo 86	1587.31	0.41	1589.64	2.33
Nudo 87	1587.29	0.41	1589.64	2.35
Nudo 88	1587.27	0.41	1589.64	2.37
Nudo 89	1587.22	0.41	1589.64	2.42
Nudo 90	1586.77	0.54	1589.37	2.60
Nudo 91	1586.74	0.54	1589.36	2.62
Nudo 92	1586.71	0.54	1589.36	2.65

	Cota	Demanda	Altura	Presión
ID Nudo	m	LPM	m	m
Nudo 93	1586.68	0.54	1589.35	2.67
Nudo 94	1586.61	0.54	1589.35	2.74
Nudo 95	1586.57	0.54	1589.34	2.77
Nudo 96	1586.53	0.54	1589.34	2.81
Nudo 97	1586.49	0.54	1589.33	2.84
Nudo 98	1586.45	0.54	1589.33	2.88
Nudo 99	1586.41	0.54	1589.33	2.92
Nudo 100	1586.37	0.54	1589.33	2.96
Nudo 101	1586.33	0.54	1589.32	2.99
Nudo 102	1586.29	0.54	1589.32	3.03
Nudo 103	1586.25	0.54	1589.32	3.07
Nudo 104	1586.21	0.54	1589.32	3.11
Nudo 105	1586.18	0.54	1589.32	3.14
Nudo 106	1586.15	0.54	1589.32	3.17
Nudo 107	1586.12	0.54	1589.32	3.20
Nudo 108	1586.10	0.54	1589.32	3.22
Nudo 109	1586.00	0.54	1589.32	3.32
Nudo 110	1585.71	0.59	1589.27	3.56
Nudo 111	1585.68	0.59	1589.26	3.58
Nudo 112	1585.65	0.59	1589.26	3.61
Nudo 113	1585.62	0.59	1589.25	3.63
Nudo 114	1585.59	0.59	1589.24	3.65
Nudo 115	1585.56	0.59	1589.24	3.68
Nudo 116	1585.53	0.59	1589.23	3.70
Nudo 117	1585.50	0.59	1589.23	3.73
Nudo 118	1585.47	0.59	1589.23	3.76
Nudo 119	1585.43	0.59	1589.22	3.79
Nudo 120	1585.40	0.59	1589.22	3.82
Nudo 121	1585.37	0.59	1589.22	3.85
Nudo 122	1585.34	0.59	1589.22	3.88
Nudo 123	1585.31	0.59	1589.22	3.91
Nudo 124	1585.27	0.59	1589.21	3.94
Nudo 125	1585.24	0.59	1589.21	3.97
Nudo 126	1585.21	0.59	1589.21	4.00
Nudo 127	1585.18	0.59	1589.21	4.03
Nudo 128	1585.15	0.59	1589.21	4.06
Nudo 129	1585.11	0.59	1589.21	4.10
Embalse 1	1590.00	-30.87	1590.00	0.00

CÁLCULOS HIDRÁULICOS DE LA PARCELA EXPERIMENTAL

Estado de las Líneas de la Red

	Longitud	Diámetro	Rugosidad	Caudal	Velocidad	Estado
ID Línea	m	mm	mm	LPM	m/s	
Tubería 2	6.00	32.00	0.0015	30.87	0.64	Abierta
Tubería 3	8.00	32.00	0.0015	30.87	0.64	Abierta
Tubería 4	1.00	32.00	0.0015	30.87	0.64	Abierta
Tubería 5	7.00	25.00	0.0015	22.65	0.77	Abierta
Tubería 6	2.00	25.00	0.0015	22.63	0.77	Abierta
Tubería 7	9.00	25.00	0.0015	11.82	0.40	Abierta
Tubería 12	0.80	25.00	0.0015	7.79	0.26	Abierta
Tubería 13	0.80	25.00	0.0015	7.38	0.25	Abierta
Tubería 14	0.80	25.00	0.0015	6.97	0.24	Abierta
Tubería 15	0.80	25.00	0.0015	6.56	0.22	Abierta
Tubería 16	1.00	25.00	0.0015	6.15	0.21	Abierta
Tubería 17	0.80	25.00	0.0015	5.74	0.19	Abierta
Tubería 18	0.80	25.00	0.0015	5.33	0.18	Abierta
Tubería 19	0.80	25.00	0.0015	4.92	0.17	Abierta
Tubería 20	0.80	25.00	0.0015	4.51	0.15	Abierta
Tubería 21	1.00	25.00	0.0015	4.10	0.14	Abierta
Tubería 22	0.80	25.00	0.0015	3.69	0.13	Abierta
Tubería 23	0.80	25.00	0.0015	3.28	0.11	Abierta
Tubería 24	0.80	25.00	0.0015	2.87	0.10	Abierta
Tubería 25	0.80	25.00	0.0015	2.46	0.08	Abierta
Tubería 26	1.00	25.00	0.0015	2.05	0.07	Abierta
Tubería 27	0.80	25.00	0.0015	1.64	0.06	Abierta
Tubería 28	0.80	25.00	0.0015	1.23	0.04	Abierta
Tubería 29	0.80	25.00	0.0015	0.82	0.03	Abierta
Tubería 30	1.00	25.00	0.0015	0.41	0.01	Abierta
Tubería 31	0.80	25.00	0.0015	10.26	0.35	Abierta
Tubería 32	0.80	25.00	0.0015	9.72	0.33	Abierta
Tubería 33	0.80	25.00	0.0015	9.18	0.31	Abierta
Tubería 34	0.80	25.00	0.0015	8.64	0.29	Abierta
Tubería 35	1.00	25.00	0.0015	8.10	0.28	Abierta
Tubería 36	0.80	25.00	0.0015	7.56	0.26	Abierta
Tubería 37	0.80	25.00	0.0015	7.02	0.24	Abierta
Tubería 38	0.80	25.00	0.0015	6.48	0.22	Abierta
Tubería 39	0.80	25.00	0.0015	5.94	0.20	Abierta
Tubería 40	1.00	25.00	0.0015	5.40	0.18	Abierta
Tubería 41	0.80	25.00	0.0015	4.86	0.17	Abierta
Tubería 42	0.80	25.00	0.0015	4.32	0.15	Abierta
Tubería 43	0.80	25.00	0.0015	3.78	0.13	Abierta
Tubería 44	0.80	25.00	0.0015	3.24	0.11	Abierta
Tubería 45	1.00	25.00	0.0015	2.70	0.09	Abierta
Tubería 46	0.80	25.00	0.0015	2.16	0.07	Abierta
Tubería 47	0.80	25.00	0.0015	1.62	0.06	Abierta
Tubería 48	0.80	25.00	0.0015	1.08	0.04	Abierta
Tubería 49	0.80	25.00	0.0015	0.54	0.02	Abierta

	Longitud	Diámetro	Rugosidad	Caudal	Velocidad	Estado
ID Línea	m	mm	mm	LPM	m/s	
Tubería 50	0.80	25.00	0.0015	11.21	0.38	Abierta
Tubería 51	0.80	25.00	0.0015	10.62	0.36	Abierta
Tubería 52	0.80	25.00	0.0015	10.03	0.34	Abierta
Tubería 53	0.80	25.00	0.0015	9.44	0.32	Abierta
Tubería 54	1.00	25.00	0.0015	8.85	0.30	Abierta
Tubería 55	0.80	25.00	0.0015	8.26	0.28	Abierta
Tubería 56	0.80	25.00	0.0015	7.67	0.26	Abierta
Tubería 57	0.80	25.00	0.0015	7.08	0.24	Abierta
Tubería 58	0.80	25.00	0.0015	6.49	0.22	Abierta
Tubería 59	1.00	25.00	0.0015	5.90	0.20	Abierta
Tubería 60	0.80	25.00	0.0015	5.31	0.18	Abierta
Tubería 61	0.80	25.00	0.0015	4.72	0.16	Abierta
Tubería 62	0.80	25.00	0.0015	4.13	0.14	Abierta
Tubería 63	0.80	25.00	0.0015	3.54	0.12	Abierta
Tubería 64	1.00	25.00	0.0015	2.95	0.10	Abierta
Tubería 65	0.80	25.00	0.0015	2.36	0.08	Abierta
Tubería 66	0.80	25.00	0.0015	1.77	0.06	Abierta
Tubería 67	0.80	25.00	0.0015	1.18	0.04	Abierta
Tubería 68	0.80	25.00	0.0015	0.59	0.02	Abierta
Tubería 71	8.00	8.00	0.0015	0.41	0.14	Abierta
Tubería 72	8.00	8.00	0.0015	0.41	0.14	Abierta
Tubería 73	8.00	8.00	0.0015	0.41	0.14	Abierta
Tubería 74	8.00	8.00	0.0015	0.41	0.14	Abierta
Tubería 75	8.00	8.00	0.0015	0.41	0.14	Abierta
Tubería 76	8.00	8.00	0.0015	0.41	0.14	Abierta
Tubería 77	8.00	8.00	0.0015	0.41	0.14	Abierta
Tubería 78	8.00	8.00	0.0015	0.41	0.14	Abierta
Tubería 79	8.00	8.00	0.0015	0.41	0.14	Abierta
Tubería 80	8.00	8.00	0.0015	0.41	0.14	Abierta
Tubería 81	8.00	8.00	0.0015	0.41	0.14	Abierta
Tubería 82	8.00	8.00	0.0015	0.41	0.14	Abierta
Tubería 83	8.00	8.00	0.0015	0.41	0.14	Abierta
Tubería 84	8.00	8.00	0.0015	0.41	0.14	Abierta
Tubería 85	8.00	8.00	0.0015	0.41	0.14	Abierta
Tubería 86	8.00	8.00	0.0015	0.41	0.14	Abierta
Tubería 87	8.00	8.00	0.0015	0.41	0.14	Abierta
Tubería 88	8.00	8.00	0.0015	0.41	0.14	Abierta
Tubería 89	8.00	8.00	0.0015	0.41	0.14	Abierta
Tubería 90	8.00	8.00	0.0015	0.41	0.14	Abierta
Tubería 91	8.00	8.00	0.0015	0.54	0.18	Abierta
Tubería 92	8.00	8.00	0.0015	0.54	0.18	Abierta
Tubería 93	8.00	8.00	0.0015	0.54	0.18	Abierta
Tubería 94	8.00	8.00	0.0015	0.54	0.18	Abierta
Tubería 95	8.00	8.00	0.0015	0.54	0.18	Abierta
Tubería 96	8.00	8.00	0.0015	0.54	0.18	Abierta
Tubería 97	8.00	8.00	0.0015	0.54	0.18	Abierta

	Longitud	Diámetro	Rugosidad	Caudal	Velocidad	Estado
ID Línea	m	mm	mm	LPM	m/s	
Tubería 98	8.00	8.00	0.0015	0.54	0.18	Abierta
Tubería 99	8.00	8.00	0.0015	0.54	0.18	Abierta
Tubería 100	8.00	8.00	0.0015	0.54	0.18	Abierta
Tubería 101	8.00	8.00	0.0015	0.54	0.18	Abierta
Tubería 102	8.00	8.00	0.0015	0.54	0.18	Abierta
Tubería 103	8.00	8.00	0.0015	0.54	0.18	Abierta
Tubería 104	8.00	8.00	0.0015	0.54	0.18	Abierta
Tubería 105	8.00	8.00	0.0015	0.54	0.18	Abierta
Tubería 106	8.00	8.00	0.0015	0.54	0.18	Abierta
Tubería 107	8.00	8.00	0.0015	0.54	0.18	Abierta
Tubería 108	8.00	8.00	0.0015	0.54	0.18	Abierta
Tubería 109	8.00	8.00	0.0015	0.54	0.18	Abierta
Tubería 110	8.00	8.00	0.0015	0.54	0.18	Abierta
Tubería 111	8.00	8.00	0.0015	0.59	0.20	Abierta
Tubería 112	8.00	8.00	0.0015	0.59	0.20	Abierta
Tubería 113	8.00	8.00	0.0015	0.59	0.20	Abierta
Tubería 114	8.00	8.00	0.0015	0.59	0.20	Abierta
Tubería 115	8.00	8.00	0.0015	0.59	0.20	Abierta
Tubería 116	8.00	8.00	0.0015	0.59	0.20	Abierta
Tubería 117	8.00	8.00	0.0015	0.59	0.20	Abierta
Tubería 118	8.00	8.00	0.0015	0.59	0.20	Abierta
Tubería 119	8.00	8.00	0.0015	0.59	0.20	Abierta
Tubería 120	8.00	8.00	0.0015	0.59	0.20	Abierta
Tubería 121	8.00	8.00	0.0015	0.59	0.20	Abierta
Tubería 122	8.00	8.00	0.0015	0.59	0.20	Abierta
Tubería 123	8.00	8.00	0.0015	0.59	0.20	Abierta
Tubería 124	8.00	8.00	0.0015	0.59	0.20	Abierta
Tubería 125	8.00	8.00	0.0015	0.59	0.20	Abierta
Tubería 126	8.00	8.00	0.0015	0.59	0.20	Abierta
Tubería 127	8.00	8.00	0.0015	0.59	0.20	Abierta
Tubería 128	8.00	8.00	0.0015	0.59	0.20	Abierta
Tubería 129	8.00	8.00	0.0015	0.59	0.20	Abierta
Tubería 130	8.00	8.00	0.0015	0.59	0.20	Abierta
Tubería 1	1.00	32.00	0.0015	-30.87	0.64	Abierta
Válvula 8	Sin Valor	25	Sin Valor	0.02	0.00	Activa
Válvula 9	Sin Valor	25	Sin Valor	8.22	0.28	Activa
Válvula 10	Sin Valor	25	Sin Valor	10.81	0.37	Activa
Válvula 70	Sin Valor	25	Sin Valor	11.81	0.40	Activa

ANEXO 8

REGISTRO DE DATOS METEOROLÓGICOS

DIA	FECHA	HORA	LTA cm	DIF mm	LT1 cm	DIF mm	LT2 cm	DIF	Viento	P Estandar		P. Artesanal.		Tm °C	H.R.m %	OBSERVACIONES
										ml	mm	ml	mm			
	MES DE SEPTIEMBRE															
D	02/09/2012	8:00	5.5	0.0	103.0	0.0	23.0	0.0	B					23	65	CAMBIO AGUA
L	03/09/2012	8:00	6.1	6.0	103.6	6.0	23.6	6.0	B					25	60	
M	04/09/2012	8:00	6.6	5.0	104.1	5.0	24	4.0	B					24	62	
M	05/09/2012	8:00	7.5	9.0	105.2	11.0	25	10.0	B					22	64	
J	06/09/2012	8:00	8.5	10.0	106.2	10.0	26.1	11.0	M					25	65	SIEMBRA DEL CULTIVO
		8:00	5		103.0		23.1									CAMBIO AGUA.
V	07/09/2012	8:00	5.7	7.0	103.7	7.0	23.8	7.0	B					23	65	
S	08/09/2012	8:00	6.3	6.0	104.4	7.0	24.4	6.0	M					23	60	
D	09/09/2012	8:00	7.1	8.0	105.2	8.0	25.2	8.0	M					23	65	
		8:00	5.1		101.2		21.2									REPOSICIÓN DE AGUA
L	10/09/2012	8:00	5.5	4.0	101.6	4.0	21.6	4.0	MB	16	1	19	1	17	88	LLUVIA MADRUGADA
M	11/09/2012	8:00	6.4	9.0	102.6	10.0	22.6	10.0	MB					22	63	
M	12/09/2012	8:00	6.9	5.0	103.2	6.0	23.2	6.0	B					26	78	
		8:00	5		101.2		21.2									CAMBIO AGUA
J	13/09/2012	8:00	5.9	9.0	102.2	10.0	22.2	10.0	MA					22	58	
V	14/09/2012	8:00	6.9	10.0	103.2	10.0	23.1	9.0	B					19	83	
S	15/09/2012	8:00	7.3	4.0	103.6	4.0	23.5	4.0	M					20	70	
D	16/09/2012	8:00	8.1	8.0	104.4	8.0	24.4	9.0	B					23	55	
		8:00	5.1		102.1		22.1									CAMBIO AGUA
L	17/09/2012	8:00	6	9.0	103.0	9.0	23	9.0	B					20	70	
M	18/09/2012	8:00	6.8	8.0	103.9	9.0	23.9	9.0	B					22	63	
M	19/09/2012	8:00	7.4	6.0	104.6	7.0	24.6	7.0	MA					27	59	
		8:00	4.5		102.0		22.4									REPOSICIÓN DE AGUA
J	20/09/2012	8:00	5.2	7.0	102.7	7.0	23.2	8.0	B					26	47	
V	21/09/2012	8:00	6	8.0	103.5	8.0	24.1	9.0	MA					21	85	
S	22/09/2012	8:00	6.9	9.0	104.4	9.0	25.1	10.0	B					17	89	
		8:00	4.7		102.0		22									CAMBIO AGUA
D	23/09/2012	8:00	5	3.0	102.3	3.0	22.3	3.0	N					18	89	

DIA	FECHA	HORA	LTA cm	DIF mm	LT1 cm	DIF mm	LT2 cm	DIF	Viento	P Estandar		P. Artesanal.		Tm °C	H.R.m %	OBSERVACIONES
										ml	mm	ml	mm			
L	24/09/2012	8:00	5.9	9.0	103.2	9.0	23.2	9.0	B					17	88	
M	25/09/2012	8:00	6.2	3.0	103.5	3.0	23.5	3.0	M					24	58	
M	26/09/2012	8:00	7	8.0	104.3	8.0	24.3	8.0	MB					21	68	
J	27/09/2012	8:00	7.8	8.0	105.1	8.0	25.2	9.0	M					22	71	
		8:00	4.7		102.0		22		M							CAMBIO AGUA
V	28/09/2012	8:00	5.6	9.0	102.8	8.0	23	10.0	MA					18	87	
S	29/09/2012	8:00	6.5	9.0	103.7	9.0	23.9	9.0	MA					23	60	
D	30/09/2012	8:00	7.4	9.0	104.7	10.0	24.8	9.0	A					21	86	
		8:00	4.6		102.0		22									REPOSICIÓN DE AGUA
MES DE OCTUBRE																
L	01/10/2012	8:00	5.1	5.0	102.4	4.0	22.5	5.0	M					23	62	
M	02/10/2012	8:00	6.3	12.0	103.7	13.0	23.7	12.0	MB					24	64	
M	03/10/2012	8:00	7.2	9.0	104.6	9.0	24.6	9.0	B					27	58	
		8:00	4.7		101.0		21									REPOSICIÓN DE AGUA
J	04/10/2012	8:00	5.3	6.0	101.5	5.0	21.7	7.0	N					17	87	
V	05/10/2012	8:00	6	7.0	102.1	6.0	22.3	6.0	N	18	1	21	1	15	85	LLUVIA EN LA NOCHE ANT.
S	06/10/2012	8:00	5.1	-9.0	101.4	-7.0	21.5	-8.0	N	225	11	260	13	22	68	
D	07/10/2012	8:00	5.2	1.0	101.5	1.0	21.6	1.0	N	10	1	12	1	20	80	LLUVIA EN LA MADRUGADA
L	08/10/2012	8:00	5.7	5.0	101.9	4.0	22	4.0	N					21	67	
M	09/10/2012	8:00	6.5	8.0	102.7	8.0	22.8	8.0	B					22	57	
		8:00	4.7		101.0		21.0									REPOSICIÓN DE AGUA
M	10/10/2012	8:00	5.3	6.0	101.6	6.0	21.6	6.0	N					22	63	
J	11/10/2012	8:00	5.8	5.0	102.1	5.0	22.1	5.0	M					23	60	
V	12/10/2012	8:00	6.6	8.0	102.9	8.0	22.9	8.0	N					21	65	
S	13/10/2012	8:00	7.1	5.0	103.5	6.0	23.5	6.0	M					23	59	
		8:00	4.7		101.0		21.0									REPOSICIÓN DE AGUA
D	14/10/2012	8:00	5.3	6.0	101.4	4.0	21.4	4.0	B					25	58	
L	15/10/2012	8:00	6.0	7.0	102.1	7.0	22.2	8.0	N					20	70.0	
		8:00	4.6		101.0		21.0									REPOSICIÓN DE AGUA
M	16/10/2012	8:00	5.0	4.0	101.3	3.0	21.3	3.0	N	5	0	6	0	26	65.0	LLUVIA EN LA TARDE ANTERIOR
M	17/10/2012	8:00	5.1	1.0	101.1	-2.0	21.1	-2.0	N	57	3	61	3	22	65	LLUVIA POR LA NOCHE
J	18/10/2012	8:00	5.0	-1.0	101.1	0.0	21.2	1.0	N	38	2	42	2	19	88	LLUVIA EN LA TARDE ANTERIOR
V	19/10/2012	8:00	5.0	0.0	101.0	-1.0	21.2	0.0	N	92	5	104	5	18	89	

DIA	FECHA	HORA	LTA cm	DIF mm	LT1 cm	DIF mm	LT2 cm	DIF	Viento	P Estandar		P. Artesanal.		Tm °C	H.R.m %	OBSERVACIONES
										ml	mm	ml	mm			
D	18/11/2012	8:00	5.3	3.0	103.3	3.0	23.3	3.0	N					21	78	
L	19/11/2012	8:00	6.2	9.0	104.0	7.0	24.0	7.0	N					20	75	
M	20/11/2012	8:00	6.5	3.0	104.3	3.0	24.3	3.0	N					18	94	
M	21/11/2012	8:00	6.6	1.0	104.5	2.0	24.5	2.0	N					19	91	
J	22/11/2012	8:00	6.0	-6.0	103.9	-6.0	23.9	-6.0	N	216	11	250	13	21	83	LLUVIA DIA ANTERIOR
V	23/11/2012	8:00	6.2	2.0	104.1	2.0	24.1	2.0	B					21	71	
S	24/11/2012	8:00	6.5	3.0	104.4	3.0	24.4	3.0	B	28	1	25	1	18	43	LLUVIA DIA ANTERIOR
D	25/11/2012	8:00	5.9	-6.0	103.8	-6.0	23.8	-6.0	N	171.5	9	195	10	22	89	LLUVIA DIA ANTERIOR
L	26/11/2012	8:00	5.4	-5.0	103.3	-5.0	23.3	-5.0	N	200	10	224	11	19	92	LLUVIA DIA ANTERIOR
M	27/11/2012	8:00	5.6	2.0	103.6	3.0	23.6	3.0	N					19	85	
M	28/11/2012	8:00	5.9	3.0	104.0	4.0	24.0	4.0	N					19	83	
J	29/11/2012	8:00	5.5	-4.0	103.5	-5.0	23.5	-5.0	N	183	9	203	10	19	90	LLUVIA NOCHE ANTERIOR
V	30/11/2012	8:00	5.8	3.0	103.8	3.0	23.8	3.0	M					20	85	

SIMBOLOGIA:

LTA = Lectura realizada en el tanque evaporímetro Clase A

LT1 = Lectura realizada en el tanque artesanal 1

LT2 = Lectura realizada en el tanque artesanal 2

DIF = Diferencia de lecturas entre dos días consecutivos

P Estandar = Precipitación registrada en pluviómetro estandar

P Artesanal = Precipitación registrada en pluviómetro artesanal

Tm = Temperatura media

H.R.m. = Humedad Relativa media

N, B, M, MB, MA, A = Código, estimación del viento

ANEXO 9

CÁLCULO DE EVAPORACIÓN, PRECIPITACIÓN Y VELOCIDAD DEL VIENTO,
HUMEDAD RELATIVA Y TEMPERATURA MEDIA

D	FECHA	t	DLTA	DLT1	DLT2	PE	ETA	ET1	ET2	ETP	V	H.R.m.	Tm
		Hr	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	m/s	%	°C
D	02/09/2012	0	0	0	0	0	0	0	0		0.9	65	23
L	03/09/2012	24	6	6	6	0	6	6	6	6	0.9	60	25
M	04/09/2012	24	5	5	4	0	5	5	4	5	0.9	62	24
M	05/09/2012	24	9	11	10	0	9	11	10	11	0.9	64	22
J	06/09/2012	24	10	10	11	0	10	10	11	11	3.3	65	29
V	07/09/2012	24	7	7	7	0	7	7	7	7	0.9	65	23
S	08/09/2012	24	6	7	6	0	6	7	6	7	3.3	60	28
D	09/09/2012	24	8	8	8	0	8	8	8	8	3.3	65	23
L	10/09/2012	24	4	4	4	0	4	4	4	4	2.5	88	27
M	11/09/2012	24	9	10	10	0	9	10	10	10	2.5	63	22
M	12/09/2012	24	5	6	6	0	5	6	6	6	3.3	78	26
J	13/09/2012	24	9	10	10	0	9	10	10	10	6.8	58	22
V	14/09/2012	24	10	10	9	0	10	10	9	10	0.9	83	29
S	15/09/2012	24	4	4	4	0	4	4	4	4	3.3	70	20
D	16/09/2012	24	8	8	9	0	8	8	9	9	6.8	55	23
L	17/09/2012	24	9	9	9	0	9	9	9	9	0.9	70	20
M	18/09/2012	24	8	9	9	0	8	9	9	9	0.9	63	22
M	19/09/2012	24	6	7	7	0	6	7	7	7	6.8	59	27
J	20/09/2012	24	7	7	8	0	7	7	8	8	0.9	47	26
V	21/09/2012	24	8	8	9	0	8	8	9	9	6.8	85	21
S	22/09/2012	24	9	9	10	0	9	9	10	10	0.9	89	27
D	23/09/2012	24	3	3	3	0	3	3	3	3	0.2	89	18
L	24/09/2012	24	9	9	9	0	9	9	9	9	0.9	88	17
M	25/09/2012	24	3	3	3	0	3	3	3	3	3.3	58	24
M	26/09/2012	24	8	8	8	0	8	8	8	8	3.3	68	21
J	27/09/2012	24	8	8	9	0	8	8	9	9	3.3	71	22
V	28/09/2012	24	9	8	10	0	9	8	10	9	6.8	87	18
S	29/09/2012	24	9	9	9	0	9	9	9	9	6.8	60	23
D	30/09/2012	24	9	10	9	0	9	10	9	10	9.3	86	21
L	01/10/2012	24	5	4	5	0	5	4	5	5	3.3	62	23
M	02/10/2012	24	12	13	12	0	12	13	12	13	2.5	64	29
M	03/10/2012	24	9	9	9	0	9	9	9	9	0.9	58	27
J	04/10/2012	24	6	5	7	0	6	5	7	6	0.2	87	17
V	05/10/2012	24	7	6	6	1	8	7	7	7	0.2	85	15
S	06/10/2012	24	-9	-7	-8	11	2	4	3	4	0.2	68	22
D	07/10/2012	24	1	1	1	1	2	2	2	2	0.2	80	20
L	08/10/2012	24	5	4	4	0	5	4	4	4	0.2	67	21
M	09/10/2012	24	8	8	8	0	8	8	8	8	0.9	57	22
M	10/10/2012	24	6	6	6	0	6	6	6	6	0.2	63	22
J	11/10/2012	24	5	5	5	0	5	5	5	5	0.2	60	23
V	12/10/2012	24	8	8	8	0	8	8	8	8	0.2	65	21
S	13/10/2012	24	5	6	6	0	5	6	6	6	0.2	59	23
D	14/10/2012	24	6	4	4	0	6	4	4	4	0.9	58	25
L	15/10/2012	24	7	7	8	0	7	7	8	8	0.2	70	20
M	16/10/2012	24	4	3	3	3	7	6	6	6	0.2	65	26
M	17/10/2012	24	1	-2	-2	2	3	0	0	0	0.2	65	22
J	18/10/2012	24	1	0	1	5	6	5	6	6	0.2	88	19
V	19/10/2012	24	1	1	0	0	1	1	0	1	0.2	89	18
S	20/10/2012	24	2	2	2	0	2	2	2	2	0.2	83	20
D	21/10/2012	24	5	5	5	0	5	5	5	5	0.2	60	22
L	22/10/2012	24	5	5	5	0	5	5	5	5	0.2	69	22
M	23/10/2012	24	6	4	6	0	6	4	6	5	0.9	64	22
m	24/10/2012	24	-3	-4	-4	9	6	5	5	5	0.2	93	17
J	25/10/2012	24	2	1	2	0	2	1	2	2	0.2	90	19

D	FECHA	t	DLTA	DLT1	DLT2	PE	ETA	ET1	ET2	ETP	V	H.R.m.	Tm	
		Hr	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	m/s	%	°C	
V	26/10/2012	24	3	3	3	0	3	3	3	3	3	0.9	83	17
S	27/10/2012	24	7	7	6	0	7	7	6	7	7	2.5	55	23
D	28/10/2012	24	7	7	8	0	7	7	8	8	8	2.5	52	24
L	29/10/2012	24	7	6	5	0	7	6	5	6	6	2.5	44	21
M	30/10/2012	24	7	7	7	0	7	7	7	7	7	0.9	85	19
M	31/10/2012	24	2	1	3	0	2	1	3	2	2	0.2	82	18
J	01/11/2012	24	2	1	2	1	3	2	3	3	3	0.9	68	20
V	02/11/2012	24	7	8	7	0	7	8	7	8	8	0.9	75	20
S	03/11/2012	24	7	6	6	0	7	6	6	6	6	6.8	51	26
D	04/11/2012	24	5	6	7	0	5	6	7	7	7	0.9	79	20
L	05/11/2012	24	3	4	3	1	4	5	4	4	4	0.2	88	25
M	06/11/2012	24	-14	-16	-15	18	4	2	3	3	3	0.2	92	19
M	07/11/2012	24	-7	-8	-9	11	4	3	2	2	2	0.2	94	18
J	08/11/2012	24	2	3	4	1	3	4	5	5	5	0.2	89	19
V	09/11/2012	24	-3	-5	-5	12	9	7	7	7	7	0.2	92	29
S	10/11/2012	24	5	6	7	0	5	6	7	7	7	0.2	74	20
D	11/11/2012	24	5	6	7	0	5	6	7	7	7	0.2	80	20
L	12/11/2012	24	-10	-12	-12	15	5	3	3	3	3	0.2	83	21
M	13/11/2012	24	7	7	7	0	7	7	7	7	7	0.2	90	28
M	14/11/2012	24	2	2	2	0	2	2	2	2	2	0.2	75	22
J	15/11/2012	24	0	-2	1	5	5	3	6	5	5	0.2	94	19
V	16/11/2012	24	-17	-17	-17	22	5	5	5	5	5	0.2	95	17
S	17/11/2012	24	2	2	2	2	4	4	4	4	4	0.2	66	24
D	18/11/2012	24	3	3	3	0	3	3	3	3	3	0.2	78	21
L	19/11/2012	24	9	9	7	0	9	9	7	8	8	0.2	75	20
M	20/11/2012	24	3	3	3	0	3	3	3	3	3	0.2	94	18
M	21/11/2012	24	1	1	2	0	1	1	2	2	2	0.2	91	19
J	22/11/2012	24	-6	-6	-6	11	5	5	5	5	5	0.2	83	21
V	23/11/2012	24	2	2	2	0	2	2	2	2	2	0.9	71	21
S	24/11/2012	24	3	3	3	1	4	4	4	4	4	0.9	43	18
D	25/11/2012	24	-6	-6	-6	9	3	3	3	3	3	0.9	89	22
L	26/11/2012	24	-5	-5	-5	10	5	5	5	5	5	0.9	92	19
M	27/11/2012	24	2	3	3	0	2	3	3	3	3	0.9	85	19
M	28/11/2012	24	3	4	4	0	3	4	4	4	4	0.9	83	19
J	29/11/2012	24	-4	-5	-5	9	5	4	4	4	4	0.9	80	19
V	30/11/2012	24	3	3	3	0	3	3	3	3	3	3.3	85	20

SIMBOLOGIA:

t = Tiempo tac= tiempo acumulado

DLTA = Diferencia lectura del tanque evaporímetro

DLT1 = Diferencia lectura del tanque evaporímetro artesanal 1

DLT2 = Diferencia lectura del tanque evaporímetro artesanal 2

PE = Precipitación en pluviómetro estándar

V = Velocidad del viento

ETA = Evaporación tanque Clase A

ET1 = Evaporación tanque artesanal 1

ET2 = Evaporación tanque artesanal 2

ETP = Evaporación promedio: tanques artesanales 1 y 2

H.R.m.= Humedad relativa media

Tm = Temperatura media

RESUMEN DE EVAPORACIÓN Y PRECIPITACIÓN

MES	P mm	ETA mm	ET1 mm	ET2 mm	ETP mm
Septiembre	0	205	213	216	215
Octubre	32	170	157	163	160
Noviembre	128	132	128	133	131
SUMA	160	507	498	512	505
PROMEDIO	53	169	166	171	168

RESUMEN DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA

MES	H.R. %	T oC	V m/s
Septiembre	70	23	3.2
Octubre	70	21	0.7
Noviembre	81	21	1
SUMA	6625	1952	137
PROMEDIO	74	22	2

ANEXO 10

CÁLCULO DE LÁMINAS DE RIEGO, TIEMPO DE RIEGO Y VOLUMEN APLICADO PARA EL TRATAMIENTO 1 - BAJO RIEGO POR GOTEO

MES ==>			SEPTIEMBRE																											
SEMANA ==>			SEMANA 1				SEMANA 2				SEMANA 3				SEMANA 4															
DIA DE LA SEMANA ==>			J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D			
DIA DEL MES ==>			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			
DIA DEL CICLO ==>			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24			
DIA DE LA FASE ==>			FASE INICIAL 15 DÍAS ==> Kc=0.50															FASE II												
DIA DE LA FASE ==>			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
DIARIO DATOS RIEGO	Evaporación	ET	mm/día	10	7	6	8	4	9	5	9	10	4	8	9	8	6	7	8	9	3	9	3	8	8	9	9			
	Humedad Relativa	H.R.	%	65	65	60	65	88	63	78	58	83	70	55	70	63	59	47	85	89	89	88	58	68	71	87	60	86		
	Velocidad del viento	V	COD	M	B	M	M	MB	MB	M	MA	B	M	MA	B	B	MA	B	MA	B	N	B	M	M	M	MA	MA	A		
			m/s	3.3	0.9	3.3	3.3	2.5	2.5	3.3	6.8	0.9	3.3	6.8	0.9	0.9	6.8	0.9	6.8	0.9	0.2	0.9	3.3	3.3	3.3	6.8	6.8	9.3		
	Coefficiente de tanque	Kp		0.65	0.7	0.65	0.65	0.7	0.65	0.7	0.55	0.8	0.65	0.55	0.7	0.7	0.55	0.7	0.65	0.8	0.8	0.8	0.65	0.65	0.7	0.65	0.55	0.55		
	Temperatura	T	° C	29	23	28	23	27	22	26	22	29	20	23	20	22	27	26	21	27	18	27	24	21	22	18	23	21		
	Precipitación	P	mm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Precipitación efectiva	Pe	mm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0		
	Coefficiente del cultivo	Kc		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.52	0.54	0.56	0.58	0.6	0.63	0.65	0.68	0.7		
	Evapotranspiración de referencia	ETo	mm/día	6.5	4.9	3.9	5.2	2.8	5.85	3.5	4.95	8	2.6	4.4	6.3	5.6	3.3	4.9	5.2	7.2	2.4	7.2	1.95	5.2	5.6	5.85	4.95	4.95		
Evapotranspiración del cultivo	ETc	mm/día	3.3	2.5	2.0	2.6	1.4	2.9	1.8	2.5	4.0	1.3	2.2	3.2	2.8	1.7	2.5	2.6	3.7	1.3	4.0	1.1	3.1	3.5	3.8	3.4	3.5			
CALCUL.	Lámina neta	Ln	mm	3.3	2.5	2.0	2.6	1.4	2.9	1.8	2.5	4.0	1.3	2.2	3.2	2.8	1.7	2.5	2.6	3.7	1.3	4.0	1.1	3.1	3.5	3.8	3.4	3.5		
	Lámina neta corregida	Lnc	mm	3.3	2.5	2.0	2.6	1.4	2.9	1.8	2.5	4.0	1.3	2.2	3.2	2.8	1.7	2.5	2.6	3.7	1.3	4.0	1.1	3.1	3.5	3.8	3.4	3.5		
GENERAL	Lámina Bruta	Lb	mm	3.6	2.7	2.2	2.9	1.6	3.3	1.9	2.8	4.4	1.4	2.4	3.5	3.1	1.8	2.7	2.9	4.2	1.4	4.5	1.3	3.5	3.9	4.2	3.7	3.9		

T1	Descarga del emisor	qe	l/h	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	2.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3		
	Tiempo de riego	t	hr	0.7	0.5	0.4	0.6	0.3	0.6	0.4	0.5	0.9	0.3	0.5	0.7	0.6	0.4	0.5	0.6	0.5	0.3	0.9	0.2	0.7	0.8	0.8	0.7	0.7
		t	min	42	31	25	33	18	38	22	32	51	17	28	40	36	21	31	33	27	17	52	15	40	45	49	43	44
	Número de emisores	# e		540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540
	Volumen calculado	Vc	lit			293	386	211	445	257	374	597	199	328	468	421	246	363	386	559	199	608	176	468	527	573	503	515
	Volumen de riego	V rieg	m3			0.29	0.39	0.21	0.44	0.26	0.37	0.60	0.20	0.33	0.47	0.42	0.25	0.36	0.39	0.56	0.20	0.61	0.18	0.47	0.53	0.57	0.50	0.51

Resumen			FASE INICIAL 15 DÍAS ==> Kc=0.50																								
S de la fase	Lámina bruta acumulada	Lb ac	mm	43.3																							
S de la fase	Volumen de riego acumulado	Vr ac	m3	4.6																							
S de la fase	Evapotranspiración acumulada	Etc ac	mm	77.9																							
S de la fase	Tiempo de riego acumulado	tr ac	Hr	8.3																							

MES ==>			OCTUBRE																									
SEMANA ==>			SEMANA 1							SEMANA 2							SEMANA 3							SEMANA 4				
DIA DE LA SEMANA ==>			L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	
DIA DEL MES ==>			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	
DIA DEL CICLO ==>			25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	
			DE DESARROLLO ==> 25 DIAS KC=0.5 - 1.05															FASE MEDIA ==>										
DIA DE LA FASE ==>			10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
DIARIO DATOS RIEGO	Evaporación	ET	mm/día	5	12	9	6	8	2	2	5	8	6	5	8	5	6	7	7	3	6	1	2	5	5	6	6	2
	Humedad Relativa	H.R.	%	62	64	58	87	85	68	80	67	57	63	60	65	59	58	70	65	65	88	89	83	60	69	64	93	90
	Velocidad del viento	V	COD	M	MB	B	N	N	N	N	N	B	N	N	N	B	N	N	N	N	N	N	N	N	B	N	N	N
				m/s	3.3	2.5	0.9	0.2	0.2	0.2	0.2	0.9	0.2	0.2	0.2	0.2	0.9	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.9	0.2	0.2
	Coefficiente de tanque	Kp		0.65	0.65	0.7	0.8	0.8	0.7	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	
	Temperatura	T	° C	23	29	27	17	15	22	20	21	22	22	23	21	23	25	20	26	22	19	18	20	22	22	22	17	19
	Precipitación	P	mm	0	0	0	0	1	11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	5	0	0	0	0	9	0
	Precipitación efectiva	Pe	mm	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	10.8	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	2.0	5.0	0.0	0.0	0.0	9.0	0.0	
	Coefficiente del cultivo	Kc		0.72	0.74	0.76	0.78	0.8	0.83	0.85	0.87	0.89	0.92	0.94	0.96	0.98	1	1.03	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
	Evapotranspiración de referencia	ETo	mm/día	3.25	7.8	6.3	4.8	6.4	1.4	1.6	3.5	5.6	4.2	3.5	5.6	3.5	4.2	4.9	4.9	2.1	4.2	0.7	1.4	3.5	3.5	4.2	4.8	1.6
Evapotranspiración del cultivo	ETc	mm/día	2.3	5.8	4.8	3.7	5.1	1.2	1.4	3.0	5.0	3.9	3.3	5.4	3.4	4.2	5.0	5.1	2.2	4.4	0.7	1.5	3.7	3.7	4.4	5.0	1.7	
CALCUL.	Lámina neta	Ln	mm	2.3	5.8	4.8	3.7	4.2	-9.6	0.9	3.0	5.0	3.9	3.3	5.4	3.4	4.2	5.0	5.1	-0.8	2.4	-4.2	1.5	3.7	3.7	4.4	-3.9	1.7
	Lámina neta corregida	Lnc	mm	2.3	5.8	4.8	3.7	4.2	0.0	0.9	3.0	5.0	3.9	3.3	5.4	3.4	4.2	5.0	5.1	0.0	2.4	0.0	1.5	3.7	3.7	4.4	0.0	1.7
GENERAL	Lámina Bruta	Lb	mm	2.6	6.4	5.3	4.2	4.7	0.0	1.0	3.4	5.5	4.3	3.7	6.0	3.8	4.7	5.6	5.7	0.0	2.7	0.0	1.6	4.1	4.1	4.9	0.0	1.9

T1	Descarga del emisor	qe	l/h	1.3	2.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	
	Tiempo de riego	t	hr	0.5	0.7	1.0	0.8	0.9	0.0	0.2	0.7	1.1	0.8	0.7	1.1	0.7	0.9	1.1	1.1	0.0	0.5	0.0	0.3	0.8	0.8	0.9	0.0	0.4
		t	min	30	42	61	48	54	0	11	39	64	50	42	69	44	54	65	66	0	31	0	19	47	47	57	0	22
	Número de emisores	# e		540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540
	Volumen calculado	Vc	lit	351	869	714	562	632	0	129	456	749	585	491	807	515	632	761	772	0	363	0	222	550	550	667	0	257
	Volumen de riego	V rieg	m3	0.35	0.87	0.71	0.56	0.63		0.13	0.46	0.75	0.59	0.49	0.81	0.51	0.63	0.76	0.77		0.36		0.22	0.55	0.55	0.67		0.26

Resumen			FASE DE DESARROLLO ==> 25 DIAS KC=0.5 - 1.05															FASE MEDIA ==>									
S de la fase	Lámina bruta acumulada	Lb ac	mm	97.3																							
S de la fase	Volumen de riego acumulado	Vr ac	m3	13.15																							
S de la fase	Evapotranspiración acumulada	Etc ac	mm	116.8																							
S de la fase	Tiempo de riego acumulado	tr ac	Hr	17.83																							

MES ==>			NOVIEMBRE																							
SEMANA ==>			4				SEMANA 5 Y 1						SEMANA 2						SEMANA 3							
DIA DE LA SEMANA ==>			V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	
DIA DEL MES ==>			26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
DIA DEL CICLO ==>			50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	
			==> 20 DIAS KC=1.05												FASE FINAL ==> 12 DIAS KC=1.05-0.9											
DIA DE LA FASE ==>			10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
DIARIO DATOS RIEGO	Evaporación	ET	mm/día	3	7	7	7	7	2	3	7	7	5	4	4	4	3	9	5	5	5	7	2	5	5	4
	Humedad Relativa	H.R.	%	83	55	52	44	85	82	68	75	51	79	88	92	94	89	92	74	80	83	90	75	94	95	66
	Velocidad del viento	V	COD	B	MB	MB	MB	B	N	B	B	MA	B	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
			m/s	0.9	2.5	2.5	2.5	0.9	0.2	0.9	0.9	6.8	0.9	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	Coefficiente de tanque	Kp		0.8	0.7	0.65	0.65	0.8	0.8	0.7	0.8	0.55	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7
	Temperatura	T	° C	17	23	24	21	19	18	20	20	26	20	19	18	19	29	20	20	21	28	22	19	17	24	
	Precipitación	P	mm	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	18.4	11	1	12	0	0	15	0	0	5	22	2
	Precipitación efectiva	Pe	mm	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.7	17.8	10.6	1.1	11.5	0.3	0.0	14.2	0.0	0.0	5.4	21.6	2.0
	Coefficiente del cultivo	Kc		1.1	1.1	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.04	1.03	1.02	1.01	1	0.99	0.98	0.97	0.95	0.93	0.92	0.9	
	Evapotranspiración de referencia	ETo	mm/día	2.4	4.6	4.55	4.55	5.6	1.6	2.1	5.6	3.85	4	3.2	3.2	3.2	2.4	7.2	4	4	4	5.6	1.6	4	4	2.8
Evapotranspiración del cultivo	ETc	mm/día	2.5	4.8	4.8	4.8	5.9	1.7	2.2	5.9	4.0	4.2	3.4	3.3	3.3	2.4	7.3	4.0	4.0	3.9	5.4	1.5	3.7	3.7	2.5	
CALCUL.	Lámina neta	Ln	mm	2.5	4.8	4.8	4.8	5.9	1.7	1.2	5.9	4.0	4.2	2.7	-14.5	-7.3	1.3	-4.3	3.7	4.0	-10.2	5.4	1.5	-1.6	-17.9	0.5
	Lámina neta corregida	Lnc	mm	2.5	4.8	4.8	4.8	5.9	1.7	1.2	5.9	4.0	4.2	2.7	0.0	0.0	1.3	0.0	3.7	4.0	0.0	5.4	1.5	0.0	0.0	0.5
GENERAL	Lámina Bruta	Lb	mm	2.8	5.3	5.3	5.3	6.5	1.9	1.3	6.5	4.5	4.7	3.0	0.0	0.0	1.5	0.0	4.1	4.4	0.0	6.0	1.7	0.0	0.0	0.5

T1	Descarga del emisor	qe	l/h	1.3	1.3	1.3	1.3	2.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	
	Tiempo de riego	t	hr	0.5	1.0	1.0	1.0	0.7	0.4	0.3	1.3	0.9	0.6	0.0	0.0	0.3	0.0	0.8	0.8	0.0	1.2	0.3	0.0	0.0	0.1	
		t	min	32	61	61	61	43	22	15	75	52	54	34	0	0	17	0	47	51	0	70	19	0	6	
	Número de emisores	# e		540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	
	Volumen calculado	Vc	lit	374	714	714	714	890	257	176	878	608	632	398	0	0	199	0	550	597	0	819	222	0	0	70
	Volumen de riego	V rieg	m3	0.37	0.71	0.71	0.71	0.89	0.26	0.18	0.88	0.61	0.63	0.40			0.20		0.55	0.60		0.82	0.22			0.07

Resumen			FASE MEDIA ==> 20 DIAS KC=1.05												FASE FINAL ==> 12 DIAS KC=1.05-0.9												
S de la fase	Lámina bruta acumulada	Lb ac	mm	63.4												21.2											
S de la fase	Volumen de riego acumulado	Vr ac	m3	8.57												2.85											
S de la fase	Evapotranspiración acumulada	Etc ac	mm	68.0												48.5											
S de la fase	Tiempo de riego acumulado	tr ac	Hr	11.65												4.08											

ANEXO 11

CÁLCULO DE LÁMINAS DE RIEGO, TIEMPO DE RIEGO Y VOLUMEN APLICADO PARA EL TRATAMIENTO 2- BAJO RIEGO POR GOTEO

MES ==>			SEPTIEMBRE																									
SEMANA ==>			SEMANA 1				SEMANA 2				SEMANA 3				SEMANA 4													
DIA DE LA SEMANA ==>			J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	
DIA DEL MES ==>			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	
DIA DEL CICLO ==>			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
DIA DE LA FASE ==>			FASE INICIAL 15 DÍAS ==> Kc=0.50															FASE I										
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
DIARIO DATOS RIEGO	Evaporación	ET	mm/dia	10	7	6	8	4	9	5	9	10	4	8	9	8	6	7	8	9	3	9	3	8	8	9	9	
	Humedad Relativa	H.R.	%	65	65	60	65	88	63	78	58	83	70	55	70	63	59	47	85	89	89	88	58	68	71	87	60	86
	Velocidad del viento	V	COD	M	B	M	M	MB	MB	M	MA	B	M	MA	B	B	MA	B	MA	B	N	B	M	M	MA	MA	A	
			m/s	3.3	0.9	3.3	3.3	2.5	2.5	3.3	6.8	0.9	3.3	6.8	0.9	0.9	6.8	0.9	6.8	0.9	0.2	0.9	3.3	3.3	3.3	6.8	6.8	9.3
	Coefficiente de tanque	Kp		0.65	0.7	0.65	0.65	0.7	0.65	0.7	0.55	0.8	0.65	0.55	0.7	0.7	0.55	0.7	0.65	0.8	0.8	0.8	0.65	0.65	0.7	0.65	0.55	0.55
	Temperatura	T	° C	29	23	28	23	27	22	26	22	29	20	23	20	22	27	26	21	27	18	27	24	21	22	18	23	21
	Precipitación	P	mm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Precipitación efectiva	Pe	mm	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Coefficiente del cultivo	Kc		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.52	0.54	0.56	0.58	0.6	0.63	0.65	0.68	0.7
	Evapotranspiración de referencia	Etc	mm/dia	3.3	2.5	2.0	2.6	1.4	2.9	1.8	2.5	4.0	1.3	2.2	3.2	2.8	1.7	2.5	2.6	3.7	1.3	4.0	1.1	3.1	3.5	3.8	3.4	3.5
Precipitación efectiva acumulada	Peac	mm		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		
Evapotranspiración de cultivo acumulada	ETc ac			4.4		4.0		4.7		6.5		3.5		6.0		4.1		6.3		5.3		4.3		7.3		6.8		
CALCUL.	Lámina neta	Ln	mm	3.3	4.4		4.0		4.7		6.5		3.5		6.0		4.1		6.3		5.3		4.3		7.3		6.8	
	Lámina neta corregida	Lnc	mm	3.3	4.4		4.0		4.7		6.5		3.5		6.0		4.1		6.3		5.3		4.3		7.3		6.8	
GENERAL	Lámina Bruta	Lb	mm	3.6	4.9		4.4		5.2		7.2		3.9		6.6		4.6		7.0		5.9		4.7		8.1		7.6	
T2	Descarga del emisor	qe	l/h	0.9	0.9		0.9		0.9		0.9		0.9		0.9		0.9		0.9		0.9		0.9		0.9		0.9	
	Tiempo de riego	t	hor	1.0	1.4		1.2		1.4		2.0		1.1		1.8		1.3		2.0		1.6		1.3		2.3		2.1	
		t	min	60	81		74		87		120		65		110		76		117		99		79		136		127	
	Número de emisores	# e		540	540		540		540		540		540		540		540		540		540		540		540		540	
	Volumen calculado	Vc	lit	488	660		600		701		971		525		893		615		952		799		638		1100		1025	
	Volumen de riego	Vriego	m3		0.7		0.6		0.7		1.0		0.5		0.9		0.6		1.0		0.8		0.6		1.1		1.0	
Resumen			FASE INICIAL 15 DÍAS ==> Kc=0.50																									
S de la fase	Lámina bruta acumulada	Lb ac	mm																40.4									
S de la fase	Volumen de riego acumulado	Vr ac	m3																5.0									
S de la fase	Evapotranspiración acumulada	Etc ac	mm																39.0									
S de la fase	Tiempo de riego acumulado	tr ac	Hr																11.2									

MES ==>				OCTUBRE																											
SEMANA ==>				SEMANA 1							SEMANA 2							SEMANA 3							SE						
DIA DE LA SEMANA ==>				L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M				
DIA DEL MES ==>				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24				
DIA DEL CICLO ==>				25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48				
				DE DESARROLLO ==> 25 DIAS KC=0.5 - 1.05															FASE M												
DIA DE LA FASE ==>				10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	1	2	3	4	5	6	7	8				
DIARIO DATOS RIEGO	Evaporación	ET	mm/dia	5	12	9	6	8	2	2	5	8	6	5	8	5	6	7	7	3	6	1	2	5	5	6	6				
	Humedad Relativa	H.R.	%	62	64	58	87	85	68	80	67	57	63	60	65	59	58	70	65	65	88	89	83	60	69	64	93				
	Velocidad del viento	V	COD	M	MB	B	N	N	N	N	N	B	N	N	N	N	B	N	N	N	N	N	N	N	N	B	N				
				m/s	3.3	2.5	0.9	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.9	0.2	0.2	0.2	0.2	0.9	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.9	0.2			
	Coefficiente de tanque	Kp		0.65	0.65	0.7	0.8	0.8	0.7	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8				
	Temperatura	T	° C	23	29	27	17	15	22	20	21	22	22	23	21	23	25	20	26	22	19	18	20	22	22	22	17				
	Precipitación	P	mm	0	0	0	0	1	11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	5	0	0	0	0	9				
	Precipitación efectiva	Pe	mm	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	10.8	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	2.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.0				
	Coefficiente del cultivo	Kc		0.72	0.74	0.76	0.78	0.8	0.83	0.85	0.87	0.89	0.92	0.94	0.96	0.98	1	1.03	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05				
	Evapotranspiración de referencia	Etc	mm/dia	2.3	5.8	4.8	3.7	5.1	1.2	1.4	3.0	5.0	3.9	3.3	5.4	3.4	4.2	5.0	5.1	2.2	4.4	0.7	1.5	3.7	3.7	4.4	5.0				
	Precipitación efectiva acumulada	Peac	mm	0.0	0.0	0.0	0.9	11.7	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	2.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.0				
	Evapotranspiración de cultivo acumulada	ETc ac		8.1	8.5	6.3	4.4	8.8	8.7	7.6	10.2	6.6	2.2	7.4	9.5																
CALCUL.	Lámina neta	Ln	mm	8.1	8.5	-5.4	3.9	8.8	8.7	7.6	10.2	1.6	-2.8	7.4	0.5																
	Lámina neta corregida	Lnc	mm	8.1	8.5	0.0	3.9	8.8	8.7	7.6	10.2	1.6	0.0	7.4	0.5																
GENERAL	Lámina Bruta	Lb	mm	9.0	9.5	0.0	4.3	9.8	9.6	8.5	11.3	1.8	0.0	8.2	0.5																
T2	Descarga del emisor	qe	l/h	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9																
	Tiempo de riego	t	hor	2.5	2.6	0.0	1.2	2.7	2.7	2.4	3.1	0.5	0.0	2.3	0.1																
		t	min	150	158	0	72	164	160	141	189	30	0	136	9																
	Número de emisores	# e		540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540																
	Volumen calculado	Vc	lit	1217	1280	0	586	1327	1300	1145	1529	245	0	1103	72																
	Volumen de riego	Vriego	m3	1.2	1.3	0.0	0.6	1.3	1.3	1.1	1.5	0.2	0.0	1.1	0.1																
Resumen				FASE DE DESARROLLO ==> 25 DIAS KC=0.5 - 1.05																											
S de la fase	Lámina bruta acumulada	Lb ac	mm	95.5																											
S de la fase	Volumen de riego acumulado	Vr ac	m3	12.90																											
S de la fase	Evapotranspiración acumulada	Etc ac	mm	90.2																											
S de la fase	Tiempo de riego acumulado	tr ac	Hr	26.53																											

MES ==>				NOVIEMBRE																							
SEMANA ==>				MANA 4				SEMANA 5 Y 1				SEMANA 2				SEMANA 3											
DIA DE LA SEMANA ==>				J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S
DIA DEL MES ==>				25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
DIA DEL CICLO ==>				49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
DIA DE LA FASE ==>				MEDIA ==> 20 DIAS KC=1.05										FASE FINAL ==> 12 DIAS KC=1.05-0.9													
				9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
DIARIO DATOS RIEGO	Evaporación	ET	mm/dia	2	3	7	7	7	7	2	3	7	7	5	4	4	4	3	9	5	5	5	7	2	5	5	4
	Humedad Relativa	H.R.	%	90	83	55	52	44	85	82	68	75	51	79	88	92	94	89	92	74	80	83	90	75	94	95	66
	Velocidad del viento	V	COD	N	B	MB	MB	MB	B	N	B	B	MA	B	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
				m/s	0.2	0.9	2.5	2.5	2.5	0.9	0.2	0.9	0.9	6.8	0.9	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	Coefficiente de tanque	Kp		0.8	0.8	0.65	0.65	0.65	0.8	0.8	0.7	0.8	0.55	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7
	Temperatura	T	° C	19	17	23	24	21	19	18	20	20	26	20	25	19	18	19	29	20	20	21	28	22	19	17	24
	Precipitación	P	mm	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	18.4	11	1	12	0	0	15	0	0	5	22	2
	Precipitación efectiva	Pe	mm	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.7	17.8	10.6	1.1	11.5	0.3	0.0	14.2	0.0	0.0	5.4	21.6	2.0
	Coefficiente del cultivo	Kc		1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.04	1.03	1.02	1.01	1	0.99	0.98	0.97	0.95	0.93	0.92	0.9
	Evapotranspiración de referencia	Etc	mm/dia	1.7	2.5	4.8	4.8	4.8	5.9	1.7	2.2	5.9	4.0	4.2	3.4	3.3	3.3	2.4	7.3	4.0	4.0	3.9	5.4	1.5	3.7	3.7	2.5
	Precipitación efectiva acumulada	Peac	mm	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.7	28.4	12.6	0.3	14.2	5.4	23.6										
Evapotranspiración de cultivo acumulada	ETc ac		4.2	9.6	10.7	3.9	9.9	7.6	6.6	9.7	8.0	9.4	5.2	6.2													
CALCUL.	Lámina neta	Ln	mm	4.2	9.6	10.7	2.9	9.9	6.9	-21.8	-2.9	7.7	-4.8	-0.1	-17.4												
	Lámina neta corregida	Lnc	mm	4.2	9.6	10.7	2.9	9.9	6.9	0.0	0.0	7.7	0.0	0.0	0.0												
GENERAL	Lámina Bruta	Lb	mm	4.7	10.6	11.8	3.2	11.0	7.6	0.0	0.0	8.5	0.0	0.0													
T2	Descarga del emisor	qe	l/h	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	
	Tiempo de riego	t	hor	1.3	2.9	3.3	0.9	3.1	2.1	0.0	0.0	2.4	0.0	0.0	2.4	0.0	0.0	2.4	0.0	0.0	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
		t	min	78	177	197	53	184	127	0	0	142	0	0	142	0	0	142	0	0	142	0	0	0	0	0	
	Número de emisores	# e		540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540
	Volumen calculado	Vc	lit	630	1433	1599	433	1488	1029	0	0	1149	0	0	1149	0	0	1149	0	0	1149	0	0	0	0	0	0
Volumen de riego	Vriego	m3	0.6	1.4	1.6	0.4	1.5	1.0	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Resumen				FASE MEDIA ==> 20 DIAS KC=1.05										FASE FINAL ==> 12 DIAS KC=1.05-0.9													
S de la fase	Lámina bruta acumulada	Lb ac	mm	59.5										8.5													
S de la fase	Volumen de riego acumulado	Vr ac	m3	8.03										1.15													
S de la fase	Evapotranspiración acumulada	Etc ac	mm	71.4										45.1													
S de la fase	Tiempo de riego acumulado	tr ac	Hr	16.53										2.36													

ANEXO 12

CÁLCULO DE LÁMINAS DE RIEGO, TIEMPO DE RIEGO Y VOLUMEN APLICADO PARA EL TRATAMIENTO 3 - BAJO RIEGO POR GOTEO

MES ==>			SEPTIEMBRE																											
SEMANA ==>			SEMANA 1				SEMANA 2				SEMANA 3				SEMANA 4															
DIA DE LA SEMANA ==>			J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S				
DIA DEL MES ==>			6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29				
DIA DEL CICLO ==>			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23				
DIA DE LA FASE ==>			FASE INICIAL 15 DÍAS ==> Kc=0.50																											
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	1	2	3	4	5	6	7	8				
DIARIO DATOS RIEGO	Evaporación	ET	mm/día	10	7	6	8	4	9	5	9	10	4	8	9	8	6	7	8	9	3	9	3	8	8	9	9			
	Humedad Relativa	H.R.	%	65	65	60	65	88	63	78	58	83	70	55	70	63	59	47	85	89	89	88	58	68	71	87	60			
	Velocidad del viento	V	COD	M	B	M	M	MB	MB	M	MA	B	M	MA	B	B	MA	B	MA	B	N	B	M	M	MA	MA	MA			
			m/s	3.3	0.9	3.3	3.3	2.5	2.5	3.3	6.8	0.9	3.3	6.8	0.9	0.9	6.8	0.9	6.8	0.9	0.2	0.9	3.3	3.3	6.8	6.8	6.8			
	Coefficiente de tanque	Kp		0.65	0.7	0.65	0.65	0.7	0.65	0.7	0.55	0.8	0.65	0.55	0.7	0.7	0.55	0.7	0.65	0.8	0.8	0.8	0.65	0.65	0.7	0.65	0.55			
	Temperatura	T	° C	29	23	28	23	27	22	26	22	29	20	23	20	22	27	26	21	27	18	27	24	21	22	18	23			
	Precipitación	P	mm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	Precipitación efectiva	Pe	mm	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
	Coefficiente del cultivo	Kc		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.52	0.54	0.56	0.58	0.6	0.63	0.65	0.68			
	Evapotranspiración de referencia	Etc	mm/día	3.3	2.5	2.0	2.6	1.4	2.9	1.8	2.5	4.0	1.3	2.2	3.2	2.8	1.7	2.5	2.6	3.7	1.3	4.0	1.1	3.1	3.5	3.8	3.4			
	Precipitación efectiva acumulada	Pea	mm	0			0			0			0			0			0			0			0					
Evapotranspiración del cultivo acumulada	Etc ac	mm/día	7.7			6.9			8.2			6.7			6.9			7.6			8.3			10.7						
CALCUL.	Lámina neta	Ln	mm	7.7			6.9			8.2			6.7			6.9			7.6			8.3			10.7					
	Lámina neta corregida	Lnc	mm	7.7			6.9			8.2			6.7			6.9			7.6			8.3			10.7					
GENERAL	Lámina bruta	Lb	mm	8.5			7.7			9.1			7.4			7.7			8.5			9.2			11.9					
T3	Descarga del emisor	qe	l/h	1.2			1.2			1.2			1.2			1.2			1.2			1.2			1.2					
	Tiempo de riego	t	hor	1.8			1.6			1.9			1.5			1.6			1.8			1.9			2.5					
		t	min	106			96			114			92			96			106			115			149					
	Número de emisores	# e		540			540			540			540			540			540			540			540					
	Volumen calculado	Vc	lit	1148			1039			1234			998			1035			1146			1242			1604					
	Volumen de riego	Vc	m3	1.1			1.0			1.2			1.0			1.0			1.1			1.2			1.6					

Resumen			FASE INICIAL 15 DÍAS ==> Kc=0.50																							
S de la fase	Lámina bruta acumulada	Lb ac	mm	40.4																						
S de la fase	Volumen de riego acumulado	Vr ac	m3	5.5																						
S de la fase	Evapotranspiración acumulada	Etc ac	mm	36.4																						
S de la fase	Tiempo de riego acumulado	tr ac	Hr	8.4																						

MES ==>			OCTUBRE																											
SEMANA ==>			SEMANA 1							SEMANA 2							SEMANA 3													
DIA DE LA SEMANA ==>			D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M				
DIA DEL MES ==>			30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23				
DIA DEL CICLO ==>			24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47				
			FASE DE DESARROLLO ==> 25 DIAS KC=0.5 - 1.05																									F		
DIA DE LA FASE ==>			9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	1	2	3	4	5	6	7				
DIARIO DATOS RIEGO	Evaporación	ET	mm/dia	9	5	12	9	6	8	2	2	5	8	6	5	8	5	6	7	7	3	6	1	2	5	5	6			
	Humedad Relativa	H.R.	%	86	62	64	58	87	85	68	80	67	57	63	60	65	59	58	70	65	65	88	89	83	60	69	64			
	Velocidad del viento	V	COD	A	M	MB	B	N	N	N	N	B	N	N	N	N	B	N	N	N	N	N	N	N	N	N	B			
			m/s	9.3	3.3	2.5	0.9	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.9	0.2	0.2	0.2	0.2	0.9	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.9			
	Coefficiente de tanque	Kp		0.55	0.65	0.65	0.7	0.8	0.8	0.7	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7			
	Temperatura	T	° C	21	23	29	27	17	15	22	20	21	22	22	23	21	23	25	20	26	22	19	18	20	22	22	22			
	Precipitación	P	mm	0	0	0	0	0	1	11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	5	0	0	0	0			
	Precipitación efectiva	Pe	mm	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	10.8	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	2.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
	Coefficiente del cultivo	Kc		0.7	0.72	0.74	0.76	0.78	0.8	0.83	0.85	0.87	0.89	0.92	0.94	0.96	0.98	1	1.03	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05			
	Evapotranspiración de referencia	Etc	mm/dia	3.5	2.3	5.8	4.8	3.7	5.1	1.2	1.4	3.0	5.0	3.9	3.3	5.4	3.4	4.2	5.0	5.1	2.2	4.4	0.7	1.5	3.7	3.7	4.4			
Precipitación efectiva acumulada	Pea	mm	0			1			11			0			0			3			7			0						
Evapotranspiración del cultivo acumulada	Etc ac	mm/dia	11.6			13.7			5.6			12.1			13.0			12.4			6.6			11.8						
CALCUL.	Lámina neta	Ln	mm	11.6			12.8			-5.7			12.1			13.0			9.4			-0.3			11.8					
	Lámina neta corregida	Lnc	mm	11.6			12.8			0.0			12.1			13.0			9.4			0.0			11.8					
GENERAL	Lámina bruta	Lb	mm	12.9			14.2			0.0			13.5			14.5			10.5			0.0			13.1					
T3	Descarga del emisor	qe	l/h	1.2			1.2			1.2			1.2			1.2			1.2			1.2			1.2					
	Tiempo de riego	t	hor	2.7			3.0			0.0			2.8			3.0			2.2			0.0			2.7					
		t	min	161			177			0			169			181			131			0			163					
	Número de emisores	# e		540			540			540			540			540			540			540			540					
	Volumen calculado	Vc	lit	1737			1913			0			1821			1951			1412			0			1764					
	Volumen de riego	Vc	m3	1.7			1.9			0.0			1.8			2.0			1.4			0.0			1.8					

Resumen			FASE DE DESARROLLO ==> 25 DIAS KC=0.5 - 1.05																									F			
S de la fase	Lámina bruta acumulada	Lb ac	mm	95.0																											
S de la fase	Volumen de riego acumulado	Vr ac	m3	12.83																											
S de la fase	Evapotranspiración acumulada	Etc ac	mm	95.0																											
S de la fase	Tiempo de riego acumulado	tr ac	Hr	19.79																											

MES ==>			NOVIEMBRE																									
SEMANA ==>			SEMANA 4					SEMANA 5 Y 1					SEMANA 2					SEMANA 3										
DIA DE LA SEMANA ==>			M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	
DIA DEL MES ==>			24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
DIA DEL CICLO ==>			48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	
DIA DE LA FASE ==>			ASE MEDIA ==> 20 DIAS KC=1.05										FASE FINAL ==> 12 DIAS KC=1.05-0.9															
			8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
DIARIO DATOS RIEGO	Evaporación	ET	mm/dia	6	2	3	7	7	7	7	2	3	7	7	5	4	4	4	3	9	5	5	5	7	2	5	5	4
	Humedad Relativa	H.R.	%	93	90	83	55	52	44	85	82	68	75	51	79	88	92	94	89	92	74	80	83	90	75	94	95	66
	Velocidad del viento	V	COD	N	N	B	MB	MB	MB	B	N	B	B	MA	B	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
			m/s	0.2	0.2	0.9	2.5	2.5	2.5	0.9	0.2	0.9	0.9	6.8	0.9	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	Coefficiente de tanque	Kp		0.8	0.8	0.8	0.65	0.65	0.65	0.8	0.8	0.7	0.8	0.55	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7
	Temperatura	T	° C	17	19	17	23	24	21	19	18	20	20	26	20	25	19	18	19	29	20	20	21	28	22	19	17	24
	Precipitación	P	mm	9	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	18.4	11	1	12	0	0	15	0	0	5	22	2
	Precipitación efectiva	Pe	mm	9.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.7	17.8	10.6	1.1	11.5	0.3	0.0	14.2	0.0	0.0	5.4	21.6	2.0
	Coefficiente del cultivo	Kc		1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.04	1.03	1.02	1.01	1	0.99	0.98	0.97	0.95	0.93	0.92	0.9
	Evapotranspiración de referencia	Etc	mm/dia	5.0	1.7	2.5	4.8	4.8	4.8	5.9	1.7	2.2	5.9	4.0	4.2	3.4	3.3	3.3	2.4	7.3	4.0	4.0	3.9	5.4	1.5	3.7	3.7	2.5
Precipitación efectiva acumulada	Pea	mm	9			0			1			0			29			13			14			27			2	
Evapotranspiración del cultivo acumulada	Etc ac	mm/dia	9.2			14.3			9.8			14.1			10.0			13.7			13.3			8.9				
CALCUL.	Lámina neta	Ln	mm	0.3			14.3			8.8			14.1			-19.1			0.8			-0.9			-18.0			0.5
	Lámina neta corregida	Lnc	mm	0.3			14.3			8.8			14.1			0.0			0.8			0.0			0.0			0.5
GENERAL	Lámina bruta	Lb	mm	0.3			15.9			9.7			15.7			0.0			0.9			0.0			0.0			0.5
T3	Descarga del emisor	qe	l/h	1.2			1.2			1.2			1.2			1.2			1.2			1.2			1.2			
	Tiempo de riego	t	hor	0.1			3.3			2.0			3.3			0.0			0.2			0.0			0.0			0.1
		t	min	4			199			122			196			0			11			0			0			7
	Número de emisores	# e		540			540			540			540			540			540			540			540			540
	Volumen calculado	Vc	lit	41			2150			1315			2118			0			119			0			0			72
Volumen de riego	Vc	m3	0.0			2.1			1.3			2.1			0.0			0.1			0.0			0.0			0.1	

Resumen			ASE MEDIA ==> 20 DIAS KC=1.05										FASE FINAL ==> 12 DIAS KC=1.05-0.9										
S de la fase	Lámina bruta acumulada	Lb ac	mm	54.7										1.4									
S de la fase	Volumen de riego acumulado	Vr ac	m3	7.39										0.19									
S de la fase	Evapotranspiración acumulada	Etc ac	mm	65.8										45.9									
S de la fase	Tiempo de riego acumulado	tr ac	Hr	11.40										0.29									

ANEXO 13

DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE AJUSTE ENTRE LOS TANQUES EVAPORÍMETROS
CLASE A Y EL NO TRADICIONAL (ARTESANAL)

D	FECHA	t	tac	ETA	ETA Ac	ET1	ET2	ETP	ETP Ac
		Hr	Hr	mm	mm	mm	mm	mm	mm
D	02/09/2012	0	0	0	0	0	0	0	0
L	03/09/2012	24	24	6	6	6	6	6	6
M	04/09/2012	24	48	5	11	5	4	5	11
M	05/09/2012	24	72	9	20	11	10	11	21
J	06/09/2012	24	96	10	30	10	11	11	32
V	07/09/2012	24	120	7	37	7	7	7	39
S	08/09/2012	24	144	6	43	7	6	7	45
D	09/09/2012	24	168	8	51	8	8	8	53
L	10/09/2012	24	192	4	55	4	4	4	57
M	11/09/2012	24	216	9	64	10	10	10	67
M	12/09/2012	24	240	5	69	6	6	6	73
J	13/09/2012	24	264	9	78	10	10	10	83
V	14/09/2012	24	288	10	88	10	9	10	93
S	15/09/2012	24	312	4	92	4	4	4	97
D	16/09/2012	24	336	8	100	8	9	9	105
L	17/09/2012	24	360	9	109	9	9	9	114
M	18/09/2012	24	384	8	117	9	9	9	123
M	19/09/2012	24	408	6	123	7	7	7	130
J	20/09/2012	24	432	7	130	7	8	8	138
V	21/09/2012	24	456	8	138	8	9	9	146
S	22/09/2012	24	480	9	147	9	10	10	156
D	23/09/2012	24	504	3	150	3	3	3	159
L	24/09/2012	24	528	9	159	9	9	9	168
M	25/09/2012	24	552	3	162	3	3	3	171
M	26/09/2012	24	576	8	170	8	8	8	179
J	27/09/2012	24	600	8	178	8	9	9	187
V	28/09/2012	24	624	9	187	8	10	9	196
S	29/09/2012	24	648	9	196	9	9	9	205
D	30/09/2012	24	672	9	205	10	9	10	215
L	01/10/2012	24	696	5	210	4	5	5	219
M	02/10/2012	24	720	12	222	13	12	13	232
M	03/10/2012	24	744	9	231	9	9	9	241
J	04/10/2012	24	768	6	237	5	7	6	247
V	05/10/2012	24	792	8	245	7	7	7	253
S	06/10/2012	24	816	2	247	4	3	4	257
D	07/10/2012	24	840	2	249	2	2	2	259
L	08/10/2012	24	864	5	254	4	4	4	263
M	09/10/2012	24	888	8	262	8	8	8	271
M	10/10/2012	24	912	6	268	6	6	6	277
J	11/10/2012	24	936	5	273	5	5	5	282
V	12/10/2012	24	960	8	281	8	8	8	290
S	13/10/2012	24	984	5	286	6	6	6	296

D	FECHA	t	tac	ETA	ETA Ac	ET1	ET2	ETP	ETP Ac
D	14/10/2012	24	1008	6	292	4	4	4	300
L	15/10/2012	24	1032	7	299	7	8	8	307
M	16/10/2012	24	1056	7	306	6	6	6	313
M	17/10/2012	24	1080	3	309	0	0	0	313
J	18/10/2012	24	1104	6	315	5	6	6	319
V	19/10/2012	24	1128	1	316	1	0	1	319
S	20/10/2012	24	1152	2	318	2	2	2	321
D	21/10/2012	24	1176	5	323	5	5	5	326
L	22/10/2012	24	1200	5	328	5	5	5	331
M	23/10/2012	24	1224	6	334	4	6	5	336
m	24/10/2012	24	1248	6	340	5	5	5	341
J	25/10/2012	24	1272	2	342	1	2	2	343
V	26/10/2012	24	1296	3	345	3	3	3	346
S	27/10/2012	24	1320	7	352	7	6	7	352
D	28/10/2012	24	1344	7	359	7	8	8	360
L	29/10/2012	24	1368	7	366	6	5	6	365
M	30/10/2012	24	1392	7	373	7	7	7	372
M	31/10/2012	24	1416	2	375	1	3	2	374
J	01/11/2012	24	1440	3	378	2	3	3	377
V	02/11/2012	24	1464	7	385	8	7	8	384
S	03/11/2012	24	1488	7	392	6	6	6	390
D	04/11/2012	24	1512	5	397	6	7	7	397
L	05/11/2012	24	1536	4	400	5	4	4	401
M	06/11/2012	24	1560	4	405	2	3	3	404
M	07/11/2012	24	1584	4	409	3	2	2	406
J	08/11/2012	24	1608	3	412	4	5	5	411
V	09/11/2012	24	1632	9	420	7	7	7	417
S	10/11/2012	24	1656	5	426	6	7	7	424
D	11/11/2012	24	1680	5	431	6	7	7	431
L	12/11/2012	24	1704	5	435	3	3	3	433
M	13/11/2012	24	1728	7	442	7	7	7	440
M	14/11/2012	24	1752	2	444	2	2	2	442
J	15/11/2012	24	1776	5	450	3	6	5	447
V	16/11/2012	24	1800	5	455	5	5	5	452
S	17/11/2012	24	1824	4	459	4	4	4	457
D	18/11/2012	24	1848	3	462	3	3	3	460
L	19/11/2012	24	1872	9	471	9	7	8	468
M	20/11/2012	24	1896	3	474	3	3	3	471
M	21/11/2012	24	1920	1	475	1	2	2	472
J	22/11/2012	24	1944	5	480	5	5	5	477
V	23/11/2012	24	1968	2	482	2	2	2	479
S	24/11/2012	24	1992	4	486	4	4	4	483
D	25/11/2012	24	2016	3	489	3	3	3	486
L	26/11/2012	24	2040	5	494	5	5	5	491
M	27/11/2012	24	2064	2	496	3	3	3	494
M	28/11/2012	24	2088	3	499	4	4	4	498
J	29/11/2012	24	2112	5	504	4	4	4	502
V	30/11/2012	24	2136	3	507	3	3	3	505

SIMBOLOGIA:

ETA = Evaporación en tanque evaporímetro Clase A

ET1 = Evaporación en tanque evaporímetro artesanal 1

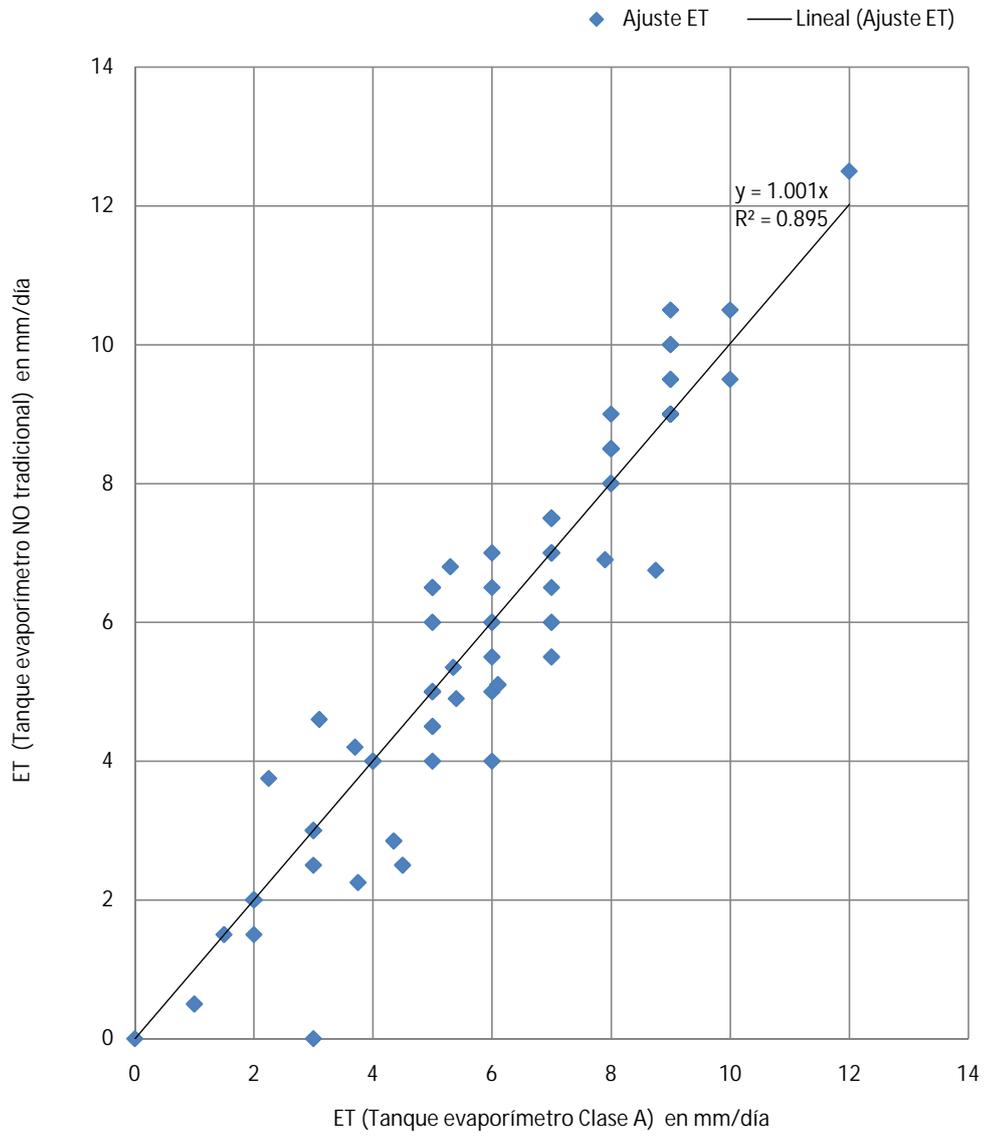
ET2 = Evaporación en tanque evaporímetro artesanal 2

ETP = Evaporación promedio en tanques evaporímetros 1 y 2

ETA Ac = Evaporación acumulada en tanque evaporímetro Clase A

ETP Ac = Evaporación acumulada en tanque evaporímetro artesanal

Gráfico de ajuste entre la evaporación de los tanques evaporímetros: Clase A - Artesanal



ANEXO 14

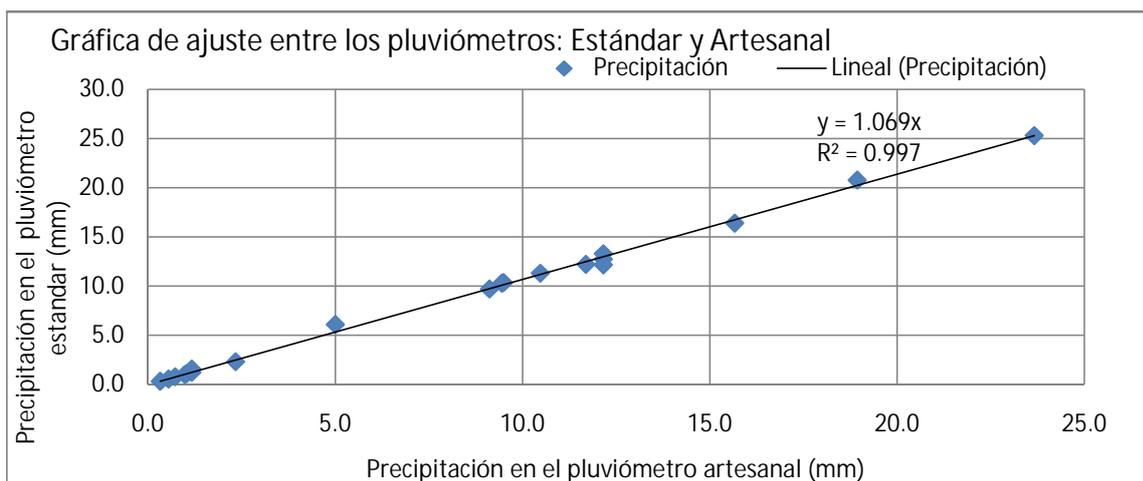
DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE AJUSTE ENTRE LOS PLUVIÓMETROS: ESTANDAR Y EL NO TRADICIONAL (ARTESANAL)

D	FECHA	PE		PA		PE. Ac.	PA. Ac.
		ml	mm	ml	mm		
V	05/10/2012	18	1.0	21	1.0	1	1
S	06/10/2012	225	12.7	260	12.2	14	13
D	07/10/2012	10	0.6	11.7	0.5	14	14
m	24/10/2012	182	10.3	202	9.4	25	23
J	01/11/2012	20	1.1	22.2	1.0	26	24
L	05/11/2012	14	0.8	15.5	0.7	27	25
M	06/11/2012	367	20.8	405	18.9	47	44
M	07/11/2012	215	12.2	260	12.2	59	56
J	08/11/2012	22	1.2	25	1.2	61	57
V	09/11/2012	235	13.3	260	12.2	74	69
S	10/11/2012	6	0.3	7	0.3	74	70
L	12/11/2012	290	16.4	335	15.7	91	85
J	15/11/2012	108	6.1	107	5.0	97	90
V	16/11/2012	447	25.3	506	23.7	122	114
S	17/11/2012	41	2.3	50	2.3	124	116
J	22/11/2012	216	12.2	250	11.7	137	128
S	24/11/2012	28	1.6	25	1.2	138	129
D	25/11/2012	171.5	9.7	195	9.1	148	138
L	26/11/2012	200	11.3	224	10.5	159	149
J	29/11/2012	183	10.4	203.0	9.5	170	158

SIMBOLOGIA:

PE : Pluviómetro estándar, D=15 cm

PA: Pluviómetro no tradicional o artesanal, D=16.5 cm



ANEXO 15

PRUEBA DE DESCARGA DE EMISORES DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO DEL SR. CARLOS MACAS

TESISTA: ING. JORGE SIVISACA

COLABORADORES: ROSARIO SIVISACA

FECHA: 11/09/2012

ANGEL CARAGUAY

TOBIAS SIVISACA

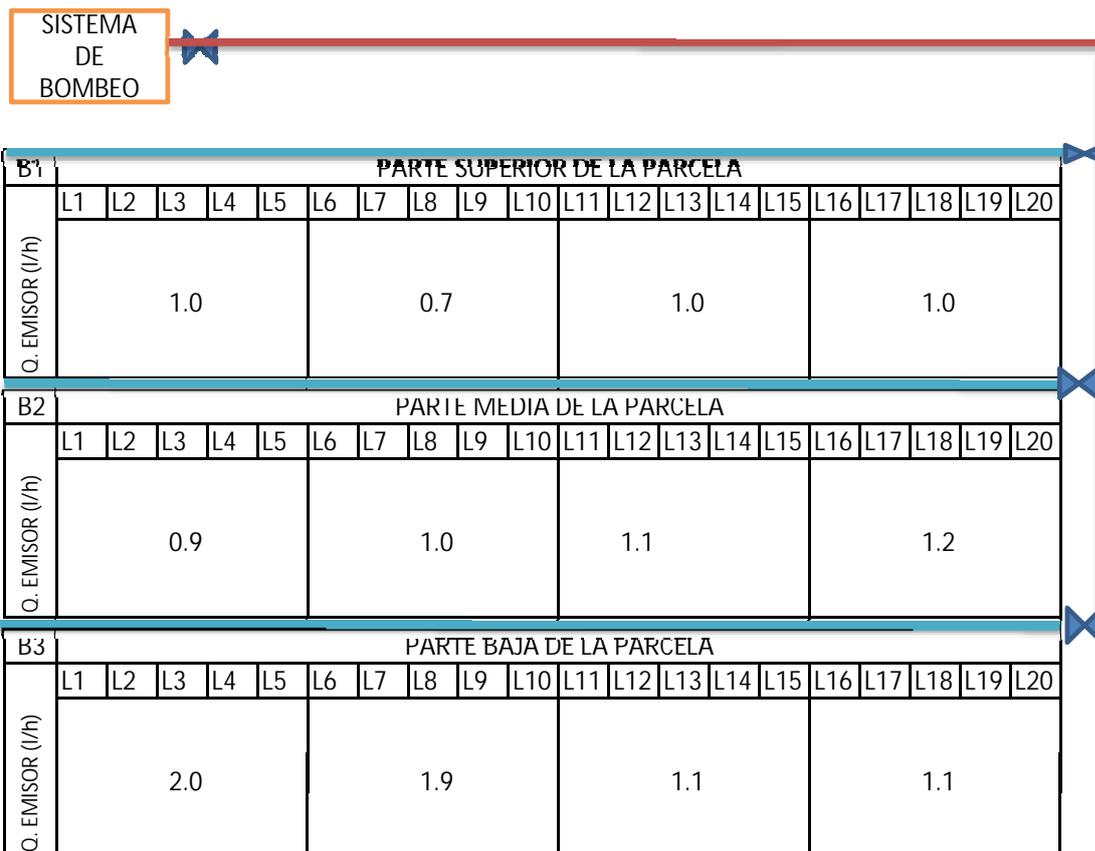
PARCELA MUESTREADA

UE/LAT-POSIC	T (min)	V (ml)	Q (lit/seg)	Q (lit/hr)
PARTE ALTA	10.2	169	0.00028	1.0
	9.5	103	0.00018	0.7
	10	161	0.00027	1.0
	10	170	0.00028	1.0
PARTE MEDIA	10	158	0.00026	0.9
	10	168	0.00028	1.0
	10.25	185	0.00030	1.1
	10	198	0.00033	1.2
PARTE BAJA	10	335	0.00056	2.0
	9	280	0.00052	1.9
	9	168	0.00031	1.1
	9	160	0.00030	1.1
PROMEDIO/SUM			0.00032	1.2

RESPALDO FOTOGRAFICO



ESQUEMA DE UBICACIÓN LOS EMISORES AFORADOS



$$C.U. = 100 \times \frac{Q_{25\%}}{Q_n}$$

DONDE:

CU: Coeficiente de uniformidad

Que 25% Media del caudal de descarga del 25% de los emisores con caudales mas reducidos evaluados

Qn: Caudal medio de todos los emisores evaluados

MAIRIZ DE CAUDALES REGISTRADOS Y ORDENADOS DE LA PARCELA

	PARTE ALTA		PARTE MEDIA		PARTE BAJA	
	Que	Que ord.	Que	Que ord.	Que	Que ord.
	1.0	1.0	0.9	1.2	2.0	2.0
	0.7	1.0	1.0	1.1	1.9	1.9
	1.0	1.0	1.1	1.0	1.1	1.1
	1.0	0.7	1.2	0.9	1.1	1.1
#EMIS.	4		4		4	
25% EMI	1		1		1	
Qn	0.9 l/h		1.1 l/h		1.5 l/h	
Que. 25%	0.7 l/h		0.9 l/h		1.1 l/h	
CU.	76 %		86 %		72 %	

Tabla de valores recomendados de Coeficiente de Uniformidad CU

Porcentaje	ESTADO
90% - 100%	Excelente
80% - 90%	Buena
70% - 80%	Aceptable
< 70%	Inaceptable

De los cálculos se determina que los emisores de la parte alta y baja, tienen un coeficiente de uniformidad Aceptable y el de la parte media es Buena. Por lo que se ACEPTA LA EVALUACION DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO INSTALADO EN LA PARCELA DEL SR. CARLOS MACAS.

ANEXO 16

CALCULO DE EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL O DE REFERENCIA SEGUN TRES METODOS: TANQUE EVAPORIMETRO, THORTHWAITE Y HARGREAVES

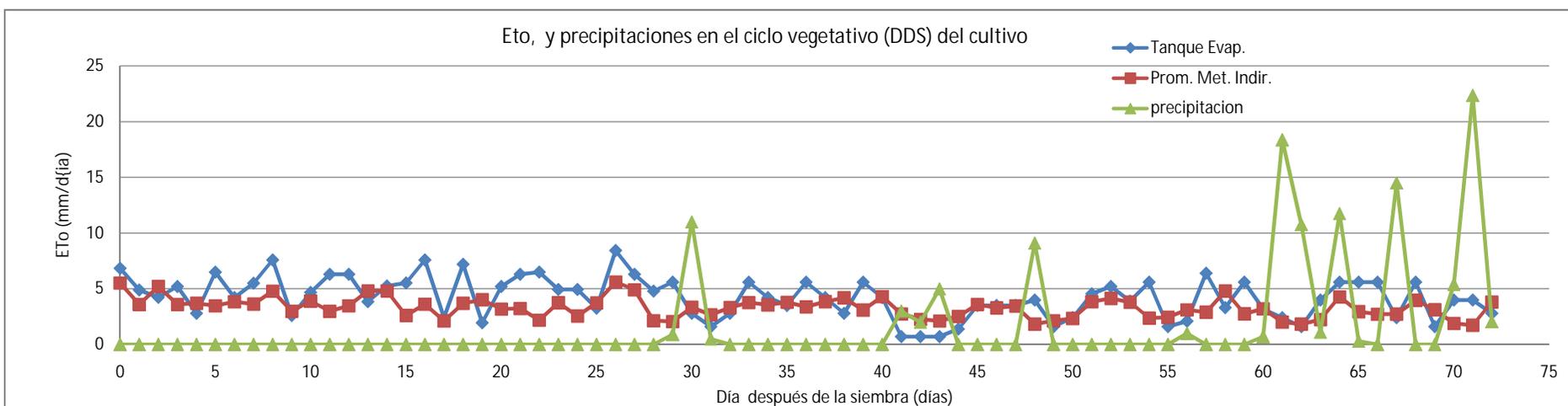
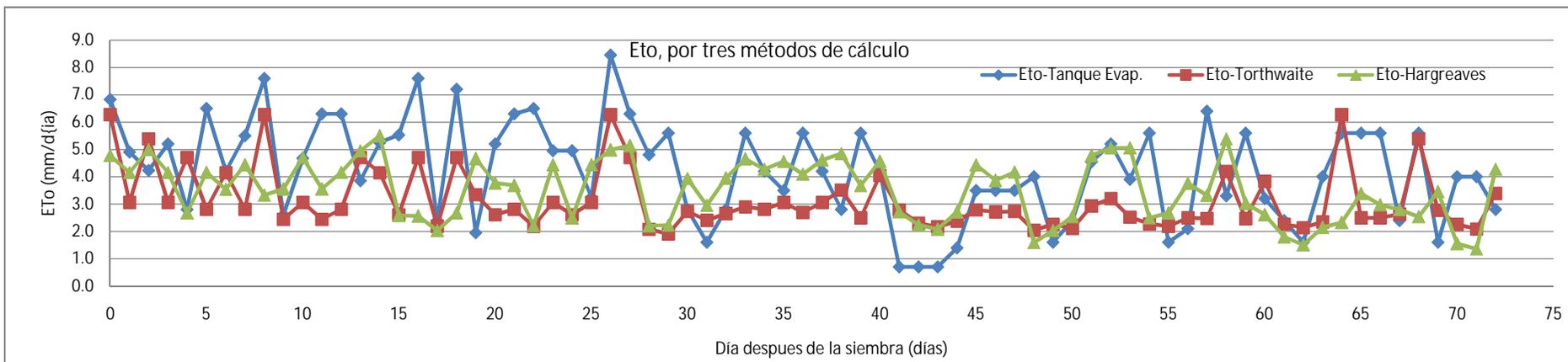
MES ==>	SEPTIEMBRE																										
SEMANA ==>	SEMANA 1				SEMANA 2				SEMANA 3				SEMANA 4														
DIA DE LA SEMANA ==>	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D		
DIA DEL MES ==>	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
FASE DEL CULTIVO ==>	FASE INICIAL 15 DÍAS ==> Kc=0.50																							FA			
DIA DEL CICLO ==>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
Humedad Relativa (H.R.)	%	65	65	60	65	88	63	78	58	83	70	55	70	63	59	47	85	89	89	88	58	68	71	87	60	86	
Temperatura (T)	° C	29	23	28	23	27	22	26	22	29	20	23	20	22	27	26	21	27	18	27	24	21	22	18	23	21	
Viento (V)	COD	M	B	M	M	MB	MB	M	MA	B	M	MA	B	B	MA	B	MA	B	N	B	M	M	M	MA	MA	A	
	m/s	3.3	0.9	3.3	3.3	2.5	2.5	3.3	6.8	0.9	3.3	6.8	0.9	0.9	6.8	0.9	6.8	0.9	0.2	0.9	3.3	3.3	3.3	6.8	6.8	9.3	
Precipitación (p)	mm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ETo - METODO DEL TANQUE EVAPORIMETRO																											
Evaporación tanque artesanal (ET a)	mm/día	11	7	7	8	4	10	6	10	10	4	9	9	9	7	8	9	10	3	9	3	8	9	10	9	9	
Coef. De tanque (tabla)		0.65	0.7	0.65	0.65	0.7	0.65	0.7	0.55	0.8	0.65	0.55	0.7	0.7	0.55	0.7	0.65	0.8	0.8	0.8	0.65	0.65	0.7	0.65	0.55	0.55	
Evapotranpiración de referencia (Eto)	mm/día	6.83	4.9	4.23	5.2	2.8	6.5	4.2	5.5	7.6	2.6	4.68	6.3	6.3	3.85	5.25	5.53	7.6	2.4	7.2	1.95	5.2	6.3	6.5	4.95	4.95	
ETo - METODO DE THORTHWAITE																											
Temperatura (T)	° C	29	23	28	23	27	22	26	22	29	20	23	20	22	27	26	21	27	18	27	24	21	22	18	23	21	
Indice calorífico mensual (I)		14.3	10.1	13.6	10.1	12.8	9.4	12.1	9.4	14.3	8.2	10.1	8.2	9.4	12.8	12.1	8.8	12.8	7.0	12.8	10.7	8.8	9.4	7.0	10.1	8.8	
Indice calorífico anual (12*I)		171.8	120.9	162.9	120.9	154.2	113.1	145.6	113.1	171.8	97.9	120.9	97.9	113.1	154.2	145.6	105.4	154.2	83.4	154.2	129.0	105.4	113.1	83.4	120.9	105.4	
10t/l		1.7	1.9	1.7	1.9	1.8	1.9	1.8	1.9	1.7	2.0	1.9	2.0	1.9	1.8	1.8	2.0	1.8	2.2	1.8	1.9	2.0	1.9	2.2	1.9	2.0	
a		4.7	2.7	4.3	2.7	3.9	2.5	3.6	2.5	4.7	2.1	2.7	2.1	2.5	3.9	3.6	2.3	3.9	1.8	3.9	3.0	2.3	2.5	1.8	2.7	2.3	
(10t/l)^a		11.8	5.8	10.2	5.8	8.9	5.3	7.8	5.3	11.8	4.6	5.8	4.6	5.3	8.9	7.8	4.9	8.9	4.1	8.9	6.3	4.9	5.3	4.1	5.8	4.9	
Evapotranpiración de referencia (Eto)	mm/día	6.3	3.1	5.4	3.1	4.7	2.8	4.2	2.8	6.3	2.4	3.1	2.4	2.8	4.7	4.2	2.6	4.7	2.2	4.7	3.4	2.6	2.8	2.2	3.1	2.6	
ETo - METODO DE HARGREAVES																											
Temperatura (T)	° C	29	23	28	23	27	22	26	22	29	20	23	20	22	27	26	21	27	18	27	24	21	22	18	23	21	
Radiación extraterrestre (RA)	mm/día	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	
Altitud (h)	msnm	1585	1585	1585	1585	1585	1585	1585	1585	1585	1585	1585	1585	1585	1585	1585	1585	1585	1585	1585	1585	1585	1585	1585	1585	1585	
Humedad relativa (H.R.)	%	0.65	0.65	0.6	0.65	0.88	0.63	0.78	0.58	0.83	0.7	0.55	0.7	0.63	0.59	0.47	0.85	0.89	0.89	0.88	0.58	0.68	0.71	0.87	0.6	0.86	
Evapotranpiración de referencia (Eto)	mm/día	4.8	4.2	5.0	4.2	2.7	4.2	3.5	4.4	3.3	3.6	4.7	3.6	4.2	4.9	5.5	2.6	2.6	2.0	2.7	4.7	3.8	3.7	2.2	4.4	2.5	
RESUMEN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA LOS MÉTODOS																											
ETo, Tanq. Evap. Artesanal	mm/día	6.8	4.9	4.2	5.2	2.8	6.5	4.2	5.5	7.6	2.6	4.7	6.3	6.3	3.9	5.3	5.5	7.6	2.4	7.2	2.0	5.2	6.3	6.5	5.0	5.0	
ETo, Thorthwaite	mm/día	6.3	3.1	5.4	3.1	4.7	2.8	4.2	2.8	6.3	2.4	3.1	2.4	2.8	4.7	4.2	2.6	4.7	2.2	4.7	3.4	2.6	2.8	2.2	3.1	2.6	
ETo, Hargreaves	mm/día	4.8	4.2	5.0	4.2	2.7	4.2	3.5	4.4	3.3	3.6	4.7	3.6	4.2	4.9	5.5	2.6	2.6	2.0	2.7	4.7	3.8	3.7	2.2	4.4	2.5	
ETo, Prom. Met. Indirectos	mm/día	5.5	3.6	5.2	3.6	3.7	3.5	3.8	3.6	4.8	3.0	3.9	3.0	3.5	4.8	4.8	2.6	3.6	2.1	3.7	4.0	3.2	3.2	2.2	3.7	2.6	
RESUMEN DE ETO PROMEDIO POR FASES DEL CULTIVO																											
DESCRIPCIÓN	UNID.	FASE INICIAL 15 DÍAS ==> Kc=0.50																									
ETo, Tanque Artes.	mm/día	5.1																									
ETo, Thorthwaite	mm/día	3.8																									
Factor Tanque/Thorthwaite		1.35																									
ETo, Hargreaves	mm/día	4.1																									
Factor Tanque/Hargreaves		1.26																									

MES ==>	OCTUBRE																									
SEMANA ==>	SEMANA 1							SEMANA 2							SEMANA 3							SEMANA 4				
DIA DE LA SEMANA ==>	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	
DIA DEL MES ==>	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	
FASE DEL CULTIVO ==>	SE DE DESARROLLO ==> 25 DIAS KC=0.5 - 1.05														FASE MEDIA											
DIA DEL CICLO ==>	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	
Humedad Relativa (H.R.)	%	62	64	58	87	85	68	80	67	57	63	60	65	59	58	70	65	65	88	89	83	60	69	64	93	90
Temperatura (T)	° C	23	29	27	17	15	22	20	21	22	22	23	21	23	25	20	26	22	19	18	20	22	22	22	17	19
Viento (V)	COD	M	MB	B	N	N	N	N	N	B	N	N	N	N	B	N	N	N	N	N	N	N	N	B	N	N
	m/s	3.3	2.5	0.9	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.9	0.2	0.2	0.2	0.2	0.9	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.9	0.2	0.2
Precipitación (p)	mm	0	0	0	0	0.9	11	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	5	0	0	0	0	9.1	0
ETo - METODO DEL TANQUE EVAPORÍMETRO																										
Evaporación tanque artesanal (ET a)	mm/día	5	13	9	6	7	4	2	4	8	6	5	8	6	4	8	6	1	1	1	2	5	5	5	5	2
Coef. De tanque (tabla)		0.65	0.65	0.7	0.8	0.8	0.7	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	
Evapotranspiración de referencia (Eto)	mm/día	3.25	8.45	6.3	4.8	5.6	2.8	1.6	2.8	5.6	4.2	3.5	5.6	4.2	2.8	5.6	4.2	0.7	0.7	0.7	1.4	3.5	3.5	3.5	4	1.6
ETo - METODO DE THORTHWAITE																										
Temperatura (T)	° C	23	29	27	17	15	22	20	21	22	22	23	21	23	25	20	26	22	19	18	20	22	22	22	17	19
Indice calorífico mensual (I)		10.1	14.3	12.8	6.4	5.3	9.2	8.0	8.9	9.7	9.4	10.1	9.0	10.1	11.1	8.3	12.0	9.4	7.5	6.8	7.9	9.4	9.1	9.2	6.1	7.4
Indice calorífico anual (12*I)		120.9	171.8	154.2	76.5	63.3	110.0	95.7	106.9	116.2	113.1	120.9	108.4	120.9	133.1	100.1	143.9	112.3	89.8	82.0	94.2	112.3	109.2	110.0	73.1	88.4
10t/l		1.9	1.7	1.8	2.2	2.4	2.0	2.1	2.0	1.9	1.9	1.9	2.0	1.9	1.8	2.0	1.8	2.0	2.1	2.2	2.1	2.0	2.0	2.0	2.3	2.1
a		2.7	4.7	3.9	1.7	1.5	2.4	2.1	2.4	2.6	2.5	2.7	2.4	2.7	3.1	2.2	3.5	2.5	2.0	1.8	2.1	2.5	2.4	2.4	1.7	1.9
(10t/l)^a		5.8	11.8	8.9	3.9	3.6	5.2	4.5	5.0	5.5	5.3	5.8	5.1	5.8	6.6	4.7	7.7	5.3	4.3	4.1	4.5	5.3	5.1	5.2	3.8	4.3
Evapotranspiración de referencia (Eto)	mm/día	3.1	6.3	4.7	2.1	1.9	2.7	2.4	2.7	2.9	2.8	3.1	2.7	3.1	3.5	2.5	4.1	2.8	2.3	2.2	2.4	2.8	2.7	2.7	2.0	2.3
ETo - METODO DE HARGREAVES																										
Temperatura (T)	° C	23	29	27	17	15	22	20	21	22	22	23	21	23	25	20	26	22	19	18	20	22	22	22	17	19
Radiación extraterrestre (RA)	mm/día	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5
Altitud (h)	msnm	1585	1585	1585	1585	1585	1585	1585	1585	1585	1585	1585	1585	1585	1585	1585	1585	1585	1585	1585	1585	1585	1585	1585	1585	1585
Humedad relativa (H.R.)	%	0.62	0.64	0.58	0.87	0.85	0.68	0.8	0.67	0.57	0.63	0.6	0.65	0.59	0.58	0.7	0.65	0.85	0.88	0.89	0.83	0.6	0.69	0.64	0.93	0.9
Evapotranspiración de referencia (Eto)	mm/día	4.4	5.0	5.1	2.2	2.2	3.9	3.0	4.0	4.7	4.3	4.6	4.1	4.6	4.8	3.7	4.6	2.7	2.2	2.1	2.7	4.4	3.9	4.2	1.6	2.0
RESUMEN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA																										
ETo, Tanq. Evap. Artesanal	mm/día	3.3	8.5	6.3	4.8	5.6	2.8	1.6	2.8	5.6	4.2	3.5	5.6	4.2	2.8	5.6	4.2	0.7	0.7	0.7	1.4	3.5	3.5	3.5	4.0	1.6
ETo, Thorthwaite	mm/día	3.1	6.3	4.7	2.1	1.9	2.7	2.4	2.7	2.9	2.8	3.1	2.7	3.1	3.5	2.5	4.1	2.8	2.3	2.2	2.4	2.8	2.7	2.7	2.0	2.3
ETo, Hargreaves	mm/día	4.4	5.0	5.1	2.2	2.2	3.9	3.0	4.0	4.7	4.3	4.6	4.1	4.6	4.8	3.7	4.6	2.7	2.2	2.1	2.7	4.4	3.9	4.2	1.6	2.0
ETo, Prom. Met. Indirectos	mm/día	3.7	5.6	4.9	2.1	2.1	3.3	2.7	3.3	3.8	3.5	3.8	3.4	3.8	4.2	3.1	4.3	2.8	2.3	2.1	2.5	3.6	3.3	3.5	1.8	2.1
RESUMEN DE ETO PROMEDIO POR FASES DEL CICLO																										
DESCRIPCIÓN	UNID.	FASE DE DESARROLLO ==> 25 DIAS KC=0.5 - 1.05																								
ETo, Tanque Artes.	mm/día	4.7																								
ETo, Thorthwaite	mm/día	3.15																								
Factor Tanque/Thorthwaite		1.51																								
ETo, Hargreaves	mm/día	3.7																								
Factor Tanque/Hargreaves		1.26																								

MES ==>	NOVIEMBRE																								
SEMANA ==>	4				SEMANA 5 Y 1					SEMANA 2					SEMANA 3										
DIA DE LA SEMANA ==>	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S		
DIA DEL MES ==>	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
FASE DEL CULTIVO ==>	A ==> 20 DIAS KC=1.05										FASE FINAL ==> 12 DIAS KC=1.05-0.9														
DIA DEL CICLO ==>	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72		
Humedad Relativa (H.R.)	%	83	55	52	44	85	82	68	75	51	79	88	92	94	89	92	74	80	83	90	75	94	66		
Temperatura (T)	° C	17	23	24	21	19	18	20	20	26	20	25	19	18	19	29	20	20	21	28	22	19	24		
Viento (V)	COD	B	MB	MB	MB	B	N	B	B	MA	B	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N		
	m/s	0.9	2.5	2.5	2.5	0.9	0.2	0.9	0.9	6.8	0.9	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2		
Precipitación (p)	mm	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0.7	18.4	10.8	1.1	11.8	0.3	0	14.5	0	0	5.4	22.4	2.05	
ETo - METODO DEL TANQUE EVAPORÍMETRO																									
Evaporación tanque artesanal (ET a)	mm/día	3	7	8	6	7	2	3	8	6	7	4	3	2	5	7	7	7	3	7	2	5	5	4	
Coef. De tanque (tabla)		0.8	0.65	0.65	0.65	0.8	0.8	0.7	0.8	0.55	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	
Evapotranspiración de referencia (Eto)	mm/día	2.4	4.55	5.2	3.9	5.6	1.6	2.1	6.4	3.3	5.6	3.2	2.4	1.6	4	5.6	5.6	5.6	2.4	5.6	1.6	4	4	2.8	
ETo - METODO DE THORTHWAITE																									
Temperatura (T)	° C	17	23	24	21	19	18	20	20	26	20	25	19	18	19	29	20	20	21	28	22	19	24		
Indice calorífico mensual (I)		6.5	9.7	10.4	8.5	7.4	7.0	8.3	8.3	12.2	8.2	11.6	7.4	6.7	7.7	14.3	8.3	8.3	8.8	13.6	9.3	7.3	6.4	10.8	
Indice calorífico anual (12*I)		78.6	117.0	125.0	101.6	89.1	83.4	100.1	99.4	146.5	98.6	139.7	88.4	80.7	92.7	171.8	100.1	100.1	106.1	162.9	111.5	87.7	77.2	129.8	
10t/l		2.2	1.9	1.9	2.0	2.1	2.2	2.0	2.0	1.8	2.0	1.8	2.1	2.2	2.1	1.7	2.0	2.0	2.0	1.7	2.0	2.1	2.2	1.9	
a		1.8	2.6	2.8	2.2	2.0	1.8	2.2	2.2	3.6	2.2	3.3	1.9	1.8	2.0	4.7	2.2	2.2	2.3	4.3	2.5	1.9	1.7	3.0	
(10t/l)^a		4.0	5.5	6.0	4.8	4.3	4.1	4.7	4.7	7.9	4.6	7.2	4.3	4.0	4.4	11.8	4.7	4.7	5.0	10.2	5.2	4.3	3.9	6.4	
Evapotranspiración de referencia (Eto)	mm/día	2.1	2.9	3.2	2.5	2.3	2.2	2.5	2.5	4.2	2.5	3.8	2.3	2.1	2.3	6.3	2.5	2.5	2.6	5.4	2.8	2.3	2.1	3.4	
ETo - METODO DE HARGREAVES																									
Temperatura (T)	° C	17	23	24	21	19	18	20	20	26	20	25	19	18	19	29	20	20	21	28	22	19	24		
Radiación extraterrestre (RA)	mm/día	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3		
Altitud (h)	msnm	1585	1585	1585	1585	1585	1585	1585	1585	1585	1585	1585	1585	1585	1585	1585	1585	1585	1585	1585	1585	1585	1585		
Humedad relativa (H.R.)	%	0.83	0.55	0.52	0.44	0.85	0.82	0.68	0.75	0.51	0.79	0.88	0.92	0.94	0.89	0.92	0.74	0.8	0.83	0.9	0.75	0.94	0.95	0.66	
Evapotranspiración de referencia (Eto)	mm/día	2.5	4.8	5.1	5.1	2.5	2.7	3.8	3.3	5.4	3.0	2.6	1.8	1.5	2.1	2.3	3.4	3.0	2.8	2.5	3.5	1.6	1.4	4.3	
RESUMEN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE RE																									
Eto, Tanq. Evap. Artesanal	mm/día	2.4	4.6	5.2	3.9	5.6	1.6	2.1	6.4	3.3	5.6	3.2	2.4	1.6	4.0	5.6	5.6	5.6	2.4	5.6	1.6	4.0	4.0	2.8	FACT
Eto, Thorthwaite	mm/día	2.1	2.9	3.2	2.5	2.3	2.2	2.5	2.5	4.2	2.5	3.8	2.3	2.1	2.3	6.3	2.5	2.5	2.6	5.4	2.8	2.3	2.1	3.4	1.35
Eto, Hargreaves	mm/día	2.5	4.8	5.1	5.1	2.5	2.7	3.8	3.3	5.4	3.0	2.6	1.8	1.5	2.1	2.3	3.4	3.0	2.8	2.5	3.5	1.6	1.4	4.3	1.21
Eto, Prom. Met. Indirectos	mm/día	2.3	3.9	4.1	3.8	2.4	2.4	3.1	2.9	4.8	2.7	3.2	2.0	1.8	2.2	4.3	2.9	2.7	2.7	4.0	3.1	1.9	1.7	3.8	1.28
RESUMEN DE ETO PROMEDIO POR FASES DEL CI																									
DESCRIPCIÓN	UNID.	FASE MEDIA ==> 20 DIAS KC=1.05										FASE FINAL ==> 12 DIAS KC=1.05-0.9										PROM			
Eto, Tanque Artes.	mm/día	3.2										3.8										4.2			
Eto, Thorthwaite	mm/día	2.64										3.05										3.2			
Factor Tanque/Thorthwaite		1.20										1.24										1.32			
Eto, Hargreaves	mm/día	3.3										2.5										3.4			
Factor Tanque/Hargreaves		0.95										1.50										1.24			

ANEXO 17

GRÁFICOS COMPARATIVOS DE EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA, ETo



ANEXO 18

Porcentaje de diferencia relativa entre el método del tanque evaporímetro y los métodos de Thorthwaite y Hargreaves

INDICADORES DE AJUSTE DE Eto

	Tanq. Evap. mm/día	M. Torthwa mm/día	Dif mm/día
N	Xe	Xo	Xe - Xo
1	6.8	6.3	0.6
2	4.9	3.1	1.8
3	4.2	5.4	-1.2
4	5.2	3.1	2.1
5	2.8	4.7	-1.9
6	6.5	2.8	3.7
7	4.2	4.2	0.0
8	5.5	2.8	2.7
9	7.6	6.3	1.3
10	2.6	2.4	0.2
11	4.7	3.1	1.6
12	6.3	2.4	3.9
13	6.3	2.8	3.5
14	3.9	4.7	-0.9
15	5.3	4.2	1.1
16	5.5	2.6	2.9
17	7.6	4.7	2.9
18	2.4	2.2	0.2
19	7.2	4.7	2.5
20	2.0	3.4	-1.4
21	5.2	2.6	2.6
22	6.3	2.8	3.5
23	6.5	2.2	4.3
24	5.0	3.1	1.9
25	5.0	2.6	2.3
26	3.3	3.1	0.2
27	8.5	6.3	2.2
28	6.3	4.7	1.6
29	4.8	2.1	2.7
30	5.6	1.9	3.7
31	2.8	2.7	0.1
32	1.6	2.4	-0.8
33	2.8	2.7	0.1
34	5.6	2.9	2.7
35	4.2	2.8	1.4
36	3.5	3.1	0.4
37	5.6	2.7	2.9
38	4.2	3.1	1.1
39	2.8	3.5	-0.7
40	5.6	2.5	3.1
41	4.2	4.1	0.1
42	0.0	2.8	-2.8
43	0.7	2.3	-1.6
44	0.0	2.2	-2.2
45	1.4	2.4	-1.0
46	3.5	2.8	0.7
47	3.5	2.7	0.8
48	3.5	2.7	0.8
49	4.0	2.0	2.0
50	1.6	2.3	-0.7
51	2.4	2.1	0.3
52	4.6	2.9	1.6
53	5.2	3.2	2.0

INDICADORES DE AJUSTE DE Eto

	Tanq. Evap. mm/día	M. Hargreave mm/día	Dif mm/día
N	Xe	Xo	Xe - Xo
1	6.8	4.8	2.0
2	4.9	4.2	0.7
3	4.2	5.0	-0.8
4	5.2	4.2	1.0
5	2.8	2.7	0.1
6	6.5	4.2	2.3
7	4.2	3.5	0.7
8	5.5	4.4	1.1
9	7.6	3.3	4.3
10	2.6	3.6	-1.0
11	4.7	4.7	0.0
12	6.3	3.6	2.7
13	6.3	4.2	2.1
14	3.9	4.9	-1.1
15	5.3	5.5	-0.2
16	5.5	2.6	2.9
17	7.6	2.6	5.0
18	2.4	2.0	0.4
19	7.2	2.7	4.5
20	2.0	4.7	-2.7
21	5.2	3.8	1.4
22	6.3	3.7	2.6
23	6.5	2.2	4.3
24	5.0	4.4	0.5
25	5.0	2.5	2.5
26	3.3	4.4	-1.2
27	8.5	5.0	3.5
28	6.3	5.1	1.2
29	4.8	2.2	2.6
30	5.6	2.2	3.4
31	2.8	3.9	-1.1
32	1.6	3.0	-1.4
33	2.8	4.0	-1.2
34	5.6	4.7	0.9
35	4.2	4.3	-0.1
36	3.5	4.6	-1.1
37	5.6	4.1	1.5
38	4.2	4.6	-0.4
39	2.8	4.8	-2.0
40	5.6	3.7	1.9
41	4.2	4.6	-0.4
42	0.0	2.7	-2.7
43	0.7	2.2	-1.5
44	0.0	2.1	-2.1
45	1.4	2.7	-1.3
46	3.5	4.4	-0.9
47	3.5	3.9	-0.4
48	3.5	4.2	-0.7
49	4.0	1.6	2.4
50	1.6	2.0	-0.4
51	2.4	2.5	-0.1
52	4.6	4.8	-0.2
53	5.2	5.1	0.1

INDICADORES DE AJUSTE DE Eto

	Tanq. Evap. mm/día	M. Torthwa mm/día	Dif mm/día
N	Xe	Xo	Xe - Xo
54	3.9	2.5	1.4
55	5.6	2.3	3.3
56	1.6	2.2	-0.6
57	2.1	2.5	-0.4
58	6.4	2.5	3.9
59	3.3	4.2	-0.9
60	5.6	2.5	3.1
61	3.2	3.8	-0.6
62	2.4	2.3	0.1
63	1.6	2.1	-0.5
64	4.0	2.3	1.7
65	5.6	6.3	-0.7
66	5.6	2.5	3.1
67	5.6	2.5	3.1
68	2.4	2.6	-0.2
69	5.6	5.4	0.2
70	1.6	2.8	-1.2
71	4.0	2.3	1.7
72	4.0	2.1	1.9
73	2.8	3.4	-0.6
Suma	307.9	228.8	79.1
Promedio	4.2	3.1	1.1

INDICADORES DE AJUSTE DE Eto

	Tanq. Evap. mm/día	M. Hargreave mm/día	Dif mm/día
N	Xe	Xo	Xe - Xo
54	3.9	5.1	-1.2
55	5.6	2.5	3.1
56	1.6	2.7	-1.1
57	2.1	3.8	-1.7
58	6.4	3.3	3.1
59	3.3	5.4	-2.1
60	5.6	3.0	2.6
61	3.2	2.6	0.6
62	2.4	1.8	0.6
63	1.6	1.5	0.1
64	4.0	2.1	1.9
65	5.6	2.3	3.3
66	5.6	3.4	2.2
67	5.6	3.0	2.6
68	2.4	2.8	-0.4
69	5.6	2.5	3.1
70	1.6	3.5	-1.9
71	4.0	1.6	2.4
72	4.0	1.4	2.6
73	2.8	4.3	-1.5
Suma	307.9	255.5	52.3
Promedio	4.2	3.5	0.7

FORMULAS UTILIZADAS:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_e - X_o)^2}$$

Donde:

RMSE Error cuadrático medio
Xe Valores estimados por el modelo.
Xo Valores observados.
N Número de datos

$$RD = \frac{RMSE}{\bar{X}_o} \times 100$$

Donde:

Xo Promedio de los valores observados
RD Diferencia relativa
RMSE Error cuadrático medio

% DIFERENCIA RELATIVA DE Eto ENTRE

Tanque- THORTHWAITE	
RMSE =	1.04
RD=	33.2 %
Tanque- HARGREAVES	
RMSE =	1.18
RD=	33.7 %

ANEXO 19

Radiación extraterrestre diaria (Ra) para diferentes latitudes para el día 15vo del mes, en MJ m⁻² día⁻¹

Latitud Grad.	Hemisferio Sur											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
70	41,4	28,6	15,8	4,9	0,2	0,0	0,0	2,2	10,7	23,5	37,3	45,3
68	41,0	29,3	16,9	6,0	0,8	0,0	0,0	3,2	11,9	24,4	37,4	44,7
66	40,9	30,0	18,1	7,2	1,5	0,1	0,5	4,2	13,1	25,4	37,6	44,1
64	41,0	30,8	19,3	8,4	2,4	0,6	1,2	5,3	14,4	26,3	38,0	43,9
62	41,2	31,5	20,4	9,6	3,4	1,2	2,0	6,4	15,5	27,2	38,3	43,9
60	41,5	32,3	21,5	10,8	4,4	2,0	2,9	7,6	16,7	28,1	38,7	43,9
58	41,7	33,0	22,6	12,0	5,5	2,9	3,9	8,7	17,9	28,9	39,1	44,0
56	42,0	33,7	23,6	13,2	6,6	3,9	4,9	9,9	19,0	29,8	39,5	44,1
54	42,2	34,3	24,6	14,4	7,7	4,9	6,0	11,1	20,1	30,6	39,9	44,3
52	42,5	35,0	25,6	15,6	8,8	6,0	7,1	12,2	21,2	31,4	40,2	44,4
50	42,7	35,6	26,6	16,7	10,0	7,1	8,2	13,4	22,2	32,1	40,6	44,5
48	42,9	36,2	27,5	17,9	11,1	8,2	9,3	14,6	23,3	32,8	40,9	44,5
46	43,0	36,7	28,4	19,0	12,3	9,3	10,4	15,7	24,3	33,5	41,1	44,6
44	43,2	37,2	29,3	20,1	13,5	10,5	11,6	16,8	25,2	34,1	41,4	44,6
42	43,3	37,7	30,1	21,2	14,6	11,6	12,8	18,0	26,2	34,7	41,6	44,6
40	43,4	38,1	30,9	22,3	15,8	12,8	13,9	19,1	27,1	35,3	41,8	44,6
38	43,4	38,5	31,7	23,3	16,9	13,9	15,1	20,2	28,0	35,8	41,9	44,5
36	43,4	38,9	32,4	24,3	18,1	15,1	16,2	21,2	28,8	36,3	42,0	44,4
34	43,4	39,2	33,0	25,3	19,2	16,2	17,4	22,3	29,6	36,7	42,0	44,3
32	43,3	39,4	33,7	26,3	20,3	17,4	18,5	23,3	30,4	37,1	42,0	44,1
30	43,1	39,6	34,3	27,2	21,4	18,5	19,6	24,3	31,1	37,5	42,0	43,9
28	43,0	39,8	34,8	28,1	22,5	19,7	20,7	25,3	31,8	37,8	41,9	43,6
26	42,8	39,9	35,3	29,0	23,5	20,8	21,8	26,3	32,5	38,0	41,8	43,3
24	42,5	40,0	35,8	29,8	24,6	21,9	22,9	27,2	33,1	38,3	41,7	43,0
22	42,2	40,1	36,2	30,6	25,6	23,0	24,0	28,1	33,7	38,4	41,4	42,6
20	41,9	40,0	36,6	31,3	26,6	24,1	25,0	28,9	34,2	38,6	41,2	42,1
18	41,5	40,0	37,0	32,1	27,5	25,1	26,0	29,8	34,7	38,7	40,9	41,7
16	41,1	39,9	37,2	32,8	28,5	26,2	27,0	30,6	35,2	38,7	40,6	41,2
14	40,6	39,7	37,5	33,4	29,4	27,2	27,9	31,3	35,6	38,7	40,2	40,6
12	40,1	39,6	37,7	34,0	30,2	28,1	28,9	32,1	36,0	38,6	39,8	40,0
10	39,5	39,3	37,8	34,6	31,1	29,1	29,8	32,8	36,3	38,5	39,3	39,4
8	38,9	39,0	37,9	35,1	31,9	30,0	30,7	33,4	36,6	38,4	38,8	38,7
6	38,3	38,7	38,0	35,6	32,7	30,9	31,5	34,0	36,8	38,2	38,2	38,0
4	37,6	38,3	38,0	36,0	33,4	31,8	32,3	34,6	37,0	38,0	37,6	37,2
2	36,9	37,9	38,0	36,4	34,1	32,6	33,1	35,2	37,1	37,7	37,0	36,4
0	36,2	37,5	37,9	36,8	34,8	33,4	33,9	35,7	37,2	37,4	36,3	35,6

NOTA: Para convertir éstos valores a mm/día, dividir para un valor de Lambda=2.45

ANEXO 20.1 Registro de datos del muestreo de la producción de fréjol fresco en vaina de la unidad experimental 1

PROYECTO: Efecto de tres frecuencias de riego por goteo en la producción del cultivo de fréjol (Phaseolus vulgaris L.), según la evaporación del tanque evaporímetro clase A

TESISTA-MAESTRIA EN RIEGO: Ing. Jorge Sívicas Caraguay

DIRECTOR TESIS: Ing. Temístocles Maldonado, Mg. Sc.

Fecha: 17/11/2012

		TRATAMIENTO 2														REGISTRO MUESTREO			Lat # 1	Lat # 5							
# emisor	#P	LATERAL # 2						LATERAL # 3						LATERAL # 4						TRATAMIENTO			#P	#P			
		HP (cm)	CF (cm)	PR (cm)	# Vainas por Planta muestra	Vainas vanas	W en vaina (gr)	#P	HP (cm)	CF (cm)	PR (cm)	# Vainas por Planta muestra	Vainas vanas	W en vaina (gr)	#P	HP (cm)	CF (cm)	PR (cm)	# Vainas por Planta muestra	Vainas vanas	W en vaina (gr)	W en vaina (gr)			# granos de 25 vainas	W de 126 granos (gr)	
1	2							1							2											2	2
2	1							PLANTAS DE EFECTO DE BORDE						PLANTAS DE EFECTO DE BORDE									2	1			
3	2							2							2											2	2
4	2							1							2											1	2
5	2							2							2											2	1
6	1	45	50	10	10	3	95	2	45	50	12	14	2	103	2	40	40	15	11	3	85				1	2	
7	2							2							2											2	2
8	1							2							2											2	2
9	2							2							2											1	2
10	2	50	50	10	9	1	82	2	45	66	10	16	6	105	2	45	50	12	19	4	112				2	2	
11	2							1							2											2	2
12	2							2							2											2	1
13	2							1							1											1	1
14	1	48	60	10	13	3	122	2	45	50	11	16	8	102	2	40	50	18	32	1	206				2	2	
15	1							2							1											2	2
16	2							2							1											2	1
17	2							2							2											2	2
18	2	42	60	12	15	3	134	2	45	45	11	16	5	132	2	45	48	10	10	3	81				2	2	
19	2							1																		1	2
20	2							2							2											1	2
21	2							2							2											1	2
22	2	50	60	13	19	3	139	2	50	60	10	18	2	139	2	40	50	12	10	1	89				2	2	
23	2							2							2											2	1
24	2							2							2											2	2
25	2							2							1											2	2
26	2	45	50	10	10	1	85	2	50	50	10	25	3	140	2	48	47	15	23	2	204				2	2	
27		PLANTAS DE EFECTO DE BORDE						2 PLANTAS DE EFECTO DE BORDE						2 PLANTAS DE EFECTO DE BORDE									2	1			
28																				262	126	131					
Σ	47				76	14	657	48				105	26	721	48				105	14	777				47	47	
Pm		46.7	55.0	10.8	10.9	2.3	8.6		46.7	53.5	10.7	17.5	4.3	6.9		43.0	47.5	13.7	17.5	2.3	7.4						
alt. Plant prom=		45.4 cm		prof. raíz prom=		11.7		Peso en vaina muestra verde=		2.2 kg		# de vainas vanas/planta		0.00		Peso 100 grano:		104		total plantas							
ancho foliar prom=		52 cm		# vainas/planta		15.3		# grano/vaina		5.0		tratam		237													

SIMBOLOGIA: HP: altura planta. CP: Cobertura Foliar #P: # de plantas. PR: Profundidad de la raíz. W: peso

ANEXO 20.2 Registro de datos del muestreo de la producción de fréjol fresco en vaina de la unidad experimental 2

PROYECTO: Efecto de tres frecuencias de riego por goteo en la producción del cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.), según la evaporación del tanque evaporimetro clase A

TESISTA-MAESTRIA EN RIEGO: Ing. Jorge Sivisaca Caraguay

DIRECTOR TESIS: Ing. Temístocles Maldonado, Mg. Sc.

Fecha: 17/11/2012

		TRATAMIENTO 2																		REGISTRO MUESTREO			Lat # 6	Lat # 10			
# emisor	#P	LATERAL # 7						LATERAL # 8						LATERAL # 9						TRATAMIENTO			#P	#P			
		HP (cm)	CF (cm)	PR (cm)	# Vainas por Planta muestra	Vainas vanas	W en vaina (gr)	#P	HP (cm)	CF (cm)	PR (cm)	# Vainas por Planta muestra	Vainas vanas	W en vaina (gr)	#P	HP (cm)	CF (cm)	PR (cm)	# Vainas por Planta muestra	Vainas vanas	W en vaina (gr)	W en vaina (gr)			# granos de 25 vainas	W de 123 granos (gr)	
1	1							2							2										2	2	
2	1							2	PLANTAS DE EFECTO DE BORDE						2	PLANTAS DE EFECTO DE BORDE									2	2	
3	2							2							2										2	2	
4	2							1							2										2	1	
5	2							2							2										2	2	
6	2	45	45	12	9	2	73	2	45	50	10	6	3	44	1	50	50	10	25	4	228			2	2		
7	2							2							2										2	2	
8	1							2							1										2	2	
9	2							2							2										2	2	
10	2	40	46	9	11	1	90	2	45	52	11	12	2	82	1	45	45	10	11	5	83			2	3		
11	2							2							1										2	2	
12	2							2							2										2	2	
13	2							2							1										2	2	
14	2	40	50	13	10	5	80	1	40	50	11	19	3	111	1	40	50	12	10	0	83			2	2		
15	2							2							2										2	2	
16	2							2							1										2	2	
17	2							2							3										1	2	
18	1	40	45	11	13	4	103	2	42	50	13	8	2	59	2	45	50	10	12	5	160			2	1		
19	2							2							2										2	2	
20	2							2							2										2	2	
21	2														2										2	2	
22	2	40	40	14	19	2	120	2	40	50	15	13	2	121	1	45	55	11	11	0	74			2	1		
23	2							1							2										2	2	
24	3							2							1										2	1	
25	2							2							1										2	2	
26	2	45	45	14	18	2	116	2	40	40	14	15	4	140	2	46	58	16	23	4	201			2	2		
27	2	PLANTAS DE EFECTO DE BORDE						116	2	PLANTAS DE EFECTO DE BORDE						2	PLANTAS DE EFECTO DE BORDE									2	2
28																						253	123	143			
Σ	51				80	16	582	49				73	16	557	45				92	18	829			53	51		
Pm		41.7	45.2	12.2	11.4	2.7	7.3		42.0	48.7	12.3	12.2	2.7	7.6		45.2	51.3	11.5	15.3	3.0	9.0	R V/G=	2.06	1.16			
		alt. Plant prom= 42.9 cm		prof. raíz prom=		12		Peso en vaina muestra verde=		2.0 kg		# de vainas vanas/planta		0.00		Peso 100 grano:		116.3		total plantas				tratam 249			
		ancho foliar prom= 48.4 cm		# vainas/planta		13		# grano/vaina		4.9																	

SIMBOLOGIA: HP: altura planta. CP: Cobertura foliar #P: # de plantas. PR: Profundidad de la raíz. W: peso

ANEXO 20.3 Registro de datos del muestreo de la producción de fréjol fresco en vaina de la unidad experimental 3

PROYECTO: Efecto de tres frecuencias de riego por goteo en la producción del cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.), según la evaporación del tanque evaporímetro clase A

TESISTA-MAESTRIA EN RIEGO: Ing. Jorge Svisaca Caraguay

DIRECTOR TESIS: Ing. Temístocles Maldonado, Mg. Sc.

Fecha: 17/11/2012

		TRATAMIENTO 2																		REGISTRO MUESTREO			Lat	Lat			
# emisor	#P	LATERAL # 12						LATERAL # 13						LATERAL # 14						TRATAMIENTO			# 11	# 15			
		HP (cm)	CF (cm)	PR (cm)	# Vainas por Planta muestra	Vainas vanas	W en vaina (gr)	#P	HP (cm)	CF (cm)	PR (cm)	# Vainas por Planta muestra	Vainas vanas	W en vaina (gr)	#P	HP (cm)	CF (cm)	PR (cm)	# Vainas por Planta muestra	Vainas vanas	W en vaina (gr)	W en vaina (gr)	# granos de 25 vainas	W de 122 granos (gr)	#P	#P	
1	2							2							2											2	1
2	2							PLANTAS DE EFECTO DE BORDE						PLANTAS DE EFECTO DE BORDE									2	2			
3	1							2							2											2	2
4	2							2							2											2	2
5	2							2							2											2	1
6	2	50	50	11	18	3	136	1	40	50	11	9	4	72	2	40	50	16	17	2	154					1	2
7	2							2							2											2	1
8	2							2							2											2	2
9	2							2							1											2	2
10	2	46	48	11	21	8	131	2	50	60	10	14	2	119	2	50	60	12	14	2	128					2	2
11	2							2							2											2	2
12	2							2							2											2	2
13	2							2							2											2	2
14	2	44	56	12	11	3	85	2	45	50	10	17	3	108	2	46	46	18	27	3	240					2	2
15	2							2							1											2	2
16	2							1							2											1	2
17	2							2							2											1	2
18	2	45	52	12	12	4	99	2	46	50	10	13	3	110	1	45	50	14	19	2	134					2	2
19	2							2							2											2	1
20	2							2							2											2	2
21	1							2							2											1	1
22	2	50	52	10	17	2	104	1	44	45	12	20	5	153	2	50	55	15	26	1	238					2	1
23	2							1							1											2	1
24	1							1							1											2	2
25	2							2							2											2	1
26	2	50	50	13	16	2	133	2	45	50	12	31	4	260	2	45	50	10	9	7	82					2	1
27	2	PLANTAS DE EFECTO DE BORDE						PLANTAS DE EFECTO DE BORDE						PLANTAS DE EFECTO DE BORDE									1	1			
28																											
Σ	51				95	22	688	49				104	21	822	46				112	17	976	265	122	135	49	44	
Pm		47.5	51.3	11.5	13.6	3.7	7.2		45.0	50.8	10.8	17.3	3.5	7.9		46.0	51.8	14.2	18.7	2.8	8.7	R V/G=	2.17	1.11			
alt. Plant prom=		46.2 cm		prof. raíz prom=		12.2		Peso en vaina muestra verde=		2.5 kg		# de vainas vanas/planta		0.00		Peso 100 grano:		110.7		total plantas				tratam		239	
área foliar prom=		51.3 cm		# vainas/planta		16.5		# grano/vaina		4.9																	

SIMBOLOGIA: HP: altura planta. CP: Cobertura Foliar #P: # de plantas. PR: Profundidad de la raíz. W: peso

ANEXO 20.4 Registro de datos del muestreo de la producción de fréjol fresco en vaina de la unidad experimental 4

PROYECTO: Efecto de tres frecuencias de riego por goteo en la producción del cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.), según la evaporación del tanque evaporímetro clase A

TESISTA-MAESTRIA EN RIEGO: Ing. Jorge Sivasaca Caraguay

DIRECTOR TESIS: Ing. Temístocles Maldonado, Mg. Sc.

Fecha 17/11/2012

		TRATAMIENTO 2																		REGISTRO MUESTREO			Lat	Lat		
# emisor	#P	LATERAL # 17						LATERAL # 18						LATERAL # 19						TRATAMIENTO			#P	#P		
		HP (cm)	CF (cm)	PR (cm)	# Vainas por Planta muestra	Vainas vanas	W en vaina (gr)	#P	HP (cm)	CF (cm)	PR (cm)	# Vainas por Planta muestra	Vainas vanas	W en vaina (gr)	#P	HP (cm)	CF (cm)	PR (cm)	# Vainas por Planta muestra	Vainas vanas	W en vaina (gr)	W en vaina (gr)	# granos de 25 vainas	W de 125 granos (gr)	#P	#P
1	1							2							2										1	2
2	2							2	PLANTAS DE EFECTO DE BORDE						2	PLANTAS DE EFECTO DE BORDE									2	2
3	2							2							2										2	2
4	2							2							2										2	2
5	2							1							2										2	2
6	1	44	40	14	24	2	224	2	47	53	20	20	1	145	1	44	41	12	8	4	74				2	2
7	1							2							2										2	1
8	2							1							2										2	2
9	2							2							2										2	2
10	2	48	54	16	26	1	240	2	41	44	11	19	5	191	2	43	60	11	14	3	129				1	2
11	2							2							2										1	2
12	2							2							1										2	2
13	2							2							2										2	2
14	2	36	38	14	10	6	72	2	42	50	15	15	3	148	2	43	60	14	35	3	259				1	2
15	1							2							2										2	2
16	2							2							2										2	1
17	2							1							2										2	2
18	2	40	45	13	19	0	182	2	44	43	17	23	1	155	1	50	57	16	20	5	190				2	1
19	2							2							2										2	2
20	2							2							1										2	2
21	1							2							1										2	2
22	2	57	54	13	18	1	162	2	46	58	15	14	2	107	2	43	48	18	27	5	214				1	2
23	2							2							2										2	1
24	1							2							1										2	2
25	2							2							2										2	2
26		50	44	14	11	0	94	2	33	36	12	30	4	302	1	42	48	15	24	2	180				2	2
27		PLANTAS DE EFECTO DE BORDE							PLANTAS DE EFECTO DE BORDE							PLANTAS DE EFECTO DE BORDE										
28		PLANTAS DE EFECTO DE BORDE							PLANTAS DE EFECTO DE BORDE							PLANTAS DE EFECTO DE BORDE						292	125	149		
Σ	44				108	10	974	49				121	16	1048	45				128	22	1046				49	49
Pm		45.8	45.8	14.0	15.4	1.7	9.0		42.2	47.3	15.0	20.2	2.7	8.7		44.2	52.3	14.3	21.3	3.7	8.2	R V/G=	2.34	1.19		
alt. Plant prom=		44.1 cm		prof. raíz prom=		14.4		Peso en vaina muestra verde=		3.1 kg		# de vainas vanas/planta		0.00		Peso 100 granos:		119.2		total plantas						
área foliar prom=		48.5 cm		# vainas/planta		19		# grano/vaina		5.0		tratam		236												

SIMBOLOGIA: HP: altura planta. CP: Cobertura Foliar #P: # de plantas. PR: Profundidad de la raíz. W: peso

ANEXO 20.5 Registro de datos del muestreo de la producción de fréjol fresco en vaina de la unidad experimental 5

PROYECTO: Efecto de tres frecuencias de riego por goteo en la producción del cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.), según la evaporación del tanque evaporímetro clase A

TESISTA-MAESTRIA EN RIEGO: Ing. Jorge Sívicas Caraguay

DIRECTOR TESIS: Ing. Temístocles Maldonado, Mg. Sc.

Fecha: 17/11/2012

		TRATAMIENTO 3																		REGISTRO MUESTREO			Lat # 1	Lat # 5		
# emisor	#P	LATERAL # 2						LATERAL # 3						LATERAL # 4						TRATAMIENTO			#P	#P		
		HP (cm)	CF (cm)	PR muestra (cm)	# Vainas por Planta muestra	Vainas vanas	W en vaina (gr)	#P	HP (cm)	CF (cm)	PR muestra (cm)	# Vainas por Planta muestra	Vainas vanas	W en vaina (gr)	#P	HP (cm)	CF (cm)	PR muestra (cm)	# Vainas por Planta muestra	Vainas vanas	W en vaina (gr)	W en vaina (gr)			# granos de 25 vainas	W de 119 granos (gr)
1	1																								2	2
2	2	PLANTAS DE EFECTO DE BORDE						PLANTAS DE EFECTO DE BORDE						PLANTAS DE EFECTO DE BORDE									2	2		
3	2																								2	2
4	2																								2	2
5	2																								2	2
6	2	46	50	15	20	4	138	1	55	50	14	19	5	176	2	40	50	14	14	0	73			2	2	
7	2																								2	2
8	2																								2	2
9	1																								2	2
10	2	45	60	14	19	0	103	1	50	60	15	15	0	91	2	45	55	14	9	0	85			2	2	
11	2																								2	1
12	2																								2	2
13	2																								2	2
14	2	60	50	14	20	0	137	1	40	40	14	13	0	82	1	50	50	20	16	0	116			1	2	
15	2																								2	2
16	1																								2	2
17	2																								2	2
18	2	50	60	15	17	0	135	2	50	60	15	15	1	86	1	45	60	16	10	7	68			2	2	
19	2																								2	1
20	2																								2	2
21	1																								2	2
22	2	45	45	14	16	0	120	2	45	55	15	8	6	72	2	45	60	16	16	1	132			2	2	
23	2																								2	2
24	2																								2	2
25	1																								2	2
26	1	50	50	14	14	2	108	2	50	60	15	20	0	149	2	50	60	14	16	4	120			1	1	
27		PLANTAS DE EFECTO DE BORDE						PLANTAS DE EFECTO DE BORDE						PLANTAS DE EFECTO DE BORDE									2	2		
28		PLANTAS DE EFECTO DE BORDE						PLANTAS DE EFECTO DE BORDE						PLANTAS DE EFECTO DE BORDE						264	119	132				
Σ	46				106	6	741	46				90	12	656	48				81	12	594			50	51	
Pm		49.3	52.5	14.3	17.7	1.0	7.0		48.3	54.2	14.7	15.0	2.0	7.3		45.8	55.8	15.7	13.5	2.0	7.3	R V/G=	2.22	1.11		
alt. Plant prom=		47.8 cm		prof. raíz prom=		14.9		Peso en vaina muestra verde=		2.0 kg		# de vainas vanas/planta		0.00		Peso 100 granos		110.9		total plantas		tratam		241		
área foliar prom=		54.2 cm		# vainas/planta		15.4		# grano/vaina		4.8																

SIMBOLOGÍA: HP: altura planta. CP: Cobertura Foliar #P: # de plantas. PR: Profundidad de la raíz. W: peso

ANEXO 20.6 Registro de datos del muestreo de la producción de fréjol fresco en vaina de la unidad experimental 6

PROYECTO: Efecto de tres frecuencias de riego por goteo en la producción del cultivo de fréjol (Phaseolus vulgaris L.), según la evaporación del tanque evaporímetro clase A

TESISTA-MAESTRIA EN RIEGO: Ing. Jorge Sivilsaca Caraguay

DIRECTOR TESIS: Ing. Temístocles Maldonado, Mg. Sc.

Fecha: 17/11/2012

		TRATAMIENTO 3															REGISTRO MUESTREO			Lat # 6	Lat # 10							
# emisor	#P	LATERAL # 7						LATERAL # 8						LATERAL # 9						TRATAMIENTO			#P	#P				
		HP (cm)	CF (cm)	PR muestra (cm)	# Vainas por Planta muestra	Vainas vanas	W en vaina (gr)	#P	HP (cm)	CF (cm)	PR muestra (cm)	# Vainas por Planta muestra	Vainas vanas	W en vaina (gr)	#P	HP (cm)	CF (cm)	PR muestra (cm)	# Vainas por Planta muestra	Vainas vanas	W en vaina (gr)	W en vaina (gr)			# granos de 25 vainas	W de 113 granos (gr)		
1	2							1							1										2	2		
2	2	PLANTAS DE EFECTO DE BORDE						PLANTAS DE EFECTO DE BORDE						PLANTAS DE EFECTO DE BORDE									1	2				
3	2							1							2										2	2		
4	1							2							2										2	2		
5	2							2							2										2	2		
6	2	36	38	8	8	2	50	2	40	45	10	6	2	53	2	45	40	10	13	1	78				1	2		
7	2							2							2										2	2		
8	2							2							2										2	2		
9	2							2							2										2	2		
10	2	33	36	6	10	1	57	2	38	40	11	11	3	64	2	50	50	14	12	2	120				2	2		
11	2							2							2										2	2		
12	2							2							2										2	2		
13	1							2							2										1	1		
14	2	45	40	8	13	1	89	2	45	50	12	10	2	83	2	45	50	10	9	1	70				2	2		
15	2							2							2										2	1		
16	2							2							2										2	2		
17	1							1							2										2	2		
18	1	42	50	9	24	1	205	2	35	40	11	7	2	52	2	45	45	10	12	3	90				2	2		
19	2							2							2										3	2		
20	2							2							1										2	2		
21	2							2							1										2	2		
22	2	45	50	10	21	3	146	2	45	50	12	20	2	127	1	45	45	12	21	3	158				2	2		
23	2							2							2											2		
24	2							2							1										2	2		
25	2							2							1										2	2		
26	2	45	45	11	8	1	58	2	44	50	11	12	0	83	2	45	45	10	9	0	69				1	1		
27		PLANTAS DE EFECTO DE BORDE						PLANTAS DE EFECTO DE BORDE						PLANTAS DE EFECTO DE BORDE										2				
28		PLANTAS DE EFECTO DE BORDE						PLANTAS DE EFECTO DE BORDE						PLANTAS DE EFECTO DE BORDE						245	113	122						
Σ	48				84	9	605	51				66	11	462	48				76	10	585				47	49		
Pm		41.0	43.2	8.7	14.0	1.5	7.2		41.2	45.8	11.2	11.0	1.8	7.0		45.8	45.8	11.0	12.7	1.7	7.7	R V/G=	2.17	1.08				
alt. Plant prom=		42.7 cm			prof. raíz prom=			10.3			Peso en vaina muestra verde=			1.7 kg			# de vainas vanas/planta			0.00			Peso 100 granc		108		total plantas	
área foliar prom=		44.9 cm			# vainas/planta			12.6															# grano/vaina		4.5		tratam 243	

SIMBOLOGIA: HP: altura planta. CP: Cobertura foliar #P: # de plantas. PR: Profundidad de la raíz. W: peso

ANEXO 20.7 Registro de datos del muestreo de la producción de fréjol fresco en vaina de la unidad experimental 7

PROYECTO: Efecto de tres frecuencias de riego por goteo en la producción del cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.), según la evaporación del tanque evaporímetro clase A

TESISTA-MAESTRIA EN RIEGO: Ing. Jorge Svisaca Caraguay

DIRECTOR TESIS: Ing. Temístocles Maldonado, Mg. Sc.

Fecha: 17/11/2012

		TRATAMIENTO 3															REGISTRO MUESTREO			Lat	Lat						
# emisor	#P	LATERAL # 12						LATERAL # 13						LATERAL # 14						TRATAMIENTO			# 11	# 15			
		HP (cm)	CF (cm)	PR muestra (cm)	# Vainas por Planta muestra	Vainas vanas	W en vaina (gr)	#P	HP (cm)	CF (cm)	PR muestra (cm)	# Vainas por Planta muestra	Vainas vanas	W en vaina (gr)	#P	HP (cm)	CF (cm)	PR muestra (cm)	# Vainas por Planta muestra	Vainas vanas	W en vaina (gr)	W en vaina (gr)	# granos de 25 vainas	W de 115 granos (gr)	#P	#P	
1	2							2							2											2	2
2	1	PLANTAS DE EFECTO DE BORDE						PLANTAS DE EFECTO DE BORDE						PLANTAS DE EFECTO DE BORDE									2	2			
3	2							2							2											2	2
4	2							2							2											2	2
5	2							2							2											2	2
6	2	40	50	12	34	0	211	2	45	50	10	11	3	98	2	38	50	12	14	1	90				2	2	
7								1							2											2	2
8	1							2							2											2	2
9	2							2							2											2	2
10	2	42	60	15	13	2	114	2	43	50	17	11	1	87	2	50	65	12	16	0	117				2	2	
11	2							2							2											2	2
12	2							2							2											2	2
13	2							1							2											2	1
14	2	40	55	10	13		97	2	44	50	15	27	2	201	2	46	60	14	18	2	167				1	2	
15	2							2							2											2	2
16	2							1							2											2	2
17	2							2							2											2	2
18	1	40	47	10	8	2	63	2	43	48	14	16	2	105	2	43	55	12	10	3	83				2	2	
19	2														2											2	2
20	2							2							2											2	1
21	2							2							2											2	2
22	2	45	50	14	23	4	188	2	50	50	12	12	5	101	2	46	60	13	21	2	170				2	2	
23	2							2							2											2	2
24	2							2							2											2	2
25	2							2							1											2	2
26	1	43	50	10	16	2	136	2	45	55	13	16	2	122	2	46	56	12	11	1	89				2	1	
27		PLANTAS DE EFECTO DE BORDE						PLANTAS DE EFECTO DE BORDE						PLANTAS DE EFECTO DE BORDE									1	1			
28																				237	115	118					
Σ	46				107	10	809	48				93	15	714	53				90		716				52	50	
Pm		41.7	52.0	11.8	17.8	1.7	7.6		45.0	50.5	13.5	15.5	2.5	7.7		44.8	57.7	12.5	15.0		8.0	R V/G=	2.06	1.03			
alt. Plant prom=		43.8 cm		prof. raíz prom=		12.6		Peso en vaina muestra verde=		2.2 kg		# de vainas vanas/planta		0.00		Peso 100 grano:		102.6		total plantas				tratam		249	
área foliar prom=		53.4 cm		# vainas/planta		16.1		# grano/vaina		4.6																	

SIMBOLOGÍA: HP: altura planta. CP: Cobertura foliar #P: # de plantas. PR: Profundidad de la raíz. W: peso

ANEXO 20.8 Registro de datos del muestreo de la producción de fréjol fresco en vaina de la unidad experimental 8

PROYECTO: Efecto de tres frecuencias de riego por goteo en la producción del cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.), según la evaporación del tanque evaporímetro clase A

TESISTA-MAESTRIA EN RIEGO: Ing. Jorge Sivisaca Caraguay

DIRECTOR TESIS: Ing. Temístocles Maldonado, Mg. Sc.

Fecha: 17/11/2012

		TRATAMIENTO 3															REGISTRO MUESTREO			Lat # 16	Lat # 20						
# emsior	#P	LATERAL # 17						LATERAL # 18						LATERAL # 19						TRATAMIENTO			#P	#P			
		HP (cm)	CF (cm)	PR muestra (cm)	# Vainas por Planta muestra	Vainas vanas	W en vaina (gr)	#P	HP (cm)	CF (cm)	PR muestra (cm)	# Vainas por Planta muestra	Vainas vanas	W en vaina (gr)	#P	HP (cm)	CF (cm)	PR muestra (cm)	# Vainas por Planta muestra	Vainas vanas	W en vaina (gr)	W en vaina (gr)			# granos de 25 vainas	W de 100 granos (gr)	
1	2							2							2											2	2
2	2	PLANTAS DE EFECTO DE BORDE						PLANTAS DE EFECTO DE BORDE						PLANTAS DE EFECTO DE BORDE									2	2			
3	2							2							2											2	2
4	1							2							2											1	2
5	2							2							2											2	2
6	2	40	57	12	10	3	91	2	42	50	14	12	0	84	2	40	45	12	9	6	77				2	2	
7	2							2							2											2	2
8	1							2							2											2	2
9	2							1							2											2	1
10	2	46	60	10	18	3	150	2	45	55	14	15	2	98	2	46	55	12	12	1	109				2	2	
11	1							1							2											2	2
12	1							2							2											1	2
13	2							2							1											2	2
14	2	45	50	9	14	4	109	2	40	50	16	12	2	81	2	43	55	15	15	0	145				2	2	
15	2							2							2											2	2
16	2							1							2											2	2
17	2							2							2											2	2
18	2	45	65	12	27	6	218	2	45	50	12	6	3	51	2	50	50	12	14	2	111				2	1	
19	2							2							2											2	2
20	2							2							2											2	2
21	2							2							2											2	2
22	2	50	60	10	23	4	164	2	50	50	8	16	0	110	2	45	50	11	12	3	92				2	2	
23	2							2							2											2	2
24	2							1							2											2	2
25	2							2							2											2	2
26	2	50	50	12	28	5	226	2	45	55	10	15	3	108	2	45	50	12	13	6	86				2	2	
27	2	PLANTAS DE EFECTO DE BORDE						PLANTAS DE EFECTO DE BORDE						PLANTAS DE EFECTO DE BORDE									2	2			
28																							210	100	105		
Σ	50				120	25	958	50				76	10	532	53				75	18	620				52	52	
Pm		46.0	57.0	10.8	20.0	4.2	8.0		44.5	51.7	12.3	12.7	1.7	7.0		44.8	50.8	12.3	12.5	3.0	8.3	R V/G=	2.10	1.05			
alt. Plant prom=		45.1 cm		prof. raíz prom=		11.8		Peso en vaina muestra verde=		2.1 kg		# de vainas vanas/planta		0.00		Peso 100 granos		105		total plantas							
área foliar prom=		53.2 cm		# vainas/planta		15.1		# grano/vaina		4.0		tratam		257													

SIMBOLOGIA: HP: altura planta. CP: Cobertura Foliar #P: # de plantas. PR: Profundidad de la raíz. W: peso

ANEXO 20.10 Registro de datos del muestreo de la producción de fréjol fresco en vaina de la unidad experimental 10

PROYECTO: Efecto de tres frecuencias de riego por goteo en la producción del cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.), según la evaporación del tanque evaporímetro clase A

TESISTA-MAESTRIA EN RIEGO: Ing. Jorge Sívicas Caraguay

DIRECTOR TESIS: Ing. Temístocles Maldonado, Mg. Sc.

Fecha: 17/11/2012

		TRATAMIENTO 1																		REGISTRO MUESTREO			Lat # 6	Lat # 10		
# emisor	#P	LATERAL # 7						LATERAL # 8						LATERAL # 9						TRATAMIENTO			#P	#P		
		HP (cm)	CF (cm)	PR muestra (cm)	# Vainas por Planta muestra	Vainas vanas	W en vaina (gr)	#P	HP (cm)	CF (cm)	PR muestra (cm)	# Vainas por Planta muestra	Vainas vanas	W en vaina (gr)	#P	HP (cm)	CF (cm)	PR muestra (cm)	# Vainas por Planta muestra	Vainas vanas	W en vaina (gr)	W en vaina (gr)			# granos de 25 vainas	W de 124 granos (gr)
1		PLANTAS DE EFECTO DE BORDE						PLANTAS DE EFECTO DE BORDE						PLANTAS DE EFECTO DE BORDE									2	2		
2	2	PLANTAS DE EFECTO DE BORDE						PLANTAS DE EFECTO DE BORDE						PLANTAS DE EFECTO DE BORDE									2	1		
3	1							1							1										2	2
4	2							2							2										1	2
5	2							2							2										2	2
6	2	45	58	12	27	4	268	2	48	56	11	15	4	96	2	47	51	14	32	5	257				2	2
7	1							2							2										1	1
8	2							2							2										2	2
9	2							2							2										2	2
10	1	45	56	10	19	4	188	1	48	50	12	14	1	118	1	45	60	10	17	3	135				2	2
11	1							1							2										1	1
12	2							2							2										2	2
13	1							2							2										2	2
14	1	43	55	12	12	4	104	1	50	50	12	23	5	176	2	52	56	12	22	6	159				2	2
15	2							1							2										1	2
16	2							2							2										2	2
17	2							2							2										1	2
18	2	40	54	17	21	2	188	2	55	48	10	20	3	132	1	53	57	18	24	8	191				2	2
19	2							2							2										2	1
20	2							2							2										1	2
21	2							2							2										2	2
22	2	55	60	12	27	3	203	2	48	56	13	15	3	117	2	60	60	11	21	5	174				2	1
23	2							1							1										2	2
24	2							1							1										1	2
25	2							2							2										2	2
26	2	47	58	11	18	4	169	1	50	50	13	30	4	183	2	46	58	11	21	0	116				2	1
27	2	PLANTAS DE EFECTO DE BORDE						PLANTAS DE EFECTO DE BORDE						PLANTAS DE EFECTO DE BORDE									2	2		
28		PLANTAS DE EFECTO DE BORDE						PLANTAS DE EFECTO DE BORDE						PLANTAS DE EFECTO DE BORDE						261	124	132				
Σ	46				124	21	1120	46				117	20	822	49				137	27	1032				47	48
Pm		45.8	56.8	12.3	17.7	3.5	9.0		49.8	51.7	11.8	19.5	3.3	7.0		50.5	57.0	12.7	22.8	4.5	7.5					
alt. Plant prom=		48.7 cm		prof. raíz prom=		12.3		Peso en vaina muestra verde=		3.0 kg		# de vainas vanas/planta		0.00		Peso 100 granos		106.5		total plantas						
área foliar prom=		55.2 cm		# vainas/planta		20		# grano/vaina		5.0		tratam		236												

SIMBOLOGIA: HP: altura planta. CP: Cobertura foliar #P: # de plantas. PR: Profundidad de la raíz. W: peso

ANEXO 20.11 Registro de datos del muestreo de la producción de fréjol fresco en vaina de la unidad experimental 11

PROYECTO: Efecto de tres frecuencias de riego por goteo en la producción del cultivo de fréjol (Phaseolus vulgaris L.), según la evaporación del tanque evaporímetro clase A

TESISTA-MAESTRIA EN RIEGO: Ing. Jorge Sivisaca Caraguay

DIRECTOR TESIS: Ing. Temístocles Maldonado, Mg. Sc.

Fecha: 17/11/2012

		TRATAMIENTO 1																		REGISTRO MUESTREO			Lat	Lat			
# emisor	#P	LATERAL # 12						LATERAL # 13						LATERAL # 14						TRATAMIENTO			#P	#P			
		HP (cm)	CF (cm)	PR (cm)	# Vainas por Planta muestra	Vainas vanas	W en vaina (gr)	#P	HP (cm)	CF (cm)	PR (cm)	# Vainas por Planta muestra	Vainas vanas	W en vaina (gr)	#P	HP (cm)	CF (cm)	PR (cm)	# Vainas por Planta muestra	Vainas vanas	W en vaina (gr)	W en vaina (gr)	# granos de 25 vainas	W de 122 granos (gr)	#P	#P	
1	1	PLANTAS DE EFECTO DE BORDE						2	PLANTAS DE EFECTO DE BORDE						1	PLANTAS DE EFECTO DE BORDE									2	2	
2	2	PLANTAS DE EFECTO DE BORDE						1	PLANTAS DE EFECTO DE BORDE						2	PLANTAS DE EFECTO DE BORDE									2	2	
3	2						2							2											1	2	
4	2						2							2											2	2	
5	1						2							2											2	2	
6	1	54	58	13	18	2	170	2	55	58	12	27	4	215	2	45	57	10	16	0	84				2	1	
7	2							1						2											1	2	
8	2							2						2											2	2	
9	2							2						2											1	2	
10	2	54	50	18	32	3	305	1	46	56	21	27	6	229	2	52	52	12	17	0	145				1	1	
11	2							2						2											2	2	
12	2							1						2											2	2	
13	2							2						2											1	1	
14	1	48	54	13	21	4	129	2	54	46	15	12	2	113	2	52	50	9	11	1	93				1	2	
15	2							2						1											2	1	
16	2							2						2											2	2	
17	2							1						2											1	2	
18	1	52	50	12	21	5	201	1	50	60	12	12	0	104	2	54	56	11	19	1	196				2	2	
19	2							2						2											2	2	
20	2							1						1											2	2	
21	2							2						1											2	2	
22	2	50	65	13	29	1	293	2	55	56	11	10	2	92	2	45	60	13	15	2	154				2	2	
23	2							2						2											1	2	
24	2							2						1											2	2	
25	2							1						2											2	2	
26	2	55	55	20	19	7	138	2	35	55	14	13	1	112	2	52	53	12	20	5	206				2	2	
27	1	PLANTAS DE EFECTO DE BORDE						1	PLANTAS DE EFECTO DE BORDE						2	PLANTAS DE EFECTO DE BORDE						280	122	139	2	1	
28																											
Σ	48				140	22	1236	45				101	15	865	49				98	9	878				46	49	
Pm		52.2	55.3	14.8	20.0	3.7	8.8		49.2	55.2	14.2	16.8	2.5	8.6		50.0	54.7	11.2	16.3	1.5	9.0	R V/G=	2.30	1.14			
alt. Plant prom=		50.4 cm		prof. raíz prom=		13.4		Peso en vaina muestra verde=		3.0 kg		# de vainas vanas/planta		0.00		Peso 100 granos		113.9		total plantas				tratam		237	
área foliar prom=		55.1 cm		# vainas/planta		17.7		# grano/vaina		4.9																	

SIMBOLOGIA: HP: altura planta. CP: Cobertura Foliar #P: # de plantas. PR: Profundidad de la raíz. W: peso

ANEXO 20.12 Registro de datos del muestreo de la producción de fréjol fresco en vaina de la unidad experimental 12

PROYECTO: Efecto de tres frecuencias de riego por goteo en la producción del cultivo de fréjol (Phaseolus vulgaris L.), según la evaporación del tanque evaporímetro clase A

TESISTA-MAESTRIA EN RIEGO: Ing. Jorge Sivisaca Caraguay

DIRECTOR TESIS: Ing. Temístocles Maldonado, Mg. Sc.

Fecha: 17/11/2012

		TRATAMIENTO 1																		REGISTRO MUESTREO			Lat	Lat			
# emisor	#P	LATERAL # 17						LATERAL # 18						LATERAL # 19						TRATAMIENTO			# 16	# 20			
		HP (cm)	CF (cm)	PR muestra (cm)	# Vainas por Planta muestra	Vainas vanas	W en vaina (gr)	#P	HP (cm)	CF (cm)	PR muestra (cm)	# Vainas por Planta muestra	Vainas vanas	W en vaina (gr)	#P	HP (cm)	CF (cm)	PR muestra (cm)	# Vainas por Planta muestra	Vainas vanas	W en vaina (gr)	W en vaina (gr)	# granos de 25 vainas	W de 124 granos (gr)	#P	#P	
1		PLANTAS DE EFECTO DE BORDE						2	PLANTAS DE EFECTO DE BORDE						2	PLANTAS DE EFECTO DE BORDE										2	2
2	2	PLANTAS DE EFECTO DE BORDE						2	PLANTAS DE EFECTO DE BORDE						2	PLANTAS DE EFECTO DE BORDE										2	2
3	2						2							2											1	2	
4	2						2							2											2	1	
5	1						1							2											1	2	
6	2	42	50	16	13	5	128	1	53	70	14	18	1	176	2	53	63	15	31	4	300					2	2
7	2							1							1										2	2	
8	2							2							2										1	1	
9	2							1							1										2	2	
10	1	60	60	18	15	1	149	2	54	57	13	13	5	133	2	52	57	14	21	5	207					2	1
11	2							2							2										1	2	
12	2							2							2										2	2	
13	1							2							2										2	1	
14	2	53	60	9	10	0	107	1	50	52	12	13	6	134	2	50	62	12	18	2	163					2	2
15	2							1							2										2	1	
16	1							2							2										2	2	
17	2							2							2										2	2	
18	2	55	60	16	17	5	116	2	57	49	14	33	6	306	2	56	56	10	23	2	182					2	2
19	2							2							1										1	2	
20	2							2							3										2	2	
21	2							2							1										1	2	
22	2	58	56	13	17	3	143	2	53	56	12	13	2	94	2	50	60	14	33	2	206					2	2
23	2							2							2										2	2	
24	2							2							1										1	1	
25	2							2							2										2	2	
26	2	54	60	12	13	0	129	2	53	56	14	24	0	192	2	44	50	14	21	2	186					2	2
27	2	PLANTAS DE EFECTO DE BORDE						2	PLANTAS DE EFECTO DE BORDE						2	PLANTAS DE EFECTO DE BORDE										2	2
28		PLANTAS DE EFECTO DE BORDE							PLANTAS DE EFECTO DE BORDE							PLANTAS DE EFECTO DE BORDE						289	124	141			
Σ	48				85	14	772	48				114	20	1035	48				147	17	1244				47	48	
Pm		53.7	57.7	14.0	12.1	2.3	9.1		53.3	56.7	13.2	19.0	3.3	9.1		50.8	58.0	13.2	24.5	2.8	8.5						
		alt. Plant prom= 52.6 cm		prof. raíz prom= 13.4		Peso en vaina muestra verde= 3.1 kg		# de vainas vanas/planta 0.00		Peso 100 granos 113.7		total plantas tratam 239															
		área foliar prom= 57.4 cm		# vainas/planta 18.5		# grano/vaina 5.0																					

SIMBOLOGIA: HP: altura planta. CP: Cobertura Foliar #P: # de plantas. PR: Profundidad de la raíz. W: peso

ANEXO 21

Valor de F de la tabla valores críticos de la distribución t de student, para niveles de significancia de dos colas



Student

Niveles de Significancia DOS COLA

	0.500	0.250	0.200	0.100	0.050	0.025	0.020	0.010	0.005
1	1.00	2.41	3.08	6.31	12.71	25.45	31.82	63.68	127.32
2	0.82	1.60	1.89	2.92	4.30	6.21	6.98	9.92	14.09
3	0.76	1.42	1.64	2.35	3.18	4.18	4.54	5.84	7.45
4	0.74	1.34	1.53	2.13	2.78	3.50	3.75	4.60	5.60
5	0.73	1.30	1.48	2.02	2.57	3.16	3.36	4.03	4.77
6	0.72	1.27	1.44	1.94	2.45	2.97	3.14	3.71	4.32
7	0.71	1.25	1.41	1.89	2.38	2.84	3.00	3.50	4.03
8	0.71	1.24	1.40	1.86	2.31	2.75	2.90	3.38	3.83
9	0.70	1.23	1.38	1.83	2.26	2.69	2.82	3.25	3.69
10	0.70	1.22	1.37	1.81	2.23	2.63	2.76	3.17	3.58
11	0.70	1.21	1.36	1.80	2.20	2.59	2.72	3.11	3.50
12	0.70	1.21	1.36	1.78	2.18	2.56	2.68	3.05	3.43
13	0.69	1.20	1.35	1.77	2.16	2.53	2.65	3.01	3.37
14	0.69	1.20	1.35	1.76	2.14	2.51	2.62	2.98	3.33
15	0.69	1.20	1.34	1.75	2.13	2.49	2.60	2.95	3.29
16	0.69	1.19	1.34	1.75	2.12	2.47	2.58	2.92	3.25
17	0.69	1.19	1.33	1.74	2.11	2.46	2.57	2.90	3.22
18	0.69	1.19	1.33	1.73	2.10	2.45	2.55	2.88	3.20
19	0.69	1.19	1.33	1.73	2.09	2.43	2.54	2.86	3.17
20	0.69	1.18	1.33	1.72	2.09	2.42	2.53	2.85	3.15
21	0.69	1.18	1.32	1.72	2.08	2.41	2.52	2.83	3.14
22	0.69	1.18	1.32	1.72	2.07	2.41	2.51	2.82	3.12
23	0.69	1.18	1.32	1.71	2.07	2.40	2.50	2.81	3.10
24	0.68	1.18	1.32	1.71	2.06	2.39	2.49	2.80	3.09
25	0.68	1.18	1.32	1.71	2.06	2.38	2.49	2.79	3.08
26	0.68	1.18	1.31	1.71	2.06	2.38	2.48	2.78	3.07
27	0.68	1.18	1.31	1.70	2.05	2.37	2.47	2.77	3.06
28	0.68	1.17	1.31	1.70	2.05	2.37	2.47	2.76	3.05
29	0.68	1.17	1.31	1.70	2.05	2.36	2.46	2.76	3.04
30	0.68	1.17	1.31	1.70	2.04	2.36	2.46	2.75	3.03
31	0.68	1.17	1.31	1.70	2.04	2.36	2.45	2.74	3.02
32	0.68	1.17	1.31	1.69	2.04	2.35	2.45	2.74	3.01
33	0.68	1.17	1.31	1.69	2.03	2.35	2.44	2.73	3.01
34	0.68	1.17	1.31	1.69	2.03	2.35	2.44	2.73	3.00
35	0.68	1.17	1.31	1.69	2.03	2.34	2.44	2.72	3.00
36	0.68	1.17	1.31	1.69	2.03	2.34	2.43	2.72	2.99
37	0.68	1.17	1.30	1.69	2.03	2.34	2.43	2.72	2.99
38	0.68	1.17	1.30	1.69	2.02	2.33	2.43	2.71	2.98
39	0.68	1.17	1.30	1.68	2.02	2.33	2.43	2.71	2.98
40	0.68	1.17	1.30	1.68	2.02	2.33	2.42	2.70	2.97
	0.250	0.125	0.100	0.050	0.025	0.013	0.010	0.005	0.003

ANEXO 22

MUESTREO DE LA PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE FRÉJOL DEL SR. CARLOS MACAS

PROYECTO: Cultivo realizado por el Sr. Carlos Macas, agricultor de la zona, bajo riego por goteo

MUESTREO POR: Ing. Jorge Sivilaca Caraguay

FECHA: 17-10-2012

LATERAL SUPERIOR												
#	B cm	HP (cm)	#P	PR (cm)	#Vainas Parc.	#Vainas Vanas	# vain	W en vaina	# granos	REL. Wv / Wg	W en grano	
1												
2	49	36	3	12	7+8+10		25	104	45	5.8	18	
4	50	41	3	10	6+9+7		22	160	74	2.0	82	
7	50	38	2	15	13+17		30	175	87	2.2	81	
10	49	43	3	9	7+4+7		18	99	50	2.3	43	
13	32	48	2	14	8+4		12	84	41	1.9	44	
16	30	30	1	10		8	8	43	20	3.6	12	
19	47	40	3	15	5+4+7		16	104	53	1.9	54	
22	46	42	3	13	3+12+9		24	132	69	2.0	67	
25	54	42	3	12	5+4+8		17	113	64	1.9	61	
SUMAT.			23			0	172	1014	503	2.2	462	
PRON	45	40		12	Peso vaina =		5.90	#granos /vaina	2.9	W 100 gr	91.8	

LATERAL MEDIO												
#	B cm	HP (cm)	#P	PR (cm)	#Vainas Parc.	#Vainas Vanas	# vain	W en vaina	# granos	REL. Wv / Wg	W en grano	
1	50	40	3	11	4+7+7	3	18	98	54	2.1	47	
3	29	39	2	9	6+6	7	12	66	38	1.9	35	
5	30	36	2	10	6+8	9	14	78	45	1.9	41	
7	29	40	2	15	6+8	5	14	86	43	2.0	43	
9	40	38	3	12	5+4+5	6	14	83	39	2.0	41	
11	19	29	2	10	4+7	1	11	51	31	2.0	26	
13	26	30	3	18	9+4+5	6	18	76	49	2.3	33	
15	51	35	5	9	3+4+3+6+4	12	20	93	60	1.9	49	
17	34	30	2	11	6+4	4	10	52	25	2.4	22	
19	42	35	5	10	4+5+3+3+4	12	19	98	49	2.2	44	
21	17	34	2	9		9	1	9	45	3.8	12	
23	30	29	3	8		8	4	8	28	2.2	13	
SUMAT.			34			70	167	854	459	2.1	406	
PRON	33	35		11	Peso vaina =		5.11	#granos /vaina	2.7	W 100 gr	88.5	

LATERAL FINAL												
#	B cm	HP (cm)	#P	PR (cm)	#Vainas Parc.	#Vainas Vanas	# vain	W en vaina	# granos	REL. Wv / Wg	W en grano	
1	38	43	3	11	2+9+7	4	18	131	60	2.0	67	
3	76	44	5	15	4+4+2+10+7	20	27	178	87	2.1	84	
5	50	40	3	15	6+6+13	12	25	140	90	2.0	71	
7	55	39	2	15	4+10	8	14	99	55	1.9	51	
9	29	31	3	10	3+4+6	3	13	54	29	2.2	25	
11	42	33	3	11	5+7+1	4	13	85	11	1.9	45	
13	28	33	2	11	7+5	1	12	59	11	2.1	28	
15	43	42	4	10	5+4+4+4	10	17	96	10	2.0	48	
SUMAT.			25			62	139	842	353	2.0	419	
PRON	45	38		12	Peso vaina =		6.06	#granos /vaina	2.5	W 100 gr	118.7	

RESUMEN	# plantas muestreadas (#P)	82	# de vainas muestreadas	478
	Cobertura foliar promedio	41 cm	promed de vainas/planta	5.8
	Altura planta promedio	38 cm	# vainas vanas /planta	1.61
	Profundidad raíz promedio	12 cm	#granos /vaina	2.7
	Peso de 100 granos promedio	99.7	Peso promed. /vaina	5.7

ANEXO 23

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA PRODUCCIÓN DE FRÉJOL FRESCO EN VAINA

	REPLICAS O REPETICIONES				SUMA	MEDIA
TRATAMIENTO	1	2	3	4		TRATAM.
1	2,71	2,71	2,98	3,05	11,45	2,86
2	2,16	1,97	1,97	3,07	9,16	2,29
3	1,99	1,65	2,24	2,11	7,99	2,00
SUMA	6,86	6,33	7,19	8,23	28,61	7,15
MEDIA UE	2,29	2,11	2,40	2,74	9,54	2,38

ANALISIS DE VARIANZA

Asimetria =	0,2444	con respecto a la media	
Desv. Estandar=	0,4924		
Suma Cuad. Desv	2,6669		
# de UE(N)=	12	CM Trat=	0,776
# de obs/tratam.	4	CM Repet=	0,213
# de obs/repet	3	CM error =	0,079
SDC Total =	2,67	Fcal Trat=	9,783
SDC Trat=	1,55	Fcal Repet=	2,691
SDC Repet=	0,64		
SDC error=	0,48		
Gl total =	11		
Gl Trat =	2		
Gl Repet =	3		
Gl error =	6		

TABLA DEL ANALISIS DE VARIANZA

CAUSAS DE VARIACION	GL	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	Fcal	F tab.
					5%
REPLICA	3	0,64	0,21	2,69	3,18
TRATAMIENTO	2	1,55	0,78	9,78	4,3
ERROR	6	0,48	0,08		
TOTAL	11				

Análisis estadístico de la producción del muestreo

Xi	Xi^2	S trat	S^2 trat	S repet	S^2 repet
2,71	7,35	11,45	131,1941	6,86	47,0322
2,71	7,35	9,16	83,8873	6,33	40,0942
2,98	8,87	7,99	63,8721	7,19	51,6386
3,05	9,31	suma	278,95	8,23	67,7164
2,16	4,64			suma	206,48
1,97	3,87				
1,97	3,87				
3,07	9,41				
1,99	3,96				
1,65	2,73				
2,24	5,01				
2,11	4,45				
	0,00				
	0,00				
	0,00				
	0,00				
	0,00				
	0,00				
	0,00				
	0,00				
suma	28,61	70,85			

Xi Réplicas o repeticiones

CONCLUSION:

Si se compara Fcal con Ftab: $2,691 < 3,18$; se determina que entre LAS REPETICIONES dadas en los tratamientos NO HAY DIFERENCIA.

Si se compara Fcal con Ftab: $9,783 > 4,3$; se determina que entre los TRATAMIENTOS SI HAY DIFERENCIA