

**RESPUESTA FISIOLÓGICA DEL TOMATE (*Solanum lycopersicon* L.)
UNAPAL- MARAVILLA, A DIFERENTES LÁMINAS DE RIEGO Y SU EFECTO
EN LA ABSORCIÓN DE NUTRIENTES**

OSCAR EDUARDO PERENGÜEZ CARDONA

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE PALMIRA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
COORDINACIÓN GENERAL DE POSGRADO
PALMIRA
2011**

**RESPUESTA FISIOLÓGICA DEL TOMATE (*Solanum lycopersicon* L.)
UNAPAL- MARAVILLA, A DIFERENTES LÁMINAS DE RIEGO Y SU EFECTO
EN LA ABSORCIÓN DE NUTRIENTES**

OSCAR EDUARDO PERENGÜEZ CARDONA

**Tesis de grado para optar el título de Magister en CIENCIAS AGRARIAS,
línea de investigación en SUELOS**

**Dirigido por:
M.Sc. SARA MEJÍA DE TAFUR**

**Codirector:
Ph.D. HAROLD TAFUR**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE PALMIRA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
COORDINACIÓN GENERAL DE POSGRADO
PALMIRA
2011**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
SEDE PALMIRA

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ACTA DE JURADO DE TESIS

MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRARIAS
LINEA DE INVESTIGACIÓN SUELOS

En Palmira a los 31 días del mes de Octubre de 2011, se reunió en esta Sede el Jurado Calificador de Tesis, integrado por los doctores CARLOS ALBERTO ESCOBAR CHALARCA y EDGAR IVAN ESTRADA SALAZAR

Para calificar la Tesis de Grado de:

OSCAR EDUARDO PERENGUEZ CARDONA

Titulada:

“RESPUESTA FISIOLÓGICA DEL TOMATE (*Solanum lycopersicon* L.) UNAPAL - MARAVILLA, A DIFERENTES LAMINAS DE RIEGO Y SU EFECTO EN LA ABSORCIÓN DE NUTRIENTES” bajo la dirección de María Sara Mejía de Tafur, MSc.

Después de oír el informe del jurado evaluador compuesto por los investigadores CARLOS ALBERTO ESCOBAR CHALARCA y EDGAR IVAN ESTRADA SALAZAR, y de haber cumplido con el proceso de evaluación, la tesis fue calificada como:

APROBADA

REPROBADA

CARLOS A. ESCOBAR CH.

EDGAR IVÁN ESTRADA S.

DEDICATORIA

A mis padres que me dieron la vida y han estado conmigo en todo momento, siendo un pilar fundamental en mi formación y educación como persona.

A mis hermanos gracias por estar conmigo y apoyarme

A mi abuela por brindarme su amor, apoyo y confianza.

AGRADECIMIENTOS

Mis especiales agradecimientos a la Universidad Nacional de Colombia por su compromiso y alto nivel académico. De la misma manera mi gratitud es para la Msc .María Sara Mejía de Tafur, directora de tesis, quien con su brillante capacidad compartió sus ideas y oriento la realización de esta investigación.

A el grupo de investigación Mejoramiento Genético, Agronomía y Producción de Semillas de Hortalizas, en especial Al Dr. Franco Alirio Vallejo Cabrera por su colaboración y confianza

A el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación, por su vinculación como joven investigador de COLCIENCIAS.

Al Dr. Juan Carlos Menjivar Flores por su colaboración y valiosos aportes

Al Dr. Harold Tafur Herman por sus amistad y valiosas explicaciones

Y a todas y todos quienes de una u otra forma han colocado un granito de arena para el logro de esta investigación, hago extensivo mis más sinceros agradecimientos.

“La facultad y los jurados de la tesis

No se harán responsables de las

Ideas emitidas por el autor”

Artículo 24, resolución 04 de 1974

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	20
1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	22
1.1 HIPÓTESIS	23
2. JUSTIFICACIÓN.....	24
3. OBJETIVOS.....	27
3.1 GENERAL	27
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	27
4. MARCO DE REFERENCIA	28
4.1 EL AGUA EN EL SUELO	28
4.1.1 Agua higroscópica.....	28
4.1.2 Agua capilar no absorbible.....	29
4.1.3 Agua capilar absorbible.....	29
4.1.4 Agua gravitacional.....	29
4.2 CULTIVO.....	29
4.3 CARACTERÍSTICAS DEL TOMATE CHONTO CULTIVAR UNAPAL MARAVILLA	30
4.4 EVAPOTRANSPIRACIÓN	30
4.5 EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL, DE REFERENCIA Y REAL.....	31
4.6 COEFICIENTE DEL CULTIVO (KC).....	32
4.7 MÉTODOS USADOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN.....	33
4.7.1 Métodos directos.....	34

4.7.2	Métodos indirectos o empíricos.	34
4.8	ESTUDIOS REALIZADOS EN TOMATE CHONTO.....	34
4.9	EFFECTO DEL SUMINISTRO DE AGUA EN EL DESARROLLO DEL CULTIVO DE TOMATE	36
4.10	NUTRICIÓN EN TOMATE.....	37
5.	METODOLOGÍA.....	39
5.1	ENSAYO 1	39
5.1.1	Localización.	39
5.1.2	Material de siembra.....	39
5.1.3	Semilleros.	40
5.1.4	Túneles.	40
5.1.5	Diseño experimental	40
5.1.6	Riego.....	41
5.1.7	Seguimiento del Cultivo.	42
5.1.8	Recolección de frutos de seguimiento y parcelas en total.	42
5.1.9	Secado de muestras	42
5.1.10	Aplicación de fertilizantes foliares.....	43
5.1.11	Prácticas del cultivo.....	43
5.2	ENSAYO 2 Y 3:	44
5.2.1	Localización.	44
5.2.2	Material de siembra.....	44
5.2.3	Suelo.....	44
5.2.4	Diseño experimental	45
5.2.5	Información climatológica.....	46
5.2.6	Evaporación	46
5.2.7	Evapotranspiración de referencia o potencial..	47
5.2.8	Evapotranspiración real	47
5.2.9	Fertilización.....	48
5.2.10	Aplicación de fertilizantes foliares.....	48
5.2.11	Secado de muestras.....	49
5.2.12	Seguimiento del cultivo.....	50
5.2.13	Practicas del cultivo.....	51

5.2.14	Coeficiente del cultivo Kc	51
5.3	METODOLOGÍAS EVALUADAS	51
6.	VARIABLES EVALUADAS	53
6.1	VARIABLES CLIMÁTICAS ENSAYOS 2 Y 3	53
7.	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	54
8.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	55
8.1	ENSAYO 1	55
8.1.1	Efecto de diferentes niveles de nutrición en la producción	55
8.2	ENSAYO 2	57
8.2.1	Evaporación	58
8.2.2	Evapotranspiración	59
8.2.3	Desarrollo del cultivo	65
8.2.4	Acumulación de materia seca	67
8.2.5	Análisis de regresión para la materia seca	68
8.2.6	Absorción de nutrientes	70
8.3	ENSAYO 3	72
8.3.1	Evaporación	72
8.3.2	Evapotranspiración.	74
8.3.3	Coeficiente del cultivo Kc	75
8.3.4	Desarrollo del cultivo	77
8.3.5	Acumulación de materia seca	78
8.3.6	Análisis de regresión para la materia seca	79
8.3.7	Absorción de nutrientes	80
9.	CONCLUSIONES	84
10.	RECOMENDACIONES	86
	BIBLIOGRAFÍA	87

ANEXOS.....94

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Arreglo experimental utilizado en campo	40
Figura 2. Secuencia desde la cosecha hasta el secado de muestras.....	42
Figura 3. Arreglo experimental utilizado en las casas de malla.	45
Figura 4. Distribución del cultivo en las casas de malla.....	48
Figura 5. Cultivo de tomate a los 59 ddt.	49
Figura 6. Secuencia para el secado de muestras.....	50
Figura 7. Planta de tomate al inicio de la fructificación 59 ddt. ensayo 3.....	50
Figura 8. Producciones al primer racimo para la variedad UNAPAL- Maravilla, bajo distintos niveles de nutrición edáfica.....	55
Figura 9. Altura de la planta al inicio de la fructificación	56
Figura 10. Cantidad Flores y frutos, en los diferentes tratamientos.....	57
Figura 11. Evaporación media del tanque microevaporímetro en el ciclo del cultivo, ensayo 2	58
Figura 12. Evaporación acumulada durante el ciclo del cultivo, ensayo 2.....	59
Figura 13. Comportamiento de la Evapotranspiración acumulada para un Kc de 0.4	60
Figura 14. Comportamiento de la Evapotranspiración acumulada para un Kc de 0.7	61

Figura 15. Comportamiento de la Evapotranspiración acumulada para un Kc de 1.0	62
Figura 16. Comportamiento de la Evapotranspiración acumulada para un Kc de 1.3	63
Figura 17. Comportamiento de la Evapotranspiración acumulada para un Kc de (0.4; 0.7; 1.0; 1.3).....	64
Figura 18. Respuesta del crecimiento a diferentes niveles de agua	66
Figura 19. Cantidad de flores y frutos a diferentes niveles de agua	67
Figura 20. Acumulación de Materia seca a diferentes niveles de agua	68
Figura 21. Análisis de regresión para la acumulación de materia seca durante el inicio del cultivo.....	69
Figura 22. Concentración de elementos a los 59 ddt para un Kc 1.3.....	71
Figura 23. Contenido de elementos a los 59 ddt para un Kc de (0.4; 0.7; 1.0; 1.3)	71
Figura 24. Evaporación media del tanque microevaporímetro en el ciclo del cultivo, ensayo 3	72
Figura 25. Evaporación acumulada durante el ciclo del cultivo, ensayo 3	73
Figura 26. Comportamiento de la Evapotranspiración real acumulada.....	74
Figura 27. Coeficiente del Cultivo (Kc) en todo el ciclo del cultivo	75
Figura 28. Coeficiente del Cultivo (Kc) por etapas del cultivo	76
Figura 29. Coeficiente del Cultivo (Kc) por etapas del cultivo	77
Figura 30. Altura de la planta en diferentes estados fenológicos del cultivo	77
Figura 31. Cantidad de racimos, flores y frutos, en diferentes estados fenológicos del cultivo	78
Figura 32. Acumulación de materia seca en diferentes etapas del cultivo.....	79

Figura 33. Análisis de regresión para la acumulación de materia seca durante el ciclo del cultivo.....	79
Figura 34. Contenido de elementos por cada tejido en los diferentes estados fisiológicos	81
Figura 35. Contenido total de elementos por planta en los diferentes estados fisiológicos	82
Figura 36. Respuesta del tomate UNAL- Maravilla, con relación al contenido de nutrientes.	83

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Uso del agua en diferentes zonas del mundo (1990).....	24
Tabla 2. Valor nutritivo promedio del tomate por cada 100 g de producto comestible (Grubben, 1977).....	25
Tabla 3. Distribución de la lamina real necesaria en un cultivo para tomate tipo chonto y un ciclo promedio de 150 días.....	35
Tabla 4. Valores de ET_0 , K_c y E_t para un cultivo de tomate en el Valle del Cauca.	36
Tabla 5. Tratamientos aplicados de fertilización edáfica en el ensayo de tomate..	41
Tabla 6. Distribución en días de las aplicaciones escalonadas de fertilización edáfica en el ensayo de tomate.	41
Tabla 7. Tratamientos de K_c en el ensayo 2 de tomate.....	46
Tabla 8. Propiedades físico-químicas del suelo.....	52
Tabla 9. Variables climatológicas medidas durante el desarrollo del cultivo.....	53
Tabla 10. Variables Evaluadas en la cosecha del cultivo	53
Tabla 11. Evapotranspiración acumulada por tratamiento.....	65
Tabla 12. Contenido de N, P y K a los 59 (ddt), para un K_c de 1.3.....	70
Tabla 13. Contenido de N, P y K a los 59 (ddt), para un K_c de 0.4; 0.7; 1.0; 1.3...	70
Tabla 14. Contenido de N, P y K a los 17 ddt, para un K_c 0.7	80
Tabla 15. Contenido de N, P y K a los 25 ddt, para un K_c 1.1	80

Tabla 16. Contenido de N, P y K a los 59 ddt, para un Kc 1.2.....81

LISTA DE ANEXOS

pág.

Anexos A. Descripción de las Propiedades físicas del suelo en los tres ensayos	94
Anexos B. Descripción del análisis químico de suelo	98
Anexos C. Comportamiento de la T y HR dentro de las casas de malla de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira.....	100
Anexos D. Análisis de tejidos, a diferentes niveles de agua y estados fisiológicos de la planta.	101
Anexos E. ANDEVA del ensayo 1 realizado en campo en el CEUNP	103
Anexos F. ANDEVA del ensayo 2 realizado en las casas de malla de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira.....	108
Anexos G. Datos promedios obtenidos en campo del 10 agosto del 2009 (primera cosecha). Al 2 de septiembre del 2009 (segunda cosecha)	112
Anexos H. Datos promedios obtenidos al inicio de la fructificación del cultivo en campo, el 30 julio del 2009 a los 63 días de pues del trasplante	113
Anexos I. Datos promedios obtenidos al inicio de la fructificación del cultivo en casas de malla, el 15 diciembre del 2010, a los 59 días de pues del trasplante..	114
Anexos J. Datos obtenidos del seguimiento del cultivo en diferentes etapas, dentro de las casas de malla, entre el 10 de diciembre del 2010 y el 20 enero del 2011	115
Anexos K. Datos de la evaporación obtenidos de el microevaporímetro entre el 27 de octubre al 24 de diciembre de 2010	116
Anexos L. Datos de la evaporación obtenidos de el microevaporímetro entre el 23 de noviembre del 2010 al 21 de noviembre de 2011	118

Anexos M. Datos de evapotranspiración de referencia, entre el 27 de octubre al 24 de diciembre de 2010	120
Anexos N. Datos de evapotranspiración de referencia, entre el 23 de noviembre del 2010 al 21 de enero de 2011	122
Anexos O. Datos de evapotranspiración real entre el 27 de octubre al 24 de diciembre de 2010	124
Anexos P. Datos de evapotranspiración real entre el 23 de noviembre del 2010 al 21 de enero 2011	127
Anexos Q. Datos de Kc promedio por etapa del cultivo, entre 23 de noviembre del 2010 al 21 de enero 2011	129

RESUMEN

La presente investigación se efectuó bajo la realización de tres ensayos, el primero tuvo lugar en el Centro de Investigación de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira (CEUNP), evaluando 10 tratamientos distintos de nutrición edáfica en campo. Las variables evaluadas fueron: rendimiento a el primer racimo, altura de la planta, número de racimos, frutos y flores, a los 63 días después del trasplante (ddt).

Los ensayos dos y tres se realizaron en las casas de malla de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira donde el objetivo principal buscó conocer la respuesta fisiológica del tomate (*Solanum lycopersicon* L.) UNAPAL- Maravilla, a diferentes láminas de riego y su efecto en la absorción de nutrientes, bajo la nutrición obtenida en el primer ensayo. Para cumplir dicho objetivo en el segundo ensayo se evaluaron 5 tratamientos diferentes de Kc: T1=0.4; T2=0.7; T3=1.0; T4=1.3 y T5= la combinación de los mismos, distribuidos en los diferentes estados fisiológicos de la planta. Por medio la estación meteorológica, el datalogger y un microevaporímetro ubicado dentro del sitio de estudio, se determinaron las láminas de riego a utilizar. Como variables de respuesta se evaluaron la evapotranspiración diaria del cultivo, acumulación de materia seca, absorción de nutrientes, además de la altura, número de racimos, frutos y flores a los 59 ddt. Finalmente en el tercer ensayo se determinó el Kc del cultivo en los diferentes estados fisiológicos de la planta, y se evaluaron las variables del ensayo dos.

Los resultados obtenidos indicaron que las mejores respuestas fisiológicas por parte de la planta, se lograron cuando se determinaban el Kc del cultivo y el coeficiente Kp que ajusta el valor de la evaporación del tanque, y no a partir de supuestos valores establecidos anteriormente, esto se debe a que las condiciones climáticas y las variedades utilizadas en la agricultura varían de acuerdo a sus propios requerimientos. Además se observaron efectos muy marcados, entre los tratamientos con Kc de 0.4 y 0,7 cuya producción de biomasa fue relativamente inferior y presentó diferencias altamente significativas con el resto de los tratamientos.

Finalmente se estableció el Kc en los diferentes estados fisiológicos de la planta de la siguiente forma: Fase de Establecimiento 0.5, Fase de Desarrollo Vegetativo 0.7, Fase de Floración 1.1 y Inicio de la Fructificación 1.2

Palabras claves: Coeficiente del cultivo Kc, Tomate variedad (UNAPAL Maravilla), láminas de riego, absorción de nutrientes.

ABSTRAC

This research was conducted under the carrying out of three trials, the first took place in the research Center of the Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira (CEUNP), which seeks determine the best fertilization to be applied to tomato crop, evaluating 10 different treatments of soil nutrition in field. The evaluated variables went: performance to the first raceme, plant height, number of racemes, fruits and flowers, at 63 days after transplanting (ddt).

The trials (two and three) are held in mesh houses the Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira where the main objective sought to know the physiological response of tomato (*Solanum lycopersicon* L.) UNAPAL- Maravilla, to different layers of irrigation and its effect in the absorption of nutrients, under the nutrition obtained in the first trial. To meet this objective in the second trial were evaluated 5 different treatments of Kc: T1=0.4, T2= 0.7, T3= 1.0, T4= 1.3 and T5 = the combination of them, distributed in different physiological states of the plant. By means the weather station, data logger and a microevaporimetro located within the study site were determined to laminae of irrigation to used. As response variables were evaluated daily crop evapotranspiration, dry matter accumulation, nutrient uptake, as well as the height, number of racemes, fruits and flowers to the 59 ddt. Finally in the third trial was determined Kc the crop in different physiological states of the plant and evaluated the variables trial (two)

The results showed that the best physiological responses by the plant, were achieved when determined the Kc of the crop and the Kp coefficient that adjusts the value of the evaporation tank and not from supposed previously established values, this is because to climatic conditions and the varieties used in agriculture vary according to their own requirements. Also very marked effects were observed between kc treatments with (0.4 and 0.7) whose biomass production was relatively lower and presented highly significant differences with the rest of the treatments.

Finally is established the Kc in different physiological states of the plant as follows: Establishment Phase 0.5, Phase Vegetative Development 0.7, Flowering Phase 1.1 and initiation of the fructification 1.2.

Keywords: Crop coefficient Kc, Tomato variety (UNAPAL- Maravilla), laminae of irrigation, absorption of nutrients

INTRODUCCIÓN

El recurso agua, es el principal factor limitante en la producción agrícola a nivel mundial. Estudios realizados por organismos internacionales predicen que el Cambio Climático Global, conllevará a incrementar la escasez de este recurso natural en los próximos años. En este contexto, la eficiencia en el uso de los recursos hídricos debe ser un aspecto transversal de las políticas públicas, que debe, por lo tanto, ser afrontado desde diversos puntos de vista. En este sentido, uno de los temas claves a considerar es la eficiencia con la que las plantas usan el agua y poder relacionarlo con producciones que presenten rendimientos estables.

Además del agua otro factores de gran influencia en el rendimiento del cultivo de tomate, es la nutrición mineral de la planta, también conocido como “requerimientos nutricionales”.

De esta forma, se debe rediseñar la agricultura y generar conocimientos, que permitan determinar los requerimientos hídricos y nutricionales de cada cultivo para evitar pérdidas, tanto del valioso recurso hídrico como de la nutrición utilizada. Consecuentemente, es un hecho el desconocimiento del uso consuntivo o evapotranspiración, información esencial para la determinación de las necesidades hídricas de los cultivos, como es el caso del tomate *Solanum lycopersicon* L. cultivar UNAPAL- Maravilla.

Para obtener una exitosa planificación de riego, es necesario tener en cuenta parámetros como: la influencia de las propiedades fisicoquímicas del suelo, cantidad de agua requerida por el cultivo durante su ciclo vegetativo, relación entre el contenido de humedad y producción, coeficiente del cultivo (Kc); el cual es desconocido en la región para esta variedad y que depende de las características anatomorfológicas y fisiológicas del cultivar. Debido a que su valor varía de acuerdo en la capacidad para extraer agua del suelo durante el ciclo vegetativo. La especie vegetal y el tamaño de la planta representada por su volumen foliar y radical, gobiernan este parámetro, el cual permitiría determinar la mejor lámina de riego y de esta forma; tanto técnicos como agricultores puedan tener como base, la lámina de agua requerida por la planta en cada etapa fenológica, logrando así mejorar los rendimientos y por supuesto una mejor calidad de frutos para la comercialización.

En esta propuesta de investigación se pretende conocer la respuesta fisiológica del tomate *S. lycopersicon* L. cultivar UNAPAL- Maravilla, a diferentes láminas de riego y su efecto sobre la absorción de nutrientes, para la implementación de un sistema eficiente de riego que contribuya a mejorar la producción.

1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El alto potencial de producción del tomate hace que requieran extraer grandes cantidades de agua y nutrientes, para compensar la alta producción de biomasa, factor que afecta el crecimiento y el desarrollo de la planta, la floración, la precocidad, el rendimiento y calidad de los frutos. Por esta razón, la disponibilidad de este recurso se debe conocer y de esta forma se logre optimizar para asegurar su desarrollo.

La producción de biomasa en cualquier cultivo, está fuertemente determinada por la cantidad de agua disponible en el suelo Medrano *et al.* (2007). La causa radica en que la fotosíntesis proceso base en la producción de biomasa y la transpiración consumo de agua; utilizan los estomas como vía de intercambio de CO₂ y vapor de H₂O. Cuanto más abiertos están mayor será la entrada del CO₂ pero también habrá mayor pérdida de agua. Por esta razón el agua gastada para la producción de biomasa es inevitable.

Los estudios relacionados con los recursos hídricos en América Latina han sido manejados sobre la base de condiciones hidrológicas del pasado y con un enfoque básicamente hidráulico. Para los próximos años, será esencial que la planificación de los recursos hídricos se ajuste a principios de gestión que aseguren la integridad de los ecosistemas, y se oriente de acuerdo a los escenarios de vulnerabilidad frente al cambio climático. (SEMARNAT y PNUMA 2006).

En Colombia son pocos los estudios orientados a determinar requerimientos hídricos de los cultivos, y los que existen son muy generales; se basan principalmente en experimentos donde no se tienen en cuenta muchos aspectos, relacionados con la interacción fisiológica entre la planta, el suelo y el agua, obteniendo como resultados requerimientos hídricos que no logran potencializar al máximo la producción y el rendimiento de la misma. Se han adelantado algunas investigaciones acerca del riego y la nutrición de este cultivo (Mejía *et al.*, 2007; Vallejo y Estrada, 2004; Ulchur *et al.*, 2004; Estrada *et al.*, 2004; Estrada, 2003; Franco *et al.*, 2003; Escobar, 2001; Medina y Escobar 2001; Vallejo *et al.*, 1999;

entre otras); sin embargo, falta mayor investigación en este tema para contar con datos sólidos que permitan obtener conclusiones certeras, y la implementación de técnicas de cultivo adecuados para las condiciones ambientales locales. Aún no se conocen investigaciones específicas en el área de las relaciones hídricas, por lo que también se hace urgente ahondar en este campo.

Ante esta situación, muchos agricultores en el Valle del Cauca realizan prácticas de riego con base en información obtenida en países, regiones templadas o subtropicales donde el clima es distinto. Información que presenta vacíos en la parte hídrica, por lo que se está incurriendo en la incertidumbre acerca de si la cantidad y la época de aplicación es la adecuada, situación que debe cambiarse para lograr una producción eficiente de hortalizas, en cuanto al ámbito hídrico se refiere.

Además se afirma que los vegetales y los genotipos con los que se trabajan, son influenciados por la disponibilidad de agua, la temperatura, radiación solar, humedad relativa, el tipo de suelo, la disponibilidad y balance de nutrientes en la solución nutritiva del mismo. De igual manera, presentan variaciones en sus requerimientos hídricos y su capacidad para tomar los nutrientes del suelo de acuerdo con sus necesidades, disponibilidad y capacidad de adaptación al medio ambiente. Por lo tanto los requerimientos de agua y su efecto en la obtención de nutrientes deben ser determinados experimentalmente para cada cultivo que se pretenda establecer. En este caso la variedad de tomate *S. lycopersicon* L. UNAPAL Maravilla, es un cultivar tipo chonto desarrollado por el Programa de Mejoramiento Genético, Agronomía y Producción de semillas de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira.

1.1 HIPÓTESIS

La determinación de los requerimientos hídricos para el cultivo de tomate *S. lycopersicon* L. cultivar UNAPAL Maravilla, permitirá estimar los volúmenes eficientes de agua, los Kc en los diferentes estados fenológicos y por ende, la absorción de nutrientes, la optimización de insumos e incremento de los rendimientos para las condiciones ambientales específicas del Valle del Cauca.

2. JUSTIFICACIÓN

Es conocido que en muchos países del mundo, las limitaciones de disponibilidad de agua están afectando cada vez más a toda la población. Esta situación hace que el gasto de agua en la agricultura, que se supone entre el 50 y el 80% del agua disponible (tabla 1), se mire como un “exceso”, ignorando que ese consumo se usa para la producción de alimentos. En este sentido, la economía en el uso del agua en sistemas agrícolas constituye una prioridad fundamental de estudio, con el fin de obtener producciones regular sin desprestigiar dicho recurso. (Medrano *et al.*, 2007)

Tabla 1. Uso del agua en diferentes zonas del mundo (1990).

	Agricultura %	Doméstico %	Industria %	Total Km ³ /año	Requerimientos m ³ /habitante/año
África	88	7	5	144	245
Asia	86	6	8	1531	519
Ex USSR	65	7	28	358	1280
Europa	33	13	54	359	713
América N y Central	49	9	42	697	1861
Oceania	34	64	2	23	905
Sudamérica	59	19	23	133	478
Mundo	69	8	23	3240	644

Fuente: World Resources Institute, 1994, citado por (Medrano *et al.*, 2007).

Además se tiene que el tomate *Solanum lycopersicon* L., es la hortaliza de mayor importancia a nivel mundial por su volumen, consumo en estado fresco y procesado. Es una de las hortalizas de mejor posicionamiento económico. Su demanda crece continuamente y con ella su cultivo, producción y comercio representando el 30% de la producción hortícola mundial. El incremento anual de producción en los últimos años se debe, principalmente al aumento en el

rendimiento, y en menor proporción, al incremento de la superficie cultivada. Los principales rendimientos se encuentran en Europa Occidental con 250,11 t ha⁻¹ en promedio, donde sobresalen los Países Bajos con 480 t ha⁻¹ aproximadamente; en cuanto a América del Sur, se calcula un rendimiento promedio de 47,74 t ha⁻¹, donde Chile se destaca con rendimientos de 71,10 t ha⁻¹. Para el caso de Colombia, se encuentra un área sembrada de 15.293 ha, con un rendimiento de 29,91 t ha⁻¹, ocupando así el puesto No. 41 con relación al área sembrada, y el puesto No. 65 en cuanto al rendimiento en el mundo; América del Sur se encuentra en el 7° lugar en rendimiento, con valores dentro del promedio regional (FAO, 2009). En el Valle del Cauca se siembran alrededor de 1.500 ha al año, casi todas ubicadas en zonas cálidas entre 0 y 1.300 m.s.n.m.

De acuerdo a un estudio realizado en Estados Unidos por Stevens (1974), este cultivo ocupa el lugar No. 16 en relación con la concentración relativa de un grupo de 10 vitaminas y minerales. Sin embargo su alto nivel de consumo, convierte a esta hortaliza en una de las principales fuentes de vitaminas minerales en muchos países. Grubben (1977), plantea que el valor nutricional del tomate no es muy elevado, datos que se pueden apreciar en la tabla 2:

Tabla 2. Valor nutritivo promedio del tomate por cada 100 g de producto comestible (Grubben, 1977).

Residuos	6.0 %	Caroteno	0.5 mg
Materia seca	6.2 %	Tiamina	0.06 mg
Energía	20.0 Kcal	Riboflavina	0.04 mg
Proteínas	1.2 g	Niacina	0.6 mg
Fibra	0.7 g	Vitamina C	23.00 mg
Calcio	7.0 mg	Valor nutricional medio (VNM)	2.39 mg
Hierro	0.6 mg	VNM por 100g de materia seca	38.5 mg

Con relación a la importancia de este cultivo hortícola, no solo a nivel nacional si no también mundial, los programas de hortalizas y suelos de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira, se han encaminado a la investigación del recurso hídrico, de las necesidades del cultivo para la producción como la fotosíntesis y en delimitar hasta qué punto es posible incrementar la eficiencia en el uso del agua por las plantas. Esto exige, conocer mejor los procesos claves para la producción, el impacto de las variaciones climáticas y edáficas, así como también identificar especies y variedades que se adapten a las condiciones locales, buscando de esta forma la obtención de nuevas variedades.

Esto conllevará a determinar las necesidades hídricas del cultivo, el Kc que sería propio de la variedad UNAPAL Maravilla. De esta forma se haría más eficiente el manejo de agua y la nutrición por parte de la planta, y se podría disminuir la pérdida de elementos minerales que puedan contaminar el ambiente. Un adecuado manejo del agua trae como resultado mayor rendimiento, cultivos sanos y vigorosos, y cosechas de alta calidad, que satisfagan la problemática de seguridad alimentaria.

3. OBJETIVOS

3.1 GENERAL

Evaluar la respuesta fisiológica del tomate (*Solanum lycopersicon* L.) UNAPAL-Maravilla, a diferentes láminas de riego y su efecto en la absorción de nutrientes

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el Kc del cultivo de tomate *Solanum lycopersicon* L. cultivar UNAPAL Maravilla, en los diferentes estados fenológicos de la planta, para condiciones específicas del Valle del Cauca, Colombia.
- Evaluar el contenido de nitrógeno, fósforo y potasio en diferentes estados fenológicos del cultivo de tomate *S. lycopersicon* L. cultivar UNAPAL Maravilla y su relación con la acumulación de biomasa.

4. MARCO DE REFERENCIA

4.1 EL AGUA EN EL SUELO

El suelo agrícola es una capa fina de material, que se encuentra situada sobre la superficie de los continentes. Esta capa se ha originado mediante procesos de formación del suelo como los son: el efecto del clima, el material parental, los organismos, el relieve y por supuesto el tiempo.

Físicamente, el suelo es un medio poroso formado por tres fases: una sólida, la otra líquida y la gaseosa (Jaramillo *et al.*, 1994).

La parte sólida, está constituida por pequeñas partículas que se han separado del material original (rocas) y del material orgánico. Estas partículas dejan espacios libres, que son ocupados, sea por agua o por aire, según el estado de humedad del suelo. La suma de los espacios huecos en un suelo seco se llama porosidad del suelo, cuando se expresa en relación al volumen de las partículas sólidas. (Jara R, *et al.*, 1998).

Se considera que en un suelo saturado el agua se encuentra en cuatro formas distintas (Marañés A, *et al.*, 1994):

4.1.1 Agua higroscópica. Es el agua absorbida por el suelo a expensas de la humedad atmosférica y se encuentra como una delgada película alrededor de las partículas solidas o tapizando las paredes de los poros. No es utilizable por las plantas por estar muy fuertemente retenida.

4.1.2 Agua capilar no absorbible. Ocupa los microporos más finos ($\emptyset \leq 0.2 \mu\text{m}$), por lo que está fuertemente retenida.

4.1.3 Agua capilar absorbible. Ocupa los microporos más gruesos ($0.2 < \emptyset \leq 8 \mu$) y constituye la principal fuente de alimentación hídrica de las plantas, ya que es el agua utilizable que se retiene en el suelo durante más tiempo.

4.1.4 Agua gravitacional. Corresponde al agua que ocupa los macroporos más gruesos ($\emptyset < 8 \mu$) y se desplaza en el suelo por acción de la gravedad. Puede subdividirse en agua gravitacional de flujo rápido (que permanece en los macroporos más gruesos como máximo 2 -3 días después de lluvia o riego y es despreciable en cuanto a su uso por parte de las plantas) y el agua gravitacional de flujo lento, que ocupa los macroporos más finos, permaneciendo en ellos durante unos días más (a veces semanas); por este motivo parte de ella puede ser utilizada por las plantas.

4.2 CULTIVO

El tomate es una planta perenne, de tipo arbustivo con sistema radicular del pivotante, profundo y poco ramificado cuando de siembra de forma directa, o profusamente superficiales y ramificadas cuando se siembra por trasplante; el tallo es de consistencia herbácea, por lo que es necesario el empleo de tutores. Las hojas son compuestas y se encuentran de forma alterna. Las flores son perfectas, se encuentran agrupadas en inflorescencias. Las variedades de fruto grande presentan menor número de flores por inflorescencia que las que producen frutos más pequeños como en el caso de Chonto (Lobo y Jaramillo, 1983).

4.3 CARACTERÍSTICAS DEL TOMATE CHONTO CULTIVAR UNAPAL MARAVILLA

La semilla de tomate *Solanum lycopersicum* L., tipo chonto, cultivar UNAPAL Maravilla, se obtuvo y es producido por el Programa de Mejoramiento Genético, Agronomía y Producción de Semillas de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira, en el Centro Experimental de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira (CEUNP), donde se cultiva y posteriormente se obtiene semilla en buen estado, disponible para trabajos de investigación. Sus características agronómicas tales como rendimiento, calidad del fruto y amplia adaptación, lo posicionan entre las opciones varietales de mayor aceptación por los productores de tomate para consumo fresco (Estrada *et al.*, 2002).

Presenta inflorescencia entre los 30 y 35 días después del trasplante, entre la 6° a 7° hoja, a una altura del cuello entre 27 y 35 cm. Las inflorescencias secundarias, aparecen en intervalos de 1 a 2 hojas. Es un cultivar que presenta alto cuajamiento de frutos, con 5 frutos por racimo en promedio en las (ocho) 8 inflorescencias primarias, posteriormente 4 frutos hasta la inflorescencia número 12. A partir de esta fase, el cuajamiento está estrechamente relacionado con el suministro de agua y nutrientes, así como el estado sanitario de la planta (Estrada *et al.*, 2003).

El peso del fruto se encuentra entre 120–150 g. en los primeros ocho (8) racimos, y 90–100 g. en racimos superiores con un rendimiento promedio de 5,0 kg planta⁻¹. Con un adecuado manejo agronómico (poda, nutrición y sanidad), se han logrado altos rendimientos por planta, con valores superiores a 6,0 kg planta⁻¹ en cultivo en campo abierto (Estrada *et al.*, 2003).

4.4 EVAPOTRANSPIRACIÓN

Thornthwaite (1948), utilizó el término evapotranspiración (ET), para referirse al proceso combinado de evaporación desde el suelo y transpiración desde las hojas de las plantas. Antes de utilizarse el término, la expresión empleada era *uso consuntivo* (Jensen, 1971). La diferencia fundamental entre los dos términos

radica en que el uso consuntivo considera, además de la ET, el agua que es retenida por la planta y que hace parte de su masa (no es transpirada). De esta forma se acepta que las dos expresiones son diferentes cualitativamente hablando, pero prácticamente iguales en términos cuantitativos.

En forma general la ET depende de la demanda atmosférica (radiación-temperatura-humedad relativa-velocidad del viento), de la planta (especie y estado de desarrollo) y del estado de humedad del suelo. La demanda atmosférica es controlada por el poder evaporativo del aire; entre más seco esté el aire, mayor será la demanda atmosférica. Sin embargo, la demanda atmosférica por sí sola, no determina la ET, porque esta depende en buena medida de la humedad del suelo. Esto significa que puede presentarse una alta demanda atmosférica, pero si el suelo está seco, la ET no se da en la misma proporción y pasa a ser controlada por la humedad del suelo. De otro lado, la ET también es determinada por la especie vegetal y su estado de desarrollo; esto significa que para una condición climática dada en un suelo específico, la ET estará definida por el cultivo (especie vegetal) y además por su condición de desarrollo.

4.5 EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL, DE REFERENCIA Y REAL

Thornthwaite (1948) introdujo el concepto de evapotranspiración potencial (ET_p), como la máxima cantidad de agua que puede evaporarse desde un suelo completamente cubierto de vegetación, que se desarrolla en óptimas condiciones, y en el supuesto caso de no existir limitaciones en la disponibilidad de agua, (Sánchez, 1992) es decir, que en ningún momento la demanda evapotranspirativa atmosférica es limitada por la falta de agua en el suelo. Posteriormente Penman utilizó el concepto pero considerando una vegetación de porte bajo de altura uniforme. De esta forma la grama fue rápidamente asumida como la vegetación estándar para aplicarla al concepto, asociándola a la idea de que es la cobertura utilizada en las estaciones meteorológicas.

El término evapotranspiración de referencia (ET_o) fue introducido por (Jensen *et al.*, 1971), y se estableció para reducir las ambigüedades de interpretación a que da lugar el amplio concepto de evapotranspiración y para relacionarla de forma más directa con los requerimientos de agua de los cultivos. Es similar a la (ET_p), ya que igualmente depende exclusivamente de las condiciones climáticas, pero se diferencian en que la (ET_o) es aplicada a un cultivo específico, estándar o de

referencia, normalmente una superficie extensa de grama con altura de 0.08 a 0.15 m, en crecimiento activo, cubriendo totalmente el suelo y sin ninguna deficiencia de humedad en el suelo. (Doorenbos y Pruitt, 1979; Jensen *et al.*, 1990).

(Smith. *et al.*, 1992), definió la ET_0 como aquella que se presenta en un cultivo hipotético, con altura fija de 0.12 m, albedo igual a 0.23 y resistencia de la cobertura al transporte del vapor del agua igual a 69 s.m^{-1} ; esta situación representa la ET de un gramado verde, de altura uniforme, en crecimiento activo, cubriendo totalmente la superficie del suelo y sin restricción de humedad.

Como evapotranspiración real (ET_R) se define la que se presenta en una superficie vegetada, independiente de su área, de su porte y de las condiciones de humedad del suelo. Lo anterior significa que ET_R es aquella que se da en cualquier circunstancia, sin imposición de ninguna condición de contorno. De tal forma que ocurre en la situación real en que se encuentra el cultivo en el campo, y difiere de los límites máximos o potenciales establecidos. Por tanto se referiré a la cantidad de agua que efectivamente es utilizada por la evapotranspiración. Para determinarla se debe corregir la ET_P o ET_0 con un factor K_c dependiente del nivel de humedad del suelo y de las características de cada cultivo. (Sánchez, 2001)

En la literatura además se encuentran otros conceptos como por ejemplo, la evapotranspiración del cultivo (ET_C) que se entiende como la ET que presenta un cultivo desde su siembra hasta la cosecha, ocupando toda el área disponible, sin restricciones de humedad en el suelo. La cual se calcula por el producto entre la ET_0 por un K_c .

4.6 COEFICIENTE DEL CULTIVO (K_C)

El coeficiente de cultivo K_c , es un valor dependiente fundamentalmente de las características propias de cada cultivo, por tanto, son específicos para cada uno de ellos y dependen de su estado de desarrollo y de sus etapas fenológicas, por ello son variables a lo largo del tiempo. Dependen también de las características del suelo y su humedad (Ortega *et al.*, 1998)

El coeficiente Kc (ecuación 1) es el resultado de la relación entre la evapotranspiración del cultivo, y la evapotranspiración de referencia, y varia con el estado de desarrollo del cultivo (Valverde, 2007).

$$K_c = ET_c / ET_0 \quad (1)$$

Otro método para calcular el Kc, es el uso de una ecuación de tipo cúbico incompleta para calcularlo, la cual relaciona una constante de la proporción de la evaporación del suelo desnudo, con el índice de área foliar promedio y la duración del cultivo (Norero, 1976).

Los valores de Kc aumentan a medida que lo hace el índice de área foliar, alcanzando sus valores máximos cuando la cobertura del suelo es del 60 – 80%. A medida que avanza la senescencia del cultivo, los valores de Kc irán descendiendo progresivamente (Martín de Santa Olalla *et al.*, 1993)

4.7 MÉTODOS USADOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN

Son muchos los métodos que se han propuesto para estimar la evapotranspiración. De acuerdo a los principios en que se basan las diferentes estimativas, pueden clasificarse en *métodos directos* e *indirectos*.

4.7.1 Métodos directos. Miden directamente los consumos por evaporación y requieren para su determinación la instalación de equipos sofisticados y seguir una metodología específica en cada paso. Son aplicables para zonas donde se tiene una agricultura establecida, ya que proporcionan valores mucho más apegados a la realidad y sirven a la vez para ajustar los parámetros de los métodos empíricos. Los métodos más utilizados son: el del lisímetro, del evapotranspirómetro de Thornthwaite, los atmómetros de Livingstone y el método gravimétrico.

4.7.2 Métodos indirectos o empíricos. Proporcionan el consumo de agua a través del ciclo vegetativo, en forma directa y bajo la utilización de fórmulas empíricas. Dentro de los métodos más utilizados se tienen los siguientes: Thornthwaite, Makkink, FAO-24, Hargreaves-Samani, Turc, Blaney y Criddle, Racional utilizando la curva de Hansen, Grassi y Christensen, el tanque evaporímetro tipo A, Penman simplificado, entre otros.

4.8 ESTUDIOS REALIZADOS EN TOMATE CHONTO

Se estima que el consumo diario de agua por planta adulta de tomate, es de aproximadamente 1,5 a 2 L día⁻¹, la cual varía dependiendo de la zona, las condiciones climáticas del lugar y el tipo de suelo que se tenga; pero en general, el riego depende del tamaño de la planta, población y época del año. La evapotranspiración de la zona y el coeficiente del cultivo k_c , es quizás lo más importante a considerar en el riego (Corpeño, 2004).

Los tres períodos importantes con relación al riego abarcan: Desde el trasplante al inicio de formación del fruto, desde la formación del fruto hasta el primer corte, y el periodo de cosecha que requiere el mayor número de riegos. El exceso de agua, especialmente en los suelos fértiles, causan también un crecimiento considerable de las ramas y baja productividad; por el contrario, si el suelo se seca excesivamente, causa que los frutos se revienten (Richardson y Brauer, s/f; citado por Gonzales *et al.*, 2000)

El agua debe estar disponible en el suelo, para reponer las pérdidas por evaporación y por transpiración del cultivo, aunque es difícil determinar el

contenido óptimo de humedad, es más difícil aún mantener este contenido de humedad específico durante cierto período de tiempo Thorne (1979) El agua almacenada en el suelo y que puede ser utilizada por el cultivo (agua total disponible), es la diferencia entre la cantidad de agua almacenada a capacidad de campo y punto de marchitez permanente (Allen *et al.*, 1998).

Bajo condiciones del Valle del Cauca y cultivo a campo abierto, se estima que un cultivo de tomate tipo chonto requiere una lamina efectiva o aprovechable que varía entre 350 – 450 mm en un ciclo de 150 días. Las cantidades totales a suministrar están directamente relacionadas con los requerimientos del cultivo y la eficiencia en el sistema de suministro de agua (Vallejo y Estrada, 2004).

Tabla 3. Distribución de la lamina real necesaria en un cultivo para tomate tipo chonto y un ciclo promedio de 150 días

Etapa	Tiempo (días)	Lamina total (mm)	Lamina diaria (mm)	Cantidad de agua diaria (l/ha)
1	20	16 – 20	0.8 – 1.0	8000 – 10000
2	40	60 – 100	1.5 – 2.5	15000 – 25000
3	70	189 – 217	2.7 – 3.1	27000 – 31000
4	20	70 – 90	3.5 – 4.5	35000 – 45000
Totales	150	335 – 427		

Fuente. Producción de hortalizas de clima cálido Vallejo y Estrada 2004

Teniendo en cuenta que las necesidades de agua también se pueden calcular en base de indicadores (evapotranspiración) que dependen de la zona climática, temperatura, velocidad del viento, y humedad relativa de la zona de referencia, usando los valores de Kc de acuerdo a la etapa del cultivo mencionados por (ARJONA, 2002), la evapotranspiración de un cultivo de tomate bajo condiciones del Valle del Cauca (zona subhúmeda), sería la siguiente (Frag, 2002)

Tabla 4. Valores de ET_o , Kc y Et para un cultivo de tomate en el Valle del Cauca.

Etapa	ET_o (mm/día)	Kc	Evaporación diaria. ET (mm/día)
Inicio del cultivo	3 – 4	0.45	1.35 – 1.8
Alto crecimiento	3 – 4	0.75	2.25 – 3.0
Cultivo de floración	3 – 4	1.15	3.45 – 4.6
Cultivo en llenado de frutos y cosecha.	3 – 4	0.85	2.55 – 3.4

Fuente guía teórica de Frag, (2002)

Gonzales *et al.* (2000) encontró en su estudio de la estimación de las necesidades hídricas del tomate, que al afectar la cantidad de agua evaporada por un coeficiente equivalente a 0.80 generó un mayor rendimiento y una mejor eficiencia en el uso del agua.

Alarcón *et al.* (2000) Mediante los volúmenes evapotranspirados acumulados, generaron modelos matemáticos que permiten la estimación de los consumos de agua netos de la planta en cualquier día del ciclo del cultivo. Demostrando un consumo hídrico prácticamente nulo hasta el asentamiento de las plantas tras el trasplante (durante los primeros 15 – 20 días) y posterior crecimiento que implica un consumo hídrico proporcional al desarrollo del cultivo, con una atenuación al final del ciclo.

4.9 EFECTO DEL SUMINISTRO DE AGUA EN EL DESARROLLO DEL CULTIVO DE TOMATE

La aplicación del riego en el cultivo de tomate debe ser cuidadosa, ya que tanto la sequía como el exceso de agua repercuten en la calidad y producción. Se ha encontrado una correlación estrecha entre sequías intensas y rajaduras en el fruto. El exceso de agua se asocia con la presencia de enfermedades radicales de la planta y en consecuencia con bajos rendimientos (Manjarrez, 1980). Según (Adams *et al.*, 1993; Peet y Willits, 1995; Flores *et al.*, 2007), una inadecuada programación de riego también promueve desórdenes fisiológicos. Por lo tanto, la utilización eficiente del agua en la producción del cultivo sólo puede lograrse,

cuando existe una buena planificación, proyección y operación de este recurso, acciones que van orientadas a atender en cantidad y tiempo los periodos de escasez de agua necesaria para un crecimiento óptimo y altos rendimientos (Doorenbos y Kassam, 1980).

El tomate necesita un suministro controlado de agua durante todas las etapas de del cultivo, para garantizar un óptimo de calidad y rendimiento. Sin embargo es durante e inmediatamente después del trasplante, en la floración y durante el desarrollo del fruto, que un déficit hídrico influiría negativamente, tanto en el rendimiento como calidad del fruto (Doorenbos y Kassam, 1979; Nuruddin 2001)

El déficit hídrico no solo ocurre cuando hay poca agua en el ambiente, sino también una elevada salinidad del suelo, este fenómeno se presenta cuando se fertiliza de forma edáfica a lo largo del ciclo del cultivo y a su vez el desarrollo del mismo, disminuye la humedad dentro de este por el efecto de la transpiración, de tal forma que la concentración de sales aumenta en la solución del suelo. Estas condiciones son capaces de inducir una disminución del agua disponible del citoplasma de las células, este fenómeno también se conoce como estrés osmótico (Levitt, 1980).

El efecto del estrés hídrico en la floración es poco conocido, sin embargo evidencias sugieren que las condiciones de sequía tienden a reducir el número de flores. (Nuruddin, 2001)

4.10 NUTRICIÓN EN TOMATE

Según Guerrero (1995) para producir 50 t ha^{-1} de tomate en un sistema de cultivo en suelo, la planta extrae al rededor de 140 kg ha^{-1} de Nitrógeno, 28.4 kg ha^{-1} de Fósforo, 158 kg ha^{-1} de Potasio, 14.7 kg ha^{-1} de Magnesio y 30 kg ha^{-1} de Azufre. Los rangos de concentración óptimos en hojas bien desarrolladas se estiman entre 4.0 - 5.5% de N; P, 0.4 - 0.65%; K 3.0 – 6.0%; Ca 3.0 – 4.0%; Mg 0.3 – 0.8%; B, 40 – 80 ppm; Mo 0.3 – 1.0 ppm; Mn, 40 – 100 ppm; Zn, 30 – 80 ppm y Cu 6 – 12 ppm. (Marschner, 1995)

Mejía De Tafur *et al.* (2007) confirmó que la edad de 47 ddt es adecuada para determinar los requerimientos nutricionales del tomate UNAPAL Maravilla debido a que está cerca al inicio de la fase lineal de crecimiento y a que comienza la primera floración y por ende una etapa crítica para el crecimiento y desarrollo de la planta.

5. METODOLOGÍA

Con el fin de cumplir con los objetivos planteados, se realizaron tres ensayos con las siguientes metodologías:

5.1 ENSAYO 1

5.1.1 Localización. Se realizó en el Centro Experimental de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira (CEUNP), ubicado en el corregimiento El Carmelo, municipio de Candelaria, Departamento del Valle del Cauca; georeferenciado bajo coordenadas 3° 24' latitud norte y 76° 26' longitud oeste, ubicado a una altura de 980 m.s.n.m, temperatura promedio de 24° C y humedad relativa promedio de 69%.

El CEUNP presenta cuatro (4) tipos de suelos así: el 20% del área corresponde a un suelo poco evolucionado dominado por texturas gruesas, clasificado como Ustipsamment típico arenoso isohipertérmico 1%. El 30% del área, un Epiaquert ústico arcilloso fino isohipertérmico 1%. Otro 30% del área corresponde a un Haplustertúdico arcilloso fino isohipertérmico con características verticas El 20% restante del (CEUNP), donde se estableció el ensayo, está ubicada especialmente en los sectores oriental y occidental y se clasificó como un Haplustert típico franco fino isohipertérmico. (Madero *et al.*, 1999)

5.1.2 Material de siembra. Se utilizaron 180 plantas, provenientes de la semilla de tomate *Solanum lycopersicon* L. cultivar UNAPAL Maravilla.

5.1.3 Semilleros. Los semilleros se establecieron en bandejas de 120 alveolos (4 bandejas – 2 semillas por alveolo). Quince (15) días después de la siembra, las plántulas se pasaron a campo.

5.1.4 Túneles. Se construyeron tres (3) túneles en tela tul, con las siguientes dimensiones: 3,15 m de ancho, 2,50 m de alto y 15 m de largo. En cada uno de los túneles se ubicaron dos (2) camas de 0,75 m de ancho, separadas a una distancia entre sí de 1,50 m. En cada cama, se ubicaron 30 plantas conservando una distancia de 40 cm entre plantas para cada cama.

5.1.5 Diseño experimental. Se empleó un diseño de bloques al azar con diez (10) tratamientos, y tres (3) repeticiones; los tratamientos consistieron en diferentes niveles de aplicación de nutrientes (tabla 5), los cuales se suministraron en seis (6) aplicaciones escalonadas, de acuerdo con la etapa fenológica del cultivo (tabla 6). Cada parcela contaba con 6 plantas y la unidad experimental estaba representada por 4 plantas (seguimiento fino). De este modo, se manejaron 6 plantas por tratamiento, y 10 tratamientos por túnel figura1



Figura 1. Arreglo experimental utilizado en campo

Tabla 5. Tratamientos aplicados de fertilización edáfica en el ensayo de tomate

Tratamientos	Nutriente (g planta ⁻¹)		
	Nitrógeno (N)	Potasio (K)	Magnesio (Mg)
T1	40 A*	40 A*	13 A*
T2	22 M**	40 A*	13 A*
T3	13 B***	40 A*	13 A*
T4	40 A*	20 M**	7 M**
T5	22 M**	20 M**	7 M**
T6	13 B***	20 M**	7 M**
T7	40 A*	5 B***	1.7 B***
T8	22 M**	5 B***	1.7 B***
T9	13 B***	5 B***	1.7 B***
T10 (Testigo)	0	0	0

A* alto; M** Medio; B*** Bajo

Tabla 6. Distribución en días de las aplicaciones escalonadas de fertilización edáfica en el ensayo de tomate.

ETAPA	1	2	3	4	5	6
ddt* (Días)	10	25	45	70	85	100

ddt * Días después del trasplante

5.1.6 Riego. Se implementó un sistema de riego localizado o por goteo, empleando cintas de riego con agujeros cada 25 cm, los cuales proporcionaron una lámina de 1,2 mm día⁻¹ en la primera etapa del cultivo; en la etapa de formación de frutos, la lámina de agua se incremento 3,8 mm día⁻¹ aproximadamente; se distribuyó una cinta por cada cama. El riego funcionaba 3 veces al día en promedio, dependiendo del estado del clima, con una intensidad de 15 minutos promedio.

5.1.7 Seguimiento del Cultivo. Cada parcela contó con 6 plantas donde la unidad experimental estuvo representada por 4 plantas; el seguimiento fino se realizó en dos (2) plantas por tratamiento, las cuales se marcaron previamente para realizar así la toma de datos de las diferentes variables de respuesta, tales como: crecimiento de tallo, conteo de inflorescencias, botones florales, formación de racimos, número de frutos formados por racimo, peso y rendimiento.

Se realizaron evaluaciones escalonadas durante todas las etapas del cultivo (cada dos (2) semanas aproximadamente). En la etapa de prefloración, se realizó un muestreo para determinar la acumulación de biomasa.

5.1.8 Recolección de frutos de seguimiento y parcelas en total. Este proceso se realizó a partir de la maduración del primer racimo en los tratamientos, programándose una cosecha por semana, así mismo la recolección de frutos en el resto de las plantas de no seguimiento de las parcelas.

5.1.9 Secado de muestras. Posterior a la recolección de frutos, se tomó un fruto representativo (promedio) de cada uno de los tratamientos en las tres (3) repeticiones, el cual era pesado y luego picado e introducido al horno a 80°C, durante 48 horas figura 2. Luego se tomaba el peso de la materia seca resultante.



Figura 2. Secuencia desde la cosecha hasta el secado de muestras

5.1.10 Aplicación de fertilizantes foliares. Se realizó a partir de la formación del primer racimo, las aplicaciones fueron escalonadas. El proceso se realizó una vez cada 2 semanas, haciendo hasta dos (2) aplicaciones por semana en las últimas estancias del cultivo. Los fertilizantes utilizados fueron elementos menores como hierro (Fe), boro (B), y zinc (Zn), a razón de 30g por cada 20 litro.

5.1.11 Prácticas del cultivo. Se realizaron de acuerdo a Vallejo *et al.* (2004)

Control de plagas y enfermedades: Ya que el cultivo se encontraba bajo cubierta de tela tul, se evitó la presencia de plagas comunes, como pasador del fruto *Neoleucinodes elegantalis*, cogollero *Tuta absoluta*, comedores de brotes tiernos y brotes florales *Prodiplosis logifila*, y chupadores de follaje como mosca blanca *Bemisia sp.* y/o *Trialeurodes vaporariorum*.

Plagas observadas en el cultivo: Arañita roja *Tetranychus urticae*, la cual ocasionó defoliación leve y provocó la caída de inflorescencias. Fue controlada con avermectina.

Enfermedades observadas en el cultivo: En las primeras 2 semanas después del trasplante se presentó Damping –off, causado por hongos del suelo, que ocasionó la muerte de unas pocas plántulas. El control se realizó con fungicidas localizados (metalaxil, carboxin). Otra enfermedad fue aquella causada por *Botrytis cinérea*, que provocó quemazones de follaje e inflorescencias. Se controló con la rotación de fungicida.

Podas y tutorados: Las plantas de tomate se dejaron crecer a un solo tallo. Se utilizó un sistema de encajonado con fibra de las plantas, en las primeras instancias del cultivo, posteriormente para evitar volamiento se hizo un tutorado para cada planta.

Podas de formación: Se inició en el momento de las primeras salidas de chupones, por debajo de la primera inflorescencia (racimo). Para dejar solo el tallo principal, los chupones laterales se eliminaban conforme iban surgiendo del eje

axial entre tallos y ramas; ocasionalmente se dejaba un chupón para remplazar ramas enfermas, las cuales se eliminaban en las podas sanitarias semanales.

Manejo de arvenses: Consistió en retirar las arvenses, cada vez que se presentaban en las eras y calles, para evitar que éstas fueran hospederos de insectos.

5.2 ENSAYO 2 Y 3

5.2.1 Localización. Los ensayos 2 y 3 se realizaron en las casas de malla de la Universidad Nacional de Colombia, Municipio de Palmira, Valle del Cauca, georeferenciado bajo coordenadas 3° 30' 45.6 " N y 76° 18' 29.911" W, a una altura de 950 m.s.n.m., 23.5° C; una humedad relativa del 77%; una precipitación promedio anual de 1.174 mm, y una evaporación de 1.640,4 mm por año

5.2.2 Material de siembra. La semilla de tomate UNAPAL MARAVILLA en ambos ensayos se colocaron a germinar en una (1) bandeja de 120 alveolos (3 semillas por alveolo). Veinte (20) días después de la siembra, se tomaron 25 plantas las cuales presentaban las mejores condiciones fitosanitarias y uniformidad, posteriormente las plántulas se pasaron a macetas.

5.2.3 Suelo. El suelo clasificado como Haplustert típico franco fino con el que se trabajó en las casa de malla, se tomó del CEUNP, a una profundidad entre 0 y 25 cm. Se hicieron los análisis fisicoquímicos (textura, densidad aparente, humedad del suelo, pH, materia orgánica, Nitrógeno, CIC., Fósforo, Calcio, Magnesio, Sodio, Potasio, Azufre, Hierro, Cobre, Zinc, Manganeseo, Boro, relación Ca/K, relación Ca/Mg, relación (Ca+Mg)/K, relación Mg/K) en el Laboratorio de Física de Suelos, de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira.

5.2.4 Diseño experimental. Se empleó un diseño completamente al azar, con cinco repeticiones y cinco tratamientos, los cuales consistieron en la aplicación de diferentes laminas de agua, calculadas a partir de los datos registrados a diario de la evaporación en el tanque microevaporímetro MIEVHR y ajustados por el coeficiente K_p . Para la determinación de la evapotranspiración se usaron los coeficientes de K_c (tabla7), el tratamiento 5 vario de acuerdo a los estados fenológicos del cultivo.

Se utilizaron macetas con capacidad de 8 kg de suelo y en cada uno de ellos se trasplanto una planta. Posteriormente se aleatorizaron en las casas de malla (Figura 3)



Figura 3. Arreglo experimental utilizado en las casas de malla.

Tabla 7. Tratamientos de Kc en el ensayo 2 de tomate

Tratamientos	Coeficientes (Kc)
1	0.4
2	0.7
3	1.0
4	1.3
5	0.4 – 0.7 – 1.0 – 1.3

5.2.5 Información climatológica. La información climática fue suministrada dos veces al día, por la Estación Climatológica Portátil Davis Modelo 99800-30, y un datalogger marca OAKLON RH/TempLog® figura 3, el cual registraba la variación climática, cada dos horas dentro de la casa de malla. Los datos obtenidos de temperatura, humedad relativa y velocidad del viento, esta última despreciaba por tratarse de las casas de mallas, permitieron realizar la corrección de la evaporación del microevaporímetro, a través de la expresión utilizada por Snyder (1992)

5.2.6 Evaporación. Se utilizó un tanque de evaporación llamado microevaporímetro, el cual fue calibrado teniendo en cuenta el tanque clase A, que presenta un coeficiente de determinación altamente significativo (0,84) y una relación lineal de la forma $EV(\text{exp}) = 1,04 EV (\text{Tanque clase A})$ (Rojas, 2000; Marín, 2010).

El microevaporímetro MIEVHR, es un tanque cilíndrico elaborado en fibra de vidrio, con las siguientes dimensiones: Diámetro de 38 cm y 15 cm de profundidad. Este tanque debe estar completamente pintado de color blanco y el fondo de negro, el nivel del agua debe estar a 5 cm del borde superior, y debe estar ubicado a 15 cm de la superficie. La determinación de las lecturas, se puede utilizar un gancho con una arista, el cual indica el nivel del agua. La medición de la evaporación perdida se cuantificó utilizando una probeta de 100 cm³, hasta recuperar el nivel de agua perdido por día. (Rojas, 2000)

5.2.7 Evapotranspiración de referencia o potencial. Se determinó con base en la evaporación del tanque microevaporímetro. Normalmente, el valor de evaporación del tanque es ajustado por un coeficiente, K_P , que permite de esta forma ajustar su valor a la ET_o .

La ET_o está dada por la ecuación 2:

$$ET_o = EV_{\text{tanque}} \times K_P \quad (2)$$

donde:

EV_{tanque} = Evaporación del Tanque Microevaporímetro ($\text{cm}^3 \text{ día}^{-1}$).

$$K_P = 0.482 + 0.024 \cdot \ln(F) - 0.000376 \cdot U + 0.0045 \cdot HR \quad (\text{Snyder, 1992}) \quad (3)$$

donde:

F (m) = la distancia del tanque a la zona de borde del cultivo o especie vegetal

U ($\text{Km} \cdot \text{día}^{-1}$) = Velocidad del viento

HR (%) = Humedad Relativa

Según Pereira *et al.* (1997), el K_P promedio es de 0,7 y Marín (2010) propone un valor de K_P de 0.66 para las casas de malla de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira.

5.2.8 Evapotranspiración real. El volumen de agua aplicado para cada tratamiento, se estableció de acuerdo a la determinación de la evapotranspiración del cultivo, dada por la ecuación 4

$$ET_R = ET_C = ET_o \cdot K_C \quad (4)$$

donde:

ET_R = Evapotranspiración de real ($\text{cm}^3 \cdot \text{día}^{-1}$).

ET_C = Evapotranspiración del cultivo ($\text{cm}^3 \cdot \text{día}^{-1}$).

ET_0 = Evapotranspiración de referencia ($\text{cm}^3 \cdot \text{día}^{-1}$).
 K_c = Coeficiente del cultivo (tabla 7).

El ensayo 3 se diferencio al 2 en que la evapotranspiración real se determinó a través del peso perdido por cada una de las macetas, cada doce (12) horas, por medio de una balanza gravimétrica ($15.1 \text{ kg} \pm 1\text{g}$). y presentó la siguiente distribución aleatoria dentro de las casas de malla, según la figura 4.



Figura 4. Distribución del cultivo en las casas de malla.

5.2.9 Fertilización. Ambos ensayos fueron fertilizados de acuerdo al mejor tratamiento del ensayo 1 el cual fue; 22 g/planta de N, 20 g/planta de K y 7 g/planta de Mg en forma edáfica y la aplicación de fertilizantes foliares se realizaron cada 20 días.

5.2.10 Aplicación de fertilizantes foliares. La aplicación de fertilizantes foliares se realizó a partir de la formación del segundo racimo, las aplicaciones eran escalonadas, se empezó una vez cada 2 semanas, hasta dos aplicaciones por semana en las ultimas estancias del cultivo. Los fertilizantes utilizados fueron elementos menores como hierro (Fe), boro (B), zinc (Zn) a razón de 15g por cada 10 litros.

5.2.11 Secado de muestras. El ensayo dos (2) se cosecho al inicio de la fructificación (59 días después del trasplante) (figura 5). Se tomaron las veinticinco (25) plantas, cinco (5) repeticiones por cada tratamiento, las cual se picaron y pesaron en fresco para ser introdujeron al horno a 80 grados centígrados durante 48 horas (figura 6), nuevamente se tomaba el peso en seco para determinar la materia seca resultante. Esta labor se realizó en el laboratorio de fisiología vegetal de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira.



Tratamiento 1



Tratamiento 2



Tratamiento 3



Tratamiento 4



Tratamiento 5

Figura 5. Cultivo de tomate a los 59 ddt.



Figura 6. Secuencia para el secado de muestras

En el ensayo 3, la cosecha para la determinación de la materia seca, se realizó en los diferentes estados fenológicos del cultivo (17, 25 y 59 días después del trasplante), mediante la eliminación al azar de cuatro plantas con el fin de conocer el incremento de biomasa en los diferentes estados.

5.2.12 Seguimiento del cultivo. Se realizaron evaluaciones escalonadas cada dos semanas durante el ciclo del cultivo. En la etapa inicial de fructificación se cosechó para determinar la acumulación de biomasa, con relación a los consumos de agua aplicados y nutrición (figura 7)



Figura 7. Planta de tomate al inicio de la fructificación 59 ddt. ensayo 3

5.2.13 Prácticas del cultivo. Se realizó un control cada quince (15) días, de plagas como *Tuta absoluta*, mosca blanca *Bemisia* sp. y/o *Trialeurodes vaporarioru*. Con el fin de evitar la propagación y posibles enfermedades. Las plantas de tomate se dejaron crecer a un solo tallo deschuponando, conforme salían del eje axial entre tallos y ramas, además se tutoraron para evitar volamiento.

5.2.14 Coeficiente del cultivo K_c. Una vez determinada la Evaporación real del cultivo, se determinó el K_c, para las diferentes etapas fenológicas del mismo, por medio de la ecuación 5:

$$K_c = ET_R / ET_O \quad (5)$$

donde:

K_c = Coeficiente del cultivo (Adimensional).

ET_R = Evapotranspiración real (cm³ día⁻¹).

ET_O = Evapotranspiración de referencia (cm³ día⁻¹).

5.3 METODOLOGÍAS EVALUADAS

En la tabla 8 se describen los parámetros y metodologías evaluadas para los tres ensayos realizados.

Tabla 8. Propiedades físico-químicas del suelo

Propiedad	Parámetro	Metodología Utilizada
Física	Humedad	Gravimétrico (Motta <i>et al.</i> , 1990).
	Densidad Aparente	Núcleo (Malagón y Montenegro, 1990).
	Textura	Bouyoucos (Malagón y Montenegro, 1990)
	Capacidad de Campo Punto de Marchitez Permanente	Membrana de Richards (1945)
Química	pH	Potenciómetro (1:1) (Motta <i>et al.</i> , 1990).
	% MO	Walkley and Black Técnica Espectroscopia UV-Vis (Motta <i>et al.</i> , 1990).
	CIC	Acetato de Amonio pH (Motta <i>et al.</i> , 1990).
	Fósforo	Olsen - Watanabe (Motta <i>et al.</i> , 1990).
	Macro y micro nutrientes	Espectrofotometría de Absorción Atómica (Motta <i>et al.</i> , 1990).

El análisis realizado en el laboratorio se presenta en los anexo A y B

6. Variables Evaluadas

6.1 VARIABLES CLIMÁTICAS ENSAYOS 2 Y 3

Tabla 9. Variables climatológicas medidas durante el desarrollo del cultivo

Variable	Método	Muestreo	Unidad
Temperatura*	Datalogger	Cada 2 horas	°C
Humedad relativa*	Datalogger	Cada 2 horas	%
Evaporación*	Tanque Microevaporímetro	1 vez al Día	cm ³
Evapotranspiración Ensayo 2*	Fórmula Matemática	1 vez al Día	cm ³
Evapotranspiración Ensayo 3*	Balanza Gravimétrica	1 vez al Día	G

*Variables del Cultivo ensayos, 2 y 3

Tabla 10. Variables Evaluadas en la cosecha del cultivo

Variable	Método	Muestreo (ddt****)
Rendimiento*	Balanza gravimétrica	95
Materia seca**	Gravimétrico (Motta <i>et al.</i> , 1990).	59
Altura de la Planta*;**	Fluxómetro	59
N° Racimos *;**	Conteo	59
N° Frutos *;**	Conteo	59
N° Flores *;**	Conteo	59

* Variable evaluada en el ensayo 1

** Variables evaluadas en los Ensayos 2 y 3

*** Días después del trasplante

7. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

El comportamiento de las variables climáticas, temperatura y humedad relativa se analizó mediante el software MicroLab, por medio de la información recopilada por el datalogger marca OAKLON RH/TempLog[®]. El análisis de los datos de las variables evapotranspiración acumulada y coeficiente del cultivo, se realizaron utilizando el software CurveExpert 1.3. Utilizando el método numérico de Levenberg Marquardt (Isralense *et al.*, 1995) (regresión no lineal)

El análisis estadístico de los datos se realizó mediante análisis de varianza (ANDEVA), donde se evaluó el efecto de los tratamientos. Usando el programa SAS versión 9.1 (Statistical Analysis System) bajo el modelo GML, posteriormente se realizó la comparación de medias, empleando la prueba de promedios DMS Duncan al 5%.

8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

8.1 ENSAYO 1

8.1.1 Efecto de diferentes niveles de nutrición en la producción. El experimento en campo sembrado entre el 27 de mayo del 2009 y el 2 de septiembre de 2009, mostro en el ANDEVA (Anexo E) diferencias significativas entre el tratamiento 2 (el cual constaba de N medio, K y Mg alto) y los tratamientos 1,3 y 10. La figura 8 muestra que los tratamientos 2 y 5 no presentaron diferencias significativos entre si y se destacaron de los otros por obtener las mayores producciones (866 g y 839.50 g/Planta respectivamente), en un racimo. Lo cual indica que esta variedad de tomate responde a aplicaciones medias de nitrógeno.

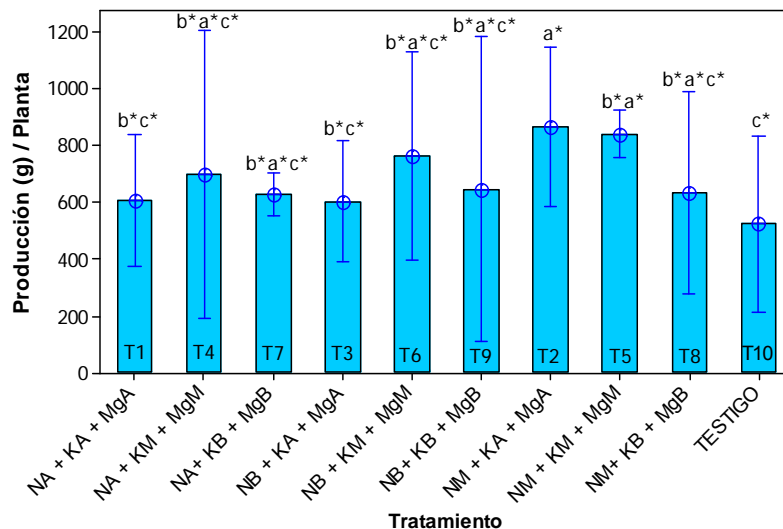


Figura 8. Producciones al primer racimo para la variedad UNAPAL- Maravilla, bajo distintos niveles de nutrición edáfica

El tratamiento 5 utilizado en este ensayo, se estima como la mejor opción para el tomate variedad UNAPAL- Maravilla y consiste en la aplicación de nutrición media: Nitrógeno 22 g/Planta, potasio 20 g/Planta y Magnesio 7g/Planta.

Con relación a las variables del cultivo, se evaluó el comportamiento en campo a los 59 días después del trasplante. Para la variable altura de la planta, se presentaron diferencias significativas entre tratamientos, mientras para bloques se presentaron diferencias entre el bloque 3 y los bloques 1 y 2. La figura 9 enmarca el efecto de los tratamientos sobre la altura de la planta, se aprecia que el tratamiento 7 presentó un crecimiento mayor al resto, por otra parte el tratamiento 10, el cual era el testigo que no contaba con ningún tipo de fertilización, quedo relegado de los demás.

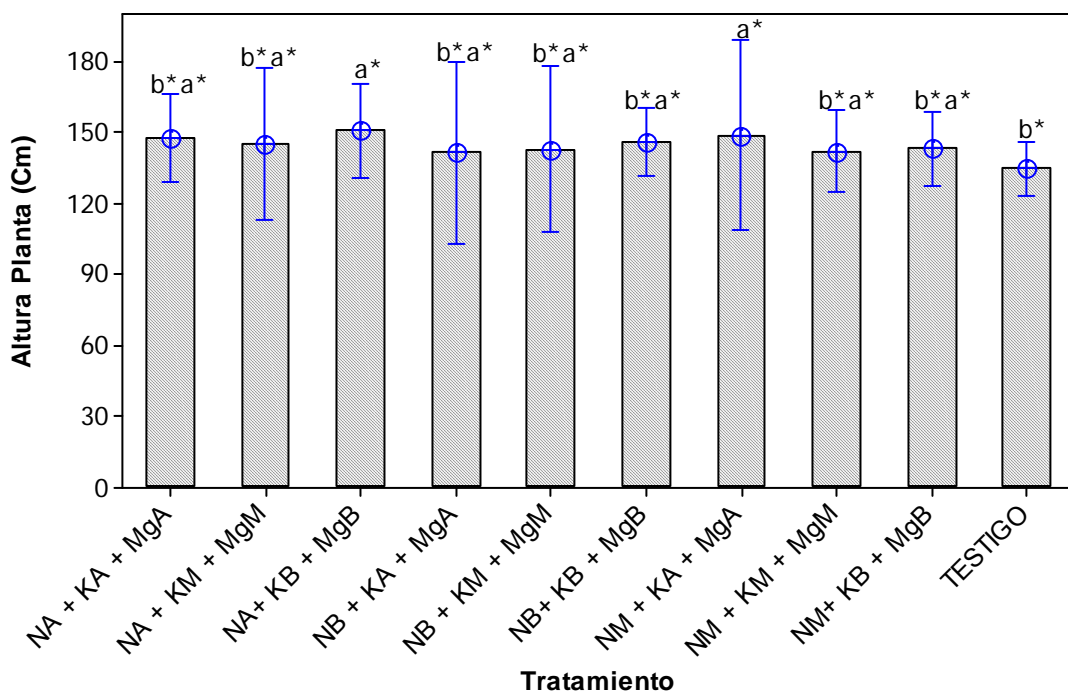


Figura 9. Altura de la planta al inicio de la fructificación

El número de flores evaluadas a los 59 días después del trasplante, no presentó diferencias significativas entre tratamientos ni bloques, por otra parte la variable número de frutos, presentó diferencias significativas entre los tratamientos con fertilización alta y media de nitrógeno con respecto al testigo, lo cual indica que hay una respuesta fisiología de la planta a la fertilización edáfica utilizada en campo. (Figura 10)

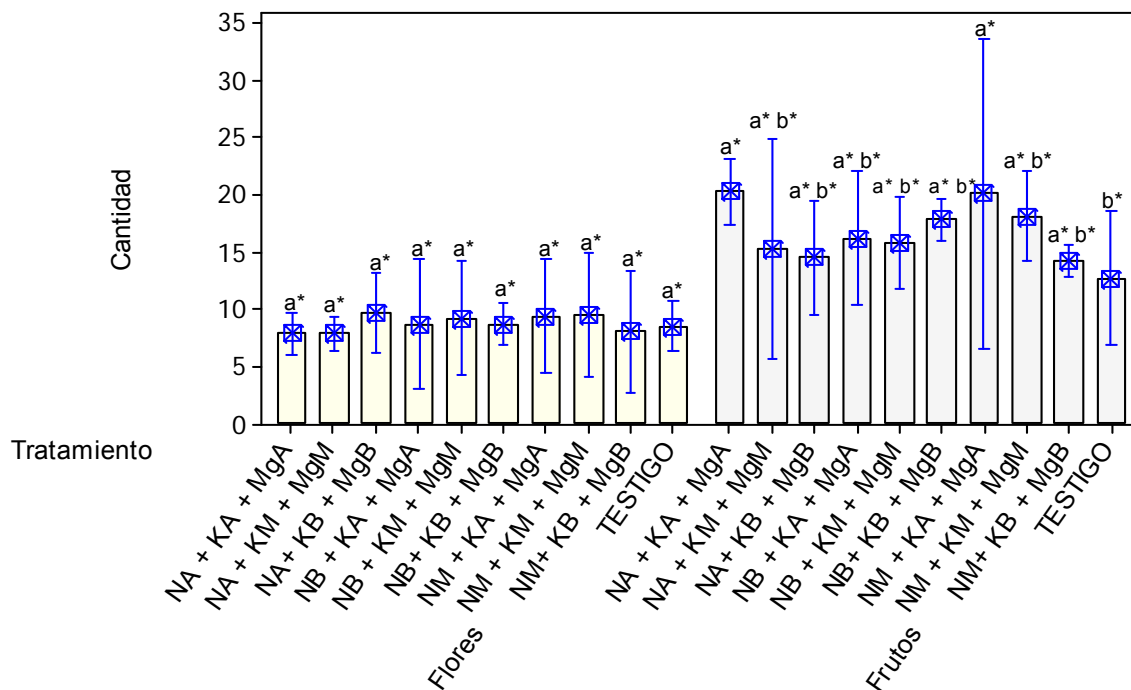


Figura 10. Cantidad Flores y frutos, en los diferentes tratamientos

8.2 ENSAYO 2

De acuerdo a los resultados obtenidos en este experimento en campo se valida como adecuada la aplicación de nutrición (media) utilizada en el CEUNP para la variedad UNAPAL- Maravilla, ya que no existen diferencias significativas entre las producciones de los tratamientos 2 y 5, ambos se encuentran dentro del promedio para un racimo 840 g/planta, según Estrada (2004), por tal razón se utilizó el tratamiento 5 para la fertilización edáfica de los ensayos 2 y 3, los cuales establecen su relación con la aplicación de agua.

8.2.1 Evaporación. El experimento en las casas de malla sembrado el 27 de octubre y cosechado el 24 de diciembre del 2010, presentó una evaporación media de 2.66 mm/día, en la época de mayor temperatura fue de 4.27 mm/día. (Figura 11) La evaporación acumulada presentó una tendencia lineal con una pendiente positiva creciente, el modelo matemático presentó un coeficiente de determinación de 0.98, que correlaciona muy bien los datos, de tal forma se obtuvo una evaporación acumulada de 157.22 mm en un periodo de 59 días. (Figura 12)

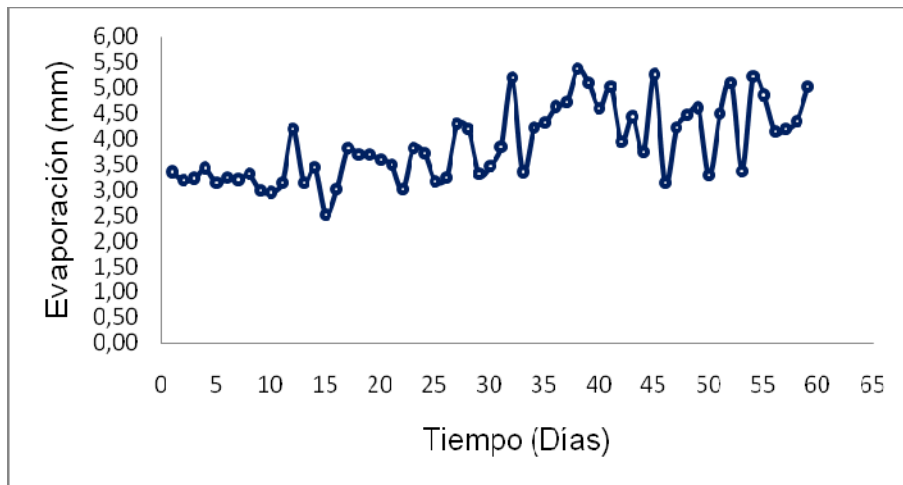


Figura 11. Evaporación media del tanque microevaporímetro en el ciclo del cultivo, ensayo 2

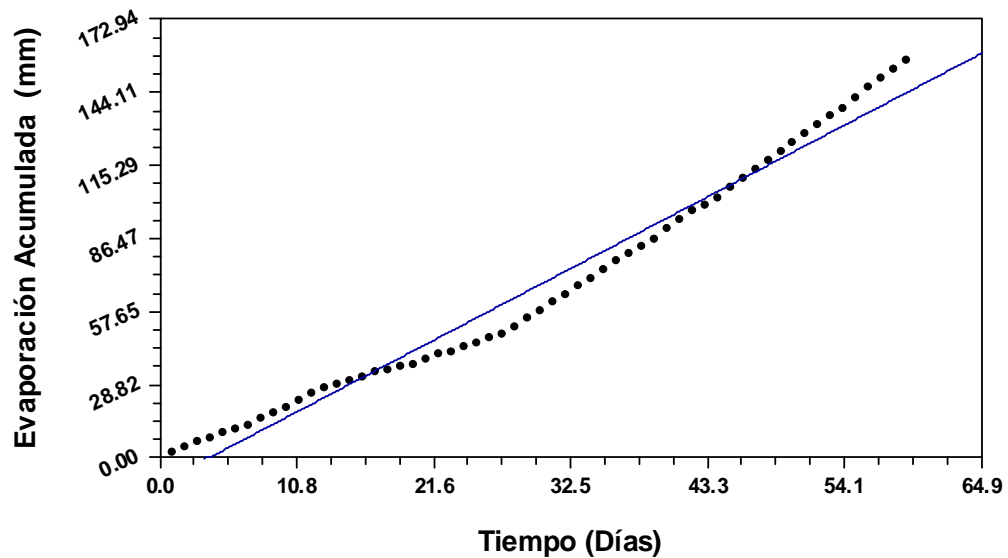


Figura 12. Evaporación acumulada durante el ciclo del cultivo, ensayo 2

La evaporación acumulada se expresó en el siguiente modelo lineal:

$$E_v = 2.61t - 9.93$$

Coefficiente de determinación (R^2) = 0.99

donde:

E_v = evaporación acumulada (mm)

t = tiempo (días)

8.2.2 Evapotranspiración. Durante el ciclo del cultivo, la evapotranspiración del cultivo se determinó a partir de los datos tomados de la evaporación diaria y los tratamientos de K_c utilizados (0.4; 0.7; 1.0; 1.3 y la combinación de los mismos en los diferentes estados fenológicos del cultivo como otro tratamiento) con el fin de conocer el impacto en el desarrollo y la producción de materia seca a diferentes niveles de agua.

Los datos obtenidos de evapotranspiración para cada tratamiento, se ajustaron a el método numérico de Levenberg Marquardt (Isralense *et al.*, 1995) (regresión no lineal), utilizando el modelo logístico, debido a que la evapotranspiración

acumulada presentó una tendencia similar al comportamiento típico de crecimiento de una planta. Mediante la ecuación de ajuste se determinó la evapotranspiración máxima acumulada por tratamiento. (Figuras 13, 14, 15, 16 y 17)

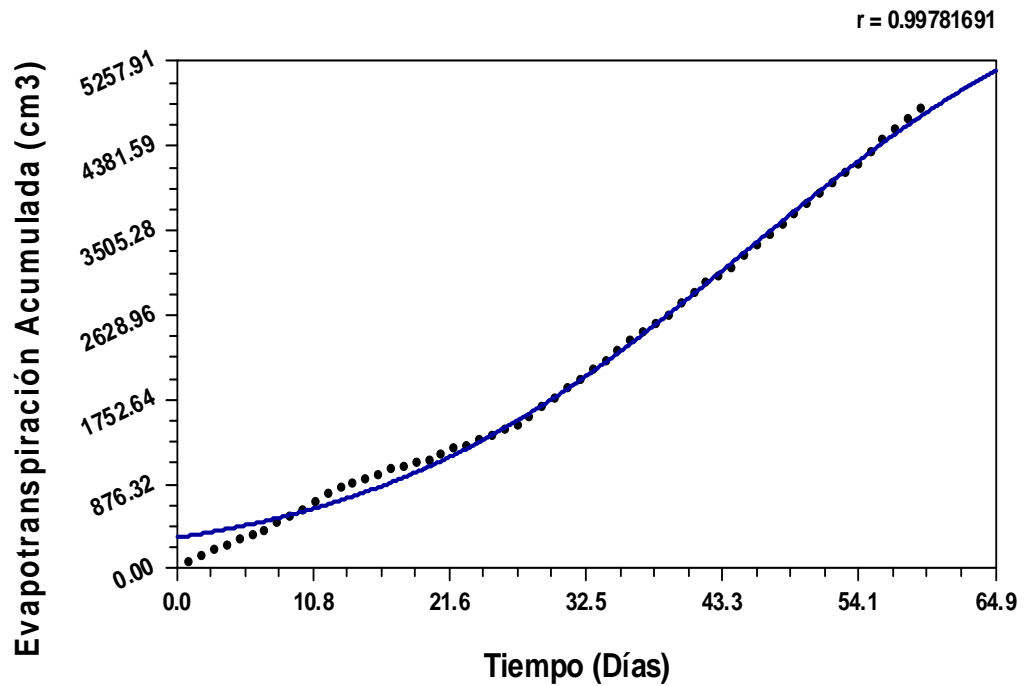


Figura 13. Comportamiento de la Evapotranspiración acumulada para un Kc de 0.4

La evapotranspiración acumulada se ajustó al siguiente modelo matemático:

$$ET = \frac{6548.91}{1 + 19.29 e^{-0.065 t}}$$

donde;

ET= Evapotranspiración acumulada (cm³)

t = Tiempo (días)

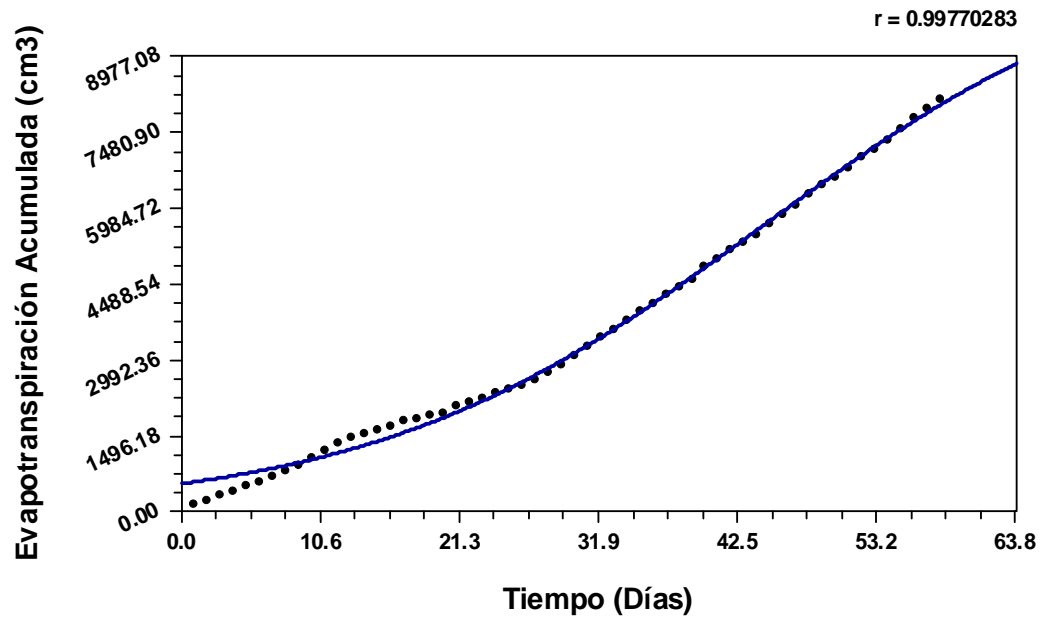


Figura 14. Comportamiento de la Evapotranspiración acumulada para un Kc de 0.7

La evapotranspiración acumulada se ajusto al siguiente modelo matemático:

$$ET = \frac{11277.59}{1 + 19.14e^{-0.0651t}}$$

donde;

ET= Evapotranspiración acumulada (cm³)

t = Tiempo (días)

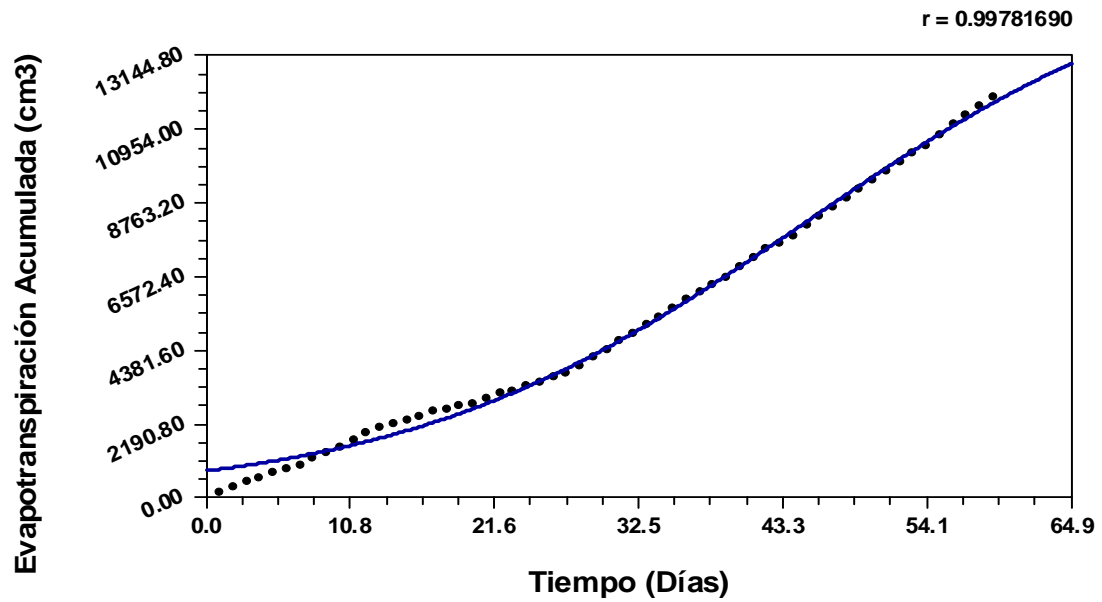


Figura 15. Comportamiento de la Evapotranspiración acumulada para un Kc de 1.0

La evapotranspiración acumulada se ajusto al siguiente modelo matemático:

$$ET = \frac{16372.28}{1 + 19.29e^{-0.0659t}}$$

donde;

ET= Evapotranspiración acumulada (cm³)

t = Tiempo (días)

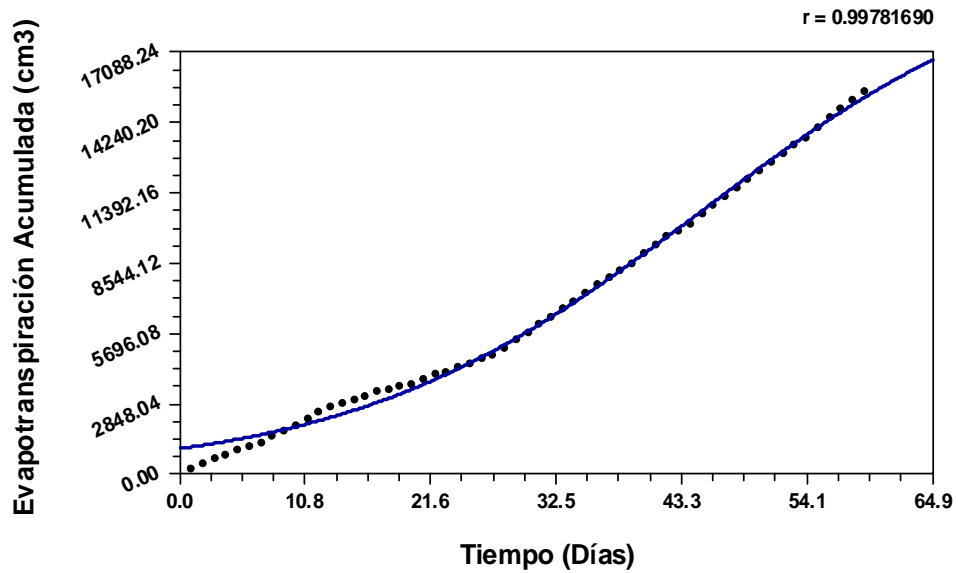


Figura 16. Comportamiento de la Evapotranspiración acumulada para un Kc de 1.3

La evapotranspiración acumulada se ajusto al siguiente modelo matemático:

$$ET = \frac{21283.94}{1 + 19.29 e^{-0.0659 t}}$$

donde;

ET= Evapotranspiración acumulada (cm³)

t = Tiempo (días)

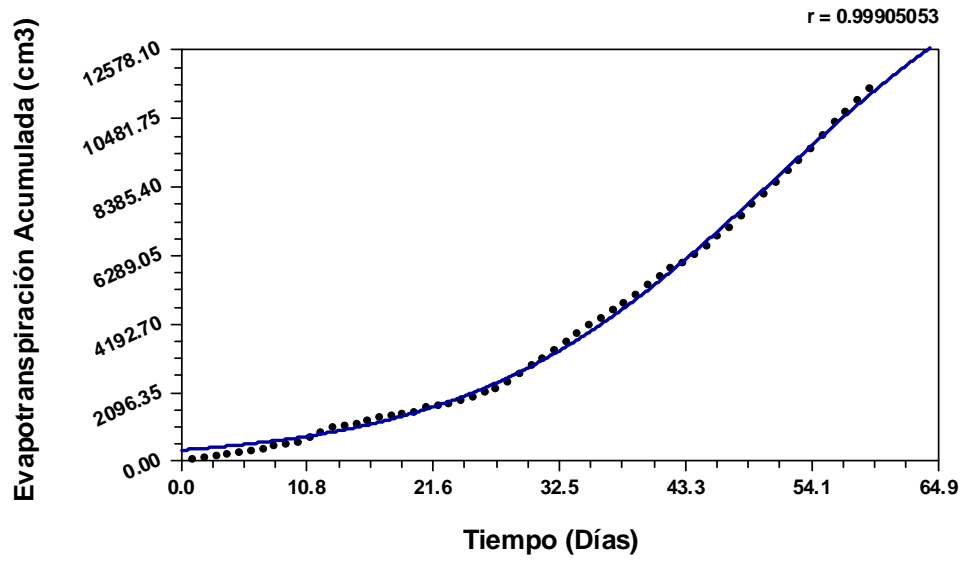


Figura 17. Comportamiento de la Evapotranspiración acumulada para un Kc de (0.4; 0.7; 1.0; 1.3)

La evapotranspiración acumulada se ajusto al siguiente modelo matemático:

$$ET = \frac{17178.11}{1 + 48.49e^{-0.0765t}}$$

donde;

ET= Evapotranspiración acumulada (cm³)

t = Tiempo (días)

La evapotranspiración máxima acumulada, por cada tratamiento hasta el inicio de la fructificación del cultivo (59 ddt), se presentan en la tabla 11, donde se aprecia que el tratamiento con menor evapotranspiración máxima acumulada fue el 1 y el de mayor el 4

Tabla 11. Evapotranspiración acumulada por tratamiento

Tratamiento	Kc	Evapotranspiración Máxima Acumulada (Cm ³)	Coefficiente de Determinación
1	0.4	4779.92	0.99
2	0.7	8364.87	0.99
3	1	11949.81	0.99
4	1.3	15534.75	0.99
5	0.4;0,7;1.0;1.3	11434.62	0.99

A partir de la evapotranspiración acumulada (Figuras 13, 14, 15,16 y 17), se puede determinar la evapotranspiración diaria calculando la tasa de evapotranspiración como la primera derivada del modelo matemático ajustado a la evapotranspiración acumulada. Todos los modelos matemáticos presentaron un coeficiente de regresión muy próximos a la unidad, De esta forma pueden utilizarse de modo orientativo para predecir el consumo de agua y asociarlo con las fases de desarrollo del cultivo, así como determinar los periodos de mayor exigencia de agua.

8.2.3 Desarrollo del cultivo. Los resultados permitieron observar, los efectos del riego deficitario sobre el desarrollo del cultivo de tomate, la acumulación de materia seca y el posible impacto en los rendimientos.

La ANDEVA Anexo F, indica diferencias altamente significativas entre tratamientos, para la variable de altura de la planta. De acuerdo a la figura 18 se aprecia el efecto de los diferentes niveles de agua aplicados por cada tratamiento, con relación a la altura de la planta. En los tratamientos 1 y 2 con alturas de 64.40 y 71.20 cm respectivamente, se hace evidente un crecimiento insuficiente de la planta, causado por un riego deficiente, que condujo a un estrés por déficit hídrico, que se produjo al someter la planta a un ambiente escaso en agua, en donde la tasa de transpiración excedía a la toma de agua.

Los tratamientos 3 y 4 con alturas promedio de 109 y 122 cm respectivamente, no presentaron diferencias significativas entre sí y se destacaron con relación a los demás, por presentar un mayor crecimiento de la planta, finalmente el tratamiento 5 con altura promedio igual a 106.2 cm, no presentó diferencias con relación al tratamiento 3

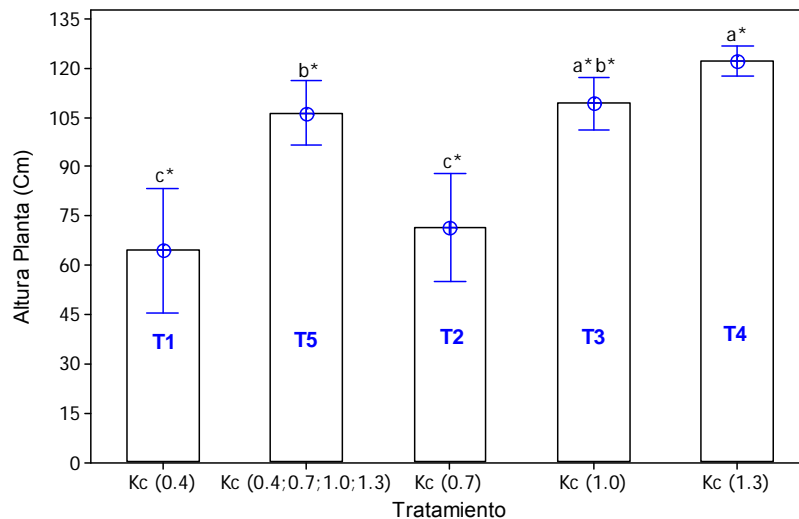


Figura 18. Respuesta del crecimiento a diferentes niveles de agua

El ANDEVA para el número de flores presentó diferencias significativas entre tratamientos, la mayor cantidad de flores se encontraron en los tratamientos 4 y 5, los cuales no presentaron diferencias entre ellos.

Para la cantidad de frutos los tratamientos más destacados y a la vez que no presentaron diferencias significativas entre sí fueron el 4 y 5, el primero con un mayor volumen de agua aplicado y el segundo con un volumen de agua menor pero distribuido con relación a los estados fisiológicos de la planta. De esta forma se puede deducir que hubo un mejor aprovechamiento del agua por parte del tratamiento 5 que del 4.

De acuerdo a la ANDEVA Los tratamientos 1 y 2 presentaron diferencias significativas con el 3 y altamente significativas con 4 y 5, tanto para la cantidad de número de flores como frutos. La figura 19, muestra el impacto negativo para

flores y frutos, cuando los volúmenes de agua aplicados son insuficientes para un óptimo desarrollo y posterior producción del cultivo.

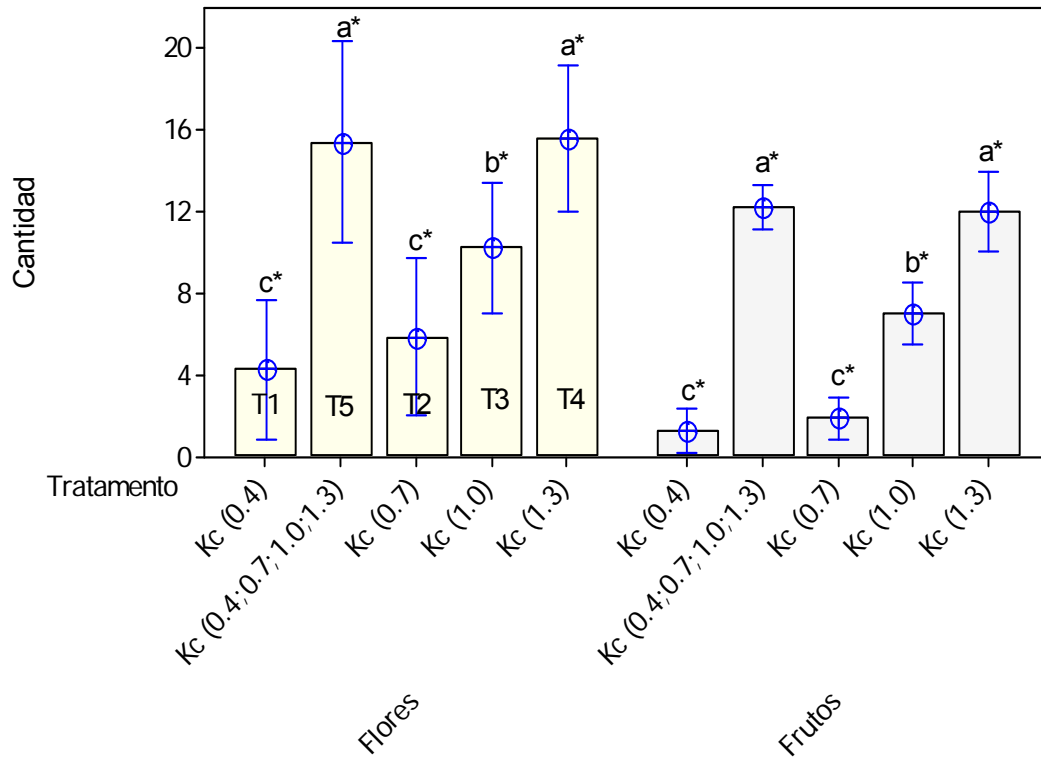


Figura 19. Cantidad de flores y frutos a diferentes niveles de agua

8.2.4 Acumulación de materia seca. La ANDEVA indico diferencias altamente significativas entre tratamientos para el contenido de materia seca. Los tratamientos 3, 4 y 5, presentaron un mayor contenido de materia seca acumulada y no presentan diferencias significativas entre sí. Los tratamientos 1 y 2, los cuales tuvieron la acumulación de materia seca más bajos al igual no presentaron diferencias significativas entre si, por lo cual el aumento de contenido de materia seca es directamente proporcional al aumento de aplicación de agua. (Figura 20)

La acumulación de materia seca en los tratamientos fue la siguiente:

Tratamiento 1 = 9.532 g/Planta

Tratamiento 2 = 13.068 g/Planta

Tratamiento 3 = 22.326 g/Planta

Tratamiento 4 = 21.658 g/Planta

Tratamiento 5 = 20.724 g/Planta

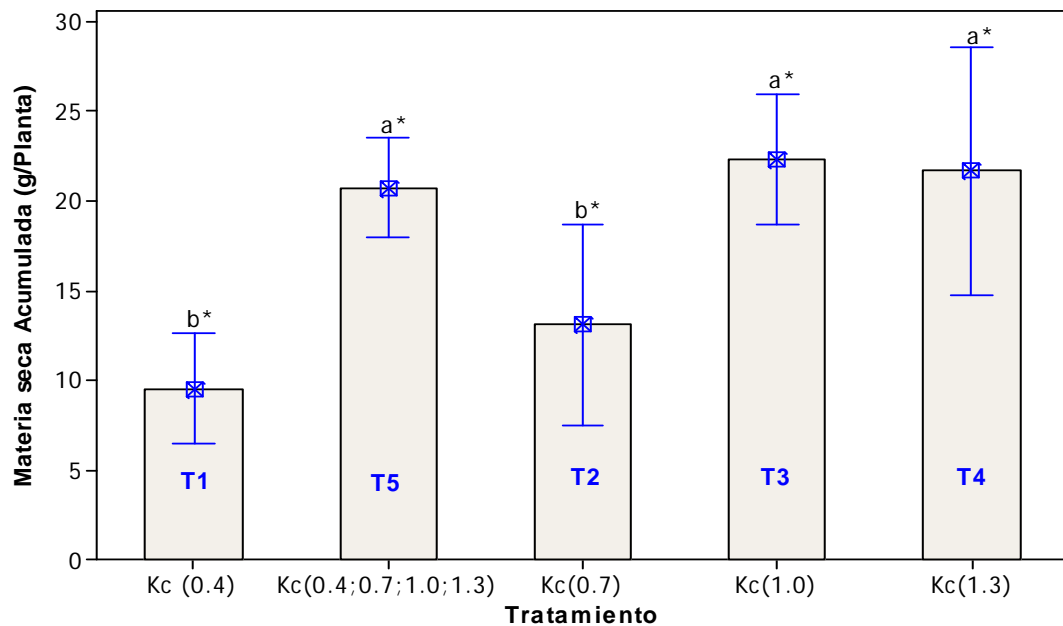


Figura 20. Acumulación de Materia seca a diferentes niveles de agua

8.2.5 Análisis de regresión para la materia seca. La (figura 21) muestra una tendencia creciente de la materia seca, a medida que se aumentan la evapotranspiración acumulada. Se utilizó un tipo de modelo matemático de regresión cuadrático y se obtuvo un coeficiente de determinación de 0.98, lo que indica un buen ajuste a los datos experimentales.

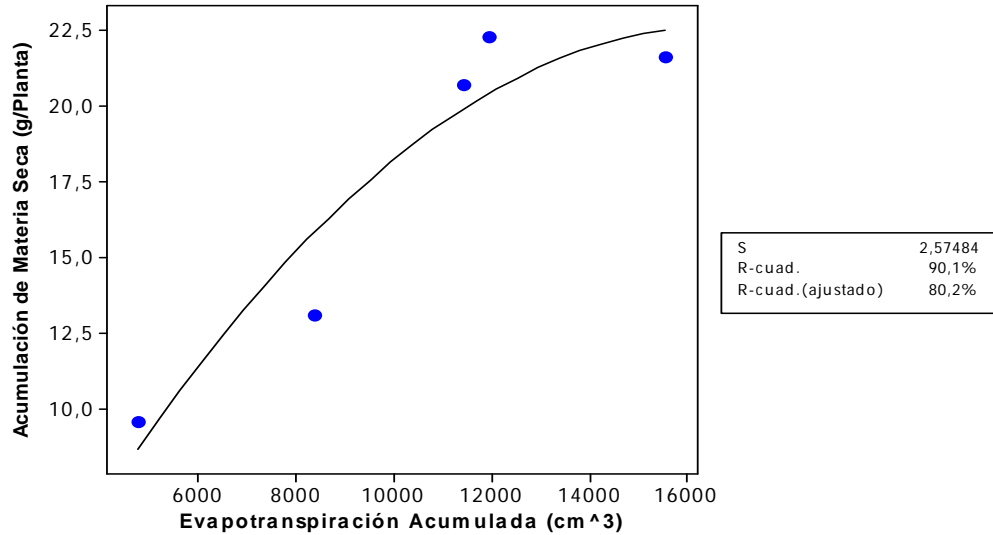


Figura 21. Análisis de regresión para la acumulación de materia seca durante el inicio del cultivo

De acuerdo a la regresión la acumulación de materia seca se ajusta al siguiente modelo:

$$MSA = 4.891 + 0.003305 * ET - 0.000000 * ET^2$$

donde;

MSA = Materia Seca Acumulada (g/Planta)

ET = Evapotranspiración Acumulada (cm³)

El análisis de correlación de Pearson, presentó una correlación entre la acumulación de materia seca y la evapotranspiración de 0.917

8.2.6 Absorción de nutrientes. A partir de los resultados obtenidos en los análisis de datos en laboratorio, los tratamientos cuatro (T4 = Kc 1.3) y cinco (T5 = Kc 0.4, 0.7, 1.0, 1.3), se destacaron notoriamente a los tratamientos (T1; T2; T3), por tal razón se determinó la absorción de nutrientes por parte de la planta, para cada tejido a los 59 días después del trasplante (ddt), como se muestra en las tablas 12 y 13.

Tabla 12. Contenido de N, P y K a los 59 (ddt), para un Kc de 1.3

Kc (1.3)			
Tejido	Nitrógeno (g/Tejido)	Fósforo (g/Tejido)	Potasio (g/Tejido)
Raíz	0.25	0.05	0.17
Hoja	3.01	0.59	2.97
Tallo	1.31	0.36	1.56
Total (g/Planta)	4.56	1.00	4.69

Tabla 13. Contenido de N, P y K a los 59 (ddt), para un Kc de 0.4; 0.7; 1.0; 1.3

Kc (0.4;0.7;1.0;1.3)			
Tejido	Nitrógeno (g/Tejido)	Fósforo (g/Tejido)	Potasio (g/Tejido)
Raíz	0.37	0.05	0.15
Hoja	2.39	0.53	2.08
Tallo	0.97	0.32	1.49
Total (g/Planta)	3.73	0.91	3.72

De acuerdo a la tabla 12, el tratamiento cuatro (T4 = Kc 1,3), presentó una absorción de N total de 4.56 g/Planta, P total 1.0 g/Planta y el K total de 4,69 g/Planta. De igual forma el tratamiento cinco (T5 = kc 0.4; 0.7; 1.0; 1.3) tabla 13, presentó una absorción de N total de 3,73 g/Planta, P total 0,91 g/Planta y K total de 3.72 g/Planta

En las figuras 22 y 23, se observa que a los 59 ddt, el tratamiento 4, presentó un contenido ligeramente superior de nitrógeno y potasio, que el tratamiento (5). Esto se explica posiblemente a que mencionados elementos se encontraban con mayor disponibilidad en la solución del suelo en el tratamiento 4 el cual tenía un suministro mayor de agua.

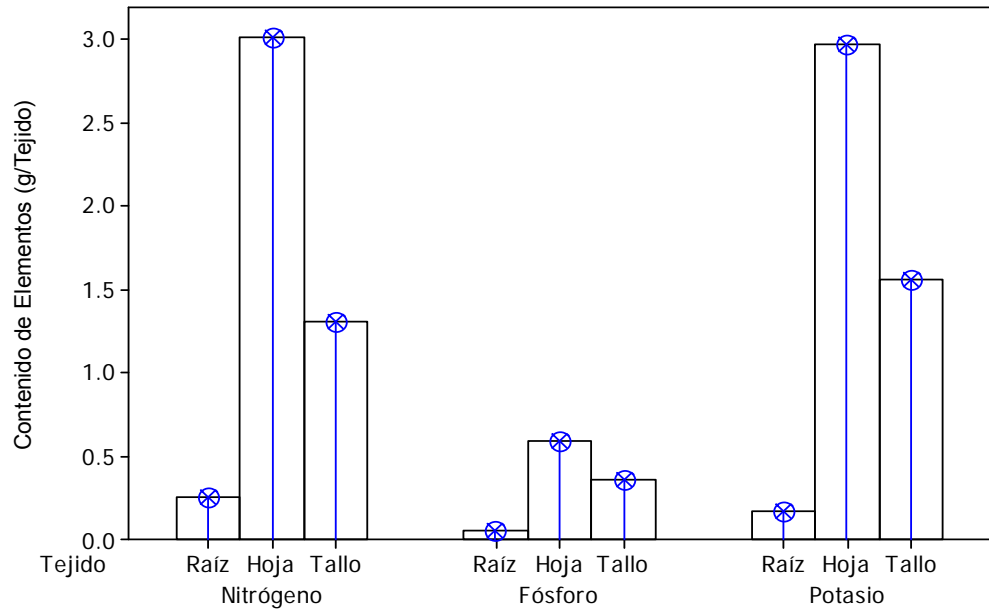


Figura 22. Concentración de elementos a los 59 ddt para un Kc 1.3

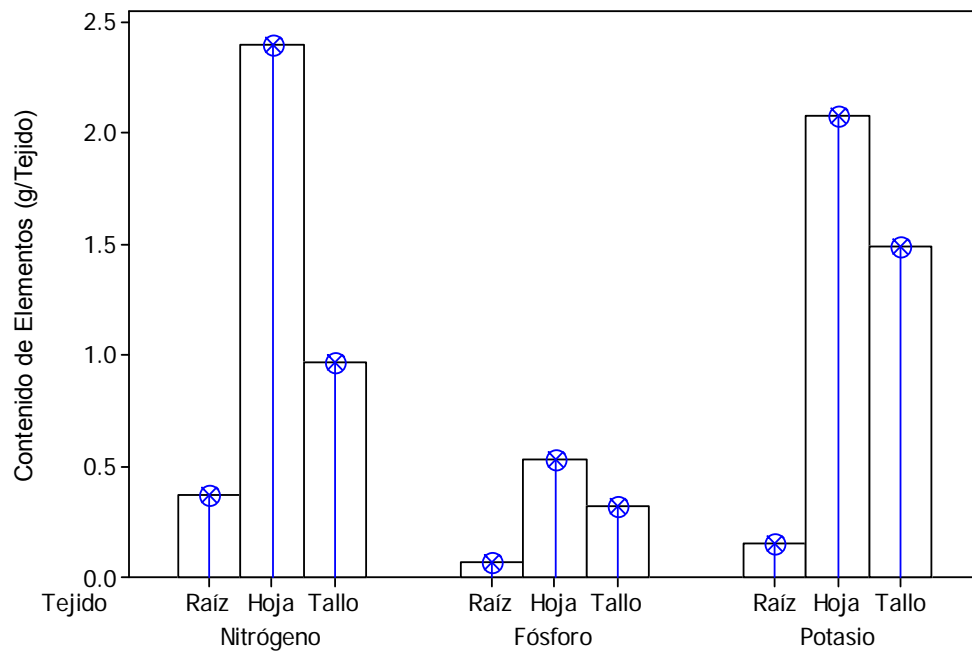


Figura 23. Contenido de elementos a los 59 (ddt) para un Kc de (0.4; 0.7; 1.0; 1.3)

8.3 ENSAYO 3

8.3.1 Evaporación. El experimento realizado en las casas de malla entre el 23 de noviembre del 2010 y el 21 de enero de 2010, Evaluó la evaporación diaria, durante todo el ciclo del cultivo. Los datos de evaporación media y acumulada se presentan en las figuras 24 y 25. Donde la evaporación media fue de 3.89 mm/día, en la época de mayor temperatura fue de 5.36 mm/día. La evaporación acumulada presentó una tendencia lineal con una pendiente positiva creciente, el modelo matemático presentó un coeficiente de determinación de 0.99, que correlaciona muy bien los datos, de tal forma se obtuvo una evaporación acumulada de 229.58 mm en un periodo de 59 días.

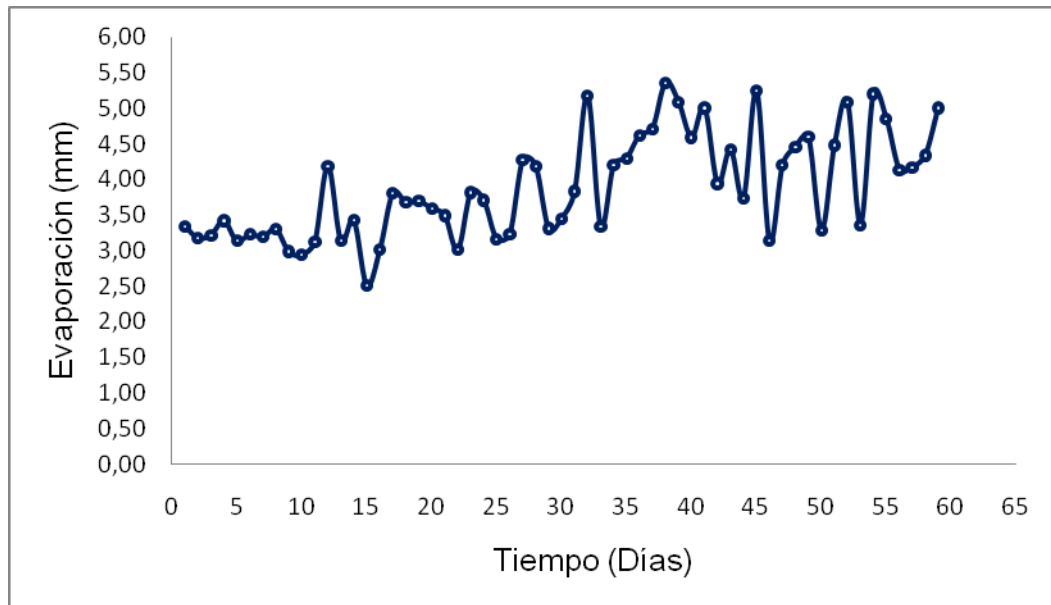


Figura 24. Evaporación media del tanque microevaporímetro en el ciclo del cultivo, ensayo 3

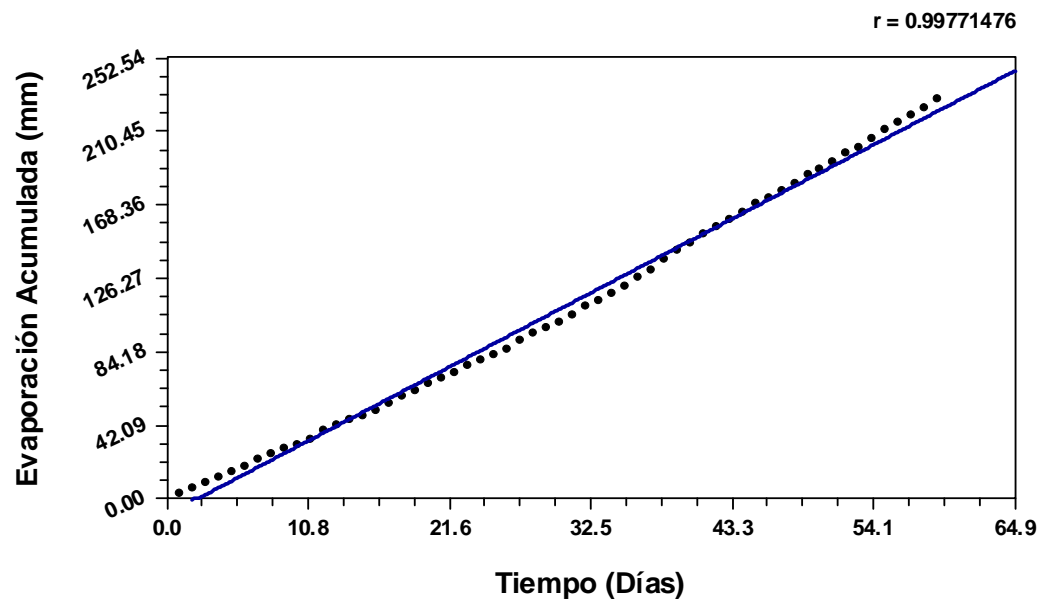


Figura 25. Evaporación acumulada durante el ciclo del cultivo, ensayo 3

La evaporación acumulada se expresó en el siguiente modelo lineal:

$$Ev = 3.91t - 8.79$$

Coeficiente de determinación (R^2) = 0.99

donde;

Ev = Evaporación Acumulada (mm)

t = tiempo (días)

8.3.2 Evapotranspiración. La evapotranspiración durante todo el cultivo se determinó a partir del peso perdido de las macetas en los cuales se encontraban las plantas, de tal forma que la evapotranspiración hallada en este ensayo es la real, que difiere a la encontrada en el ensayo 2, que se estableció a partir de tratamientos propuestos en la literatura.

El factor K_p fue calculado para cada etapa fenológica del cultivo, a partir de los datos climáticos obtenidos, por lo cual la ET fue ajustada a las condiciones del lugar.

Los datos obtenidos de evapotranspiración, se ajustaron a un método numérico de Levenberg Marquardt (Isralense *et al.*, 1995) (regresión no lineal), utilizando el modelo logístico, debido a que la evapotranspiración acumulada presentó una tendencia similar al comportamiento típico de crecimiento de una planta. Mediante la ecuación de ajuste se determinó la evapotranspiración máxima acumulada hasta el inicio de la fructificación 59 ddt. (Figura 26)

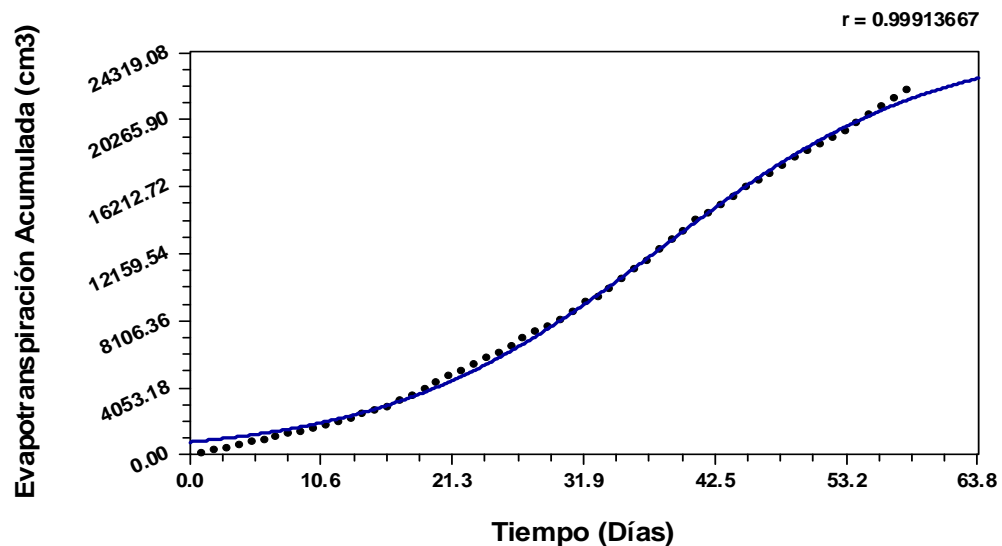


Figura 26. Comportamiento de la Evapotranspiración real acumulada

La evapotranspiración máxima acumulada, a los 59 (ddt), fue de 22622.28 cm^3 con un coeficiente de determinación de 0.99, lo cual indica el buen ajuste a los datos experimentales.

La evapotranspiración acumulada se ajusto al siguiente modelo matemático:

$$ET = \frac{25043.63}{1 + 30.56e^{-0.0896t}}$$

donde;

ET= Evapotranspiración acumulada (cm³)

T = Tiempo (días)

8.3.3 Coeficiente del cultivo Kc. Se establecieron los coeficientes del cultivo en diferentes periodos del ciclo vegetativo. Los datos se representan en la figura 27

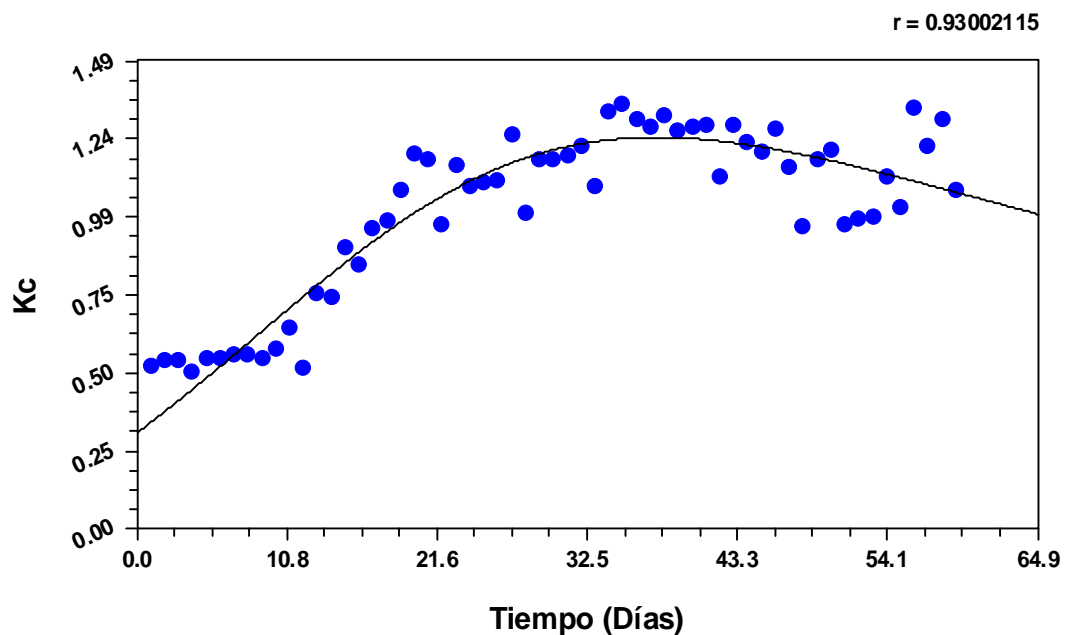


Figura 27. Coeficiente del Cultivo (Kc) en todo el ciclo del cultivo

El Kc se determinó desde el establecimiento del cultivo hasta la inicio de la fructificación (59 ddt), y varió entre 0.5 y 1.2. Se encontró un coeficiente de determinación de 0.93 y una desviación estándar de 0.12. (Figura 27)

El coeficiente del cultivo K_c se ajusto al siguiente modelo matemático:

$$K_c = \frac{0.013 + 0.073t}{1 + 0.032t + 0.00021t^2}$$

donde;

K_c = Coeficiente del Cultivo (adimensional)

T =Tiempo (días)

Los datos obtenidos se agruparon en 4 etapas del cultivo anexo XVII, los cuales se representan en las figuras 28 y 29.

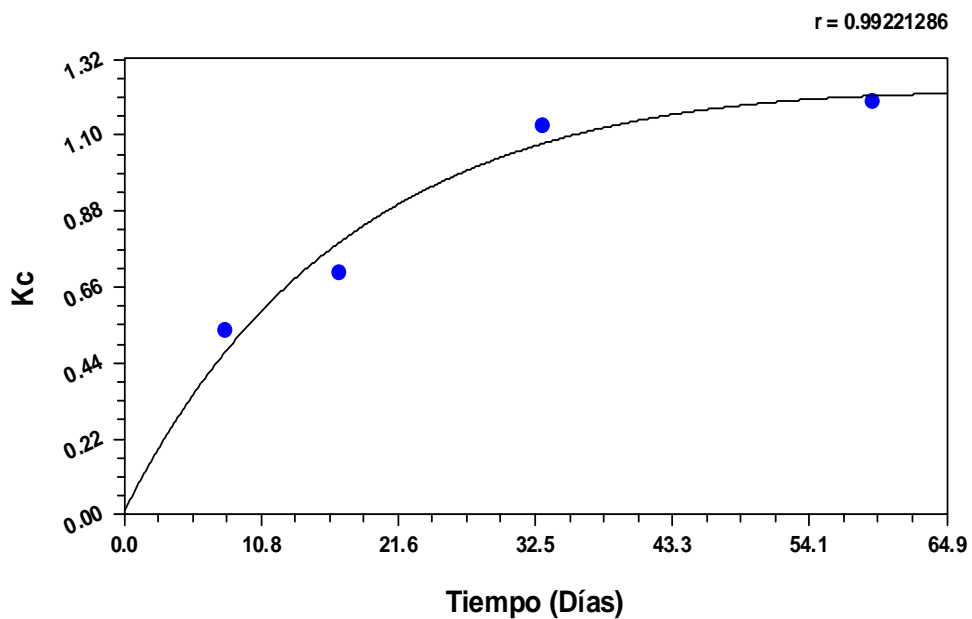


Figura 28. Coeficiente del Cultivo (K_c) por etapas del cultivo

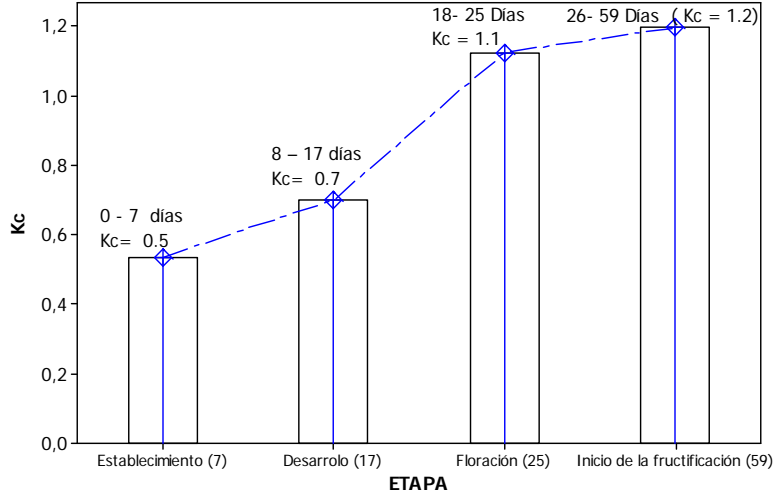


Figura 29. Coeficiente del Cultivo (Kc) por etapas del cultivo

8.3.4 Desarrollo del cultivo. Los resultados de los datos analizados de acuerdo a los seguimientos del cultivo en sus diferentes estados fenológicos, presentaron una relación directamente proporcional entre el paso del tiempo y la altura de la planta (figura 30), a los 17 días la planta había alcanzado una altura promedio de 74,75 cm, que a aumento a los 25 días a 116.5 cm y al finalizar en ensayo a los 59 días, de 180.4 cm.

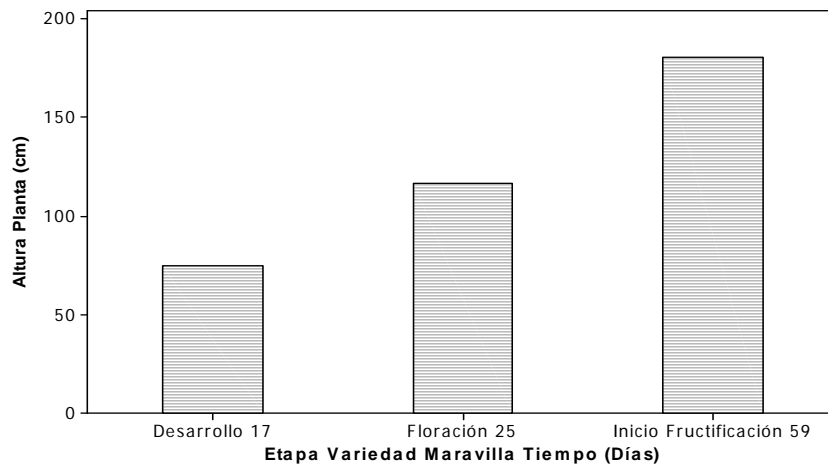


Figura 30. Altura de la planta en diferentes estados fenológicos del cultivo

El número del racimos flores y frutos, presentó a los 17 días una cantidad de promedio de 3 racimos, 3 flores y 0 frutos. A los 25 días plena floracion del cultivo la cantidad promedio de racimos eras 4,75 y la cantidad de flores de 29.25, donde el aborto de en la floración fue relativamente insignificante a los otros dos ensayos realizados, a los 59 días se reportaron, un número promedio de racimos de 6,5 por planta, 12 flores y 27,2 frutos por planta. (figura 31)

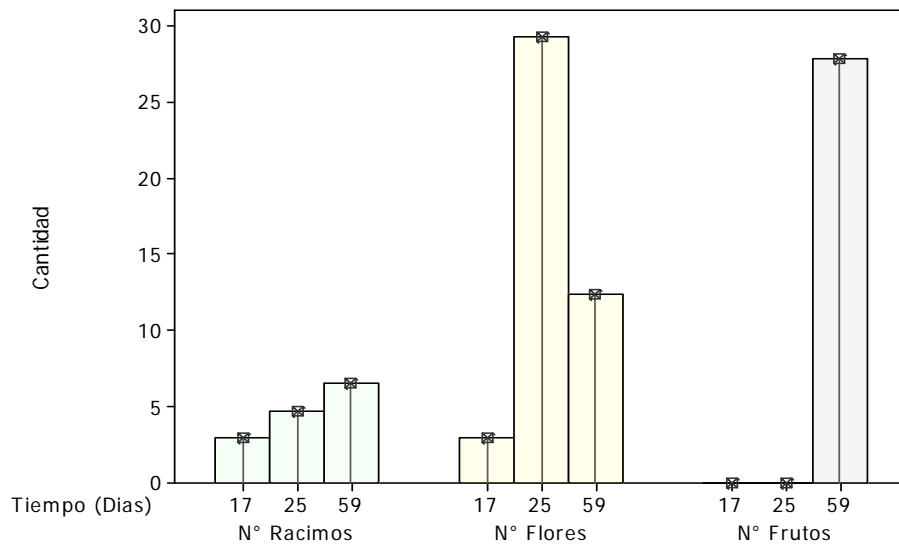


Figura 31. Cantidad de racimos, flores y frutos, en diferentes estados fenológicos del cultivo

8.3.5 Acumulación de materia seca. La acumulación de materia seca, se incremento a medida que el cultivo se desarrollaba en el tiempo (figura 32), donde la acumulación de materia seca promedio a los 17 días fue de 11.17 g/planta, a los 25 días de 19.21 de g/planta y por último a los 59 días de 99 g/planta

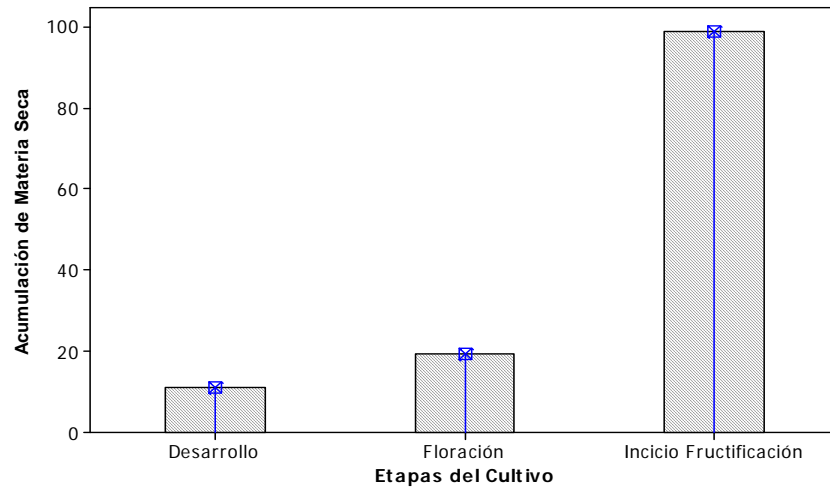


Figura 32. Acumulación de materia seca en diferentes etapas del cultivo.

8.3.6 Análisis de regresión para la materia seca. Los datos obtenidos se ajustaron a un modelo matemático lineal, el cual presentó un coeficiente de determinación de 0.99 (figura 33), demostrando un buen ajuste de los datos.

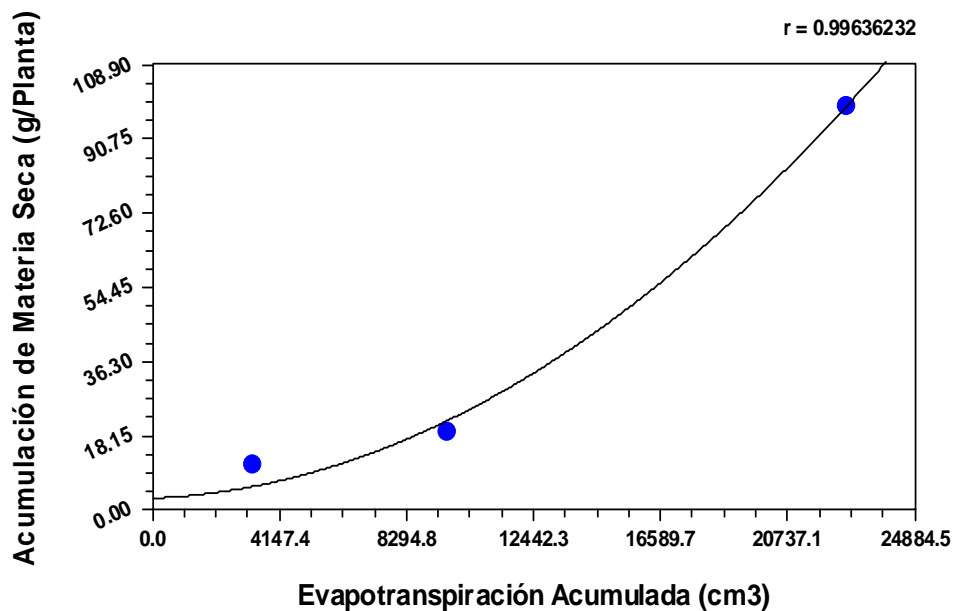


Figura 33. Análisis de regresión para la acumulación de materia seca durante el ciclo del cultivo

De acuerdo a la regresión la acumulación de materia seca se ajusta al siguiente modelo:

$$MSA = 1.73 * 10^{-7} * ET + 0.000302 * ET + 3.067$$

donde;

MSA = Materia Seca Acumulada (g/Planta)

ET = Evapotranspiración Acumulada (cm³)

8.3.7 Absorción de nutrientes. La absorción de nutrientes por parte de cada uno de los tejidos de la planta, en el ensayo tres (3), a diferentes etapas del cultivo 17, 25 y 59 días se describe en las tablas 14,15 y 16.

Tabla 14 Contenido de N, P y K a los 17 ddt, para un Kc 0.7

Desarrollo (17 ddt)			
Tejido	Nitrógeno g/Tejido	Fósforo g/Tejido	Potasio g/Tejido
Raíz	0.08	0.01	0.03
Tallo	0.14	0.05	0.21
Hojas	0.46	0.10	0.38
Total g/Planta	0.68	0.16	0.63

Tabla 15. Contenido de N, P y K a los 25 ddt, para un Kc 1.1

Floración (25 ddt)			
Tejido	Nitrógeno g/ Tejido	Fósforo g/ Tejido	Potasio g/ Tejido
Raíz	0.20	0.05	0.18
Tallo	0.26	0.09	0.35
Hojas	0.51	0.25	0.71
Total g/Planta	0.98	0.39	1.23

Tabla 16. Contenido de N, P y K a los 59 ddt, para un Kc 1.2

Inicio Fructificación (59 ddt)			
Tejido	Nitrógeno g/ Tejido	Fósforo g/ Tejido	Potasio g/ Tejido
Raíz	0.78	0.14	0.30
Tallo	2.11	0.41	1.02
Hojas	3.00	0.68	1.10
Total g/Planta	5.89	1.22	2.42

El contenido de elementos en g/ planta según la figura 34, presentó un aumento en cada tejido estudiado, a medida que el cultivo se desarrollaba en el tiempo. El nitrógeno tuvo una proporción mayor, seguido de potasio y por ultimo fósforo.

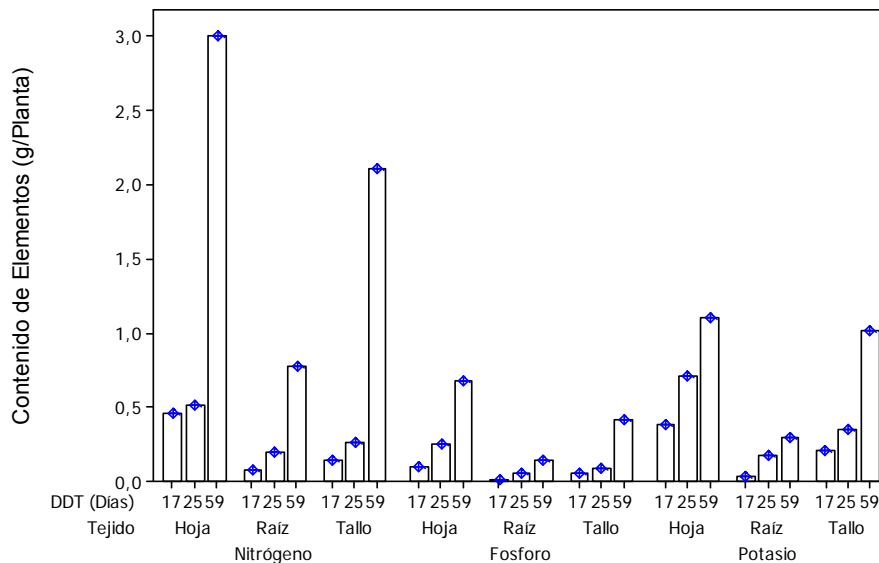


Figura 34. Contenido de elementos por cada tejido en los diferentes estados fisiológicos

De acuerdo a la figura 35 la cantidad de nutrientes obtenidos por parte de la planta fueron los siguientes:

Desarrollo 17 ddt

N total = 0.68 g/Planta, P total = 0.16 g/Planta y K total = 0.63 g/Planta.

Floración 25 ddt

N total = 0.98 g/Planta, P total = 0.39 g/Planta y K total = 1.23 g/Planta.

Inicio Fructificación 59 ddt

N total = 5.89 g/Planta, P total = 1.22 g/Planta y K total = 2.42 g/Planta

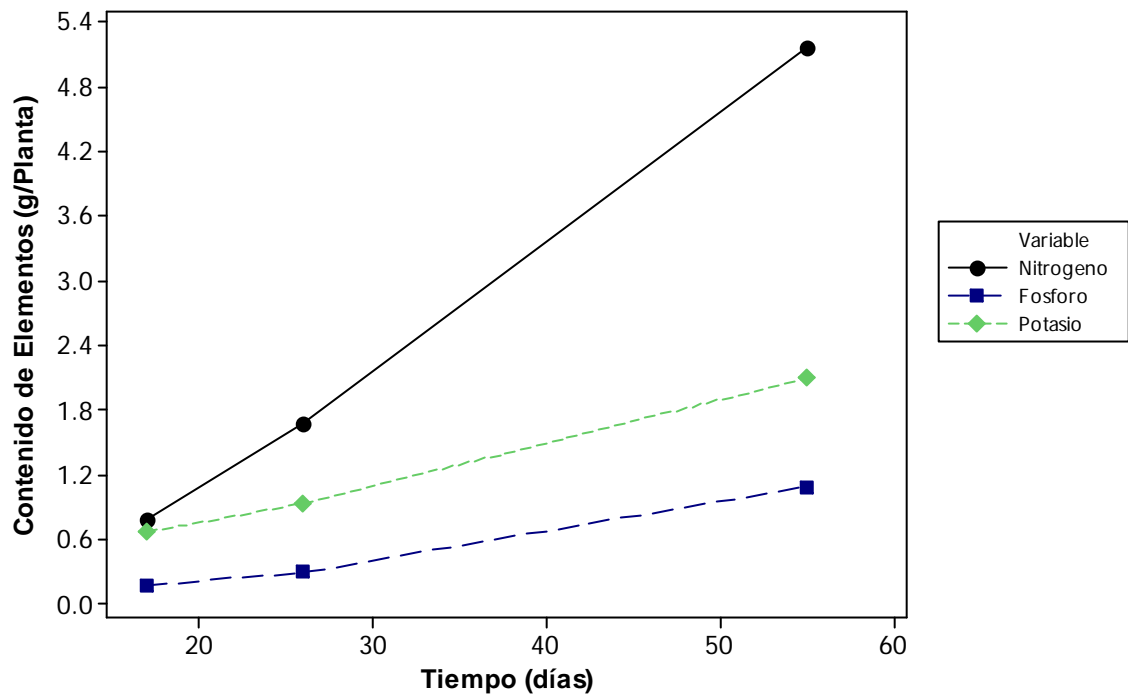


Figura 35. Contenido total de elementos por planta en los diferentes estados fisiológicos

La respuesta del tomate UNAPAL- MARAVILLA, se representó gráficamente, mediante el comportamiento de la acumulación de materia seca, y la concentración de: nitrógeno, fósforo y potasio encontrados en la planta a los 59 días después del trasplante, como se muestra en la figura 36.

Se observa que el comportamiento del nitrógeno y el fósforo son muy similares, sin embargo la acumulación de materia seca en g/planta el segundo tiende a

estabilizarse a partir de 0.9 g de fósforo. Por otra parte el contenido de potasio presenta un crecimiento con relación a la acumulación de materia seca, esto se explica debido a que la planta se encuentra en el proceso de llenado de frutos, por consiguiente requiere extraer grandes cantidades de este elemento.

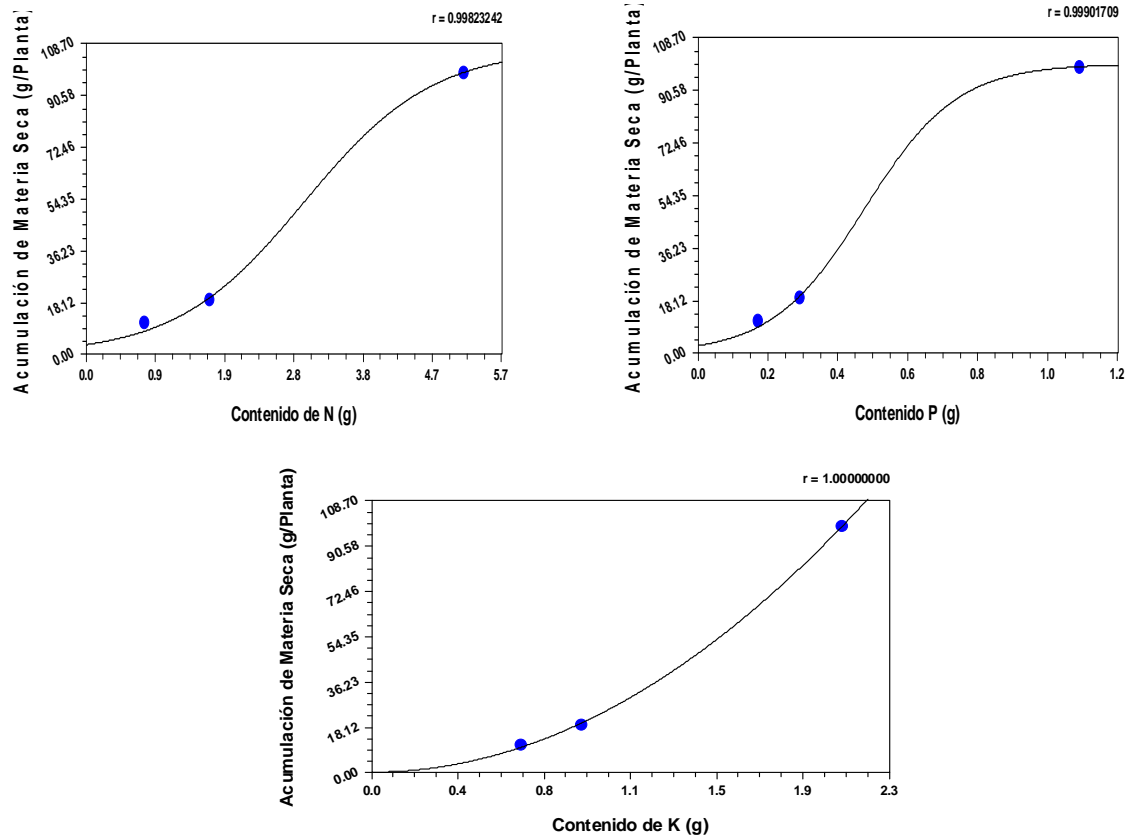


Figura 36. Respuesta del tomate UNAL- MARAVILLA, con relación al contenido de nutrientes.

9. CONCLUSIONES

El tomate variedad UNAPAL Maravilla, responde de forma optima a aplicaciones de 22 g Nitrógeno, 20g potasio y 7g de Magnesio por planta, en los suelos del CEUNP. Debido a que a partir de los 59 días después del trasplante el nitrógeno tiende a estabilizar su cantidad absorbible en la planta, con relación a la acumulación de materia seca, lo cual indica que aplicaciones mayores de esta cantidad incurrirían en un costo económico innecesario.

El cultivo de tomate variedad UNAPAL Maravilla, presenta cambios fisiológicos de acuerdo a la variación en los niveles de agua aplicados a lo largo de su desarrollo. Esto se ve reflejado en variables como: número de flores, frutos, producción de materia seca y rendimientos. Por tal razón se hace necesario establecer periodos de riego en los diferentes estados fisiológicos de la planta.

El aborto en la floración en el ensayo tres fue relativamente insignificante con relación al ensayo dos, esto indica un impacto considerable de estudio, debido a que la cantidad de frutos a los 59 días después del trasplante, entre los dos ensayos, fue alrededor de 2.2 veces, lo cual podría ser un factor significativo en la producción del cultivo.

Los coeficientes del cultivo K_c obtenidos en los diferentes estados fisiológicos para el cultivo de tomate variedad UNAPAL Maravilla fueron los siguientes:

Fase de Establecimiento

0 - 7 días después del trasplante → $K_c = 0.5$

Fase de Desarrollo Vegetativo

8– 17 días después del trasplante → $K_c = 0.7$

Fase de Floración

18- 25 días después del trasplante → $K_c = 1.1$

Inicio de la Fructificación

26- 59 días después del trasplante → $K_c = 1.2$

10. RECOMENDACIONES

- Establecer ensayos de investigación con los Kc obtenidos en las casas de malla, que permitan afinar los ya obtenidos.
- Evaluar diferentes niveles de nutrición edáfica en invernadero, con los Kc hallados, con el fin de encontrar una nutrición que se relacione con las necesidades hídricas del cultivo.
- Validar los resultados de Kc y nutrición obtenidos, en campo.

11. BIBLIOGRAFÍA

ADAMS, P; L. C. HO. 1993. Effect of environment on the uptake and distribution of calcium in tomato and on the incidence of blossom-end rot. Plant soil 154: 127-132 p.

ALARCÓN, A; EGEA C. 2000 Consumo hídricos en cultivos hortícolas sin suelo bajo invernadero. Universidad Politécnica de Cartagena. Cartagena (Murcia). 17-23 p.

ALLEN, R.G; PEREIRA, L.S; RAES,D Y SMITM, M 1998. Crop Evapotraspiration. Guidelines for computing crop water requirements. -FAO Irrigation and drainage paper 56 FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma, Italia. 300 p.

ARJONA, C. 2002. Taller sobre tomate. Comité hortofrutícola del Valle del Cauca , Cali Colombia. Asofrucol 74 p.

CORPEÑO, B. 2004. Manual del Cultivo del Tomate. Centro de Investigación. Desarrollo y Exportación de Agronegocios. San Salvador, El Salvador. 31 p

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. 1980. Efecto del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Estudio FAO: Riego y drenaje N° 33. Roma, Italia. 212 p.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. 1979. Yield response to water. FAO Estudio de Riego y Drenaje No. 33, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, 193 p.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. 1976. Las necesidades de agua de los cultivos.FAO. Riego y Drenaje No 24. Roma.

ESCOBAR, H. 2001. Generalidades del cultivo. En: Escobar, H (ed) Producción de tomate bajo invernadero. Fundación Universidad de Bogotá, Jorge Tadeo Lozano. 13 - 19 p.

ESCOBAR, H.; COOMAN, A.; MEDINA, A. 2001. Riego y fertilización. En: Escobar H (ed). Producción de tomate bajo invernadero. Fundación Universidad de Bogotá, Jorge Tadeo Lozano. 29 – 42 p.

ESTRADA, E. I. 2002. El cultivo del tomate. Perfil técnico para su producción. Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira. Impreso universitario.

ESTRADA, E. I. 2003. Investigación genética para el desarrollo de variedades mejoradas de hortalizas (Tomate, Pimentón, Cilantro, Zapallo). UNAL Palmira.

ESTRADA, E. I. 2003. Mejoramiento Genético y Producción de Semillas de Hortalizas en Colombia. Palmira: Universidad Nacional de Colombia. 261 p.

ESTRADA, E. I.; GARCÍA, M. A.; BAENA, D.; GUTIÉRREZ, A.; CARDOZO C. I.; SÁNCHEZ, M. S.; VALLEJO, F. A. 2004. Cultivo del Tomate Variedad UNAPAL Maravilla. Palmira: Universidad Nacional de Colombia. 23 p.

ESTRADA, E. I.; ZAPATA, A. 2002 pruebas experimentales en el manejo agronómico del tomate, zapallo, pimentón y cilantro en el centro experimental CEUNP – Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira, Programa de hortalizas, informe anual año 2001. Impreso universitario. 58 p.

FAO. 2009. FAOStat estadística databases, agricultura, <http://faostat.fao.org/site/340/default.aspx>.

FAO. 2009. Guía de estudio y drenaje No. 56. 298 p

FLORES, J; OJEDA, W; LÓPEZ, I; ROJAS, A; SALAZAR, I. 2007 Requerimientos de Riego para Tomate de Invernadero. TERRA. Latinoamérica, abril-junio, año/vol.25, número 002, Universidad Autónoma Chapingo. México 127-134 p.

FRANCO, M; ESTRADA, E.I.; MEJIA, S. 2003 Respuesta fisiológica del tomate, L. Esculentun, Cultivar UNAPAL- Maravilla a diferentes soluciones nutritivas en condiciones de cultivo bajo cubierta. Universidad nacional de Colombia Sede Palmira. Tesis ingeniero agrónomo. 87p.

GONZALES, A; HERNÁNDEZ; B. 2000 Estimación de las necesidades hídricas del tomate TERRA. Latinoamérica, enero marzo, año/vol. 18, número 001 Universidad Autónoma Chapingo. México. 45-50 p.

GRUBBEN, G.J.H 1997. Tropical vegetable and their genetic resources. AGPE: IPGRI 77/23

GUERRERO, R. (1995). Fertilización de los cultivos de clima medio. Bogotá: Monómeros Colombo Venezolano. 262 p.

JARA, D., Y VALENZUELA, A. 1998. Necesidades de agua de los Cultivos. CNR- U. de Concepción. Chillán, Chile. 24 p.

JARAMILLO, D.F., PARRA, L.N., GONZÁLEZ L.H. 1994. La ciencia del suelo. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. 157 -161 p.

JENSEN, M.E. (ED.) 1971. Consumptive use of water and irrigation water requirements. Rep. Tech. Comm. Irrig. Water Require. Am. Soc. Civ. Eng., Irrig. Div., 227 p.

JENSEN, M.E.; BURMAN, R.D. Y ALLEN, R.G. (1990): Evapotranspiration and Irrigation Water Requirements. Manuals and Reports on Engineering Practice, N° 70, Committee on Irrigation Water Requirements of the Irrigation and Drainage Division of the American Society of Civil Engineers, ASCE. New York. 360 p.

LEVITT, J.1980. Responses of Plants to Environmental Stresses, Vol. 1 (2nd ed). New York NY: Academic Press. 497p.

LOBO, M.; JARAMILLO, J. 1983. Tomate. Hortalizas, In: Manual de Asistencia Técnica N° 28 ICA. (Jaramillo J., Lobo, M., comp.). 41 – 67 p.

MADERO, E., ACOSTA, J., ARAGON, M., LLANOS Y. 1999. Cartografía ultradetallada de suelos y evaluación de tierras del centro experimental de la Universidad Nacional de Colombia (CEUNP) Sede Palmira. 19-22 p.

MANJARREZ, J 1980. El cultivo de tomate para consumo fresco en el Valle de Culiacá. CEVAS-CIAPAN-SARH n

MARAÑES A.; SÁNCHEZ J., DE HARO. S. 1994. Análisis de suelos. Departamento de edafología y química agrícola. Universidad de Almería. 125 p.

MARÍN, G. 2010. Determinación de los requerimientos hídricos del cilantro (*coriandrum sativum*), variedad UNAPAL Precoso y su relación con el desarrollo del cultivo, la producción y la calidad, comparando un periodo seco y húmedo de siembra del cultivo en el año. Tesis de Maestría en ciencias agrarias. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. 188 p.

MARSCHNER, H. (1995). Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. New York: Academic Press. 889 p.

MARTÍN DE SANTA OLALLA, F., JUAN VALERO, J. A. (1993). Agronomía del riego. Mundi-Prensa, Madrid 732 p.

MEDIANA, A; COOMAN, A; ESCOBAR, H. 2001. Producción de tomate bajo invernadero. Fundación universidad de Bogotá, Jorge Tadeo lozano. 136 p.

MEDRANO H.; BOTA J.; CIFRE J., FLEXAS J., RIBAS-CARBÓ M., GULÍAS J. 2007. Eficiencia en el uso del agua por las plantas. Grupo de Biología de las plantas Universidad de Alicante. 63- 67 p.

MEJÍA DE TAFUR M. S.; ESTRADA E. I Y FRANCO, M. M. 2007. Respuesta del tomate chonto *Lycopersicon esculentum* Mill cultivar UNAPAL maravilla a diferentes concentraciones de N, P, K, Ca y Mg. Acta Agronómica.56:2. 75 – 83 p.

NURUDDIN, M. 2001. Effects of water stress on tomato at different growth stages. Department of agricultural and biosystems engineerinh McGill university, Macdonald Campus Montreal, Canada. 97 p.

NORERO S. 1976. Evaporación y transpiración. Serie suelos y clima No. SC-13. CIDIAT. Mérida, Venezuela. 60 p.

NUEZ, FERNANDO. 2001. El Cultivo del Tomate. Mundiprensa. México. 797 p.

ORTEGA. S.; MEDIAVILLA A., W.; FUENTES J., S. Y CUENCA, R. (1998): Validación de un modelo para estimar la radiación neta de una cubierta vegetal en condiciones de referencia. Ciencia e Investigación Agraria. Volumen 25, Número 2, 103-107 p.

PEET, M; WILLITS. 1995. Role of excess water in tomato fruit cracking. Hortscience 30: 65-68 p.

PEREIRA, R.A., NOVA, V.N.A., SEDIYAMA C.G. 1997. Evapotranspiração. Fundação de Estudos Luiz de Queiroz, Piracicaba, Brasil. 183 p.

ROJAS, H. 2000. Generar y validar un instrumento para la estimación de las necesidades de riego en cultivos de hortalizas. Proyecto semilla 99CG5110. Informe parcial. CINDEC.

SÁNCHEZ I. 2001. Métodos de estimación de evapotranspiración utilizados en Chile, Revista Geográfica Norte Grande, Número 28. 3-10 p.

SÁNCHEZ T., M.I. 1992. Métodos para el Estudio de la Evaporación y Evapotranspiración, Cuadernos Técnicos de la Sociedad Española de Geomorfología. Geofoma Ediciones. Logroño.

SEMARNAT, PNUMA. 2006. El cambio climático en América latina y el Caribe. México. ISBN 968-817-677-x. 129 p.

SMITH, M., ALLEN, R.G., MONTEITH, J.L., PERRIER, A., PEREIRA, L., Y SEGEREN, A. 1992. Report of the expert consultation on procedures for revision of FAO guidelines for prediction of crop water requirements. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, 54 p.

SNYDER, R., Pruitt W.O. 1992. Evapotranspiration data management in California. Irrigation and drainage Session Porcedings/water forum'92. Baltimore.August. 128-133 p.

STEVENS, M ORLEY 1974 food Nutrition Basically with Fruit and vegetables for conserving health. USA.

TAFUR, H. 2005. Conceptos básicos para el riego de los cultivos. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. 36 p.

THORNE, D.M. 1979. Soil- Water- Plant relations. Soil, Water and crop production. The AVI Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut, 353 p.

THORNTHWAITE, C. W. 1948. An approach toward a rational classification of climate. Reprinted from The Geographical Review, 38 (1): 55-94 p.

ULCHUR A.; ESTRADA, E.I.; MEJÍA, S. 2004. El cultivo del tomate chonto UNAPAL – Maravilla bajo condiciones de cubierta plástica. Programa de hortalizas. Cartilla divulgativa. 14 p.

VALLEJO, F.A. 1999. Mejoramiento genético y producción de tomate en Colombia. Palmira: Universidad Nacional de Colombia. 216 p.

VALLEJO, F. A. Y ESTRADA, E.I. 2004. Producción de hortalizas de clima cálido. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. 346 p.

VALVERDE J.C. 2007. Riego y drenaje, segunda reimpresión, Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica 227 p.

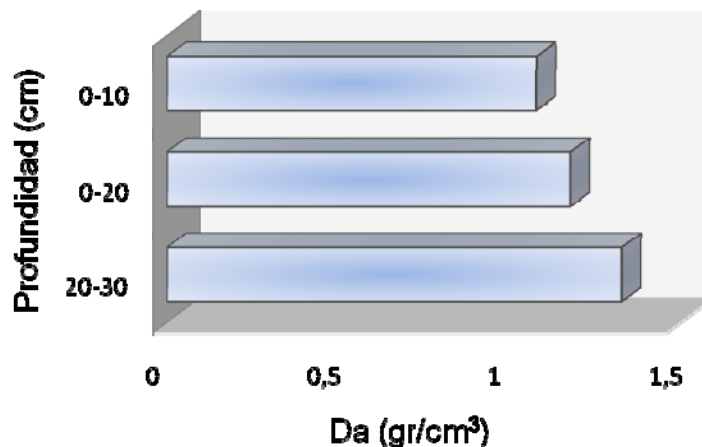
VAN GENUCHTEN, M. Th. 1980. A closed- form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soil. Soil science society of America journal 44, 892-898 p.

ANEXOS

Anexos A. Descripción de las Propiedades físicas del suelo en los tres ensayos

Densidad aparente

La densidad de la primera capa (0-10 cm) fue de 1.08 g/cm^3 , la segunda capa (10-20 cm) fue de $1,18 \text{ g/cm}^3$, mientras la tercera capa (20-30 cm) fue más alta a las dos anteriores $1,33 \text{ g/cm}^3$, este aumento en la densidad indica una leve compactación, originada posiblemente a las labores de maquinaria que se realizan en este tipo de suelos agrícolas. El valor de densidad promedio fue 1.2 g/cm^3 ; el cual se encuentra en un rango apropiado para este tipo de suelo (FAr). (Tafur 2005).



Densidad aparente para diferentes profundidades del suelo del CEUNP

Textura

La textura de suelo determinada por el método de la pipeta (Kilmer y Alexander, 1949) presentó los siguientes resultados:

Contenido de separados (%)				
	Arena	Limo	Arcilla	Clase textural
0-10	32.24	28	39.76	FAr
10-20	36.6	25.64	37.76	FAr
20-30	36.77	27.47	35.76	FAr

Distribución de los agregados del suelo.

La composición elemental de la muestra o la distribución en la que se encuentran las diferentes partículas minerales del suelo con relación a su tamaño, para una profundada de estudio de 30 cm, dio como resultado de acuerdo a el cuadro textural de la USDA, una textura Franco arcillosa (FAr), lo cual indica que se trata de un suelo pesado, esto se corrobora con los contenidos de arcilla que presentan la distribución de agregados del suelo a las diferentes profundidades cuyos valores varían entre 35. 76 y 39.79 %.

Lo anterior expuesto indica que este tipo de suelo permite una buena retención del agua, con relación a su alto % de arcillas, por tanto el movimiento del agua a través de su perfil se hace lento. A su vez la distribución de los agregados restantes (Limo y Arena) le confieren a este tipo de suelo una buena aeración, que le permite a la planta tomar agua y nutrientes.

Contenido de Humedad en el Suelo

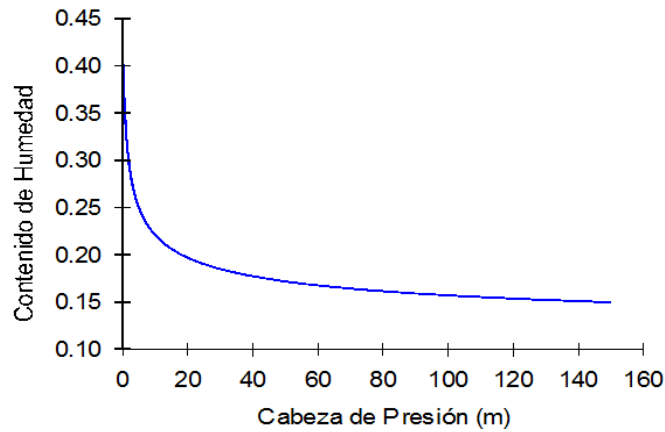
La cantidad de agua que posee este suelo está altamente relacionada con la composición de su fracción mineral, la cual se mencionó anteriormente, además de su contenido de materia orgánica el cual fue de (2%), esto se debe que por cada 1g de carbono orgánico se retiene 1,5 g de agua a 15 bar y aproximadamente 3,5 g a 0,3 bar, según el SSL (1995), citado por Jaramillo *et al.*, 1994)

Así mismo esta se relacionado con el riego y por ende con el consumo causado por la evapotranspiración del cultivo, ambas variables calculadas en los ensayos 2 y 3

De acuerdo al método de la membrana de Richards (1945) los datos resultados obtenidos de por el método de presión fueron los siguientes:

Capacidad de Campo (C.C) 27,78% y punto de marchites permanente (P.M.P) 15,1%. El agua aprovechable, por ser una característica del suelo pero estar directamente relacionada con el desarrollo y estabilidad del cultivo, se determinó como la diferencia entre la (CC) y el (PMP) obteniéndose como resultado 12,68%

Posteriormente se construyó la curva de retención de humedad del suelo a partir del software RETC, Que utiliza un enfoque no lineal por mínimos cuadrados de optimización para estimar los parámetros del modelo. Las funciones de pedotrasferencias que predicen este tipo de curvas, son descritas adecuadamente por modelos hidráulicos con cierto número de parámetros, como Brooks y Corey (1964) y Van Genuchten (1980)



Curva de retención de humedad del suelo del CEUNP

El comportamiento descrito en la curva de retención de humedad del suelo en la figura realizada con RETC para un suelo de textura franco arcilloso, varía entre el 25 y 38 % a capacidad de campo y el 15% para el punto de marchitez permanente según la presión succión para ambos puntos. Estos rangos coinciden con los determinados en laboratorio, además presenta los rangos descritos de humedad para este tipo de textura según (Arya y Paris, 1981)

Anexos B. Descripción del análisis químico de suelo

Parámetro	Unidad	Profundidad (0 - 25)
pH (Relación 1:1)	-	7.3
Materia orgánica	(%)	2
Calcio Intercambiable	(meq.100g-1) 8.1	9.5
Magnesio Intercambiable	(meq.100g-1) 8.1	2.3
Potasio Intercambiable	(meq.100g-1) 8.1	0.56
Sodio Intercambiable	(meq.100g-1) 8.1	0.21
CIC	(meq.100g-1) 8.1	12.7
Aluminio Intercambiable	(meq.100g-1) 8.1	-
Fósforo Asimilable		71.3
Textura al tacto		FAr

Elementos menores

Parámetro	Unidad	Profundidad (0 - 25)
Cobre	Ppm	6.3
Hierro	Ppm	50
Manganeso	Ppm	15.9
Zinc	Ppm	1.8
Boro	Ppm	0.21

La importancia del conocimiento de las características químicas de un suelo, radican en el uso y manejo que se le desea dar al mismo. Conocer su influencia en el desarrollo de las plantas, aportara la posibilidad de éxito en la producción aumentado de esta forma el rendimiento. Por tal razón es de valioso determinar la cantidad de elementos disponibles en un suelo y de esta forma poder aplicar la fertilización más adecuada para un cultivo, de acurdo a sus necesidades.

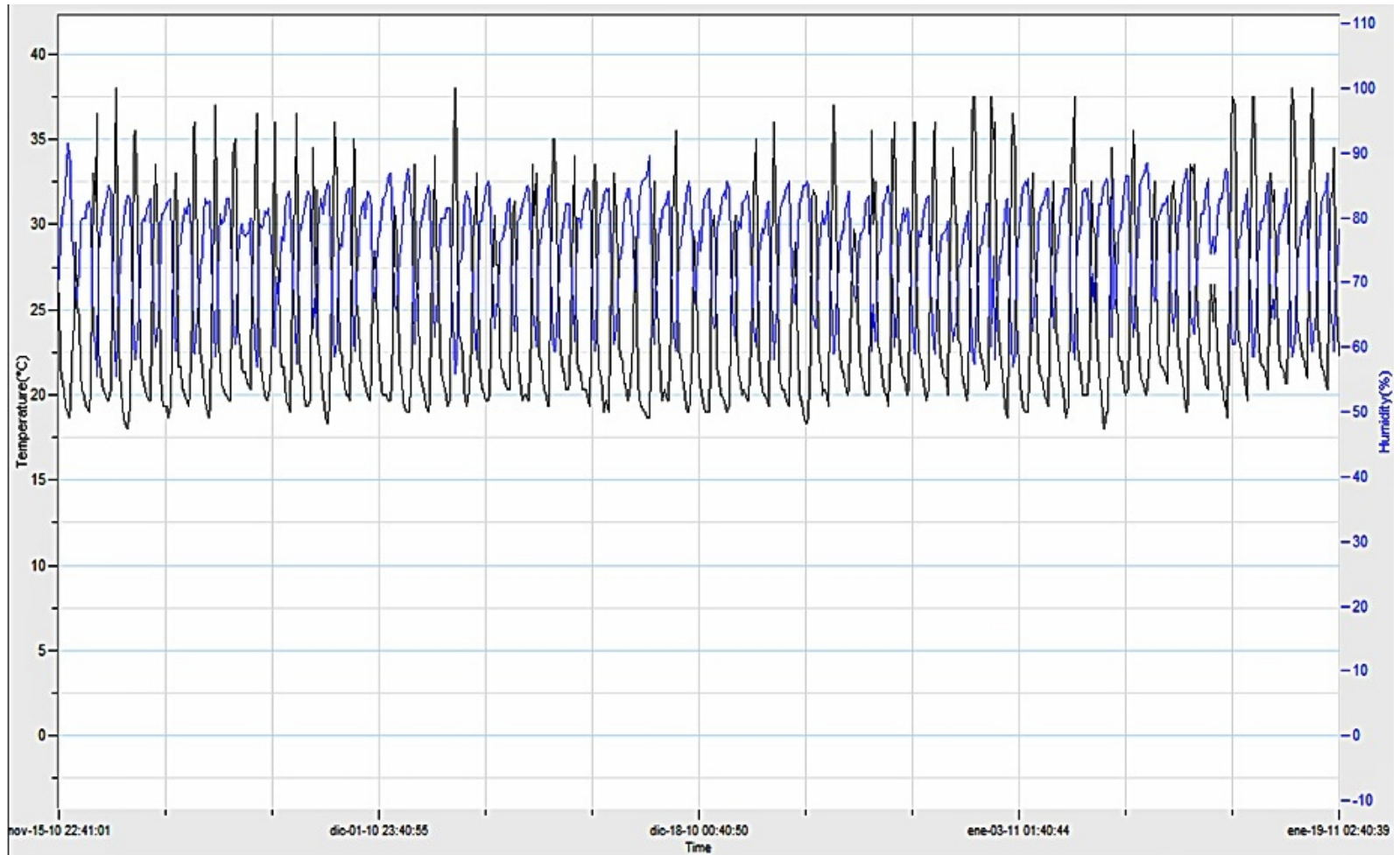
Los valores de pH se evalúan de acuerdo con los siguientes criterios de la USDA:

pH en agua	Evaluación
< 4.5	Extremadamente ácido
4.5 - 5.0	Muy fuertemente ácido
5.1 - 5.5	Fuertemente ácido
5.6 - 6.0	Medianamente ácido
6.1 - 6.5	Ligeramente ácido
6.6 - 7.3	Neutro
7.4 - 7.8	Medianamente básico
7.9 - 8.4	Moderadamente básico
8.5 - 9.0	Ligeramente alcalino
9.1 - 10.0	Alcalino
> 10.0	Fuertemente alcalino

Interpretación de resultados de pH. Fuente (USDA, 1971)

Con relación a lo anterior el pH del suelo con el que se trabaja es neutro, lo cual indica una mayor asimilabilidad de P, óptimo para la mayoría de las plantas cultivadas, dificultad para la absorción de fosfatos y nitratos a pH mayores, buena solubilidad del Ca^{2+} , Mg, B, Mo y Zn. Óptimo para amonificación, nitrificación y fijación de N_2 por *azotobacter* sp. Suelos con este tipo de pH reportan tendencia a la saturación de bases. Para el cultivo de tomate se reportan rangos de pH entre 5.5 y 7.0 (ligeramente ácido y neutro). Marañés *et al.* (1994)

Anexos C. Comportamiento de la T y HR dentro de las casas de malla de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira



Anexos D. Análisis de tejidos, a diferentes niveles de agua y estados fisiológicos de la planta.

Parámetro	Unidad	Kc = 1.3 (59 ddt*)			Kc = 0.4;0.7;1.0;1.3 (59 ddt*)		
		Hoja	Tallo	Raíz	Hoja	Tallo	Raíz
Nitrógeno	(%)	7.1	4.7	5.9	6.8	4.3	7.3
Calcio	(%)	4.0	1.7	1.9	3.9	1.1	2.3
Magnesio	(%)	17.1	8.5	7.4	19.7	7.9	10.0
Potasio	(%)	7	5.6	4.0	5.9	6.6	3.0
Sodio	(%)	5.7	4.6	5.7	4.8	4.2	7.2
Fosforo asimilable	(%)	1.4	1.3	1.1	1.5	1.4	1.3
Cobre	(ppm)	0.37	0.23	0.46	0.20	0.28	0.03
Zinc	(ppm)	0.28	0.03	0.23	0.24	0.19	0.30
Manganeso	(ppm)	0.03	ND	0.25	ND	ND	0.74
Hierro	(ppm)	3.0	4.3	3.4	0.07	0.17	0.21
Boro	(ppm)	11.4	8.9	13.6	5.6	5.2	5.1

ddt* Días después del trasplante

Parámetro	Unidad	(17 ddt*)			Floración (33 ddt*)			Inicio de la Fructificación (59 ddt*)		
		Hoja	Tallo	Raíz	Hoja	Tallo	Raíz	Hoja	Tallo	Raíz
Nitrógeno	(%)	11.6	5.0	7.1	10.65	6.3	8.5	7.1	6.2	6.7
Calcio	(%)	2.8	1.0	1.0	3.3	1.5	1.5	4.3	1.3	1.6
Magnesio	(%)	16.2	9.3	8.3	19.1	9.5	8.2	20.5	5.4	7.5
Potasio	(%)	5.4	7.5	3.7	4.8	6.0	3.2	2.6	3.0	2.6
Sodio	(%)	4.5	3.9	4.6	4.3	2.6	ND	4.3	2.7	8.5
Fosforo asimilable	(%)	1.7	1.4	0.9	1.7	1.5	0.94	1.6	1.2	1.2
Cobre	(ppm)	0.20	0.45	0.02	0.03	0.28	0.17	0.10	0.07	0.54
Zinc	(ppm)	0.20	0.21	0.28	0.13	0.20	0.34	0.10	0.03	0.27
Manganeso	(ppm)	ND	ND	0.89	ND	ND	1.35	ND	ND	1.29
Hierro	(ppm)	2.4	0.09	10.55	0.23	0.26	0.30	2.1	2.0	5.2
Boro	(ppm)	6.1	4.0	4.1	6.6	4.7	7.1	1.6	7.3	16

ddt* Días después del trasplante

Anexos E. ANDEVA del ensayo 1 realizado en campo en el CEUNP

RENDIMIENTOS PARA UN RACIMO.

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Pr>f	R2	Coefficiente de variación
Modelo	11	381502.4167	34682.0379	2.05	0.085	0.556189	19.13769
Error	18	304420.0500	16912.2250				
total correcto	29	695922.4667					

RENDIMIENTOS PARA UN RACIMO.

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	cuadrados medios	F – Valor	Pr > F
Tratamiento	9	330241.8000	36693.5333	2.17	0.077
Bloque	2	51260.6167	25630.3083	1.52	0.246

PRUEBA DE DUNCAN PARA RENDIMIENTO POR TRATAMIENTO

Duncan Agrupamiento	Media	N	Tratamiento
A	866	3	2
B A	839.5	3	5
B A C	761.3	3	6
B A C	697	3	4
B A C	644.2	3	9
B A C	631.5	3	8
B A C	627	3	7
B C	604.7	3	1
B C	602.2	3	3
C	522	3	10

PRUEBA DE DUNCAN PARA RENDIMIENTO POR BLOQUE

Duncan Agrupamiento	Media	N	Bloque
A	722.1	10	1
A	692.95	10	3
A	623.55	10	2

ALTURA DE LA PLANTA AL INICIO DE LA FRUCTIFICACIÓN.

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	cuadrados medios	Valor de F	Pr>f	R2	Coefficiente de variación
Modelo	11	1996.841667	181.531061	3.90	0.0053	0.704418	4.732000
Error total	18	837.900000	46.550000				
correcto	29	2834.741667					

ALTURA DE LA PLANTA AL INICIO DE LA FRUCTIFICACIÓN

Fuente de Variación	GL	Suma de cuadrados	de cuadrados medios	F – Valor	Pr > F
Tratamiento	9	555.575000	61.730556	1.33	0.2908
Bloque	2	1441.266667	720.633333	15.48	0.0001

PRUEBA DE DUNCAN POR TRATAMIENTO PARA ALTURA DE LA PLANTA

Duncan Agrupamiento	Media	N	Tratamiento
A	150.833	3	7
A	148.667	3	2
B A	147.500	3	1
B A	145.833	3	9
B A	145.000	3	4
B A	143.333	3	8
B A	142.667	3	6
B A	142.000	3	5
B A	141.333	3	3
B	134.667	3	10

NÚMERO DE FLORES AL INICIO DE LA FRUCTIFICACIÓN

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	cuadrados medios	Valor de F	Pr>f	R2	Coefficiente de variación
Modelo	11	28.74166667	2.61287879	1.22	0.3427	0.426804	16.79991
Error	18	38.60000000	2.14444444				
Total correcto	29	67.34166667					

NÚMERO DE FLORES AL INICIO DE LA FRUCTIFICACIÓN

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	cuadrados medios	F – Valor	Pr > F
Tratamiento	9	12,67500000	1,40833333	0.66	0.736
Bloque	2	16,06666667	8,03333333	3.75	0.0436

PRUEBA DE DUNCAN POR TRATAMIENTO

Duncan Agrupamiento	Media	N	Tratamiento
A	9.667	3	7
A	9.500	3	5
A	9.333	3	2
A	9.167	3	6
A	8.667	3	9
A	8.667	3	3
A	8.500	3	10
A	8.000	3	8
A	7.833	3	1
A	7.833	3	4

NÚMERO DE FRUTOS AL INICIO DE LA FRUCTIFICACIÓN

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Pr>f	R2	Coefficiente de variación
Modelo	11	200.8583333	18.2598485	2.96	0.0199	0.644310	15.02708
Error	18	110.8833333	6.1601852				
Total correcto	29	311.7416667					

NÚMERO DE FRUTOS AL INICIO DE LA FRUCTIFICACIÓN

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F - Valor	Pr > F
Tratamiento	9	176.2416667	19.5824074	3.18	0.0176
Bloque	2	24.6166667	12.3083333	2.00	0.1646

PRUEBA DE DUNCAN POR TRATAMIENTO

Agrupamiento	Media	N	Tratamiento
A	20.333	3	1
A	20.167	3	2
B A	18.167	3	5
B A	17.833	3	9
B A	16.167	3	3
B A	15.833	3	6
B A	15.333	3	4
B A	14.500	3	7
B	14.167	3	8
B	12.667	3	10

Anexos F. ANDEVA del ensayo 2 realizado en las casas de malla de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira

ALTURA PLANTA AL INICIO DE LA FRUCTIFICACIÓN

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Pr>f	R2	Coefficiente de variación
Modelo	4	12761.36000	3190.34000	30.08	<.0001	0.857465	10.89127
Error	20	2121.30000	106.06500				
Total correcto	24	14882.66000					

ALTURA PLANTA AL INICIO DE LA FRUCTIFICACIÓN

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	cuadrados medios	F – Valor	Pr > F
Tratamiento	4	12761.36000	3190.34000	30.08	<0.001

PRUEBA DE DUNCAN PARA ALTURA

Duncan Agrupamiento	Media	N	Tratamiento
A	122.000	5	4
B A	109.000	5	3
B	106.200	5	5
C	71.200	5	2
C	64.400	5	1

NÚMERO DE FLORES AL INICIO DE LA FRUCTIFICACIÓN

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Pr>f	R2	Coefficiente de variación
Modelo	4	557.7600000	139.34400000	14.46	<.0001	0.743125	30.32065
Error	20	192.8000000	9.6400000				
total	24	750.5600000					
correcto							

NÚMERO DE FLORES AL INICIO DE LA FRUCTIFICACIÓN

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	cuadrados medios	F – Valor	Pr > F
Tratamiento	4	557.7600000	139.44000	14.46	<0.001

PRUEBA DE DUNCAN FLORES

Duncan Agrupamiento	Media	N	Tratamiento
A	15.600	5	4
A	15.400	5	5
B	10.200	5	3
C	5.800	5	2
C	4.200	5	1

NÚMERO DE FRUTOS AL INICIO DE LA FRUCTIFICACIÓN

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Pr>f	R2	Coefficiente de variación
Modelo	4	562.9600000	140.7400000	115.36	<.0001	0.958458	16.14819
Error	20	24.4000000	1.2200000				
Total correcto	24	587.3600000					

NÚMERO DE FRUTOS AL INICIO DE LA FRUCTIFICACIÓN

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F - Valor	Pr > F
Tratamiento	4	562.3600000	140.7400000	115.36	<.0001

PRUEBA DE DUNCAN FRUTOS

Agrupamiento	Media	N	Tratamiento
A	12.2000	5	5
A	12.2000	5	4
B	7.0000	5	3
C	1.8000	5	2
C	1.2000	5	1

MATERIA SECA AL INICIO DE LA FRUCTIFICACIÓN

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	cuadrados medios	Valor de F	Pr>f	R2	Coefficiente de variación
Modelo	4	670.4884560	167.6221140	11.76	<.0001	0.701616	21.62395
Error	20	285.1466800	14.2573340				
Total correcto	24	955.6351360					

MATERIA SECA AL INICIO DE LA FRUCTIFICACIÓN

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	cuadrados medios	F – Valor	Pr > F
Tratamiento	4	670.4884560	167.6221140	11.76	< .0001

PRUEBA DE DUNCAN POR TRATAMIENTO PARA MATERIA SECA

Duncan Agrupamiento	Media	N	Tratamiento
A	22.326	5	3
A	21.658	5	4
A	20.724	5	5
B	13.068	5	2
B	9.532	5	1

Anexos G. Datos promedios obtenidos en campo del 10 agosto del 2009 (primera cosecha). Al 2 de septiembre del 2009 (segunda cosecha)

Bloque	Tratamiento	N° Frutos Promedio	Rendimiento g
1	NA + KA + MgA	6	570
2	NA + KA + MgA	6	711
3	NA + KA + MgA	4.5	533
1	NM + KA + MgA	8	842
2	NM + KA + MgA	6	766.5
3	NM + KA + MgA	7.5	989.5
1	NB + KA + MgA	6	702
2	NB + KA + MgA	5.5	551.5
3	NB + KA + MgA	4.5	553
1	NA + KM + MgM	8.5	931
2	NA + KM + MgM	4.5	558.5
3	NA + KM + MgM	5.5	601.5
1	NM + KM + MgM	6.5	802.5
2	NM + KM + MgM	7	849
3	NM + KM + MgM	6.5	867
1	NB + KM + MgM	6.5	755.5
2	NB + KM + MgM	9.5	912
3	NB + KM + MgM	5	616.5
1	NA+ KB + MgB	5	599
2	NA+ KB + MgB	5	623
3	NA+ KB + MgB	5.5	659
1	NM+ KB + MgB	7.5	701
2	NM+ KB + MgB	5	466
3	NM+ KB + MgB	6.5	727.5
1	NB+ KB + MgB	7.5	803
2	NB+ KB + MgB	3.5	397.5
3	NB+ KB + MgB	6.5	732
1	TESTIGO	5	515
2	TESTIGO	4	400.5
3	TESTIGO	5.5	650.5

Anexos H. Datos promedios obtenidos al inicio de la fructificación del cultivo en campo, el 30 julio del 2009 a los 63 días de pues del trasplante

Bloque	Tratamiento	Altura Planta	Número Racimos	Flores	Frutos
1	NA + KA + MgA	147.5	7	7	21
2	NA + KA + MgA	140	6.5	8.5	21
3	NA + KA + MgA	155	6	8	19
1	NM + KA + MgA	157	7.5	10.5	22
2	NM + KA + MgA	130	6.5	7	14
3	NM + KA + MgA	159	7	10.5	24.5
1	NB + KA + MgA	137.5	6	10	18
2	NB + KA + MgA	128	5	6	17
3	NB + KA + MgA	158.5	7	10	13.5
1	NA + KM + MgM	146	5.5	7.5	18.5
2	NA + KM + MgM	131.5	5	8.5	11
3	NA + KM + MgM	157.5	6.5	7.5	16.5
1	NM + KM + MgM	138.5	6.5	8	20
2	NM + KM + MgM	137.5	6.5	8.5	17
3	NM + KM + MgM	150	7.5	12	17.5
1	NB + KM + MgM	127.5	6.5	8	16.5
2	NB + KM + MgM	145	5.5	8	17
3	NB + KM + MgM	155.5	5.5	11.5	14
1	NA+ KB + MgB	145	6.5	8	16.5
2	NA+ KB + MgB	147.5	6.5	10.5	12.5
3	NA+ KB + MgB	160	7	10.5	14.5
1	NM+ KB + MgB	141	6.5	6.5	13.5
2	NM+ KB + MgB	138.5	6	7	14.5
3	NM+ KB + MgB	150.5	7	10.5	14.5
1	NB+ KB + MgB	140	6.5	8	17
2	NB+ KB + MgB	146	6.5	8.5	18.5
3	NB+ KB + MgB	151.5	7	9.5	18
1	TESTIGO	132.5	5.5	9	14.5
2	TESTIGO	131.5	5	9	13.5
3	TESTIGO	140	5.5	7.5	10

Anexos I. Datos promedios obtenidos al inicio de la fructificación del cultivo en casas de malla, el 15 diciembre del 2010, a los 59 días de pues del trasplante

Tratamiento	Repetición	Altura Planta	Número Racimos	Flores	Frutos
Kc (0.4)	1	50.50	2.00	3.00	2.00
Kc (0.4)	2	72.00	3.00	3.00	2.00
Kc (0.4)	3	54.00	4.00	1.00	1.00
Kc (0.4)	4	58.00	4.00	6.00	0.00
Kc (0.4)	5	87.50	3.00	8.00	1.00
Kc (0.7)	1	52.00	2.00	3.00	2.00
Kc (0.7)	2	69.00	6.00	11.00	1.00
Kc (0.7)	3	89.00	5.00	5.00	2.00
Kc (0.7)	4	70.00	3.00	6.00	1.00
Kc (0.7)	5	76.00	4.00	4.00	3.00
Kc (1.0)	1	114.00	4.00	7.00	7.00
Kc (1.0)	2	100.00	4.00	9.00	6.00
Kc (1.0)	3	116.00	8.00	11.00	7.00
Kc (1.0)	4	105.00	7.00	10.00	6.00
Kc (1.0)	5	110.00	5.00	14.00	9.00
Kc (1.3)	1	125.00	5.00	18.00	14.00
Kc (1.3)	2	122.00	6.00	14.00	10.00
Kc (1.3)	3	124.00	5.00	19.00	13.00
Kc (1.3)	4	116.00	6.00	12.00	12.00
Kc (1.3)	5	123.00	5.00	15.00	11.00
Kc (0.4;0.7;1.0;1.3)	1	106.00	5.00	16.00	12.00
Kc (0.4;0.7;1.0;1.3)	2	94.00	7.00	21.00	13.00
Kc (0.4;0.7;1.0;1.3)	3	105.00	6.00	16.00	11.00
Kc (0.4;0.7;1.0;1.3)	4	115.00	5.00	10.00	12.00
Kc (0.4;0.7;1.0;1.3)	5	111.00	5.00	14.00	13.00

Anexos J. Datos obtenidos del seguimiento del cultivo en diferentes etapas, dentro de las casas de malla, entre el 10 de diciembre del 2010 y el 20 enero del 2011

Fecha de muestreo	ddt	Planta	Altura Planta	Número de Racimo	Flores	Frutos
10/12/2010	17	14	65	4	4	0
10/12/2010	17	15	87	2	0	0
10/12/2010	17	18	64	4	8	0
10/12/2010	17	23	83	2	0	0
18/12/2010	26	2	127	4	35	0
18/12/2010	26	9	112	4	23	0
18/12/2010	26	19	127	6	25	0
18/12/2010	26	24	100	5	34	0
20/01/2011	59	1	164	5	2	33
20/01/2011	59	3	214	7	15	27
20/01/2011	59	5	203	9	22	29
20/01/2011	59	6	166	5	12	19
20/01/2011	59	7	185	6	14	25
20/01/2011	59	8	178	8	7	38
20/01/2011	59	10	199	6	15	25
20/01/2011	59	12	210	7	12	30
20/01/2011	59	13	180	5	6	22
20/01/2011	59	16	162	6	13	25
20/01/2011	59	17	157	5	11	23
20/01/2011	59	20	162	6	11	26
20/01/2011	59	21	180	7	9	30
20/01/2011	59	22	177	8	13	38
20/01/2011	59	25	169	8	24	27

Anexos K. Datos de la evaporación obtenidos de el microevaporímetro entre el 27 de octubre al 24 de diciembre de 2010

Día	Volumen Evaporado* (cm ³ .día ⁻¹)	Volumen Evaporado** (corregida)(cm ³ .día ⁻¹)	Lámina evaporada* (mm. día ⁻¹)	Lámina evaporada** Corregida (mm.día ⁻¹)
1	400.00	384.62	3.47	3.34
2	380.00	365.38	3.30	3.17
3	385.00	370.19	3.34	3.21
4	409.00	393.27	3.55	3.41
5	375.00	360.58	3.26	3.13
6	386.00	371.15	3.35	3.22
7	382.00	367.31	3.32	3.19
8	395.00	379.81	3.43	3.30
9	357.00	343.27	3.10	2.98
10	352.00	338.46	3.06	2.94
11	374.00	359.62	3.25	3.12
12	502.00	482.69	4.36	4.19
13	375.00	360.58	3.26	3.13
14	410.00	394.23	3.56	3.42
15	300.00	288.46	2.60	2.50
16	360.00	346.15	3.13	3.01
17	456.00	438.46	3.96	3.81
18	440.00	423.08	3.82	3.67
19	442.00	425.00	3.84	3.69
20	430.00	413.46	3.73	3.59
21	418.00	401.92	3.63	3.49
22	360.00	346.15	3.13	3.01
23	457.00	439.42	3.97	3.82
24	444.00	426.92	3.86	3.71
25	378.00	363.46	3.28	3.16
26	386.00	371.15	3.35	3.22
27	512.00	492.31	4.45	4.27
28	502.00	482.69	4.36	4.19
29	396.00	380.77	3.44	3.31
30	413.00	397.12	3.59	3.45
31	459.00	441.35	3.99	3.83
32	621.00	597.12	5.39	5.18

Día	Volumen Evaporado* (cm ³ .día ⁻¹)	Volumen Evaporado** (corregida)(cm ³ .día ⁻¹)	Lámina evaporada* (mm. día ⁻¹)	Lámina evaporada** Corregida (mm.día ⁻¹)
33	400.00	384.62	3.47	3.34
34	503.00	483.65	4.37	4.20
35	515.00	495.19	4.47	4.30
36	554.00	532.69	4.81	4.63
37	565.00	543.27	4.91	4.72
38	642.00	617.31	5.57	5.36
39	609.00	585.58	5.29	5.08
40	550.00	528.85	4.78	4.59
41	600.00	576.92	5.21	5.01
42	472.00	453.85	4.10	3.94
43	530.00	509.62	4.60	4.43
44	447.00	429.81	3.88	3.73
45	629.00	604.81	5.46	5.25
46	375.00	360.58	3.26	3.13
47	503.00	483.65	4.37	4.20
48	534.00	513.46	4.64	4.46
49	551.00	529.81	4.78	4.60
50	393.00	377.88	3.41	3.28
51	537.00	516.35	4.66	4.48
52	610.00	586.54	5.30	5.09
53	402.00	386.54	3.49	3.36
54	624.00	600.00	5.42	5.21
55	581.00	558.65	5.04	4.85
56	495.00	475.96	4.30	4.13
57	500.00	480.77	4.34	4.17
58	520.00	500.00	4.52	4.34
59	600.00	576.92	5.21	5.01
Media	466.05	448.13	4.05	3.89

Anexos L. Datos de la evaporación obtenidos de el microevaporímetro entre el 23 de noviembre del 2010 al 21 de noviembre de 2011

Día	Volumen Evaporado* (cm ³ . día ⁻¹)	Volumen Evaporado** (corregida)(cm ³ .día ⁻¹)	Lámina evaporada* (mm. día ⁻¹)	Lámina evaporada** Corregida (mm.dia ⁻¹)
1	338.00	325.00	2.93	2.82
2	200.00	192.31	1.74	1.67
3	260.00	250.00	2.26	2.17
4	180.00	173.08	1.56	1.50
5	215.00	206.73	1.87	1.80
6	195.00	187.50	1.69	1.63
7	210.00	201.92	1.82	1.75
8	266.67	256.41	2.32	2.23
9	266.67	256.41	2.32	2.23
10	266.67	256.41	2.32	2.23
11	345.00	331.73	3.00	2.88
12	345.00	331.73	3.00	2.88
13	280.00	269.23	2.43	2.34
14	146.67	141.03	1.27	1.22
15	146.67	141.03	1.27	1.22
16	146.67	141.03	1.27	1.22
17	275.00	264.42	2.39	2.30
18	120.00	115.38	1.04	1.00
19	120.00	115.38	1.04	1.00
20	120.00	115.38	1.04	1.00
21	285.00	274.04	2.47	2.38
22	210.00	201.92	1.82	1.75
23	130.00	125.00	1.13	1.09
24	215.00	206.73	1.87	1.80
25	180.00	173.08	1.56	1.50
26	215.00	206.73	1.87	1.80
27	215.00	206.73	1.87	1.80
28	302.00	290.38	2.62	2.52
29	400.00	384.62	3.47	3.34
30	380.00	365.38	3.30	3.17
31	385.00	370.19	3.34	3.21
32	409.00	393.27	3.55	3.41
33	375.00	360.58	3.26	3.13

Día	Volumen Evaporado* (cm ³ . día ⁻¹)	Volumen Evaporado** (corregida)(cm ³ .día ⁻¹)	Lámina evaporada* (mm. día ⁻¹)	Lámina evaporada** Corregida (mm.día ⁻¹)
34	386.00	371.15	3.35	3.22
35	382.00	367.31	3.32	3.19
36	395.00	379.81	3.43	3.30
37	357.00	343.27	3.10	2.98
38	352.00	338.46	3.06	2.94
39	374.00	359.62	3.25	3.12
40	502.00	482.69	4.36	4.19
41	375.00	360.58	3.26	3.13
42	410.00	394.23	3.56	3.42
43	300.00	288.46	2.60	2.50
44	360.00	346.15	3.13	3.01
45	456.00	438.46	3.96	3.81
46	440.00	423.08	3.82	3.67
47	442.00	425.00	3.84	3.69
48	430.00	413.46	3.73	3.59
49	418.00	401.92	3.63	3.49
50	360.00	346.15	3.13	3.01
51	457.00	439.42	3.97	3.82
52	444.00	426.92	3.86	3.71
53	378.00	363.46	3.28	3.16
54	386.00	371.15	3.35	3.22
55	512.00	492.31	4.45	4.27
56	502.00	482.69	4.36	4.19
57	396.00	380.77	3.44	3.31
58	413.00	397.12	3.59	3.45
59	459.00	441.35	3.99	3.83
Media	319.15	306.88	2.77	2.66

Anexos M. Datos de evapotranspiración de referencia, entre el 27 de octubre al 24 de diciembre de 2010

Día	Evaporación (cm ³ .día ⁻¹)	K _P	ET _O
1	325.00	0.66	214.50
2	192.31	0.66	126.92
3	250.00	0.66	165.00
4	173.08	0.66	114.23
5	206.73	0.66	136.44
6	187.50	0.66	123.75
7	201.92	0.66	133.27
8	256.41	0.66	169.23
9	256.41	0.66	169.23
10	256.41	0.66	169.23
11	331.73	0.66	218.94
12	331.73	0.66	218.94
13	269.23	0.66	177.69
14	141.03	0.66	93.08
15	141.03	0.66	93.08
16	141.03	0.66	93.08
17	264.42	0.66	174.52
18	115.38	0.66	76.15
19	115.38	0.66	76.15
20	115.38	0.66	76.15
21	274.04	0.66	180.87
22	201.92	0.66	133.27
23	125.00	0.66	82.50
24	206.73	0.66	136.44
25	173.08	0.66	114.23
26	206.73	0.66	136.44
27	206.73	0.66	136.44
28	290.38	0.66	191.65
29	384.62	0.66	253.85
30	365.38	0.66	241.15
31	370.19	0.66	244.33
32	393.27	0.66	259.56
33	360.58	0.66	237.98
34	371.15	0.66	244.96

Día	Evaporación (cm ³ .día ⁻¹)	K _P	ET _O
35	367.31	0.66	242.42
36	379.81	0.66	250.67
37	343.27	0.66	226.56
38	338.46	0.66	223.38
39	359.62	0.66	237.35
40	482.69	0.66	318.58
41	360.58	0.66	237.98
42	394.23	0.66	260.19
43	288.46	0.66	190.38
44	346.15	0.66	228.46
45	438.46	0.66	289.38
46	423.08	0.66	279.23
47	425.00	0.66	280.50
48	413.46	0.66	272.88
49	401.92	0.66	265.27
50	346.15	0.66	228.46
51	439.42	0.66	290.02
52	426.92	0.66	281.77
53	363.46	0.66	239.88
54	371.15	0.66	244.96
55	492.31	0.66	324.92
56	482.69	0.66	318.58
57	380.77	0.66	251.31
58	397.12	0.66	262.10
59	441.35	0.66	291.29

Anexos N. Datos de evapotranspiración de referencia, entre el 23 de noviembre del 2010 al 21 de enero de 2011

Día	Evaporación(cm ³ .día ⁻¹)	F (m)	HR (%)	K _P	ET _O
1	384.62	1.00	74.83	0.82	314.90
2	365.38	1.00	72.67	0.81	295.60
3	370.19	1.00	74.67	0.82	302.82
4	393.27	1.00	74.79	0.82	321.92
5	360.58	1.00	75.92	0.82	296.98
6	371.15	1.00	74.75	0.82	303.74
7	367.31	1.00	75.63	0.82	302.04
8	379.81	1.00	78.17	0.83	316.66
9	343.27	1.00	78.75	0.84	287.10
10	338.46	1.00	76.46	0.83	279.59
11	359.62	1.00	76.21	0.82	296.67
12	482.69	1.00	71.96	0.81	388.96
13	360.58	1.00	74.92	0.82	295.36
14	394.23	1.00	76.05	0.82	324.93
15	288.46	1.00	75.13	0.82	236.56
16	346.15	1.00	76.33	0.83	285.75
17	438.46	1.00	73.67	0.81	356.69
18	423.08	1.00	75.29	0.82	347.27
19	425.00	1.00	75.83	0.82	349.88
20	413.46	1.00	75.83	0.82	340.38
21	401.92	1.00	77.83	0.83	334.50
22	346.15	1.00	79.33	0.84	290.42
23	439.42	1.00	75.17	0.82	360.44
24	426.92	1.00	77.58	0.83	354.83
25	363.46	1.00	76.38	0.83	300.11
26	371.15	1.00	77.00	0.83	307.50
27	492.31	1.00	75.58	0.82	404.74
28	482.69	1.00	72.67	0.81	390.50
29	380.77	1.00	78.08	0.83	317.32
30	397.12	1.00	77.08	0.83	329.16
31	441.35	1.00	73.21	0.81	358.12
32	597.12	1.00	75.67	0.82	491.13
33	384.62	1.00	73.50	0.81	312.60
34	483.65	1.00	75.08	0.82	396.54

Día	Evaporación(cm ³ .día ⁻¹)	F (m)	HR (%)	K _P	ET _O
35	495.19	1.00	72.46	0.81	400.15
36	532.69	1.00	73.50	0.81	432.95
37	543.27	1.00	71.54	0.80	436.75
38	617.31	1.00	70.83	0.80	494.31
39	585.58	1.00	72.83	0.81	474.17
40	528.85	1.00	71.92	0.81	426.05
41	576.92	1.00	76.79	0.83	477.44
42	453.85	1.00	77.17	0.83	376.35
43	509.62	1.00	74.92	0.82	417.44
44	429.81	1.00	77.04	0.83	356.18
45	604.81	1.00	78.63	0.84	505.51
46	360.58	1.00	76.79	0.83	298.40
47	483.65	1.00	80.33	0.84	407.96
48	513.46	1.00	76.04	0.82	423.19
49	529.81	1.00	76.17	0.82	436.96
50	377.88	1.00	78.58	0.84	315.77
51	516.35	1.00	76.08	0.82	425.66
52	586.54	1.00	73.13	0.81	475.72
53	386.54	1.00	75.25	0.82	317.20
54	600.00	1.00	73.25	0.81	486.98
55	558.65	1.00	72.46	0.81	451.43
56	475.96	1.00	75.04	0.82	390.14
57	480.77	1.00	74.06	0.82	391.96
58	500.00	1.00	73.19	0.81	405.68
59	576.92	1.00	75.64	0.82	474.45

Anexos O. Datos de evapotranspiración real entre el 27 de octubre al 24 de diciembre de 2010

Evapotranspiración real (cm ³ .día ⁻¹)										
Día	T1 Kc (0,4)	T1 Acumulado	T2 Kc (0,7)	T2 Acumulado	T3 Kc (1,0)	T3 Acumulado	T4 Kc (1,3)	T4 Acumulado	T5 Kc (0,4;0,7;1,0;1,3)	T5 Acumulado
1	85.80	85.80	150.15	150.15	214.50	214.50	278.85	278.85	85.80	85.80
2	50.77	136.57	88.85	239.00	126.92	341.42	165.00	443.85	50.77	136.57
3	66.00	202.57	115.50	354.50	165.00	506.42	214.50	658.35	66.00	202.57
4	45.69	248.26	79.96	434.46	114.23	620.65	148.50	806.85	45.69	248.26
5	54.58	302.84	95.51	529.97	136.44	757.10	177.38	984.23	54.58	302.84
6	49.50	352.34	86.63	616.59	123.75	880.85	160.88	1145.10	49.50	352.34
7	53.31	405.65	93.29	709.88	133.27	1014.12	173.25	1318.35	53.31	405.65
8	67.69	473.34	118.46	828.34	169.23	1183.35	220.00	1538.35	67.69	473.34
9	67.69	541.03	118.46	946.80	169.23	1352.58	220.00	1758.35	67.69	541.03
10	67.69	608.72	118.46	1065.27	169.23	1521.81	220.00	1978.35	67.69	608.72
11	87.58	696.30	153.26	1218.52	218.94	1740.75	284.63	2262.97	153.26	761.98
12	87.58	783.88	153.26	1371.78	218.94	1959.69	284.63	2547.60	153.26	915.24
13	71.08	854.95	124.38	1496.17	177.69	2137.38	231.00	2778.60	124.38	1039.63
14	37.23	892.18	65.15	1561.32	93.08	2230.46	121.00	2899.60	65.15	1104.78
15	37.23	929.42	65.15	1626.48	93.08	2323.54	121.00	3020.60	65.15	1169.93
16	37.23	966.65	65.15	1691.63	93.08	2416.62	121.00	3141.60	65.15	1235.09
17	69.81	1036.45	122.16	1813.79	174.52	2591.13	226.88	3368.48	122.16	1357.25
18	30.46	1066.92	53.31	1867.10	76.15	2667.29	99.00	3467.48	53.31	1410.56
19	30.46	1097.38	53.31	1920.41	76.15	2743.44	99.00	3566.48	53.31	1463.87
20	30.46	1127.84	53.31	1973.72	76.15	2819.60	99.00	3665.48	53.31	1517.18
21	72.35	1200.18	126.61	2100.32	180.87	3000.46	235.13	3900.60	126.61	1643.78

Día	T1 Kc (0,4)	T1 Acumula do	T2 Kc (0,7)	T2 Acumulado	T3 Kc (1,0)	T3 Acumulado	T4 Kc (1,3)	T4 Acumulado	T5 Kc (0,4;0,7; 1,0;1,3)	T5 Acumulado
22	53.31	1253.49	93.29	2193.61	133.27	3133.73	173.25	4073.85	93.29	1737.07
23	33.00	1286.49	57.75	2251.36	82.50	3216.23	107.25	4181.10	57.75	1794.82
24	54.58	1341.07	95.51	2346.87	136.44	3352.67	177.38	4358.48	95.51	1890.33
25	45.69	1386.76	79.96	2426.83	114.23	3466.90	148.50	4506.98	79.96	1970.29
26	54.58	1441.34	95.51	2522.34	136.44	3603.35	177.38	4684.35	136.44	2106.73
27	54.58	1495.92	95.51	2617.85	136.44	3739.79	177.38	4861.73	136.44	2243.18
28	76.66	1572.58	134.16	2752.01	191.65	3931.44	249.15	5110.88	191.65	2434.83
29	101.54	1674.12	177.69	2929.70	253.85	4185.29	330.00	5440.88	253.85	2688.68
30	96.46	1770.58	168.81	3098.51	241.15	4426.44	313.50	5754.38	241.15	2929.83
31	97.73	1868.31	171.03	3269.54	244.33	4670.77	317.63	6072.00	244.33	3174.16
32	103.82	1972.13	181.69	3451.23	259.56	4930.33	337.43	6409.43	259.56	3433.71
33	95.19	2067.32	166.59	3617.82	237.98	5168.31	309.38	6718.80	237.98	3671.69
34	97.98	2165.31	171.47	3789.29	244.96	5413.27	318.45	7037.25	244.96	3916.66
35	96.97	2262.28	169.70	3958.98	242.42	5655.69	315.15	7352.40	242.42	4159.08
36	100.27	2362.55	175.47	4134.46	250.67	5906.37	325.88	7678.28	250.67	4409.75
37	90.62	2453.17	158.59	4293.05	226.56	6132.92	294.53	7972.80	226.56	4636.31
38	89.35	2542.52	156.37	4449.42	223.38	6356.31	290.40	8263.20	223.38	4859.69
39	94.94	2637.46	166.14	4615.56	237.35	6593.65	308.55	8571.75	237.35	5097.04
40	127.43	2764.89	223.00	4838.56	318.58	6912.23	414.15	8985.90	318.58	5415.62
41	95.19	2860.08	166.59	5005.15	237.98	7150.21	309.38	9295.28	237.98	5653.60
42	104.08	2964.16	182.13	5187.28	260.19	7410.40	338.25	9633.53	260.19	5913.79
43	76.15	3040.32	133.27	5320.55	190.38	7600.79	247.50	9881.03	190.38	6104.18
44	91.38	3131.70	159.92	5480.48	228.46	7829.25	297.00	10178.03	228.46	6332.64
45	115.75	3247.45	202.57	5683.04	289.38	8118.63	376.20	10554.23	289.38	6622.02
46	111.69	3359.15	195.46	5878.51	279.23	8397.87	363.00	10917.23	279.23	6901.25

Día	T1 Kc (0,4)	T1 Acumulado	T2 Kc (0,7)	T2 Acumulado	T3 Kc (1,0)	T3 Acumulado	T4 Kc (1,3)	T4 Acumulado	T5 Kc (0,4;0,7; 1,0;1,3)	T5 Acumulado
47	112.20	3471.35	196.35	6074.86	280.50	8678.37	364.65	11281.88	280.50	7181.75
48	109.15	3580.50	191.02	6265.88	272.88	8951.25	354.75	11636.63	354.75	7536.50
49	106.11	3686.61	185.69	6451.56	265.27	9216.52	344.85	11981.48	344.85	7881.35
50	91.38	3777.99	159.92	6611.49	228.46	9444.98	297.00	12278.48	297.00	8178.35
51	116.01	3894.00	203.01	6814.50	290.02	9735.00	377.03	12655.50	377.03	8555.38
52	112.71	4006.71	197.24	7011.74	281.77	10016.77	366.30	13021.80	366.30	8921.68
53	95.95	4102.66	167.92	7179.66	239.88	10256.65	311.85	13333.65	311.85	9233.53
54	97.98	4200.65	171.47	7351.13	244.96	10501.62	318.45	13652.10	318.45	9551.98
55	129.97	4330.62	227.45	7578.58	324.92	10826.54	422.40	14074.50	422.40	9974.38
56	127.43	4458.05	223.00	7801.58	318.58	11145.12	414.15	14488.65	414.15	10388.53
57	100.52	4558.57	175.92	7977.50	251.31	11396.42	326.70	14815.35	326.70	10715.23
58	104.84	4663.41	183.47	8160.96	262.10	11658.52	340.73	15156.08	340.73	11055.95
59	116.52	4779.92	203.90	8364.87	291.29	11949.81	378.68	15534.75	378.68	11434.63

Anexos P. Datos de evapotranspiración real entre el 23 de noviembre del 2010 al 21 de enero 2011

Evapotranspiración real (cm ³ .día ⁻¹)		
Día	Eva Real – Peso	Eva real Acumulada
1	162.96	162.96
2	158.64	321.60
3	163.68	485.28
4	162.32	647.60
5	162.48	810.08
6	166.36	976.44
7	168.00	1144.44
8	175.76	1320.20
9	155.76	1475.96
10	160.12	1636.08
11	189.68	1825.76
12	200.76	2026.52
13	222.12	2248.64
14	240.24	2488.88
15	212.16	2701.04
16	240.24	2941.28
17	341.67	3282.95
18	340.86	3623.80
19	377.81	4001.61
20	406.62	4408.23
21	394.05	4802.28
22	282.76	5085.04
23	417.00	5502.04
24	387.29	5889.33
25	331.71	6221.03
26	342.18	6563.21
27	508.82	7072.03
28	394.47	7466.50
29	374.24	7840.74
30	387.24	8227.97
31	427.12	8655.09
32	599.18	9254.27
33	342.00	9596.27

Día	Eva Real – Peso	Eva real Acumulada
34	526.24	10122.50
35	542.47	10664.97
36	566.35	11231.33
37	560.12	11791.45
38	651.13	12442.58
39	601.87	13044.45
40	546.33	13590.78
41	616.07	14206.85
42	423.67	14630.51
43	538.13	15168.65
44	438.13	15606.78
45	607.20	16213.98
46	380.87	16594.85
47	469.87	17064.71
48	408.13	17472.85
49	513.87	17986.71
50	380.60	18367.31
51	414.20	18781.51
52	470.47	19251.98
53	315.60	19567.58
54	546.33	20113.91
55	462.27	20576.18
56	524.07	21100.25
57	478.73	21578.98
58	529.30	22108.28
59	514.00	22622.28

Anexos Q. Datos de Kc promedio por etapa del cultivo, entre 23 de noviembre del 2010 al 21 de enero 2011

Día	Etapa del cultivo	Kc
1	Desarrollo y crecimiento del cultivo	0.52
2		0.54
3		0.54
4		0.50
5		0.55
6		0.55
7		0.56
8		0.56
9		0.54
10		0.57
11		0.64
12		0.52
13		0.75
14		0.74
15		0.90
16		0.84
17		0.96
18	Floración	0.98
19		1.08
20		1.19
21		1.18
22		0.97
23		1.16
24		1.09
25		1.11

Día	Etapa del cultivo	Kc
26		1.11
27		1.26
28		1.01
29		1.18
30		1.18
31		1.19
32		1.22
33		1.09
34		1.33
35		1.36
36		1.31
37		1.28
38		1.32
39		1.27
40		1.28
41		1.29
42	Inicio Fructificación	1.13
43		1.29
44		1.23
45		1.20
46		1.28
47		1.15
48		0.96
49		1.18
50		1.21
51		0.97
52		0.99
53		0.99
54		1.12
55		1.02
56		1.34
57		1.22
58		1.30
59		1.08

