



DETERMINACION DE LOS REQUERIMIENTOS HIDRICOS DEL CULTIVO DE
AJI DULCE *capsicum annum* A TRAVÉS DEL RIEGO POR GOTEIO EN EL
VALLE DEL SINÚ MEDIO

DIOSANA MILENA JARABA BRACAMONTE

LUIS JAVIER MEDINA OROZCO

UNIVERSIDAD DE SUCRE

FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA AGRICOLA

SINCELEJO

2002

DETERMINACION DE LOS REQUERIMIENTOS HIDRICOS DEL CULTIVO DE
AJI DULCE *capsicum annum* A TRAVÉS DEL RIEGO POR GOTEO EN EL
VALLE DEL SINÚ MEDIO

DIOSANA MILENA JARABA BRACAMONTE

LUIS JAVIER MEDINA OROZCO

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de
ingeniero Agrícola

DIRECTOR

CARLOS SANCHEZ VESGA I. Agrícola

CODIRECTOR

ALBERTO TATIS MONTES I. Agrícola

UNIVERSIDAD DE SUCRE

FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA AGRICOLA

SINCELEJO

2002

**UNICAMENTE LOS AUTORES SON RESPONSABLES DE LAS IDEAS
EXPUESTAS EN EL PRESENTE TRABAJO (ARTICULO 12, RESOLUCIÓN 004
DEL 2001 CONSEJO ACADEMICO)**

NOTA DE ACEPTACION

Presidente del jurado

Jurado

Jurado

A Dios....

*El amor y la verdad se darán cita, la paz y la
rectitud se besarán, la verdad brotará de la tierra y
la rectitud mirará desde el cielo. El Señor mismo
traerá la lluvia, y nuestra tierra dará su fruto.*

A mi Madre Audibeth Bracamonte

A mi Padre Filiberto Jaraba

A mi hermano Harold Farid Jaraba B.

A mis abuelos y tíos.

A todos mis amigos

DIOSANA

A Dios por permitirme ser profesional.

A mis padres Luis Javier y Celina por su apoyo y comprensión.

A mis hermanos Jorge Mario y Laura.

A mis amigos por su apoyo incondicional.

Y en fin, a todos los que de una u otra manera colaboraron con este trabajo.

Los quiero mucho...

LUIS JAVIER "Licho"

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a Dios y a sus padres, por brindarnos su fé, fortaleza y seguridad en este camino.

Al Centro de Investigaciones Agrícolas TURIPANÁ de CORPOICA, por brindarnos el apoyo y la colaboración para la realización de este proyecto y a la Universidad de Sucre, a través del Departamento de Ingeniería Agrícola por forjarnos como profesionales de éxito en esta área.

Carlos Sánchez Vesga Ing. Agrícola, investigador adjunto C.I. Turipaná y a Carlos Alberto Tatis, I.A. Docente Universidad de Sucre por su sincera y valiosa colaboración y dirección.

Judith Martinez Atencia I.A., por su apoyo y colaboración.

Graciliano Palencia y Teobaldis Mercado, docente Universidad de Córdoba, por su oportuna y sincera colaboración.

Norbey Marín, docente Universidad de Córdoba, por su colaboración en el análisis estadístico.

Antonio Martinez, Economista, por su colaboración en el análisis económico.

Lisandro Gonzalez, operario, por su valiosa y desinteresada colaboración durante la realización de la etapa de campo de la investigación.

A las familias Castillo Lozano, Arrieta Padilla y Arias Orozco, por su apoyo incondicional.

A Sugey Florez y Angelica Arrieta, I. Agrónomos por su amistad y apoyo.

A todos nuestro familiares que nos apoyaron durante la realización de este proyecto.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. MARCO REFERENCIAL	3
1.1 REQUERIMIENTOS HÍDRICOS DE LAS PLANTAS	3
1.2 BALANCE HÍDRICO	6
1.2.1 Información Básica para el Cálculo del Balance Hídrico	7
1.2.1.1 Precipitación (p)	7
1.2.1.2 Evapotranspiración (Etp)	8
1.2.2 Cálculo de la Evapotranspiración Potencial	9
1.2.2.1 Método de Penman Monteith	9
1.2.2.2 Coeficiente de transpiración del cultivo (kc)	11
1.2.2.3 Necesidades hídricas del cultivo o uso consuntivo	11
1.2.2.4 Capacidad de almacenamiento de agua en el suelo	11
1.2.3 Cálculo del Balance Hídrico	12
1.3 RIEGO POR GOTEÓ	12
1.3.1 Ventajas del Riego por Goteo	13
1.4 LOS RENDIMIENTOS DE LOS CULTIVOS Y EL RÉGIMEN DE HUMEDAD	13
1.5 EL CULTIVO DE AJÍ DULCE	14
1.5.1 Clasificación Botánica y Morfológica	14
1.5.2 Necesidades Hídricas de otros Cultivos	15
2. DISEÑO METODOLÓGICO	17
2.1 LOCALIZACIÓN	17
2.2 VARIABLES E INDICADORES	17

2.2.1 Variables Independientes	17
2.2.2 Variables Dependientes	19
2.3 PROCEDIMIENTO	20
2.4 PROCEDIMIENTO DE CAMPO	22
2.5 PROCESAMIENTO DE DATOS	25
2.5.1 Balance hídrico	25
2.5.2 Determinación del Coeficiente del Cultivo Kc	25
3. RESULTADOS Y DISCUSIONES	27
3.1 ETAPAS FENOLÓGICAS DEL CULTIVO	27
3.2 DURACIÓN DE LAS ETAPAS FENOLÓGICAS DEL CULTIVO DE AJÍ EN EL EXPERIMENTO	28
3.3 ANÁLISIS DEL COEFICIENTE DEL CULTIVO (Kc) Y EVAPOTRANSPIRACIÓN (ET)	29
3.4 ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO, ALTURA DE PLANTAS, PROFUNDIDAD DE RAÍCES Y BIOMASA DEL CULTIVO DE AJÍ DULCE	33
3.5 ANÁLISIS DE LA HUMEDAD DEL SUELO	39
4. ANÁLISIS ECONÓMICO	47
5. CONCLUSIONES	50
6. RECOMENDACIONES	52
7. BIBLIOGRAFÍA	53
ANEXOS	55

LISTA DE CUADROS

	Pág.
CUADRO 1. Fechas de las etapas fenológicas del cultivo de ají dulce en cuatro Tratamientos de riego por goteo en el valle del Sinú medio C.I. Turipaná, 2001	27
CUADRO 2. Duración de las etapas fenológicas del cultivo de ají dulce en cuatro tratamientos de riego por goteo en el valle del Sinú medio C.I. Turipaná, 2001	28
CUADRO 3. Valores del coeficiente del cultivo Kc en cuatro tratamientos de riego por goteo en el valle del Sinú medio C.I. Turipaná, 2001	30
CUADRO 4. Valores de evapotranspiración real (mm. día ⁻¹) durante las etapas fenológicas del cultivo de ají dulce en cuatro tratamientos de riego por goteo en el valle del Sinú medio C.I. Turipaná, 2001	31
CUADRO 5. Requerimientos hídricos en cuatro tratamientos de riego por goteo en el cultivo de ají dulce en el valle del Sinú medio C.I. Turipaná, 2001	33

CUADRO 6.	Rendimiento comercial (Kg.ha^{-1}) fenológicas del cultivo de ají dulce en cuatro tratamientos de riego por goteo en el valle del Sinú medio C.I. Turipaná, 2001	34
CUADRO 7.	Promedio de altura de plantas (cm) fenológicas del cultivo de ají dulce en cuatro tratamientos de riego por goteo en el valle del Sinú medio C.I. Turipaná, 2001	36
CUADRO 8.	Promedio de la profundidad de raíces (cm) fenológicas del cultivo de ají dulce en cuatro tratamientos de riego por goteo en el valle del Sinú medio C.I. Turipaná, 2001	37
CUADRO 9.	Biomasa (gr) fenológicas del cultivo de ají dulce en cuatro tratamientos de riego por goteo en el valle del Sinú medio C.I. Turipaná, 2001	39
CUADRO 10.	Humedad del suelo a la profundidad de 0-15 cm del cultivo de ají dulce en cuatro tratamientos de riego por goteo en el valle del Sinú medio C.I. Turipaná, 2001	40
CUADRO 11	Humedad del suelo a la profundidad de 15-30 cm del cultivo de ají dulce en cuatro tratamientos de riego por goteo en el valle del Sinú medio C.I. Turipaná, 2001	42

CUADRO 12	Humedad del suelo a la profundidad de 30-45 cm del cultivo de ají dulce en cuatro tratamientos de riego por goteo en el valle del Sinú medio C.I. Turipaná, 2001	44
CUADRO 13.	Valores de capacidad de campo punto de marchitamiento y agua aprovechable (%) obtenidos en laboratorio y en campo a las profundidades de 0-15, 15-30, 30-45 cm, en el valle del Sinú medio C.I. Turipaná, 2001	46
CUADRO 14.	Análisis económico de riego por goteo para el cultivo de ají dulce en el valle del Sinú medio C.I. Turipaná, 2001	47
CUADRO 15.	Relación beneficio / costo (B/C)	48
CUADRO 16	Flujo de caja.	48

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1. Plano de Campo	18
FIGURA 2. Instalaciones del sistema de riego por goteo	21
FIGURA 3. Comportamiento de las curvas (K_c) en las etapas fenológicas del cultivo de ají dulce C.I. Turipaná, 2001	30
FIGURA 4. Evapotranspiración del cultivo de ají dulce ($\text{mm} \cdot \text{día}^{-1}$) C.I. Turipaná, 2001	32
FIGURA 5. Rendimiento comercial del cultivo de ají dulce ($\text{k} \cdot \text{ha}^{-1}$) C.I. Turipaná, 2001.	35
FIGURA 6. Altura de plantas del cultivo de ají dulce (cm) C.I. Turipaná, 2001	36
FIGURA 7. Profundidad de raíces del cultivo de ají dulce (cm) C.I. Turipaná, 2001	38
FIGURA 8. Biomasa del cultivo de ají dulce (gr.) C.I. Turipaná, 2001	39
FIGURA 9. Humedad del suelo a la profundidad 0-15 cm en el cultivo de ají dulce (%) C.I. Turipaná, 2001	41

FIGURA 10. Humedad del suelo a la profundidad de 15-30 cm en el cultivo de ají dulce (%) C.I. Turipaná, 2001	43
FIGURA 11. Humedad del suelo a la profundidad de 30-45 cm en el cultivo de Ají dulce (%) C.I. Turipaná, 2001	44
FIGURA 12. Curvas de retención de humedad a las profundidades de 0-15, 15-30, 30-45 cm, C.I Turipaná, 2001	45

LISTA DE ANEXOS

		Pág,
ANEXO A.	Análisis de agua y suelos del área experimental	56
ANEXO B.	Clasificación taxonómica del perfil de suelo	57
ANEXO C.	Análisis de retención de humedad del suelo	62
ANEXO D.	Balance hídrico teórico del cultivo de ají dulce <u>Capsicum Annum</u>	63
ANEXO E.	Balance hídrico real del cultivo de ají dulce para Tratamiento 1	64
ANEXO F.	Balance hídrico real del cultivo de ají dulce para Tratamiento 2	65
ANEXO G.	Balance hídrico real del cultivo de ají dulce para Tratamiento 3	66
ANEXO H.	Balance hídrico real del cultivo de ají dulce para Tratamiento 4	67
ANEXO I.	Análisis de Varianza y Comparación de medias para rendimiento	69

ANEXO J.	Análisis de varianza y comparación de medias para altura de plantas	69
ANEXO K.	Análisis de varianza y comparación de medias para profundidad de raíces	70
ANEXO L.	Análisis de varianza y comparación de medias para biomasa	71
ANEXO M.	Análisis de varianza y comparación de medias para humedad del suelo a la profundidad de 0-15 cm.	72
ANEXO N.	Análisis de varianza y comparación de medias para humedad del suelo a la profundidad de 15-30 cm.	73
ANEXO O.	Análisis de varianza y comparación de medias para humedad del suelo a la profundidad de 30-45 cm.	74
ANEXO P.	Presupuesto de inversión del cultivo de ají dulce por hectárea para el tratamiento 1	75
ANEXO Q.	Presupuesto de inversión del cultivo de ají dulce por hectárea para el tratamiento 2	76

ANEXO R.	Presupuesto de inversión del cultivo de ají dulce por hectárea para el tratamiento 3	77
ANEXO S.	Presupuesto de inversión del cultivo de ají dulce por hectárea para el tratamiento 4	78

RESUMEN

Esta investigación se realizó en el centro e investigaciones Agropecuarias Turipaná de Corpoica ubicado en Cereté – Córdoba, con el objetivo de determinar los requerimientos hídricos del cultivo de Aji dulce *Capsicum annum* bajo cuatro dosis de riego por goteo en el Valle del Sinú medio en época seca. El suelo donde se efectuó la investigación fue clasificado como Eutopett; se utilizó un diseño de bloques al azar, con cuatro tratamientos o dosis de riego, con dosis de 1.32, 2.64, 4.00, 5.32 L.pta⁻¹.día⁻¹.

No hubo diferencias significativas entre los tratamientos para las variables altura de plantas, profundidad de raíces y biomasa. En rendimiento comercial, el tratamiento 4 registró la mayor producción, con 12884 Kg.ha⁻¹ con la dosis de riego de 5.32 L.pta⁻¹.día⁻¹.

El coeficiente del cultivo Kc para el tratamiento 4 fue de 0.65 durante la etapa vegetativa, 0.97 en floración, 1.06 para fructificación y 1.13 en la etapa de cosecha. La evapotranspiración fue de 714 mm durante el ciclo del cultivo el cual tuvo una duración de 160 días después del transplante. Se concluyó que la dosis de riego de 5.32 L.pta⁻¹.día⁻¹ es la mejor para aplicar en la zona durante época seca.

ABSTRACT

This investigation was carried in the center of Agricultural investigations Turipaná of Corpoica located in Cereté - Córdoba, with the objective of determining the hidric requirements of the cultivation of Sweet Pepper under four watering dose in the middle of Sinú valley, during dry time. The soil where the investigation was made carried out was classified as Eutopett; a complete blocks design it was used, with four treatments or watering dose, with dose of 1.32, 2.64, 4.00, 5.32 L pta⁻¹.día⁻¹.

The statistical analysis that there were not significant differences among the treatments for the variable height of plants, depth of roots and biomass. As for the variable of commercial yield, the treatment 4 registered the biggest production, which was of 12884 Kg. Ha⁻¹ with the dose of watering of 5.32 L.pta⁻¹.día⁻¹.

The coefficient of the cultivation Kc for the treatment 4 was of 0.65 during the vegetative stage, 0.97 in flowering stage, 1.06 during fruits and 1.13 in the crop stage. The evapotranspiración was of 714 mm during the cycle of the cultivation which had a duration of 160 days after the transplanting. It was concluded that the dose of watering of 5.32 L.pta⁻¹.día⁻¹ is the best to apply in the area during dry time.

INTRODUCCION

Siendo el ají (*Capsicum annum*) un cultivo de uso tradicional y de gran demanda en el mercado regional, se pretende mejorar la producción en la región y romper la estacionalidad de las cosechas marcada por la época de invierno. Para esto es necesario implementar un sistema de riego por goteo que suministre los volúmenes de agua requeridos por el cultivo, dando seguridad a la producción en el invierno y permitiendo la obtención de cosechas durante el verano; además de permitir la aplicación de fertilizantes para garantizar una mayor competitividad.

Para obtener una exitosa planificación de riego es necesario tener en cuenta parámetros como cantidad de agua requerida por el cultivo durante su ciclo vegetativo, etapa de máxima demanda, relación entre el contenido de humedad y producción, influencia de las propiedades químicas y físicas del suelo; además del coeficiente del cultivo (K_c), el cual era desconocido en la región.

El control adecuado de la humedad del suelo en el campo es la clave del éxito en la agricultura bajo riego. Puesto que el agua de riego resulta costosa, las personas dedicadas al campo deben aprender a usarla eficientemente para obtener los máximos rendimientos.

El riego por goteo es uno de los sistemas más eficiente para garantizar la buena producción de hortalizas, convirtiéndose en una herramienta valiosa para suplir las necesidades hídricas del cultivo bajo las condiciones de la zona.

Con esta investigación se pretende establecer los requerimientos hídricos del ají (*Capsicum annum*) en términos de evapotranspiración durante la época seca. De

esta manera, tanto técnicos como agricultores pueden tener como base la lámina de agua requerida por la planta de ají para su aplicación, logrando así una mejora en los rendimientos y por supuesto una mejor calidad de frutos para la comercialización, al igual que un uso eficiente del recurso hídrico.

Los objetivos de esta investigación fueron los siguientes:

- ❖ Determinar las necesidades hídricas del cultivo de ají (*Capsicum annum*) bajo riego por goteo en el Sinú medio, para mejorar su productividad y competitividad.
- ❖ Determinar la evapotranspiración en las diferentes etapas fenológicas del cultivo.
- ❖ Obtención del coeficiente del cultivo de ají dulce.
- ❖ Determinación de la mejor lámina de riego por goteo observando el efecto de los tratamientos sobre la producción.
- ❖ Análisis económico del sistema de riego para el cultivo de ají dulce

1. MARCO REFERENCIAL

1.1 REQUERIMIENTOS HIDRICOS DE LAS PLANTAS

No es sorprendente que el agua, siendo de importancia tan vital para las plantas y los animales, también lo sea para su cultivo y producción; el agua es el medio en el que ocurren todas las reacciones bioquímicas, tanto en las plantas como en los animales. Es también el medio en que estos organismos viven; ya sea totalmente en el caso de los peces, parcialmente en el caso de los pastos y el arroz o integralmente a través de la humedad del suelo y del vapor de agua atmosférico en el caso de las plantas y animales terrestres. Es además el vehículo por intermedio del cual el agricultor transmite nutrientes y protección a los cultivos.

Las plantas cultivables usan agua en la fotosíntesis y la combinan químicamente con dióxido de carbono para elaborar azúcares. Las plantas absorben cuantiosos volúmenes de agua a través de sus sistemas radicales, para extraer los nutrientes esenciales del suelo, tales como nitratos, fosfatos, potasio y también para compensar las pérdidas por evapotranspiración a través de las estomas de las hojas.

A decir verdad, este fenómeno fisiológico de las plantas cultivadas es como una soga interminable en que el agua que se pierde por evaporación a la atmósfera se ve continuamente reemplazada por lo que las raíces extraen del suelo. (Mabbett, 1998).

El riego por goteo tiene muchas ventajas como método para aplicar agua en la producción de hortalizas, reduce la posibilidad de enfermedades foliares y aumenta la eficiencia de la aplicación. Además a través del sistema pueden

inyectarse fertilizantes líquidos a medida que el cultivo los necesita. Para el éxito de su uso son esenciales el mantenimiento y la programación del sistema.

Las propiedades del suelo juegan un papel importante en la programación del riego y el manejo del agua por parte de la planta. Debido a que el suelo tiene cierta porosidad o volumen de poros y una capacidad limitada para retener y almacenar agua para uso del cultivo. Las plantas extraen agua del suelo hasta que el agua remanente queda tan fuertemente ligada que es inaccesible para el cultivo y llega al punto de marchitamiento permanente (PMP).

La capacidad de retención de agua disponible (CRAD) del suelo se define como la diferencia entre la capacidad de campo y el punto de marchitamiento permanente.

La radiación solar, la temperatura, la humedad relativa y el viento influyen en la cantidad y la tasa de humedad usada por las plantas. Juntos esos factores constituyen lo que se denomina demanda evaporativa, esta demanda cambia también con el estado de desarrollo del cultivo.

A menudo las raíces no se distribuyen uniformemente por la cama y la mayoría puede estar cerca de la planta o del gotero. Vigilando el nivel de humedad del suelo se puede determinar si está en el rango favorable y si el manejo de riego es adecuado. El nivel de humedad en el suelo puede medirse con tensiómetros, bloques resistencia eléctrica y por gravimetría (Clark, 1993).

El volumen de agua disponible para un cultivo depende del volumen radical y de las características de retención de agua del suelo. Para evitar la posible falta de agua para el cultivo, el riego generalmente, se programa cuando se ha agotado el agua disponible, por encima del punto de marchitez permanente (generalmente el 50%). Debido a la creciente irregularidad de la precipitación durante todo el año en

las distintas regiones del país, se hace necesario implementar sistemas de riego para obtener mayor éxito en la explotación agrícola.

La programación de riego por goteo en la producción de hortalizas es un proceso dinámico que requiere atención constante, los pasos requeridos en este proceso se pueden resumir así:

- ❖ Determinar las características de retención de agua del suelo, para incorporarlas en el análisis de balance de agua expresadas en cm.cm^{-1} , L.ha^{-1} , u otras unidades adecuadas.
- ❖ Determinar los requerimientos de agua del cultivo en unidades adecuadas al método de riego (cm o L).
- ❖ Reconocer las restricciones de la zona radical del cultivo y las aptitudes del sistema de riego para entregar agua.
- ❖ Desarrollar un balance de agua para mantener el nivel de humedad almacenado en el suelo.
- ❖ Verificar los niveles de humedad del suelo con tensiómetros, método gravimétrico u otros dispositivos, a fin de ajustar el programa de riego a las condiciones reales de campo.

Para determinar el requerimiento hídrico de un cultivo se requiere información básica de los suelos como: textura y profundidad en los distintos horizontes que lo conforman, densidad aparente, capacidad de retención de humedad del suelo, infiltración, fertilidad y salinidad. También es importante conocer datos de la zona de riego: régimen pluviométrico, evaporación, calidad de agua para riego y topografía del terreno (Rojas, 1986,11).

1.2 BALANCE HIDRICO

Es la utilización de los datos reales de precipitación y de información climatológica para el cálculo de las necesidades de agua de los cultivos. Estos dos tipos de datos se combinan para establecer el balance hídrico de una zona o de un cultivo (INAT-JICA, 1996).

El balance hídrico general especifica que el total de agua que penetra a un sistema, debe ser igual al agua que sale de él más la diferencia entre los contenidos final e inicial; es decir, ingreso = egreso + saldo.

En el caso de un suelo con vegetación el balance es:

$$P = ET + \Delta H\Sigma + I + E$$

Donde:

P = Precipitación (más riego si se suministra).

ET = Evapotranspiración.

$\Delta H\Sigma$ = Cambios de la humedad del suelo (H. final – H. inicial).

I = Infiltración de las capas profundas.

E = Escorrentia.

Para fines operativos a corto o mediano plazo se utilizan los balances diarios y decadales; para la planificación del manejo de los recursos hídricos a largo plazo, se requieren los balances mensuales.

Un balance hídrico con intervalos de una semana, una década, permitirá individualizar periodos de sequía de una, dos o tres semanas (o décadas), que en ocasiones afectan sensiblemente el rendimiento de los cultivos, en especial

cuando se trata de cultivos anuales, de raíces superficiales, las diferencias entre la precipitación y la evapotranspiración de referencia (ETP) a nivel mensual no se detectan, mientras que a nivel semanal o decadal puedan manifestarse aún durante un período de lluvia (INAT-JICA, 1996).

1.2.1 Información básica para el cálculo del balance hídrico

1.2.1.1 Precipitación (p). En la generalidad de los casos, la precipitación representa la casi totalidad del aporte hídrico al suelo. Al hablar de irrigación se considera la precipitación igual a lluvia.

En asuntos agrícolas la lluvia se considera efectiva hasta donde ella satisface las necesidades hídricas para la preparación del terreno, consumo por el cultivo, requerimientos para lavado de sales y/o necesidades de percolación (INAT-JICA, 1996).

Este parámetro se debe obtener de las estaciones climatológicas que dispongan de una serie larga de datos. Es necesario aclarar que estos valores de precipitación se deben obtener de pluviómetros locales o cercanos al área que permitan asumir los mismos valores para la zona estudiada.

La trascendencia de las lluvias ligeras estriba en que la transpiración de las plantas se reduce mientras se reduce el agua que se ha depositado en la superficie de las hojas, lo cual representa una “economía” hídrica para los cultivos. Se ha constatado que una precipitación de 2 mm que haya sido interceptada casi en su totalidad por el follaje vegetal, puede demorar de dos a tres horas en ser evaporada en días despejados, lapso en el cual la planta no eliminará - por medio de transpiración - una porción apreciable de sus reservas hídricas, para el cálculo de los diferentes balances se utilizan ya sea los valores medios de la lluvia o también un umbral determinado de probabilidad de lluvia.

La manera más sencilla de estudiar la variabilidad de la lluvia es el planteamiento empírico. Los datos se ordenan en forma descendente y cada dato se le asigna un valor probabilístico con la relación:

$$PR = (m/n + 1) * 100$$

Donde:

PR: Probabilidad en porcentaje o probabilidad de excesividad.

m: Número de ordenes.

n: Número total de datos.

Cuando el valor probabilístico no coincide exactamente, se hace una interpolación lineal.

Cuando el balance se calcula para determinar necesidades de riego, este utiliza valores probabilísticos de 75% de lluvia para un año seco (INAT-JICA, 1996).

1.2.1.2 Evapotranspiración (Etp). La evapotranspiración es la transformación del agua de su estado líquido al estado de vapor, estando compuesta por la evaporación del agua del suelo y la transpiración de agua por las plantas. La Etp puede ser potencial o real (uso consuntivo del cultivo) (INAT-JICA, 1996).

La evapotranspiración de referencia es la definida como la máxima cantidad de agua evapotranspirada por un cultivo de referencia que por lo general ha sido seleccionado una oleaginosa bajo condiciones estándar.

Esta evapotranspiración se puede determinar directamente a través de mediciones en campo (lisimetría) o indirectamente con las diferentes formulas empíricas para los períodos escogidos de la precipitación (INAT-JICA, 1996).

1.2.2 Cálculo de la evapotranspiración potencial. Uno de los métodos más usados y confiables para el cálculo de la evapotranspiración potencial es el de Penman modificado por la FAO.

1.2.2.1 Método de Penman – Monteith. En aquellas zonas en las que se disponga de datos medidos sobre la temperatura, la humedad, el viento y las horas de fuerte insolación radiación, se sugiere el método de Penman - Monteith ya que se considera que proporciona resultados más satisfactorios para predecir los efectos del clima sobre las necesidades de agua de los cultivos.

La ecuación es la siguiente:

$$E_{to} = \frac{\Delta \cdot R_n}{\lambda (\Delta + \gamma)} + \frac{\gamma M (e_s - e_d)}{R K_{rv} (\Delta + \gamma)}$$

Quiñónez, 1996. P (1 – 17)

Donde:

E_{To} = Evapotranspiración de referencia, ($\text{Kg. m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ o mms^{-2})

R_n = Radiación neta K w m^{-2}

M_w = Masa molecular del agua ($0.018 \text{ Kg. mol}^{-1}$)

R = Constante universal de los gases ($8.3 \cdot 10^{-3} \text{ K J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$)

K = Temperatura, Kelvin ($273 \text{ }^\circ\text{C}$)

$e_s - e_d$ = Déficit de presión de vapor de aire (K Pa)

λ = Calor latente de vaporización del agua (2450 KJ Kg^{-1})

r_v = Resistencia al flujo de vapor de la cubierta vegetal (2.36 s m^{-1})

Δ = Pendiente de la función de presión del vapor de saturación ($\text{Pa } ^\circ\text{C}^{-1}$)

γ = Constante sicrométrica aparente ($\text{Pa } ^\circ\text{C}$)

Para los balances hídricos mensuales y/o decadales, si la ETP debe obtenerse a partir del cálculo de las fórmulas empíricas, este valor se calcula en forma

mensual. Para obtener el valor decadal a partir del valor mensual se procede de la siguiente manera:

$$1^{\text{a}} \text{ Década} = ((MA + 2M) / 3) * 10$$

$$2^{\text{a}} \text{ Década} = M * 10$$

$$3^{\text{a}} \text{ Década} = ((MS + 2M) / 3) * \text{No. Días}$$

En donde:

M = ETP mensual mm/día del mes considerado

MA = Mes anterior

MS = Mes siguiente

En la tercera década el número de días es 8 para febrero, 10 para abril, junio, septiembre y noviembre y 11 para enero, marzo, mayo, julio, agosto, octubre y diciembre.

1.2.2.2 Coeficiente de transpiración del cultivo (Kc). La mayoría de los métodos desarrollados para estimar la evapotranspiración se refieren a la evapotranspiración estimada para un cultivo de referencia, el cual generalmente es alfalfa o pasto (INAT – JICA, 1996).

Para estimar la evapotranspiración real de otros cultivos diferentes al cultivo de referencia se hace necesario la aplicación del coeficiente del cultivo, el cual es definido como la relación entre la evapotranspiración real del cultivo y la evapotranspiración del cultivo de referencia.

Esta relación es la siguiente:

$$K_c = ET / ETP$$

donde:

Kc = Coeficiente del cultivo (adimensional)

ET = Evapotranspiración real del cultivo

ETP = Evapotranspiración potencial o evapotranspiración del cultivo de referencia

1.2.2.3 Necesidades hídricas del cultivo o uso consuntivo. Una vez determinada la evapotranspiración potencial o de referencia y el coeficiente del cultivo (Kc), la evapotranspiración del cultivo (ET) puede ser determinada mediante la siguiente relación:

$$E_t = K_c * ETP$$

donde:

Et: evapotranspiración real del cultivo

Kc: Coeficiente del cultivo

ETP: Evapotranspiración potencial

1.2.2.4 Capacidad de almacenamiento de agua en el suelo. Es la cantidad de agua aprovechable por las plantas que puede almacenar el suelo, depende básicamente de la textura del suelo y su profundidad (INAT-JICA, 1996).

La precisión en la determinación de este parámetro depende del nivel de exactitud que se desee lograr de acuerdo con el objetivo del balance.

Para establecer la condición media de fracción volumétrica de agua aprovechable F.V.A.A., se recomienda el uso del promedio ponderado de las características físicas consideradas (textura promedia en la zona y profundidad del suelo promedia).

$$F.V.A.A = P.S * f.v.a.a$$

donde:

F.V.A.A: Fracción volumétrica de agua aprovechable en el perfil (mm)

P.S: Profundidad efectiva del suelo (cm)

f.v.a.a: Fracción volumétrica de agua aprovechable unitaria (cm).

La información de la fracción volumétrica de agua aprovechable f.v.a.a se obtiene a partir de los análisis de retención de humedad, efectuados en laboratorio.

1.2.3 Cálculo del balance hídrico. Las pérdidas en el almacenamiento del suelo, se calculan a una tasa proporcional, dependiendo de la fracción de agua almacenada en el suelo. Estas pérdidas se calculan cuando la lluvia es insuficiente para cubrir la demanda de agua (ETP), la cual deja un déficit de agua ($ETP - P$); entonces a partir de la capacidad total de almacenamiento de agua en el suelo, y del valor correspondiente al mes o década anterior (almacenamiento anterior), se calcula la fracción de agua almacenada para multiplicarlo por el déficit y así cubrir parte de dicho déficit:

$$\text{Perd. Alm.} = (ETP - P) * (\text{alm. Ant.} / \text{Alm. Total})$$

1.3 RIEGO POR GOTEO

El riego por goteo se fundamenta en la aplicación de agua a bajas tasas, a través de emisores o goteros. Estos emisores son simplemente disipadores de energía de desplazamiento o trabajo de flujo. La disipación tiene lugar mediante la salida de agua a través de orificios de pequeño diámetro o a través de secciones pequeñas de trayecto largo. La aplicación del agua en esta forma puede dosificarse de tal manera que el manejo de la misma resulta altamente eficiente (ICA, 1986).

Con excepción de los cultivos densos, el método de riego por goteo puede esencialmente ser aplicado a cualquier tipo de cultivo. Por su naturaleza el método no presenta limitaciones en cuanto al tipo de suelos ni en cuanto a la topografía del terreno.

A medida que con el crecimiento de las poblaciones se incrementan las demandas por fibras y alimentos y a medida también que la crisis energética se hace más notoria y que el agua se hace más limitante, el riego por goteo cobra mayor importancia en el desarrollo de la agricultura moderna en el mundo entero (ICA, 1986).

1.3.1 Ventajas del riego por goteo

- ❖ Mejor uso del potencial energético de la planta.
- ❖ Economía de agua.
- ❖ Facilidad de operación del sistema y reducción de costos de manejo.
- ❖ Fertilización simultánea con el riego.
- ❖ Adaptación al medio salino.
- ❖ Versatilidad de empleo.

1.4. LOS RENDIMIENTOS DE LOS CULTIVOS Y EL REGIMEN DE HUMEDAD

Según la teoría del aumento que se consigue en la producción debido a la alta frecuencia, al mantenerse constante en el suelo una humedad elevada, la absorción de agua por las raíces exige un esfuerzo menor a la planta y la producción se desarrolla en mejores condiciones, aumentando los rendimientos.

La fase de infiltración del agua en el suelo ocupa un tiempo muy reducido en comparación con la fase de redistribución, y las propiedades del suelo relacionadas con la retención hídrica cobran mucha importancia. Inmediatamente después del riego el suelo tiene una elevada humedad. A partir de ese momento

la evapotranspiración va extrayendo agua del suelo y la humedad se hace menor cada día hasta que se aplica el siguiente riego, repitiéndose el ciclo (Pizarro, 1971, 1996).

La planta no soporta la falta de agua ni el exceso de ella. En realidad no es el exceso de agua el que determina la baja en el rendimiento, sino que este exceso en el suelo determina falta de aireación, que interfiere con la respiración de la raíz; así, una planta puede vivir perfectamente en solución nutritiva siempre que se burbujee aire en ella. Por esta razón los máximos rendimientos se tendrían manteniendo una humedad optima en el suelo (Rojas, 1979).

1.5 EL CULTIVO DE AJI DULCE

El género capsicum, incluye un promedio de 25 especies y tiene su centro de origen en las regiones tropicales y subtropicales de América, probablemente en Bolivia-Perú, donde se han encontrado semillas de formas ancestrales de mas de 7000 años y desde donde se habrían diseminado a toda América.

Su raíz es pivotante con numerosas raíces adventicias, alcanzando una profundidad de 70 a 120 cm, las flores presentan una corola blanca o amarillenta, anteras azules o púrpuras; los frutos son solitarios en las axilas de las hojas o ramillas, rara vez presentan dos frutos. La forma de los frutos puede ser cónica, alargada, redonda, la semilla tiene un color pajizo, ricas en aceite; esta semilla generalmente es arrugada y regularmente con bordes salientes y ondulados.

1.5.1 Clasificación Botánica y Morfológica

Reino : vegetal

División : angiosperma

Clase : dicotiledonea

Familia: solanacea

Género: capsicum

Especie : annum

Nombre científico: capsicum annum

Nombres comunes: ají pimiento, pimiento de Cayena, ají dulce, pimiento del Japón, pimiento del caribe (Manuel Cano, mfcanoal@starnet.net.gt).

1.5.2 Necesidades hídricas de otros cultivos. Utilizando un sistema de riego por goteo en el cultivo de habichuela criolla se obtuvieron los siguientes datos de evapotranspiración:

El mayor consumo de agua registrado entre las dos variedades de habichuela criolla (*Phaseolas Vulgaris*) se presentó en la etapa de floración con un valor de 3.92 mm.día^{-1} , para habichuela larga y 3.74 mm.día^{-1} para habichuela corta.

La Evapotranspiración determinada mediante el lisímetro durante el desarrollo vegetativo de la habichuela larga (3.68 mm.día^{-1}) fue mayor que la determinada mediante el balance hídrico (3.19 mm.día^{-1}). (Figuerola y Mendoza, 1997).

Estudios realizados sobre requerimientos hídricos en el cultivo de pimentón *California wonder* en el municipio de Sincelejo, en predios de la Universidad de Sucre bajo las siguientes condiciones climáticas: altitud 200 m.s.n.m; evaporación promedio diaria de $3.73 \text{ mm. día}^{-1}$, temperatura promedio anual de 27.5 °C y humedad relativa promedio del 77 % arrojaron los siguientes resultados:

La evapotranspiración del pimentón presentó valores promedios de 3.6 mm.día^{-1} en el tratamiento A (riego diario) y 3.59 mm.día^{-1} en el tratamiento B (riego cada tres días); presentándose los mayores valores en la etapa de fructificación con registros de 4.6 mm.día^{-1} y 4.54 mm.día^{-1} en los tratamientos A y B respectivamente. Para el tratamiento C (sin riego); la evapotranspiración promedia fue de 1.93 mm.día^{-1} y 2.84 mm.día^{-1} para la fructificación. El coeficiente del cultivo

(Kc) promedio para cada uno de los tratamientos fue de 0.5 para T-A, 0.498 para T-B y 0.32 para T-C (Unisucre 1996).

Estudios realizados en Barcelona (España), reportan coeficientes del cultivo correspondientes a cultivos de hortalizas en diferentes fases de su crecimiento y según las condiciones climáticas predominantes. Para la Berenjena (*Solanum melongena*), se encontró:

FASE DE DESARROLLO	Kc
Inicial	0.35
Desarrollo	0.87
Mediados del cultivo	0.95
Recolección	0.80

Condiciones climáticas del ensayo: humedad relativa mayor del 70%, velocidad del viento 0-5 m.s⁻¹ (Doorembos y Pruitt, 1990).

2. DISEÑO METODOLOGICO.

2.1. LOCALIZACION.

Esta investigación se llevó a cabo en el Centro de Investigaciones Agropecuarias Turipaná de Corpoica, localizado en el municipio de Cereté departamento de Córdoba; a 8° 51' de latitud norte y 75° 49' longitud oeste respecto al meridiano de Greenwich a una altura de 18 m.s.n.m. con precipitación promedio de 1200 mm, temperatura promedio de 28° C y humedad relativa promedio del 83%.

2.2 VARIABLES E INDICADORES.

2.2.1 Variables Independientes. En este trabajo se estudiaron cuatro dosis de riego aplicadas a un genotipo de ají en época seca. Las dosis usadas fueron las siguientes:

- ❖ Tratamiento 1: 1.32 L.pta.⁻¹día⁻¹.
- ❖ Tratamiento 2: 2.64 L.pta.⁻¹día⁻¹.
- ❖ Tratamiento 3: 4.00 L.pta.⁻¹día⁻¹.
- ❖ Tratamiento 4: 5.32 L.pta.⁻¹día⁻¹.

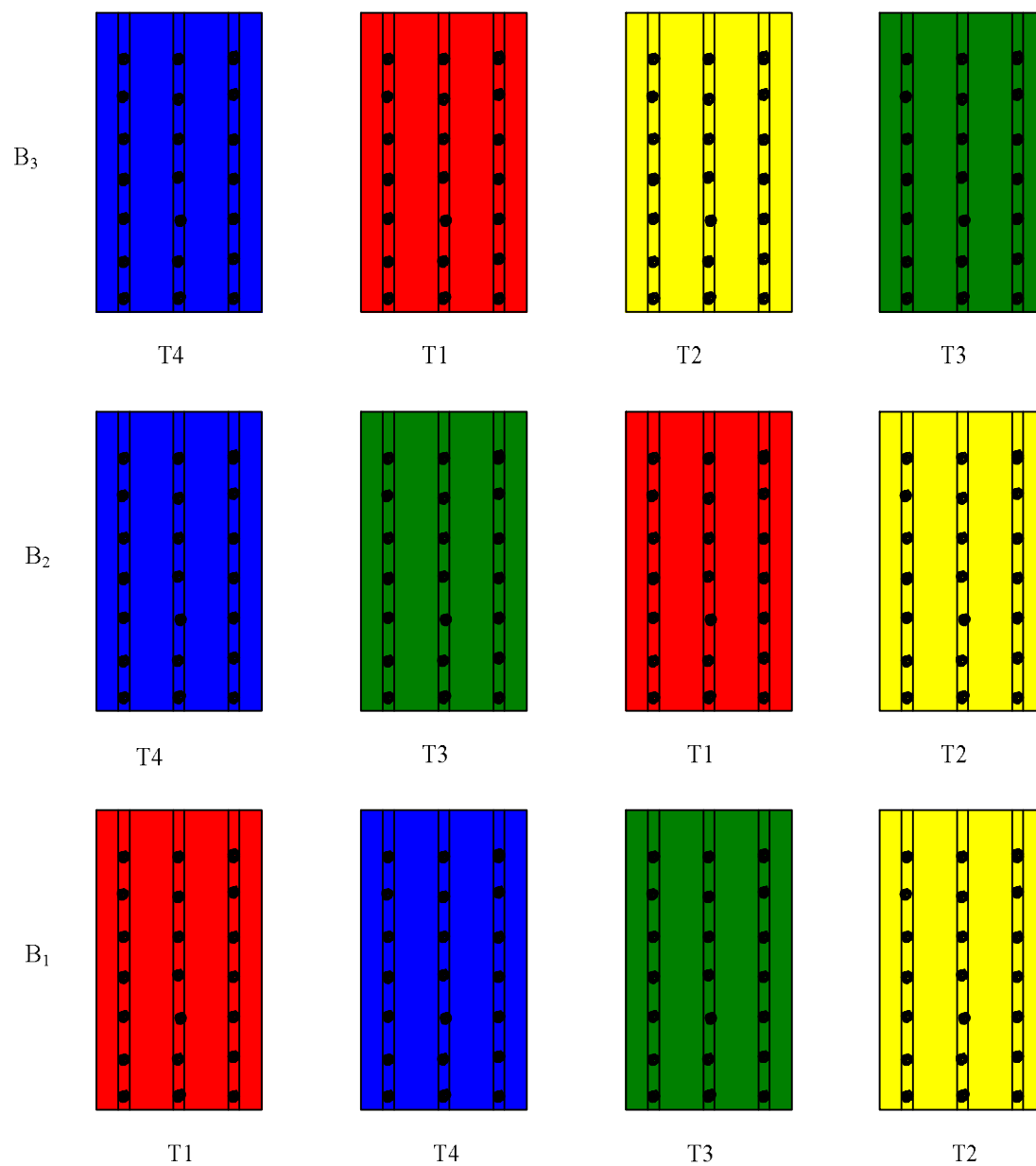


Figura 1. Plano de Campo

2.2.2 Variables dependientes. Estas variables se evaluaron en el cultivo de ají dulce de la siguiente manera.

❖ **Altura de la planta.**

Se inició a partir de los 30 días después del trasplante, cada 20 días. Se midió desde la base del tallo hasta el ápice de la planta.

❖ **Profundidad de raíces**

Se inicio a partir de los 30 días después del trasplante, cada 20 días. Se midió desde la base del tallo hasta el final de la raíz ubicada en el fondo de la Excavación.

❖ **Biomasa**

Se inicio a partir de los 30 días después del trasplante, cada 20 días, se tomaron las mismas plantas que eran utilizadas en la medición de altura y profundidad de raíces; luego se cortaron desde la base del tallo, se introdujeron en bolsas de papel y luego se secaron y pesaron.

❖ **Días a floración.**

Se contaron los días transcurridos desde el trasplante hasta la aparición de las primeras flores en el 50% de la población de plantas estudiadas.

❖ **Número de frutos por planta.**

Se contaron los frutos por planta desde la primera cosecha hasta la suspensión del riego, lo cual se hizo cuando se inicio el episodio lluvioso

❖ **Número de frutos comerciales.**

Se contaron los frutos comerciales de acuerdo a sus características generales y a las observaciones requeridas por el ensayo (forma, tamaño, color).

❖ **Peso promedio de frutos comerciales.**

Se realizó al momento de la cosecha, representado en el promedio del peso de los frutos de cuatro plantas seleccionadas al azar.

❖ **Longitud de frutos**

Se tomaron dos frutos al azar, a los cuales se les determinó la longitud promedio con un calibrador comercial

❖ Diámetro del fruto

Este se determinó de igual forma que la longitud de los frutos.

❖ Rendimiento.

Se determinó tomando el peso promedio de frutos comerciales de las cuatro plantas seleccionadas y el peso de los frutos comerciales de la parcela para obtener el rendimiento en Kg.ha^{-1} .

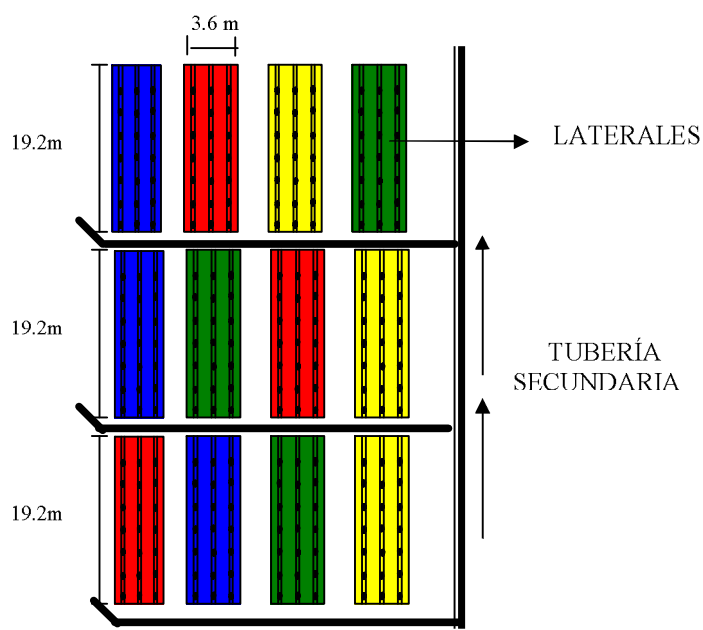
❖ Análisis económico.

Se hizo el análisis económico utilizando la técnica de presupuesto parcial y análisis marginal para cada tratamiento utilizando como criterio la tasa de retorno marginal, además se calculó la relación costo / beneficio y la TIR.

2.3 PROCEDIMIENTO

Considerando que el gradiente de fertilidad y la pendiente son constantes en todo el área del cultivo, el diseño correspondió a bloques completos al azar. se definieron cuatro tratamientos y tres repeticiones.

Las parcelas estaban constituidas por tres eras o surcos con 24 plantas por surco con un área de 69 m^2 . El experimento se sembró a 0.8 m entre plantas y 1.20 m entre surcos. El área total del experimento fue de 1100 m^2 . (Figura 2)



Para fines de análisis estadísticos en la producción entre tratamientos, se tomaron las eras centrales de cada parcela tomando cuatro plantas al azar por tratamiento, estas plantas fueron tiqueteadas ya que se utilizaron durante todo el muestreo.

En las eras de los bordes se tomaron tres plantas al azar por tratamiento para hacer muestreo destructivo de altura de planta, p Múltiple ; y biomasa, cada 20 días. La información de cada parcela se nsplante del cultivo hasta inicio de las precipitaciones, con posi muestras en el laboratorio, consignando los datos en los fo entes, a los cuales se les aplicó pruebas estadísticas como a, la prueba DSM (Diferencia significativa mínima) y análisis ec

La información climática fue suministrada por la Estación Climatológica del C.I Turipaná, ubicada en la zona de influencia del cultivo. Las variables estudiadas correspondieron a los meses de Diciembre del 2000 a mayo del 2001, la información usada fue la siguiente: (precipitación, temperatura, humedad relativa y evaporación).

2.4 PROCEDIMIENTO DE CAMPO

Se efectuó un análisis físico - químico del suelo y agua donde se estableció el ensayo, se tomaron cuatro submuestras de las cuales se obtuvo una muestra representativa y se envió al laboratorio de suelos de la Universidad de Córdoba para su análisis (Anexo A), Se hizo la descripción del perfil de suelo (Anexo B) y además se tomó una muestra de suelo inalterado y se envió al laboratorio de suelos de Tibaitatá (Cundinamarca) para análisis de retención de humedad del suelo (Anexo C), luego se realizaron las siguientes labores:

- a. **Preparación del suelo:** El suelo fue preparado convencionalmente efectuándose dos pases de rastra y un pase de pulidor, caballoneo de las parcelas y se demarcó el lote de acuerdo al diseño experimental.
- b. **Instalación del sistema de riego por goteo:** se instaló el sistema de riego en el campo de estudio, compuesto por tres múltiples de 1 ½ ' de diámetro, los cuales alimentaban 36 laterales (Turboline 12240), cada uno con 48 goteros de 2 Lt. H⁻¹, se utilizó una válvula de control para cada 3 laterales. El sistema estaba accionado por una bomba centrífuga con motor de gasolina de 8 HP que extrae agua de un embalse. (Figura 2. disposición general del sistema)
- c. **Semillero:** El semillero se hizo en vasos plásticos de un tamaño de 5 onzas, los cuales se perforaron en su parte inferior y se llenaron de sustrato previamente, poniendo 3 semillas por vaso, luego se colocaron en un sitio

soleado cubierto con material vegetal (palmas). A las semillas se les aplicó agua por las mañanas y por las tardes; la germinación ocurrió al 8°-10° día

- d. **Transplante:** Luego de permanecer en el semillero por un espacio de tiempo de 31 días, se hizo el transplante, aplicando riego continuo para asegurar que las plantas se adaptaran al suelo; este riego se aplicó durante 8 días, para dar inicio a la toma de datos.
- e. **Aplicación preventiva:** Antes de realizar el transplante, se hizo una aplicación de manzate a 250 gr / 20 L. de agua, para prevenir el ataque de hongos. Después del transplante se hicieron cuatro aplicaciones cada 8 días de Ridomil a 200 gr / 20 L. de agua.
- f. **Fertilización:** El suelo posee un contenido medio de materia orgánica y fósforo, los niveles de elementos menores como cobre, hierro y boro se encuentran en cantidades deficientes, por lo tanto se hicieron tres aplicaciones para las tres etapas fenológicas (periodo vegetativo, floración, fructificación), el compuesto fue el siguiente:

Compuesto nutritivo: DAP: 2.5 Kg / 1100 m²

Urea: 2.5 Kg / 1100 m²

Vigor: 2.5 Kg / 1100 m²

KCl: 2.5 Kg / 1100 m²

Durante la etapa de floración y fructificación se aplicó una solución de:

Gibgro 1gr por 20 L. de agua (Para la aceleración y crecimiento del tallo)

Total: 100 cc por 20 L. de agua (Floración eficiente)

Esta aplicación se hizo cada 8 días.

g. Control de enfermedades: Una vez realizado el transplante se aplicó:

Lorsban: 1kg (2 aplicaciones, para el control de hormiga y grillo)

Actara: 20 gr por 20 L. de agua (2 aplicaciones, para controlar chinche y mosca blanca).

Trebón: 50 cc por 20 L. de agua (2 aplicaciones, para el control de spodoptera y gusano).

Kaytar: 20 cc por 20 L. de agua (1 aplicación, actúa como pegante del producto químico aplicado).

Oxicloruro de cobre: 50 gr. Por 20 L. de agua (1 aplicación, para controlar la mancha amarilla).

h. Control de malezas

Ocho días antes del transplante se aplicó:

Roundup: 350 cc por 20 L. de agua (aplicación con bomba)

Durante los periodos vegetativo, floración y fructificación se controló la maleza utilizando:

Roundup: 450 cc por 9 L. de agua (se implementó la técnica del selector de Arvenses o "Trapero" (2 aplicaciones).

También se realizaron limpiezas con machete.

i. Determinación del contenido de humedad del suelo

Luego de 63 días de establecido el cultivo se tomaron muestras de suelo alrededor de la planta cada 8 días hasta el inicio de las primeras lluvias, haciendo un muestreo de un sitio por tratamiento a las profundidades de 0-15, 15-30, y 30-45cm. Los contenidos de humedad del suelo se determinaron por el método gravimétrico.

2.5 PROCESAMIENTO DE DATOS

2.5.1 Balance hídrico

Se elaboró un balance teórico usando los datos meteorológicos de la estación climatológica del C.I. Turipanà. Los cálculos se hicieron basándose en los promedios multianuales decadales (20 años) de precipitación (con probabilidad del 75%), temperatura, brillo solar, humedad relativa y velocidad del viento; para el cálculo de la Evapotranspiración ETo (mm) se usó un software aplicando la ecuación de Penman – Monteith. Luego se realizaron los balances reales para cada uno de los tratamientos de riego.

2.5.2 Determinación del coeficiente del cultivo (Kc).

Para la elaboración del balance teórico se tomaron valores de Kc teóricos del cultivo de Pimentón *California wonder* usados por la Universidad de Sucre en sus estudios. Para el cálculo del Kc del cultivo de ají dulce en esta investigación se usó la siguiente ecuación:

$$\text{Uso} = k_c * E_v$$

Donde:

Uso, es la dosis de agua aplicada en Litros (tratamientos)

Kc, Coeficiente del cultivo

Ev, es la evaporación promedio diario del tanque clase “A” acumulada en cada etapa fenológica del cultivo, en mm.día⁻¹.

Despejando Kc, se tiene:

$$\text{Uso}$$

$$K_c = \frac{\text{-----}}{E_v}$$

3. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1 ETAPAS FENOLOGICAS DEL CULTIVO

La siguiente es la información sobre fechas de inicio y finalización de la investigación en el cultivo de ají dulce:

Fecha de siembra en el semillero: Nov. 3/00
 Fecha de emergencia: Nov. 10/00
 Fecha de trasplante: Dic. 11-12/00
 Inicio de riego: Dic. 20/00

Cuadro 1. Fechas de etapas fenológicas del cultivo de ají dulce en cuatro tratamientos de riego en el valle del Sinú medio C. I. Turipaná, 2001

TRATAMIENTOS	ETAPAS FENOLOGICAS			
	Vegetativa	Floración	Fructificación	Cosecha
1	Dic.12/00 - Ene. 28/01	Ene.29/01 - Feb. 8/01	Feb.9/01 – Feb22/01	Feb23/01 - May.11/01
2	Dic.12/00 - Ene.29/01	Ene.30/01 - Feb. 9/01	Feb10/01 - Feb 23/01	Feb23/01 - May.11/01
3	Dic. 12/00 - Ene. 27/01	Ene. 28/01 - Feb.6/01	Feb 7/01 - Feb 22/01	Feb 23/01 - May.11/01
4	Dic. 12/00 - Ene.27/01	Ene. 28/01 - Feb 7/01	Feb 8/00 - Feb 21/01	Feb 23/01 - May.11/01

3.2 DURACION DE LAS ETAPAS FENOLOGICAS DEL CULTIVO DE AJÍ DULCE DURANTE EL EXPERIMENTO

No hubo diferencias entre tratamientos para las etapas fenológicas, aunque la fructificación se dio primero en los dos tratamientos de menor dosis de riego.

La cosecha se suspendió (para efectos de la investigación) cuando la humedad del suelo fué uniforme como efecto de las lluvias. Por esta razón los tratamientos tuvieron la misma duración (Cuadro 2).

Cuadro 2. Duración en días de las etapas fenológicas del cultivo de ají dulce en cuatro tratamientos de riego por goteo en el valle del Sinú medio. C. I. Turipaná, 2001

ESTADO DEL CULTIVO	TRATAMIENTOS			
	1	2	3	4
Germinación	7	7	7	7
Desarrollo Vegetativo	47	48	46	46
Floración	11	11	10	11
Fructificación	13	13	16	14
Cosecha	82	81	81	82
Total	160	160	160	160

3.3 ANALISIS DEL COEFICIENTE DEL CULTIVO K_c

Al calcular los valores de coeficiente de cultivo K_c para el cultivo de ají dulce, se observaron fluctuaciones en las dosis de riego aplicadas durante cada una de las etapas fenológicas del ciclo del cultivo.

Durante la etapa vegetativa sólo se utilizó un gotero; lo que hace lógico que el coeficiente K_c sea menor en esta etapa. Con valores de 0.16, 0.32, 0.49, 0.65, para cada tratamiento.

Comparando los valores de K_c entre la etapa vegetativa y la etapa de floración, se notó un aumento en los valores debido a que en esta transición las plantas aumentan el volumen de raíces y sus funciones fisiológicas, por lo tanto su captación de agua será mayor; estos valores varían de 0.16 - 0.24 para T1, 0.32 – 0.5 para T2, 0.49 – 0.73 para T3, y 0.65 – 0.97 para T4 (Cuadro 3, Figura3).

Los valores de K_c se mantuvieron casi constantes en las etapas de floración, fructificación y cosecha, presentándose el mayor valor de éste con la mayor dosis de agua aplicada la cual fue de $5.32 \text{ L.pta.}^{-1}\text{día}^{-1}$.

Cuadro 3. Valores del coeficiente del cultivo K_c , para el cultivo de ají dulce en cuatro tratamientos de riego por goteo en el valle del Sinú medio. C. I. Turipaná, 2001

DOSIS $\text{L.pta.}^{-1}\text{día}^{-1}$	ETAPAS FENOLOGICAS							
	VEGETATIVA		FLORACION		FRUCTIFICACION		COSECHA	
	DIAS	K_c	DIAS	K_c	DIAS	K_c	DIAS	K_c

1.32	47	0.16	58	0.24	71	0.26	153	0.28
2.64	48	0.32	59	0.5	72	0.52	153	0.56
4.00	46	0.49	56	0.73	72	0.8	153	0.85
5.32	46	0.65	57	0.97	71	1.06	153	1.13

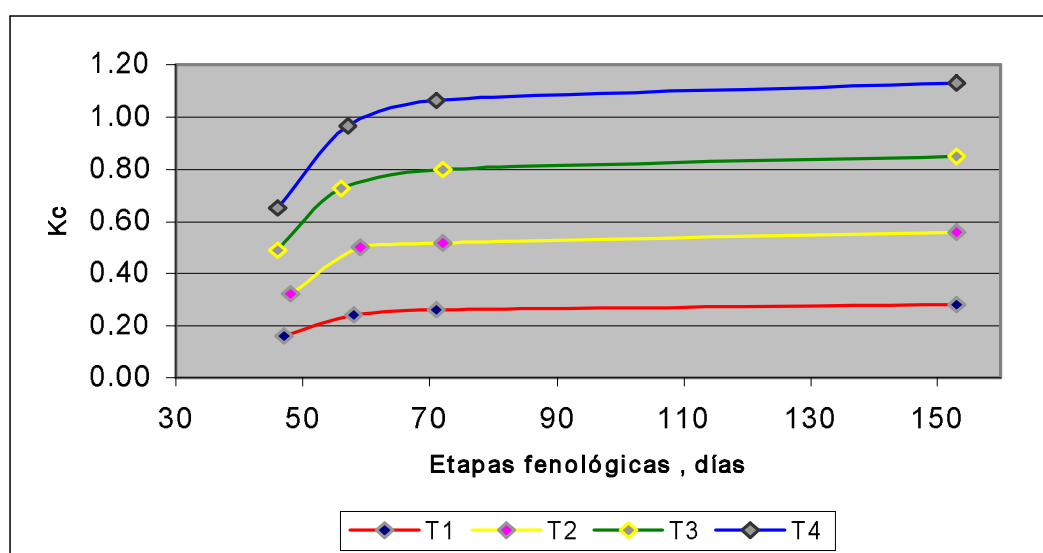


Figura 3. Comportamiento de las curvas de Kc en las etapas fenológicas del cultivo de ají dulce. C. I Turipaná, 2001

De acuerdo con los valores obtenidos de evapotranspiración real mm.día^{-1} , del cultivo de ají dulce; se puede decir que los valores más bajos se obtuvieron durante la etapa vegetativa, 0.6, 1.3, 1.9, 2.5 mm.día^{-1} para todos los tratamientos.

Desde el inicio de la floración hasta el final de la fructificación se presentó un aumento progresivo en la evapotranspiración real del cultivo en todos los tratamientos (Cuadro 4, Figura 4). La situación anterior se presentó porque el cultivo ya había alcanzado su máximo desarrollo, el área foliar es mayor y los requerimientos de la formación y llenado de frutos son altos.

Los valores de evapotranspiración real del cultivo son directamente proporcionales a las dosis de riego aplicadas, es decir que a menor dosis aplicada menor fue la evapotranspiración y a mayor dosis, mayor evapotranspiración, para todos los tratamientos.

Cuadro 4. Valores de evapotranspiración real (mm.día^{-1}) durante las etapas fenológicas del cultivo de ají dulce en cuatro tratamientos de riego por goteo en el valle del Sinú medio. C. I Turipaná, 2001

	TRATAMIENTOS			
	1	2	3	4
Vegetativa	0.6	1.3	1.9	2.5
Floración	1.3	2.6	4.0	5.3
Fructificación	1.3	2.6	3.9	5.3
Cosecha	1.3	2.6	3.9	5.2

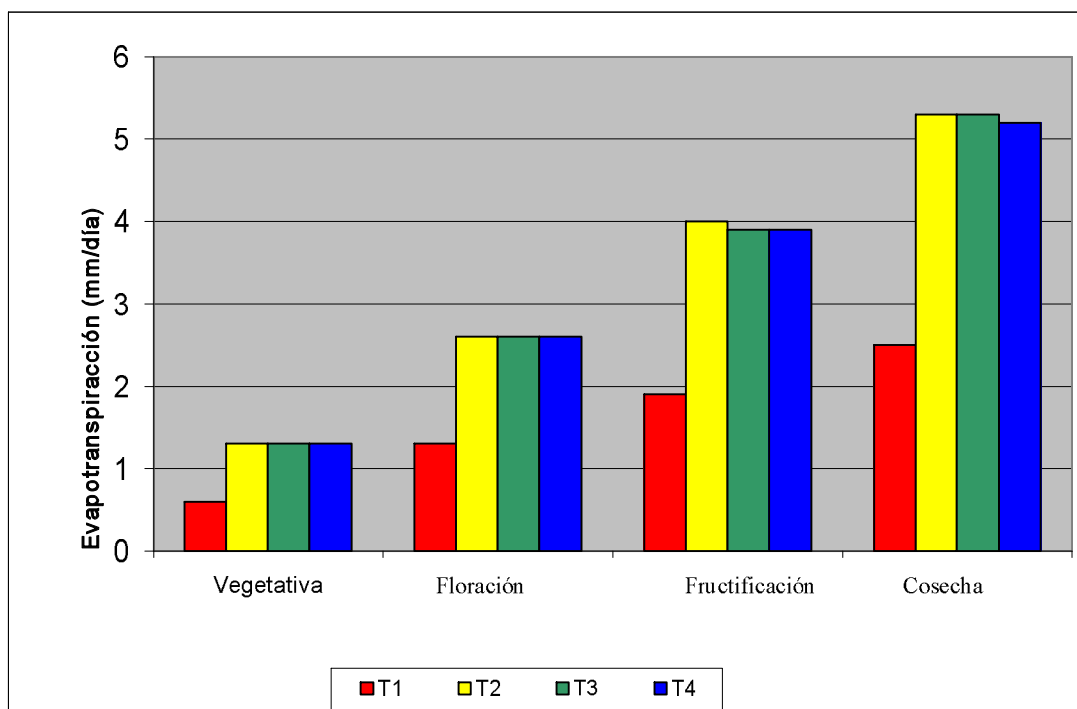


Figura 4. Evapotranspiración del cultivo de ají dulce ($\text{mm} \cdot \text{día}^{-1}$). C.I Turipaná, 2001

Para la obtención del requerimiento hídrico del cultivo de ají dulce expresado en términos de evapotranspiración, se tomaron los valores de evapotranspiración real estimada en los balances hídricos para cada una de las dosis de riego aplicadas y en cada una de las etapas fenológicas del cultivo (anexos F, G, H, I).

Los valores de requerimiento hídrico total del cultivo de ají dulce en un ciclo de 160 días fueron: 176.6 mm para la dosis de $1.32 \text{ L} \cdot \text{pta}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$; 353.1 mm para la dosis de $2.64 \text{ L} \cdot \text{pta}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$; 539 mm para la dosis de $4.00 \text{ L} \cdot \text{pta}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$ y 714.3 mm para la dosis de $5.32 \text{ L} \cdot \text{pta}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$.

Los valores más altos de requerimiento hídrico se presentaron en la etapa de cosecha para todas las dosis de riego, debido a que esta es la etapa mas

prolongada y en la cual la planta continúa floreciendo y fructificando, necesitando así mucha mas agua para suplir sus necesidades (Cuadro 5).

Cuadro 5. Requerimientos hídricos para cuatro dosis de riego por goteo en el cultivo de ají dulce en el valle del Sinú medio.

Duración del ciclo y Requerimiento Hídrico	Tratamiento L.pta. ⁻¹ día ⁻¹ .	ETAPA DEL CULTIVO				
		Vegetativa	Floración	Fructificación	Cosecha	Total
Duración del ciclo (días)		47	11	13	82	160
Requerimiento Hídrico (mm)	1.32	29.9	14.3	16.9	115.5	176.6
Duración del ciclo (días)		48	11	13	81	160
Requerimiento Hídrico (mm)	2.64	61.1	29.1	34.7	228.2	353.1
Duración del ciclo (días)		46	10	16	81	160
Requerimiento Hídrico (mm)	4.00	88.2	40.2	64.6	346	539.0
Duración del ciclo (días)		46	11	14	82	160
Requerimiento Hídrico (mm)	5.32	115.7	58.8	74.2	465.6	714.3

3.4 ANALISIS DEL RENDIMIENTO, ALTURA DE PLANTAS, PROFUNDIDAD DE RAÍCES Y BIOMASA DEL CULTIVO DE AJÍ DULCE

3.4.1 Rendimiento del cultivo. De acuerdo con el análisis de varianza no existe diferencia entre bloques, pero se presentaron diferencias significativas entre tratamientos, lo que significa que las dosis de riego influyeron en los rendimientos del cultivo de ají dulce. Los tratamientos T1, T2, T3 son estadísticamente iguales pero diferentes del T4.

El tratamiento con mayor producción fue el T4 con 12884 Kg.Ha⁻¹, con una dosis de riego de 5.32 L.pta.⁻¹día⁻¹; los demás tratamientos presentaron rendimientos de 9856 Kg.Ha⁻¹ para el T3, 8414 Kg.Ha⁻¹ para T2 con dosis de 2.64 L.pta.⁻¹día⁻¹. 9231 Kg.Ha⁻¹ para T1 con dosis de 1.32 L.pta.⁻¹día⁻¹ (cuadro 6); al mantenerse en el suelo una elevada humedad, la absorción del agua por la raíz exige un esfuerzo menor a la planta y la producción se desarrolla en mejores condiciones, aumentando los rendimientos (Pizarro, 1971, 1996).

El ajuste de la curva de rendimiento comercial corresponde a la ecuación polinómica ($R^2 = 0.99$). Se observa que con la lámina de 5.32 L.pta.⁻¹día⁻¹ la curva de rendimiento comercial se encuentra en ascenso, por lo tanto es posible aumentar las dosis de riego para llegar al punto de máximo rendimiento. Aunque la dosis de 5.32 L.pta.⁻¹día⁻¹ aún no es la óptima se puede recomendar como la dosis a ser utilizada en la zona y debe ser el punto de partida para futuras investigaciones.

Cuadro 6. Rendimiento Comercial (Kg.Ha⁻¹) del cultivo de ají dulce en cuatro tratamientos de riego por goteo en el valle del Sinú medio. C. I. Turipaná, 2001.

TRAT	Dosis L.pta. ⁻¹ día ⁻¹ .	Rend, kg.ha ⁻¹
1	1.32	9231 b
2	2.64	8414 b
3	4.00	9856 b
4	5.32	12884 a
CV %		29.64

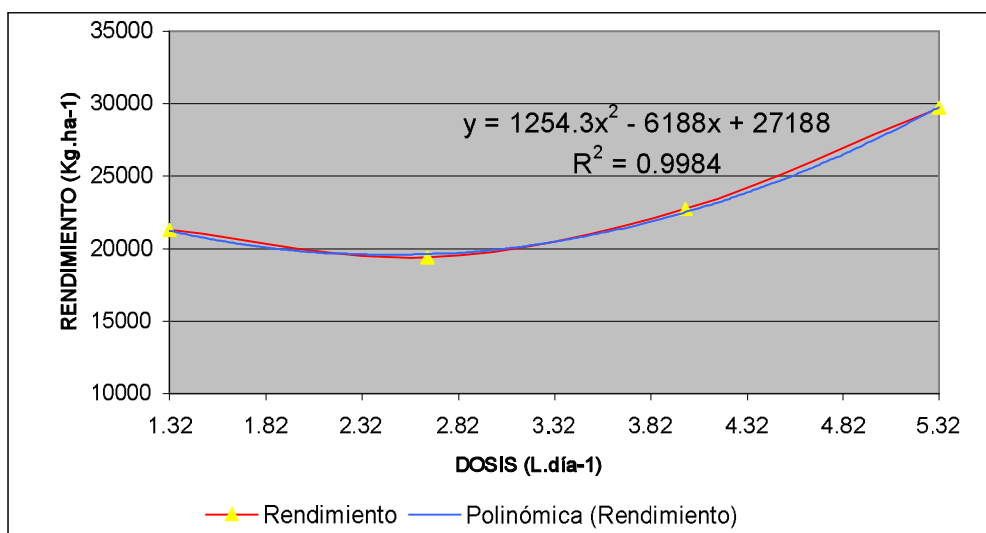


Figura 5. Rendimiento comercial del cultivo de ají dulce (Kg.Ha⁻¹). C. I Turipaná, 2001

3.4.2 Altura de plantas. Según el análisis de varianza para el parámetro altura de plantas, no existen diferencias estadísticas entre tratamientos en las diferentes etapas del cultivo. Sin embargo, las mayores alturas promedio se presentaron en el T1 a los 74 ddt (días después del transplante) y 94 ddt con una altura promedio de 19 - 41 cm respectivamente, a los 114 ddt en el T4 con 61 cm, luego a los 134 ddt en el T1 con 69 cm, y finalmente a los 154 ddt en el T2 con 80 cm. (Cuadro 7, Figura 6).

Cuadro 7. Altura de plantas (cm), del cultivo de ají dulce en cuatro tratamientos de riego por goteo en el valle del Sinú medio. C. I Turipaná, 2001

TRAT	Dosis L.pta. ⁻¹ día ⁻¹	ALTURA DE PLANTAS				
		74 ddt	94 ddt	114 ddt	134 ddt	154 ddt
1	1.32	19 a	41 a	58 a	69 a	75 a
2	2.64	17 a	38 a	50 a	68 a	80 a
3	4.00	17 a	38 a	55 a	68 a	77 a
4	5.32	17 a	39 a	61 a	68 a	77 a
CV %		5.51	9.03	9.84	5.57	7.20

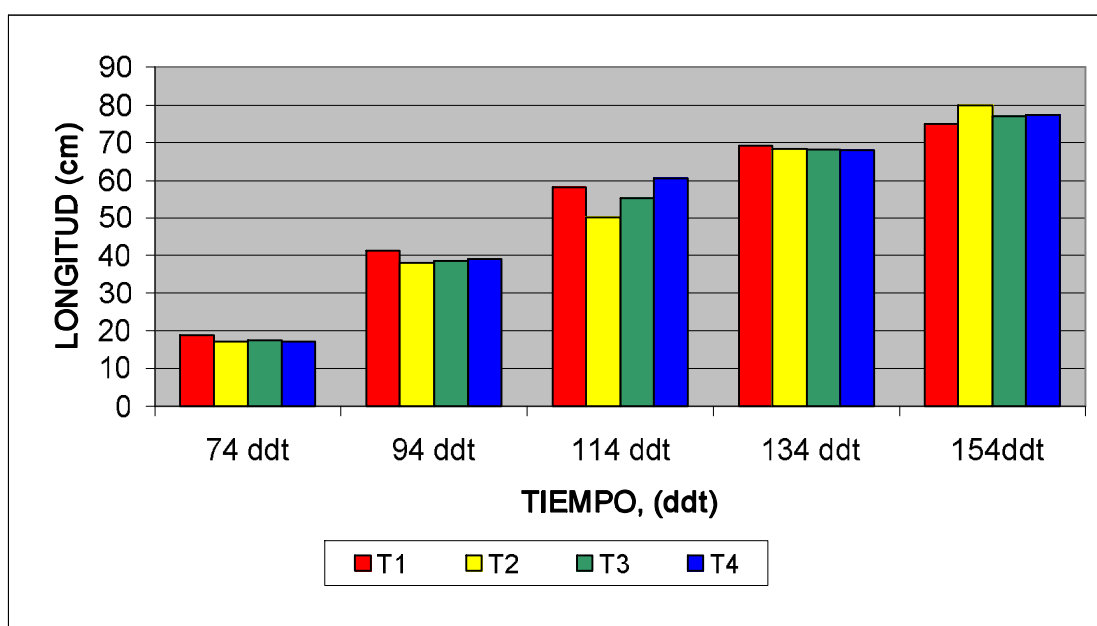


Figura 6. Altura de plantas del cultivo de ají dulce (cm), C.I Turipaná, 2001

3.4.3 Profundidad de raíces. De acuerdo al análisis de varianza para el parámetro profundidad de raíces, no existe diferencias estadísticas entre tratamientos para los días 74, 114, 134 y 154 ddt (días después del transplante).

A los 94 ddt se presentaron diferencias significativas entre tratamientos, siendo el T1 estadísticamente igual al T4 y diferente de los tratamientos T2 y T3. La falta de respuesta al crecimiento de raíces a las diferentes

láminas de riego aplicadas podría explicarse por el crecimiento y distribución no uniforme de las raíces, y a las condiciones del medio ambiente actual que existen en ellas.

En la actualidad existen técnicas que permiten realizar investigaciones de las condiciones alrededor de la raíz. Con éstas se pueden determinar las posibles causas que alteran el patrón de crecimiento normal de las raíces (Gavande, 1976, 30).

En general los mayores valores de profundidad de raíces los obtuvo el T4, con promedios de 19, 38, 48, 61 y 72 cm y los menores valores para el T2 cuyos promedios fueron de 18, 32, 43, 59 y 75 cm, en cada una de las fechas de muestreo (cuadro 8, figura 7).

Cuadro 8. Profundidad de raíces (cm), del cultivo de ají dulce en cuatro tratamientos de riego por goteo en el valle del Sinú medio. C. I. Turipaná. 2001

TRA T	Dosis L.pta. ⁻¹ día ⁻¹	PROFUNDIDAD DE RAICES				
		74 ddt	94 ddt	114 ddt	134 ddt	154ddt
1	1.32	21 a	36 a	48 a	59 a	68 a
2	2.64	18 a	32 b	43 a	59 a	75 a
3	4.00	18 a	33 b	45 a	63 a	71 a
4	5.32	19 a	38 ab	48 a	61 a	72 a
CV %		12.22	3.76	9.25	4.40	7.57

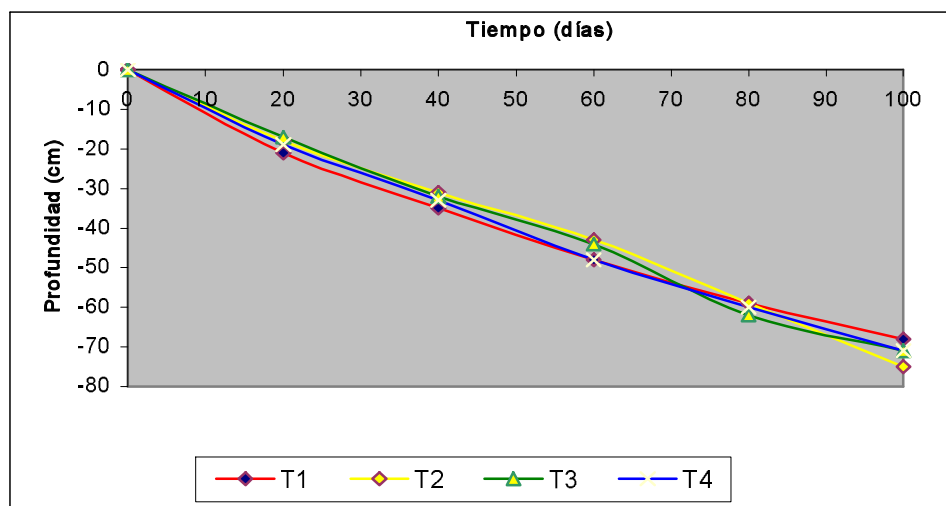


Figura 7. Profundidad de raíces del cultivo de ají dulce C.I Turipaná, 2001

3.4.4 Biomasa. De acuerdo con el análisis de varianza se observó que no existen diferencias estadísticas entre tratamientos en las diferentes fechas de muestreo, lo que significa que las dosis de riego aplicadas no influyeron en la variación entre tratamientos de la producción de materia seca.

Los mayores promedios de materia seca se presentaron en el tratamiento T4, con valores de 11.4, 71.5, 183.3, 369.8 y 383.7 gr; mientras que los menores valores se dieron en el tratamiento 1 con promedios de 12.7, 59.7, 148.3, 281.9, 334.9 gr y T2 con 8.7, 66.7, 116.8, 285.5 y 316.3 gr; para cada una de las fechas en que se tomaron los datos (Cuadro 9, Figura 8).

Cuadro 9. Biomasa (gr), del cultivo de ají dulce en cuatro tratamientos de riego por goteo en el valle del Sinú medio. C. I. Turipaná, 2001

TRA T	Dosis L.pta.día ¹	BIOMASA				
		74 ddt	94 ddt	114 ddt	134 ddt	154 ddt
1	1.32	12.7 a	59.7 a	148.3 a	281.9 a	334.9 a
2	2.64	8.7 a	66.7 a	116.8 a	285.5 a	316.3 a
3	4.00	8.2 a	55.6 a	149.3 a	369.5 a	359.3 a
4	5.32	11.43 a	71.5 a	183.3 a	369.8 a	383.7 a
CV %		32.6	16.9	26.4	18.9	19.8

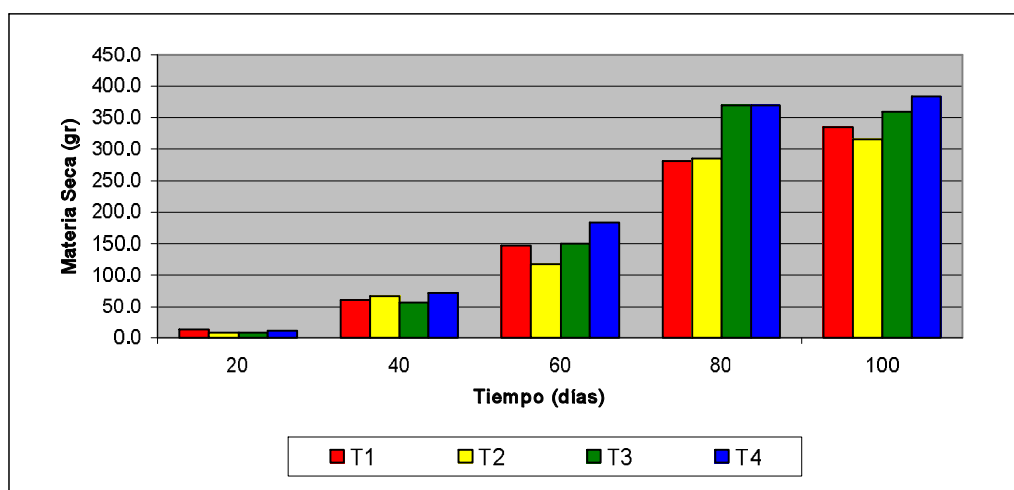


Figura 8. Biomasa del cultivo de ají dulce (gr). C.I Turipaná, 2001

3.5 ANALISIS DE HUMEDAD DEL SUELO.

El análisis de varianza para el parámetro de humedad del suelo a la profundidad de 0 – 15 cm, mostró diferencias altamente significativas a los 80 y 115 días después del transplante (ddt); esta diferencia se dio posiblemente por las características propias del suelo , lo cual favoreció la retención de humedad.

Para las demás fechas de muestreo no se presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos; esto se pudo presentar como consecuencia de la falta de

almacenamiento de agua en el suelo debido a que las plantas estaban consumiendo toda la lamina de riego aplicada, esto se puede constatar con los valores de evapotranspiración obtenidos (cuadro 4).

En general los tratamientos T4 y T3 son estadísticamente iguales y diferentes de T2 y T1. Los mayores valores de humedad se presentaron con las mayores dosis de riego 5.32 L.pta.⁻¹día⁻¹ y 4.00 L.pta.⁻¹día⁻¹. Y los menores con las menores dosis 1.32 L.pta.⁻¹día⁻¹ y 2.64 L.pta.⁻¹día⁻¹.

Cuadro 10. Promedio de humedad del suelo (%) a la profundidad de 0-15 cm. del cultivo de ají dulce en cuatro tratamientos de riego por goteo en el valle del Sinú medio C. I. Turipaná, 2001

TTO	DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE											
	72	80	87	94	101	108	115	125	129	136	143	150
1	25.4	21.0	25.3	22.6	21.6	23.6	25.7	22.6	27.4	22.8	21.9	22.3
2	25.5	21.5	25.2	23.0	22.0	25.5	25.4	22.9	28.1	24.2	22.0	23.9
3	31.2	27.6	27.9	27.5	27.8	30.0	30.0	25.7	27.9	26.7	22.2	24.0
4	31.7	30.1	28.6	27.2	27.1	29.0	31.2	27.0	28.8	27.2	23.4	25.8

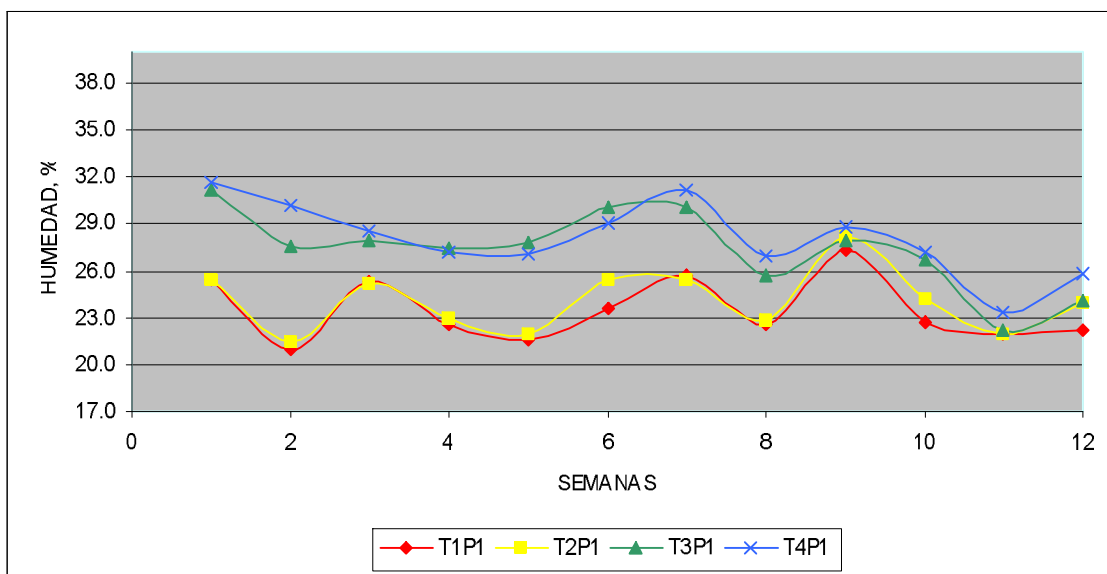


Figura 9. Humedad del suelo del cultivo de ají dulce a al profundidad de 0-15 cm
C.I Turipaná, 2001

A la profundidad de 15-30 cm se presentaron diferencias altamente significativas a los 80, 87, 94, 101 y 125 días después del transplante; para las demás fechas de muestreo no se presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos. La variación de los porcentajes de humedad en cada una de las fechas establecidas para la toma de datos se debe posiblemente a factores como la evaporación, el agua absorbida por las plantas para realizar sus actividades fisiológicas, el agua suministrada por las precipitaciones ocurridas en la zona y a la textura franca - arcillosa que presenta en sus horizontes superficiales bloques sub angulares de moderados a fuertes debido a sus altos contenidos de arcilla, lo que favorece la acumulación de agua (Anexo B).

Los tratamientos T4 y T3 con dosis de riego de 5.32 y $4.00 \text{ L.pta.}^{-1}\text{día}^{-1}$ presentaron el mayor porcentaje de humedad en todas las etapas fenológicas del cultivo con promedios entre $24.8 - 28.3 \%$ y $22.6 - 28.0 \%$ respectivamente (Cuadro 10, figura 10).

Los menores porcentajes de humedad se presentaron en los tratamientos T1 y T2 con dosis de 1.32 y 2.64 L.pta.⁻¹día⁻¹ con promedios de 18.5 – 23.2 % y 18.6 – 25.5 % respectivamente. Vale la pena aclarar que al final de la etapa de cosecha la humedad es casi constante para todos los tratamientos como consecuencia del aporte de las precipitaciones.

En general el tratamiento T4 es estadísticamente diferente de los tratamientos T1, T2 y T3, es decir que las dosis de riego influyeron en la variación de los porcentajes de humedad a esta profundidad (Anexo N).

Cuadro 11. Promedio de la humedad del suelo (%) a la profundidad de 15 – 30 cm, del cultivo de ají dulce en cuatro tratamientos de riego por goteo en el valle del Sinú medio C. I. Turipaná, 2001

TTO	DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE											
	72	80	87	94	101	108	115	125	129	136	143	150
1	22.9	20.3	23.4	20.9	18.5	20.3	19.4	23.2	25.0	20.1	21.7	20.9
2	22.5	19.4	23.7	22.3	18.6	21.4	20.2	24.0	25.5	21.7	21.3	21.9
3	27.9	25.0	28.0	25.5	23.6	24.2	24.6	24.4	26.3	25.2	23.2	22.6
4	27.6	28.0	28.3	26.9	25.5	25.8	24.8	24.9	26.6	25.0	23.9	25.9

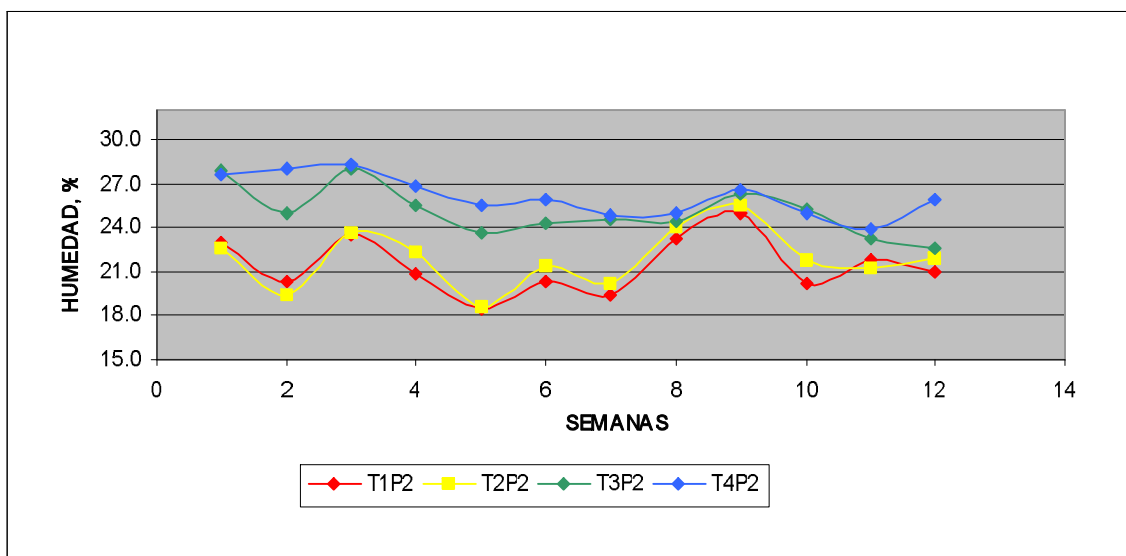


Figura 10. Humedad del suelo del cultivo de ají dulce a la profundidad de 15-30 cm. C.I Turipaná, 2001

El análisis de varianza a la profundidad de 30 - 45 cm, no mostró diferencias significativas entre tratamientos en las distintas fechas de muestreo. Los mayores porcentajes de humedad los presentó el tratamiento T4 con promedios de 19.5 – 23.7 % y el menor porcentaje el T1 con promedios de 17.5 – 21.2 %. Los promedios de humedad a esta profundidad posiblemente fueron menores debido a las características del perfil del suelo a esta profundidad.

Según Gavande (1976), el total de agua que entra en un suelo dado es mayor cuando el suelo está seco que cuando está mojado; sin embargo la velocidad con que el agua avanza a través del suelo es menor cuando el suelo está seco.

Cuadro 12. Promedio de humedad del suelo en (%), a la profundidad de 30-45 cm del cultivo de ají dulce en cuatro tratamientos de riego por goteo en el valle del Sinú medio C. I. Turipaná, 2001

TTO	DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE											
	72	80	87	94	101	108	115	125	129	136	143	150
1	18.4	18.6	20.1	19.2	17.6	17.5	19.1	19.0	21.2	18.8	17.2	19.3
2	22.4	20.8	20.3	20.4	16.6	19.4	18.1	19.0	20.7	18.1	19.9	19.4
3	24.8	22.9	23.1	22.0	18.9	21.0	20.8	19.2	21.9	21.4	20.5	19.4
4	23.7	23.7	24.0	23.7	19.5	20.7	20.4	19.8	22.7	21.4	21.5	21.5

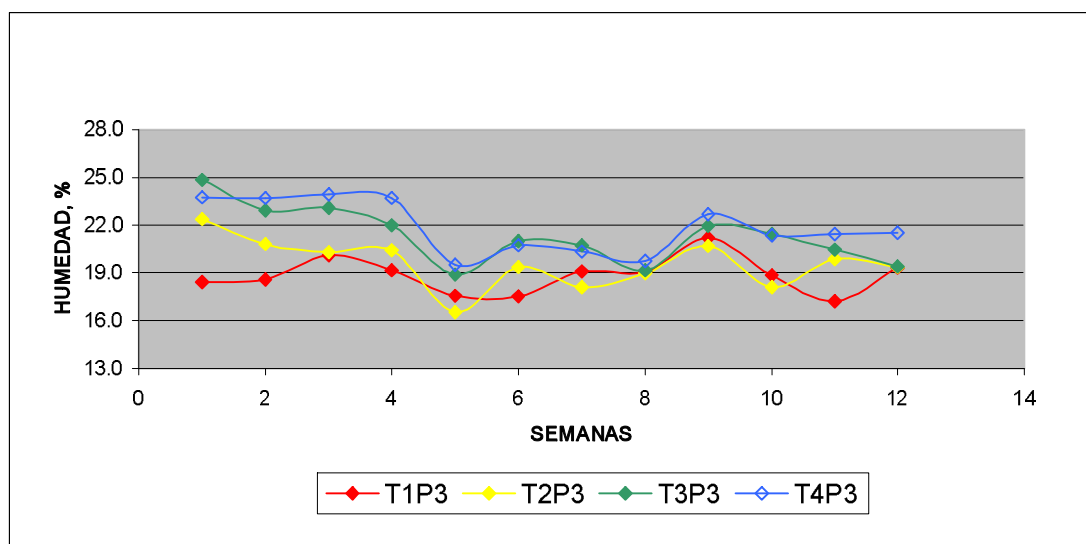


Figura 11. Humedad del suelo del cultivo de ají dulce a la profundidad de 30-45 cm. C.I Turipaná, 2001

Comparando los valores de capacidad de campo (CC), punto de marchitamiento permanente (PMP) a las profundidades de 0 – 15, 15 – 30 y 30 – 45 cm determinados en el laboratorio, con los obtenidos en el campo;

se observo que estos difieren de los de campo, debido a que las condiciones en laboratorio son diferentes, ya que el suelo es un sistema dinámico en el que intervienen muchos factores modificantes, por lo tanto estos contenidos de humedad sólo pueden determinarse con exactitud en el campo (Cuadro 13, figura 12).

El agua aprovechable determinada en el laboratorio fue menor, debido posiblemente a que al tomar las muestras estas sufrieron alguna alteración ó a posibles fallas en el proceso de saturación de las muestras, mientras que en campo las condiciones son reales y la continuidad de los poros no es interrumpida, por lo que se observó un mayor rango de agua aprovechable.

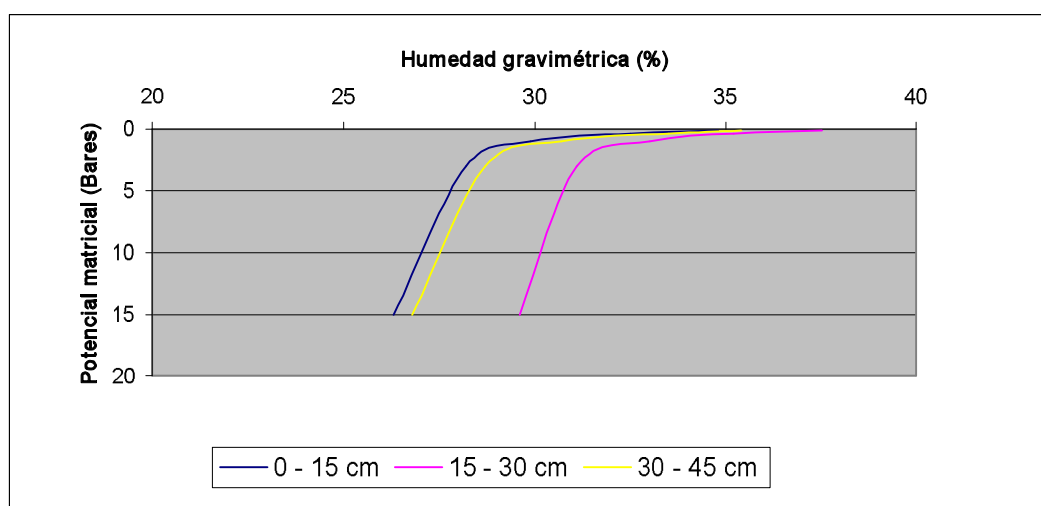


Figura 12. Curvas de retención de humedad a las profundidades de 0-15, 15-30, 30-45 cm. C. I. Turipana, 2001

Cuadro 13. Valores de Capacidad de campo, punto de marchitamiento permanente y agua aprovechable (%) obtenidos en laboratorio y en campo a las profundidades de 0 – 15, 15 – 30 y 30 – 45 cm, en el valle del Sinú medio C. I. Turipana, 2001

Profundidad (cm)	LABORATORIO			CAMPO		
	C.C	PMP	Agua A.	C.C	PMP	Agua A.
0 - 15	34.8	26.3	8.5	25.1	14.4	10.7
15 - 30	37.5	29.6	7.9	25.4	14.9	10.4
30 - 45	35.4	26.8	8.6	24.7	10.8	13.8

Total agua a.			25			35.0
---------------	--	--	----	--	--	------

4. ANALISIS ECONOMICO

Para el cultivo de ají dulce se observa que todos los tratamientos tienen un ingreso total positivo, lo que significa que los ingresos son superiores a los costos. En estas circunstancias todos serian objeto de recomendación. Sin embargo al aplicar el análisis marginal se encuentra que el tratamiento 2 presenta un bajo incremento en el ingreso total con relación al incremento en los costos siendo mayor este último, por esta razón se considera que no debe ser recomendado. El tratamiento que mejores ventajas económicas presenta es el T4 con un incremento en el ingreso total de \$3.406.500 superior al aumento del costo

variable \$ 140.000. Por su parte la tasa de retorno marginal (TRM%) alcanza el 2433 %, lo que significa que por cada unidad monetaria invertida el tratamiento se recupera y genera adicionalmente 24.3 unidades más (Cuadro 14).

Cuadro 14. Análisis económico de riego por goteo para el cultivo de ají dulce en el valle medio del Sinú, C. I. Turipaná, 2001.

TRATAMIENTO	Costo Variable	Ingreso Total	Incremento Costo Variable	Incremento Ingreso Total	TRM (%)
1	940000	10384875			
2	1080000	9465750	140000	-919125	-656.5
3	1227000	11088000	147000	1622250	1103.5
4	1367000	14494500	140000	3406500	2433.2

Cuadro 15. Relación beneficio / costo (B / C)

TRATAMIENTO	CostoTotal	Ingreso Neto	B / C	Rentabilidad (%)
1	11659940	- 1275065	0.89	- 10.9
2	11799940	- 2334190	0.80	- 19.7
3	11946940	- 858940	0.92	- 7.18
4	12086940	2407560	1.19	19.91

De acuerdo con la tabla anterior, la relación beneficio / costo indicó que la inversión hecha en los tres primeros tratamientos no genera ingresos favorables, además de que son rentables, sin embargo para el tratamiento 4 esta relación fue

de 1.19, lo cual indica que el valor de los ingresos es superior al valor de los costos (Cuadro 15).

Cuadro 16. Flujo de caja

Año	Costos Totales	Ingresos Totales	Ingreso Neto
0	6.920.350		- 6.920.350
1	6.920.350	14.494.500	7.574.150
2	6.920.350	14.494.500	7.574.150
3	6.920.350	14.494.500	7.574.150
4	6.920.350	14.494.500	7.574.150
5	4.790.612	14.494.500	9.703.888

Tasa de descuento 14%

VNA = \$27.108.789

TIR = 107%

VPN = \$20.188.439

Teniendo en cuenta los resultados de los indicadores anteriores, el VNA que es de \$27.108.789 (>0) indica que los ingresos son superiores a los egresos en esa cuantía en valor actual a una tasa del 14%, es decir, que el dinero rinde a una tasa mayor del 14%. La TIR presentó un valor de 107 %, lo que significa que por cada \$100 invertidos se generan \$107 adicionales.

De acuerdo a estos parámetros el único tratamiento que ofrece rentabilidad es T4; esto confirma que durante la época seca en el valle medio del Sinú los mejores resultados se obtienen con éste tratamiento.

5. CONCLUSIONES

- ❖ Los valores del coeficiente del cultivo K_c , fueron mayores en las etapas de fructificación y cosecha para las dosis de riego aplicadas.
- ❖ La evapotranspiración del cultivo de ají dulce presentó valores promedios de 1.3 mm.día^{-1} para el T1, 2.6 mm.día^{-1} para el T2, 3.9 mm.día^{-1} para el T3 y 5.2 mm.día^{-1} para T4. Presentandose los mayores valores en T3 y T4 con dosis de 4.00 y $5.32 \text{ L.pta.}^{-1}\text{día}^{-1}$ respectivamente.
- ❖ El requerimiento hídrico del cultivo de ají dulce en el periodo de verano para cada dosis de riego aplicada fue de 176 mm para $1.32 \text{ L.pta.}^{-1}\text{día}^{-1}$, 353 mm para $2.64 \text{ L.pta.}^{-1}\text{día}^{-1}$, 539 mm para $4.00 \text{ L.pta.}^{-1}\text{día}^{-1}$ y 714 mm para $5.32 \text{ L.pta.}^{-1}\text{día}^{-1}$.
- ❖ El tratamiento 4 con dosis de $5.32 \text{ L.pta.}^{-1}\text{día}^{-1}$ mostró el mayor rendimiento comercial con una producción de 12884 kg.ha^{-1} .
- ❖ Según el análisis económico todos los tratamientos tienen ingresos superiores a los costos, sin embargo el tratamiento que mejores ventajas económicas presenta es T4 con un ingreso total de \$14.494.500 y una rentabilidad de 19.8%. Además los indicadores económicos (VNA y TIR) muestran que esta aplicación es rentable para este cultivo.

- ❖ De acuerdo a las dosis de agua aplicadas no existieron diferencias estadísticas entre tratamientos para la variable humedad del suelo a las profundidades de 0 – 15 y 15 – 30 cm, mientras que para la profundidad de 15 – 30 cm se presentaron diferencias altamente significativas.

6. RECOMENDACIONES

- ❖ Sembrar ají dulce en época seca en el valle medio del Sinú con la dosis de $5.32 \text{ L.pta.}^{-1}\text{día}^{-1}$.
- ❖ Para futuras investigaciones se recomienda usar dosis a partir de $5.32 \text{ L.pta.}^{-1}\text{día}^{-1}$ puesto que con una dosis superior se podrían obtener mayores rendimientos.
- ❖ Incluir la variable resistencia a la penetración del suelo, para conocer su grado de compactación.

BIBLIOGRAFÍA

1. CASTILLA, N. Necesidades Hídricas de los cultivos en II Curso Iberoamericano de Riego Localizado. Septiembre 21 – 25 1998 Cartagena Colombia. 84 p.
2. DE SANTA, Francisco y DE JUAN, José. Agronomía del riego. Ediciones Mundiprensa. Madrid. 1993.
3. DOOREMBOS, J Y Pruitt, w. Necesidades de Agua de los Cultivos. Estudio de la FAO sobre Riego y Drenaje. Roma, 1990.
4. PIZARRO, Fernando. Riego localizado de alta frecuencia, goteo - microaspersión – exudación. Ediciones Mundiprensa, tercera edición. Madrid. 1996. 531 p.
5. ----- Manual de Riego y Drenaje ICA. Programa de manejo de Aguas Bogotá, 1986.
6. SAMPAT A. GAVANDE, Física de Suelos. Editorial Limusa, México 1976
7. QUIÑONES, H. 1996. Necesidades Hídricas de los cultivos en manual de diseño de riego en pequeñas áreas. IMTA. Morelos, México.
8. GUARNIZO, E. 1996. Balance hídrico. En Manejo integral de cultivos en suelos bajo riego. INAT-CECIL-JICA. Santa fé de Bogotá, Colombia.
9. GARY A. CLARK. 1993. Programación del riego. Agricultura de las Américas
10. TERRY MABBETH. 1998. Agua en la agricultura. Agricultura de las Américas.

11. MANUEL CANO mfcanoal@starnet.net.gt
12. FIGUEROA R. Orlando, MENDOZA S. Domingo. 1997. Necesidades Hídricas de la Habichuela criolla (*Phaseolus vulgaris*), larga y corta bajo un sistema de riego por goteo en el municipio de Corozal Sucre. Universidad de Sucre.
13. ROJAS, Manuel. Fisiología Vegetal Aplicada. Mc Graw Hill, 2ª Edición, México 1999.
14. IGAC, Estudio general de suelos de los municipios que conforman la parte media y baja del río Sinú, Bogotá D. E. 1983.
15. Determinación de las necesidades del cultivo de Pimentón *California Wonder*

ANEXOS

Anexo A. Análisis de suelo y Agua del área experimental

❖ Análisis de Suelo (0 –25 cm de profundidad).

PH	MO	S	P	Ca	Mg	K	Na	CIC	Cu	Fe	Zn	Mn	B
	%	Meq/100 gr							Ppm				
5.90	2.58	43.3	15.9	12.0	10.0	0.56	0.54	23.1	2.04	13.2	4.2	64.4	0.8

Fuente: Universidad de Córdoba, Laboratorio de Análisis de Suelos y Aguas,
Montería – Córdoba

❖ Análisis de Agua

Ca	Mg	Na	HCO ₂	CO ₃ ⁼	SO ₄ ⁼	Cl	CE
Miliequivalentes/Litro							Mmho/cm
2.96	6.66	1.77	1.85	-	5.57	0.94	0.70

Fuente: Universidad de Córdoba, Laboratorio de Análisis de Suelos y Aguas,
Montería – Córdoba

Anexo B. Clasificación Taxonómica del perfil de suelo.

Textura

La composición granulométrica es muy heterogénea debido a que son suelos de origen aluvial. La fracción que predomina es la arcilla y dentro de éstas la montmorillonítica (2:1), la cual se presenta en todas las formas del relieve. Como es conocida esta arcilla presenta un amplio rango de expansión y contracción lo que representa serios inconvenientes para el desarrollo de las plantas, encharcamiento y agrietamiento de los suelos.

En otras partes los ríos depositan continuamente sus sedimentos dando lugar a suelos franco – arcillo – limosos y franco limosos. Las partículas de limo taponan en muchas ocasiones los poros del suelo impidiendo la aireación y la percolación a través del perfil.

Estructura

Los suelos de textura arcillosa presentan en sus horizontes superficiales por lo general estructura en bloques subangulares de moderados a fuertes debido a los altos contenidos de arcilla favorecidos por las variaciones periódicas en humedad y temperatura.

Fuente : Estudio general de suelos de los municipios que conforman la parte media y baja de la cuenca del río Sinú (IGAC, 1983).

1. Información acerca del sitio de la muestra

- ◆ Número de perfil: 1
- ◆ Nombre del suelo: Perfil Turipaná, Lote la Represa
- ◆ Nombre de la persona que describió el perfil: Garnier Grandeth
- ◆ Epoca de descripción: seca

- ♦ Uso actual e intensidad: Cultivos de Hortalizas: Berenjena, Aji

2. Información general acerca del suelo

- ♦ Posición geomorfológica: Terraza
- ♦ Relieve: Plano
- ♦ Vegetación actual: Herbácea, modificada por el uso de la agricultura
- ♦ Pendiente: 0 – 2 %
- ♦ Tipo de topografía vecina: Plano – cóncavo
- ♦ Temperatura: Edáfica: 28°C Ambiental: 30°C
- ♦ Profundidad a nivel freático: 1.00 m (Profundo)
- ♦ Material Parental: Sedimentos aluviales finos y medios
- ♦ Régimen de humedad de suelo: Acuico
- ♦ Régimen de temperatura del suelo: Isohipertérmico
- ♦ Profundidad efectiva: 80 cm (superficial)
- ♦ Limitantes de la profundidad: pie de arado, oxido – reducción, gleización, presencia de sales
- ♦ Inundaciones: Raras
- ♦ Frecuencia: 1/20 años
- ♦ Drenaje externo: rápido
- ♦ Drenaje interno: medio
- ♦ Drenaje natural: bien drenado
- ♦ Clase de erosión y grado: no hay
- ♦ Epipedón: Ocrico
- ♦ Horizonte subsuperficial: Cámbico
- ♦ Taxonomía del perfil: Inceptisol

Observaciones:

- ♦ Lote nivelado hace 4 años
- ♦ Presencia de sales

- ◆ Relieve plano modificado por siembra en caballones, disturbado por la preparación del suelo
- ◆ Presencia de pie de arado en el segundo horizonte
- ◆ Presencia de Oxido – reducción a partir del segundo horizonte.

HORIZONTE Ap

- ◆ Profundidad: 0 – 7 cm
- ◆ Color: 10 YR 4/3, Café
- ◆ Moteados: no hay
- ◆ Textura: franca
- ◆ Estructura: Tipo: Bloques subangulares
Grado: Finos a moderados
Clase: Moderadamente fuertes
- ◆ Consistencia: Seco: dura
Húmedo: firme
Mojado: plástica y pegajosa
- ◆ Poros: Microporos
- ◆ Raíces: Cantidad: abundante
Tamaño: finas
Distribución: normal
- ◆ Actividad de microorganismos: abundantes
- ◆ Limites: Topografía: plana
Nitidez: abrupta

HORIZONTE Bwx

- ◆ Profundidad: 7 - 22 cm
- ◆ Color: 10 YR 4/3 (Café)
- ◆ Moteados: 10 YR 5/6 (pardo amarillento)
Cantidad: regulares
Tamaño: pequeño

Contraste: contrastado

Nitidez: clara

- ◆ Textura: franca
- ◆ Estructura: Tipo: Bloques angulares
 - Grado: grandes y medios
 - Clase: fuerte
- ◆ Consistencia: Seco: muy dura
 - Húmedo: firme
 - Mojado: plástica y pegajosa
- ◆ Poros: Microporos
- ◆ Raíces: Cantidad: regulares
 - Tamaño: finas
 - Distribución: anormal
- ◆ Actividad de microorganismos: abundantes
- ◆ Límites: Topografía: plana
 - Nitidez: abrupta

HORIZONTE Bw

- ◆ Profundidad: 22 - 47 cm
- ◆ Color: 10 YR 5/6 (pardo amarillento)
- ◆ Moteados: 10 YR 5/3 (café)
 - Cantidad: abundantes
 - Tamaño: mediano y grande
 - Contraste: muy contrastada
 - Nitidez: abrupta
- ◆ Textura: franca arcillosa
- ◆ Estructura: Tipo: Bloques angulares
 - Grado: medios a finos
 - Clase: débil
- ◆ Consistencia: Seco: muy firme
 - Húmedo: firme

Mojado: plástica y pegajosa

- ♦ Poros: Microporos
- ♦ Raíces: Cantidad: pocas
- ♦ Actividad de microorganismos: no hay
- ♦ Límites: Topografía: plana

Nitidez: abrupta

HORIZONTE CBII

- ♦ Profundidad: 47 - X
- ♦ Color: 10 YR 4/4 ()
- ♦ Moteados: 10 YR 6/1 (Gris)
 - Cantidad: regulares
 - Tamaño: medianos
 - Contraste: contrastado
 - Nitidez: abrupta
- ♦ Textura: franca arcillo arenosa
- ♦ Estructura: Tipo: Bloques subangulares
 - Grado: finos a medios
 - Clase: poco desarrollados
- ♦ Consistencia: Seco: dura
 - Húmedo: friable
 - Mojado: no plástica y no pegajosa
- ♦ Poros: Macroporos
- ♦ Raíces: no hay
- ♦ Actividad de microorganismos: no hay
- ♦ Límites: Topografía: plana
 - Nitidez: abrupta

Anexo C. Retención de humedad del suelo

Profundidad (cm)	Porosidad %		Retención de humedad (Bares)				
	Total	Drenable	0.1	0.33	1	3	15
0-15	51.4	22.3	34.8	32.5	29.9	28.2	26.3
15-30	47.6	19.9	37.5	35.2	33.0	31.1	29.6
30-45	43.1	17.1	35.4	33.5	30.7	28.7	26.8

Fuente: Laboratorio de Física de Suelos, C.I. Tibaitatá, Vía Mosquera - Cundinamarca

ANEXO D. BALANCE HÍDRICO TEORICO DEL CULTIVO DE AJÍ DULCE Capsicum annum.

Pr = 46 cm.
Textura = franca
Fracción Volumétrica de agua aprovechable f.v.a.a = 0.17 mm/cm
Capacidad de Almacenamiento del Suelo CAS= (f.v.a.a * Pr)
Requerimiento=Sumatoria de deficit
Kc teórico. Requerimientos hídricos del cultivo de pimenton californnia wonder. Univesidad de Sucre, 1997.

MESES	DICIEMBRE			ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO		
Decada	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
P(75 %)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.3	23.1	21.4	20.6	
ETO		39	45.8	44.3	47	52.8	49.0	50	41.1	52.7	54	57.9	51.3	50	47.7	45.3	43	
Kc		0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.30	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	
U.C		15.21	17.86	17.277	18.33	20.59	14.7	32.5	26.7	34.2	35.1	37.6	33.3	32.5	31.0	29.4	28.0	
Per. Por alm.		10.02	0	0	0	0												
Almacenami.	10.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00												
ET		10.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.3	23.1	21.4	20.6	
Deficit		5.193	17.862	17.277	18.33	20.59												
excesos			0	0	0	0												
R		0.659	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.04	0.745	0.727	0.737	
Lámina neta (mm): 79.5 = 792.5 m ³ / ha.																		

R= ET/U.C (R> 0.6 estrés)

decada	1	2	3	4	5
cas	15.64	31.28	46.92	62.56	78.2

C.A.S =78mm
UC = ETO*Kc
Pér por almacenamiento = (Almacenamiento anterior / CAS) * (U.C - PPT)
ET = Pérdi por almace + Ppt
Almacenamiento= Almace. Ant. - Pérdidas por almac.
Deficit= UC - ET

ANEXO E. Balance hídrico real del cultivo de ají dulce para el tratamiento I (1,32 L.pta.⁻¹día⁻¹)

FECHA	PERIODO	DDSC	P.O. mm.	P. Ef. mm.	Ro. mm.	P. Ef. + Ro mm.	Evap. mm.	Kc.	U.C. mm.	P.R. cm.	LARA mm.	P. ALM. mm.	ALM mm.	Evapt. mm/día	Def. mm.	Exc. mm.	R
DICIEMBRE																	
I																	
II	vegetativo	8	8.9	8.5	8.00	16.46	32.9	0.16	5.3	11.5	13.6	0.0	13.6	5.3	0.0	11.2	1.0
III	vegetativo	11	4.1	3.9	7.26	11.16	37.93	0.16	6.1	11.5	13.6	0.0	13.6	6.1	0.0	5.1	1.0
ENERO																	
I	vegetativo	10	0.0	0.0	6.60	6.60	40.36	0.16	6.5	14.3	17.0	0.0	17.0	6.5	0.0	0.1	1.0
II	vegetativo	10	0.0	0.0	6.60	6.60	40.38	0.16	6.5	16.4	19.4	0.0	19.4	6.5	0.0	0.1	1.0
III	vegetativo	8	29.4	27.7	5.28	32.99	34.46	0.16	5.5	18.9	22.4	0.0	22.4	5.5	0.0	27.5	1.0
	floración	3	0.0	0.0	3.96	3.96	15.98	0.24	3.8	18.9	22.4	0.0	22.4	3.8	0.0	0.1	1.0
FEBRERO																	
I	floración	8	0.0	0.0	10.56	10.56	43.79	0.24	10.5	22.3	26.4	0.0	26.4	10.5	0.0	0.1	1.0
	fructificación	2	0.0	0.0	2.64	2.64	7.81	0.26	2.0	22.3	26.4	0.0	26.4	2.0	0.0	0.6	1.0
II	fructificación	10	2.0	1.9	13.20	15.10	50.98	0.26	13.3	25.2	29.9	0.0	29.9	13.3	0.0	1.8	1.0
III	fructificación	1	0.0	0.0	1.32	1.32	6.19	0.26	1.6	27.8	33.0	0.3	29.6	1.6	0.0	0.0	1.0
	cosecha	7	0.0	0.0	9.24	9.24	39.82	0.28	11.1	27.8	33.0	1.7	27.9	11.0	0.2	0.0	1.0
MARZO																	
I	cosecha	10	28.2	26.6	13.20	39.83	45.07	0.28	12.6	30.1	35.7	0.0	35.7	12.6	0.0	27.2	1.0
II	cosecha	10	0.0	0.0	13.20	13.20	57.04	0.28	16.0	33.2	39.4	2.5	33.2	15.7	0.3	0.0	1.0
III	cosecha	11	0.0	0.0	14.52	14.52	48.34	0.28	13.5	37.4	44.3	0.0	44.3	13.5	0.0	1.0	1.0
ABRIL																	
I	cosecha	10	13.3	12.6	13.20	25.84	50.94	0.28	14.3	39.9	47.3	0.0	47.3	14.3	0.0	11.6	1.0
II	cosecha	10	10.7	10.2	13.20	23.37	43.73	0.28	12.2	41.5	49.2	0.0	49.2	12.2	0.0	11.1	1.0
III	cosecha	10	39.9	37.9	13.20	51.11	49.10	0.28	13.7	44.6	52.9	0.0	52.9	13.7	0.5	97.6	1.0
MAYO																	
I	cosecha	10	67.5	64.1	13.20	77.33	34.48	0.28	9.7	48.5	57.5	0.0	57.5	9.7	0.0	67.7	1.0
II	cosecha	4	19.9	18.9	5.28	24.19	45.85	0.28	12.8	51.4	60.9	0.0	60.9	12.8	0.0	11.3	1.0
III																	
TOTAL														176.5			

CAPACIDAD DE CAMPO = 34.5 %
PUNTO DE MARCHITEZ PERMANENTE = 14.5 %

DENSIDAD APARENTE = 1.31 gr/cc

ANEXO F. Balance hídrico real del cultivo de ají dulce para el tratamiento 2 (2.64 L. pta.⁻¹día⁻¹.)

FECHA	PERIODO	P.V. DDSC	P.O. mm.	P. Ef. mm.	Ro. mm.	P.Ef.+ Ro mm.	Evap. mm.	Kc.	U.C. mm.	P.R. cm.	LARA mm.	P. ALM. mm.	ALM mm.	Evapt. mm/día	Def. mm.	Exc. mm.	R
DICIEMBRE																	
I																	
II	vegetativo	8	8.9	8.5	8.00	16.46	32.9	0.32	10.5	11.5	13.6	0.0	10.3	10.5	0.0	5.9	1.0
III	vegetativo	11	4.1	3.9	14.52	18.42	37.93	0.32	12.1	11.5	13.6	0.0	13.6	12.1	0.0	6.3	1.0
ENERO																	
I	vegetativo	10	0.0	0.0	13.20	13.20	40.36	0.32	12.9	14.3	17.0	0.0	17.0	12.9	0.0	0.3	1.0
II	vegetativo	10	0.0	0.0	13.20	13.20	40.38	0.32	12.9	16.4	19.4	0.0	19.4	12.9	0.0	0.3	1.0
III	vegetativo	9	29.4	27.7	11.88	39.59	39.54	0.32	12.7	18.9	22.4	0.0	22.4	12.7	0.0	26.9	1.0
	floración	2	0.0	0.0	5.28	5.28	10.90	0.50	5.5	18.9	22.4	0.2	22.2	5.5	0.0	0.0	1.0
FEBRERO																	
I	floración	9	0.0	0.0	23.76	23.76	47.27	0.50	23.6	22.3	26.4	0.0	26.4	23.6	0.0	0.1	1.0
	fructificación	1	0.0	0.0	2.64	2.64	4.33	0.52	2.3	22.3	26.4	0.0	26.4	2.3	0.0	0.4	1.0
II	fructificación	10	2.0	1.9	26.40	28.30	50.98	0.52	26.5	25.2	29.9	0.0	29.9	26.5	0.0	1.8	1.0
III	fructificación	2	0.0	0.0	5.28	5.28	11.43	0.52	5.9	27.8	33.0	0.6	29.3	5.9	0.1	0.0	1.0
	cosecha	6	0.0	0.0	15.84	15.84	34.58	0.56	19.4	27.8	33.0	3.1	26.1	19.0	0.4	0.0	1.0
MARZO																	
I	cosecha	10	28.2	26.6	26.40	53.03	46.07	0.56	25.2	30.1	36.7	0.0	36.7	25.2	0.0	27.8	1.0
II	cosecha	10	0.0	0.0	26.40	26.40	57.04	0.56	31.9	33.2	39.4	5.0	30.7	31.4	0.5	0.0	1.0
III	cosecha	11	0.0	0.0	29.04	29.04	48.34	0.56	27.1	37.4	44.3	0.0	44.3	27.1	0.0	2.0	1.0
ABRIL																	
I	cosecha	10	13.3	12.6	26.40	39.04	50.94	0.56	28.5	39.9	47.3	0.0	47.3	28.5	0.0	10.5	1.0
II	cosecha	10	10.7	10.2	26.40	36.57	43.73	0.56	24.5	41.5	49.2	0.0	49.2	24.5	0.0	12.1	1.0
III	cosecha	10	39.9	37.2	26.40	63.56	49.10	0.56	27.5	44.6	52.9	0.0	52.9	27.5	1.0	94.4	1.0
MAYO																	
I	cosecha	10	67.5	81.1	26.40	107.50	34.48	0.56	19.3	48.5	57.5	0.0	57.5	19.3	0.0	88.2	1.0
II	cosecha	4	19.9	18.9	10.56	29.47	45.85	0.56	25.7	51.4	60.9	0.0	60.9	25.7	0.0	3.8	1.0
III																	
TOTAL														353.1			

CAPACIDAD DE CAMPO = 34.5 %

PUNTO DE MARCHITEZ PERMANENTE = 14.5 %

DENSIDAD APARENTE = 1.31 gr/cc

ANEXO G. Balance hídrico real del cultivo de ají dulce para el tratamiento 3 (4 L.pta.⁻¹ día⁻¹).

FECHA	PERIODO	P.V.	P.Q.	P.Ef.	Ro.	P.Ef.+Ro	Evap.	Kc.	U.C.	P.R.	LARA	P.ALIM.	ALM	Evapt.	Def.	Exc.	R
		DDSC	mm	mm	mm	mm	mm		mm	cm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
DICIEMBRE																	
I													10.3				
II	vegetativo	8	8.9	8.5	8.00	16.46	32.9	0.49	16.1	11.5	13.6	0.0	13.6	16.1	0.0	0.3	1.0
III	vegetativo	11	4.1	3.9	22.00	25.90	37.93	0.49	18.6	11.5	13.6	0.0	13.6	18.6	0.0	7.3	1.0
ENERO																	
I	vegetativo	10	0.0	0.0	20.00	20.00	40.36	0.49	19.8	14.3	17.0	0.0	17.0	19.8	0.0	0.2	1.0
II	vegetativo	10	0.0	0.0	20.00	20.00	40.38	0.49	19.8	16.4	19.4	0.0	19.4	19.8	0.0	0.2	1.0
III	vegetativo	7	29.4	19.8	14.00	33.79	28.34	0.49	13.9	18.9	22.4	0.0	22.4	13.9	0.0	19.9	1.0
	floración	4	0.0	0.0	16.00	16.00	22.10	0.73	16.1	18.9	22.4	0.1	22.3	16.1	0.0	0.0	1.0
FEBRERO																	
I	floración	6	0.0	0.0	24.00	24.00	33.06	0.73	24.1	22.3	26.4	0.1	22.3	24.1	0.0	0.0	1.0
	fructificación	4	0.0	0.0	16.00	16.00	18.54	0.80	14.8	22.3	26.4	0.0	26.4	14.8	0.0	1.2	1.0
II	fructificación	10	2.0	1.9	40.00	41.90	50.98	0.80	40.8	25.2	29.9	0.0	29.9	40.8	0.0	1.1	1.0
III	fructificación	2	0.0	0.0	8.00	8.00	11.43	0.80	9.1	27.8	33.0	1.0	28.8	9.0	0.1	0.0	1.0
	cosecha	6	0.0	0.0	24.00	24.00	34.58	0.85	29.4	27.8	33.0	4.7	24.1	28.7	0.7	0.0	1.0
MARZO																	
I	cosecha	10	28.2	20.9	40.00	60.87	45.07	0.85	38.3	30.1	35.7	0.0	35.7	38.3	0.0	22.6	1.0
II	cosecha	10	0.0	0.0	40.00	40.00	57.04	0.85	48.5	33.2	39.4	7.7	28.0	47.7	0.8	0.0	1.0
III	cosecha	11	0.0	0.0	44.00	44.00	48.34	0.85	41.1	37.4	44.3	0.0	44.3	41.1	0.0	2.9	1.0
ABRIL																	
I	cosecha	10	13.3	12.6	40.00	52.64	50.94	0.85	43.3	39.9	47.3	0.0	47.3	43.3	0.0	9.3	1.0
II	cosecha	10	10.7	10.2	40.00	50.17	43.73	0.85	37.2	41.5	49.2	0.0	49.2	37.2	0.0	13.0	1.0
III	cosecha	10	39.9	37.2	40.00	77.16	49.10	0.85	41.7	44.6	52.9	0.0	52.9	41.7	0.0	35.4	1.0
MAYO																	
I	cosecha	10	67.5	81.1	40.00	121.10	34.48	0.85	29.3	48.5	57.5	0.0	57.5	29.3	0.0	91.8	1.0
II	cosecha	4	19.9	18.9	16.00	34.91	45.85	0.85	39.0	51.4	60.9	3.8	53.7	36.7	0.2	0.0	1.0
III																	
	Total													539.1			

CAPACIDAD DE CAMPO = 34.5%
PUNTO DE MARCHITEZ PERMANENTE = 14.5%
DENSIDAD APARENTE = 1.31 gr/cc

ANEXO H. Balance hídrico real del cultivo de ají dulce para el tratamiento 4 (5.32 L.pta.⁻¹ día⁻¹).

FECHA	PERIODO	P.V. DDSC	P.O. mm	P.Ef. mm	Ro. mm	P.Ef.+ Ro mm	Evap. mm	Kc.	U.C. mm	P.R. cm	LARA mm	P.AL.M. mm	ALM mm	Evapt. mm	Def. mm	Exc. mm	R
DICIEMBRE																	
I																	
II	vegetativo	8	8.9	8.5	8.0	16.46	32.9	0.85	21.4	11.5	13.6	3.7	6.6	20.2	1.2	0.0	0.9
II	vegetativo	11	4.1	3.9	29.3	33.16	37.93	0.85	24.7	11.5	13.6	0.0	13.6	24.7	0.0	8.5	1.0
ENERO																	
I	vegetativo	10	0.0	0.0	26.6	26.60	40.36	0.85	26.2	14.3	17.0	0.0	17.0	26.2	0.0	0.4	1.0
II	vegetativo	10	0.0	0.0	26.6	26.60	40.38	0.85	26.2	16.4	19.4	0.0	19.4	26.2	0.0	0.4	1.0
II	vegetativo	7	29.4	27.7	18.6	46.33	28.34	0.85	18.4	18.9	22.4	0.0	22.4	18.4	0.0	27.9	1.0
	floración	4	0.0	0.0	21.3	21.28	22.10	0.97	21.4	18.9	22.4	0.2	22.2	21.4	0.0	0.0	1.0
FEBRERO																	
I	floración	7	0.0	0.0	37.2	37.24	38.61	0.97	37.5	22.3	26.4	0.2	22.2	37.4	0.0	0.0	1.0
	fructificación	3	0.0	0.0	16.0	15.96	12.99	1.06	13.8	22.3	26.4	0.0	26.4	13.8	0.0	2.2	1.0
II	fructificación	10	2.0	1.9	53.2	55.10	50.98	1.06	54.0	25.2	29.9	0.0	29.9	54.0	0.0	1.1	1.0
III	fructificación	1	0.0	0.0	5.3	5.32	6.19	1.06	6.6	27.8	33.0	1.1	28.8	6.4	0.1	0.0	1.0
	cosedha	7	0.0	0.0	37.2	37.24	39.82	1.13	45.0	27.8	33.0	6.8	22.0	44.0	1.0	0.0	1.0
MARZO																	
I	cosedha	10	26.2	26.6	53.2	79.83	45.07	1.13	50.9	30.1	36.7	0.0	36.7	50.9	0.0	28.9	1.0
II	cosedha	10	0.0	0.0	53.2	53.20	57.04	1.13	64.5	33.2	39.4	10.2	25.5	63.4	1.1	0.0	1.0
III	cosedha	11	0.0	0.0	58.5	58.52	48.34	1.13	54.6	37.4	44.3	0.0	44.3	54.6	0.0	3.9	1.0
ABRIL																	
I	cosedha	10	13.3	12.6	53.2	65.84	50.94	1.13	57.6	39.9	47.3	0.0	47.3	57.6	0.0	8.3	1.0
II	cosedha	10	10.7	10.2	53.2	63.37	43.73	1.13	49.4	41.5	49.2	0.0	49.2	49.4	0.0	14.0	1.0
III	cosedha	10	39.9	37.2	53.2	90.36	49.10	1.13	55.5	44.6	52.9	0.0	52.9	55.5	0.0	34.9	1.0
MAYO																	
I	cosedha	10	67.5	81.1	53.2	134.30	34.48	1.13	39.0	48.5	57.5	0.0	57.5	39.0	0.0	95.3	1.0
II	cosedha	4	19.9	18.9	21.3	40.19	45.85	1.13	51.8	51.4	60.9	11.0	46.5	51.2	0.7	0.0	1.0
III																	
														714.4			

CAPACIDAD DE CAMPO = 34.5%

PUNTO DE MARCHITEZ PERMANENTE = 14.5%

DENSIDAD APARENTE = 1.31 gr/cc

Convenciones.

P.V. :	período vegetativo
DDSC :	días después de sembrado el cultivo
P.O. :	precipitación observada en cada día o período
P.Ef. :	precipitación efectiva según método citado por Blaney-Criddle que aplica coeficientes decrecientes por cada 25 mm. de incremento en la precipitación observada
Ro. :	riego
Evap. :	evaporación observada e el tanque tipo "A" de la estación meteorológica
Kc. :	coeficiente de evapotranspiración del cultivo, obtenido por experimentación en el C. I. Turipaná.
U.C. :	uso consuntivo Φ
P.R. :	profundidad radicular
LARA :	lámina de agua rápidamente aprovechable almacenada en el suelo
P. ALM. :	pérdida de almacenamiento de agua en el suelo
ALM. :	almacenamiento de agua en el suelo
Evapt. :	evapotranspiración real del cultivo en cada día o período
Def. :	déficit de evapotranspiración del cultivo en cada día o período
Exc. :	exceso de agua
R :	índice agroclimático en cada día o período, igual a Evapt./U.C. Valores de R inferiores a 0,6 indican stress.

Anexo I. Análisis de varianza y comparación de medias para rendimiento valores con letra igual son estadísticamente iguales.

FUENTE DE VARIACION	GL	RENDIMIENTO
BLOQUE	2	
ANAVA		*
TRATAMIENTO	3	
ANAVA		*
1		9231 b
2		8414 b
3		9856 b
4		12884 a
CV %		29.54

Anexo J. Análisis de varianza y comparación de medias para altura de plantas. Valores con letra igual son estadísticamente iguales.

FUENTE DE VARIACION	GL	74	94	114	134	154
BLOQUE	2					
ANAVA		ns	ns	ns	ns	ns
TRATAMIENTO	3					
ANAVA		ns	ns	ns	ns	ns
1		18.89 a	41.22 a	58.11 a	69.22 a	74.89 a
2		17.22 a	38.00 a	50.22 a	68.44 a	79.89 a
3		17.44 a	38.44 a	55.33 a	68.22 a	76.78 a
4		17.22 a	39.00 a	60.56 a	68.00 a	77.22 a
CV %		5.51	9.03	9.84	5.57	7.20

Anexo K. Análisis de varianza y comparación de medias para profundidad de raíces. Valores con letra igual son estadísticamente iguales.

FUENTE DE VARIACION	GL	74	94	114	134	154
BLOQUE	2					
ANAVA		ns	ns	ns	ns	ns
TRATAMIENTO	3					
ANAVA		ns	*	ns	ns	ns
1		21.44 a	35.50 a	48.44 a	59.00 a	68.33 a
2		18.11 a	31.89 b	43.44 a	59.11 a	75.33 a
3		17.78 a	32.56 b	44.89 a	62.56 a	71.22 a
4		19.44 a	37.70ab	48.00 a	60.56 a	71.67 a
CV %		12.22	3.76	9.25	4.40	7.57

* Significativo al 5 %

** Significativo al 1 %

ns No significativo

Anexo L. Análisis de varianza y comparación de medias para biomasa. Valores con letra igual son estadísticamente iguales.

FUENTE DE VARIACION	GL	74	94	114	134	154
BLOQUE	2					
ANAVA		ns	ns	ns	ns	ns
TRATAMIENTO	3					
ANAVA		ns	ns	ns	ns	ns
1		12.7 a	59.7 a	148.3 a	281.9 a	334.9 a
2		8.7 a	66.7 a	116.8 a	285.5 a	316.3 a
3		8.2 a	55.6 a	149.3 a	369.5 a	359.3 a
4		11.4 a	71.5 a	183.3 a	369.8 a	383.7 a
CV %		32.6	16.9	26.4 a	18.9	19.8

* Significativo al 5 %

** Significativo al 1 %

ns No significativo

ANEXO M. Análisis de varianza y comparación de medias de humedad del suelo a la profundidad de 0 – 15 cm.

PROFUNDIDAD DE 0-15											
Fuente de variación	GL	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10 H11 H12
Bloque	2										
ANAVA		ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	**	ns ns ns ns
Tratamiento	3										
1		25.4 a	21.0 b	25.3 a	22.6 b	21.6 a	23.6 b	25.7 b	22.6 b	27.4 a	22.8 a 21.9 a 22.3 a
2		25.5 a	21.5 b	25.2 a	23.0 ab	22.0 a	25.5 ab	25.4 b	22.9 b	28.1 a	24.2 a 22.0 a 23.9 a
3		31.2 a	27.6 a	27.9 a	27.5 a	27.8 a	30.0 a	30.0 a	25.7 ab	27.9 a	26.7 a 22.2 a 24.0 a
4		31.7 a	30.1 a	28.6 a	27.2 ab	27.1 a	29.0 a	31.2 a	27.0 a	28.8 a	27.2 a 23.4 a 25.8 a
ANAVA		ns	**	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns ns ns
CV (%)		12.5	8.3	6.7	9.5	17.9	9.4	7.6	8.2	7.8	15.1 12.3 8.4

* Significativo al 5 %
** Significativo al 1 %
ns No significativo

ANEXO N. Análisis de varianza y comparación de medias de humedad del suelo a la profundidad de 15 – 30 cm.

PROFUNDIDAD DE 15-30													
Fuente de variación	GL	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12
Bloque	2												
ANAVA		ns	ns	**	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Tratamiento	3												
1		22.9 a	20.3 c	23.4 b	20.9 c	18.5 b	20.3 a	19.4 b	23.2 a	25.0 a	20.1 a	21.7 a	20.9 b
2		22.5 a	19.4 c	23.7 b	22.3 cb	18.6 b	21.4 a	20.2 b	24.0 a	25.5 a	21.7 a	21.3 a	21.9 b
3		27.9 a	25.0 b	28.0 a	25.5 ab	23.6 a	24.2 a	24.6 a	24.4 a	26.3 a	25.2 a	23.2 a	22.6 ab
4		27.6 a	28.0 a	28.3 a	26.9 a	25.5 a	25.8 a	24.8 a	24.9 a	26.6 a	25.0 a	23.9 a	25.9 a
ANAVA		ns	**	**	**	**	ns	**	ns	ns	ns	ns	*
CV (%)		15.0	3.1	7.5	8.7	10.7	12.3	6.2	5.6	11.1	14.7	15.3	7.3

* Significativo al 5 %
** Significativo al 1 %
ns No significativo

ANEXO O. Análisis de varianza y comparación de medias de humedad del suelo a la profundidad de 30 – 45 cm.

PROFUNDIDAD DE 30-45													
Fuente de variación	GL	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12
Bloque	2												
ANAVA		ns	ns	ns	**	ns	**	ns	ns	**	ns	**	ns
Tratamiento	3												
1		18.4 b	18.6 a	20.1 a	19.2 a	17.6 a	17.5 a	19.1 a	19.0 a	21.2 a	18.8 a	17.2 a	19.3 a
2		22.4 ab	20.8 a	20.3 a	20.4 a	16.6 a	19.4 a	18.1 a	19.0 a	20.7 a	18.1 a	19.9 a	19.4 a
3		24.8 a	22.9 a	23.1 a	22.0 a	18.9 a	21.0 a	20.8 a	19.2 a	21.9 a	21.5 a	20.5 a	19.4 a
4		23.7 ab	23.7 a	24.0 a	23.7 a	19.5 a	20.7 a	20.4 a	19.8 a	22.7 a	21.4 a	21.5 a	21.5 a
ANAVA		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)		13.0	13.9	15.2	14.4	15.4	9.7	8.1	5.5	5.8	11.2	12.4	6.0

* Significativo al 5 %
 ** Significativo al 1 %
 ns No significativo

ANEXO P. Presupuesto de inversión del cultivo de ají dulce por hectárea para el tratamiento 1.

CONCEPTO	CANTIDAD	VALOR UNIT.	VALOR TOT.
Equipo de riego por goteo			7296328
1. Diferido			
* Arrendamiento	1 ha	350000	350000
* Preparación y adecuación del lote	1 ha	281000	281000
* Operario de riego	1 U	5000	800000
* Asistencia técnica	1 ha	30000	180000
* Mano de obra	95 jornales	8000	760000
SUB TOTAL			2371000
2. Capital de trabajo			
* Inversión			7296328
2.2 Inventario de materia prima			
* Semilla	1600 gr	100	160000
* Vasos plásticos	9090 U	20	181818
* Insecticida	2 L	8000	16000
* Insecticida	10.5 Kg	4600	48300
* Herbicida	12 L	16000	192000
* Fungicida	2.5 Kg	17000	42500
* Fertilizante	4 Bultos	38000	152000
SUB TOTAL			8088946
3. Costo de operación del equipo			
* Consumo combustible	0.20 Gal.	3125	100000
* Reparación y mant.	40 % del combustible	40000	40000
SUB TOTAL			140000
TOTAL			10599946
Imprevistos (10%)			1059994
TOTAL			11659940

Amortización del equipo de riego por goteo = \$ 2.129.738

ANEXO Q. Presupuesto de inversión del cultivo de ají dulce por hectárea para el tratamiento 2.

CONCEPTO	CANTIDAD	VALOR UNIT.	VALOR TOT.
Equipo de riego por goteo			7296328
1. Diferido			
* Arrendamiento	1 ha	350000	350000
* Preparación y adecuación del lote	1 ha	281000	281000
* Operario de riego	1 U	5000	800000
* Asistencia técnica	1 ha	30000	180000
* Mano de obra	95 jornales	8000	760000
SUB TOTAL			2371000
2. Capital de trabajo			
* Inversión			7296328
2.2 Inventario de materia prima			
* Semilla	1600 gr	100	160000
* Vasos plásticos	9090 U	20	181818
* Insecticida	2 L	8000	16000
* Insecticida	10.5 Kg	4600	48300
* Herbicida	12 L	16000	192000
* Fungicida	2.5 Kg	17000	42500
* Fertilizante	4 Bultos	38000	152000
SUB TOTAL			8088946
3. Costo de operación del equipo			
* Consumo combustible	0.40 Gal.	3125	200000
* Reparación y mant.	40 % del combustible	80000	80000
SUB TOTAL			280000
TOTAL			10739946
Imprevistos (10%)			1059994
TOTAL			11799940

Amortización del equipo de riego por goteo = \$ 2.129.738

ANEXO R. Presupuesto de inversión del cultivo de ají dulce por hectárea para el tratamiento 3.

CONCEPTO	CANTIDAD	VALOR UNIT.	VALOR TOT.
Equipo de riego por goteo			7926328
1. Diferido			
* Arrendamiento	1 ha	350000	350000
* Preparación y adecuación del lote	1 ha	281000	281000
* Operario de riego	1 U	5000	800000
* Asistencia técnica	1 ha	30000	180000
* Mano de obra	95 jornales	8000	760000
SUB TOTAL			2371000
2. Capital de trabajo			
* Inversión			7296328
2.2 Inventario de materia prima			
* Semilla	1600 gr	100	160000
* Vasos plásticos	9090 U	20	181818
* Insecticida	2 L	8000	16000
* Insecticida	10.5 Kg	4600	48300
* Herbicida	12 L	16000	192000
* Fungicida	2.5 Kg	17000	42500
* Fertilizante	4 Bultos	38000	152000
SUB TOTAL			8088946
3. Costo de operación del equipo			
* Consumo combustible	0.61 Gal.	3125	305000
* Reparación y mant.	40 % del combustible	122000	122000
SUB TOTAL			427000
TOTAL			10886946
Imprevistos (10%)			1059994
TOTAL			11946940

Amortización del equipo de riego por goteo = \$ 2.129.738

ANEXO S. Presupuesto de inversión del cultivo de ají dulce por hectárea para el tratamiento 4.

CONCEPTO	CANTIDAD	VALOR UNIT.	VALOR TOT.
Equipo de riego por goteo			7926328
1. Diferido			
* Arrendamiento	1 ha	350000	350000
* Preparación y adecuación del lote	1 ha	281000	281000
* Operario de riego	1 U	5000	800000
* Asistencia técnica	1 ha	30000	180000
* Mano de obra	95 jornales	8000	760000
SUB TOTAL			2371000
2. Capital de trabajo			
* Inversión			7296328
2.2 Inventario de materia prima			
* Semilla	1600 gr	100	160000
* Vasos plásticos	9090 U	20	181818
* Insecticida	2 L	8000	16000
* Insecticida	10.5 Kg	4600	48300
* Herbicida	12 L	16000	192000
* Fungicida	2.5 Kg	17000	42500
* Fertilizante	4 Bultos	38000	152000
SUB TOTAL			8088946
3. Costo de operación del equipo			
* Consumo combustible	0.81 Gal.	3125	405000
* Reparación y mant.	40 % del combustible	162000	162000
SUB TOTAL			567000
TOTAL			11026946
Imprevistos (10%)			1059994
TOTAL			12086940

Amortización del equipo de riego por goteo = \$ 2.129.738