



Universidad Autónoma Chapingo

**DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
POSGRADO EN HORTICULTURA**

**EVALUACIÓN DE SISTEMAS Y CRITERIOS DE
APLICACIÓN DEL RIEGO EN TOMATE DE CÁSCARA**
(*Physalis ixocarpa*, Brot.)

T E S I S

Que como Requisito Parcial
para obtener el Grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS

EN

HORTICULTURA

P R E S E N T A:

J. JESÚS MAGDALENO VILLAR

Chapingo, México, diciembre de 2001.



BIBLIOTECA CENTRAL U. A. CH

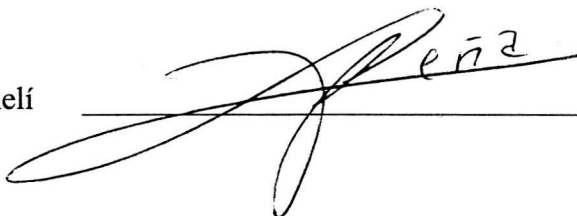
B.b. 96633

**EVALUACIÓN DE SISTEMAS Y CRITERIOS DE APLICACIÓN DEL RIEGO
EN TOMATE DE CÁSCARA (*Physalis ixocarpa* Brot.)**

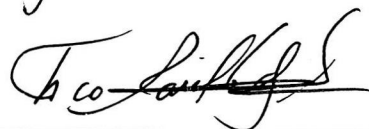
Tesis realizada por **J. Jesús Magdaleno Villar**, bajo la dirección del Consejo Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

DIRECTOR: Dr. Aureliano Peña Lomelí



ASESOR: M. C. F. Raúl Hernández Saucedo



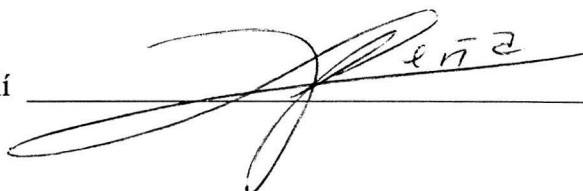
ASESOR: Dr. Jaime Sahagún Castellanos



EVALUACIÓN DE SISTEMAS Y CRITERIOS DE APLICACIÓN DEL RIEGO
EN TOMATE DE CASCARA (*Physalis ixocarpa* Brot.)

El jurado que revisó y aprobó el examen de grado de J. Jesús Magdaleno Villar, autor de la presente tesis de Maestría en Ciencias en HORTICULTURA, estuvo constituido por:

PRESIDENTE: Dr. Aureliano Peña Lomelí



ASESOR: M. C. F. Raúl Hernández Saucedo



ASESOR: Dr. Jaime Sahagún Castellanos



AGRADECIMIENTOS

Agradezco infinitamente a la Universidad Autónoma Chapingo y al Departamento de Fitotecnia el apoyo brindado y en especial a los profesores M.C. Miguel Uribe Gómez, al Dr. Gustavo Almaguer Vargas y al Dr. Clemente Villanueva Verduzco, por haberme permitido continuar con mi formación profesional.

Agradezco también a los Profesores investigadores Dr. Aureliano Peña Lomelí, M.C. Raúl Hernández Saucedo, Dr. Jaime Sahagún Castellanos y al M.C. Claudio Pérez Mercado por sus consejos y sugerencias para la realización de la presente investigación.

Un agradecimiento para el CONACYT, al Gobierno del Estado de México, al Programa de Horticultura de Fitotecnia y al Departamento de Irrigación por el valioso apoyo otorgado, sin el cual esta investigación no hubiera sido posible.

Un agradecimiento especial a todos los profesores de la Maestría en Horticultura del Departamento de Fitotecnia, porque gracias a ellos alcance una meta más en mi vida.

DEDICATORIAS

Muy en especial a mi esposa Ma. Guadalupe Duran y a mis hijos: Jesús y Fernanda, por soportar el poco tiempo que les he dedicado durante el período de mis estudios, y por ser el motor que me impulsa a seguir adelante en la vida.

A mis padres Jesús y Emelia, por el apoyo, el cariño y las enseñanzas que permitieron formarme moral y profesionalmente.

A mis hermanos: Alberto, Rafael, Elena y Xochitl, y cuñados: Rebeca, Margarita y Alberto, por la unión familiar que siempre hemos tenido.

A mis compañeros de grupo: Toño, Sweetia e Ines, y a todos mis compañeros del Postgrado en Horticultura, por su amistad.

A mis amigos del trabajo: Lalo, Pablo, Andrés, Martín, Bety, Rocío, Laura, y de siempre: Antero, Tele, Santiago, Memo, Manuel, Chelio y al resto del equipo de fútbol.

DATOS BIOGRÁFICOS DEL AUTOR

Originario de Potrereros, Mpio. de Pénjamo, Gto.

Curso su preparación media en el C.B.T.A. # 7 de La Huerta, Morelia, Mich.

Egresado de la Universidad Autónoma Chapingo en el año de 1990, obteniendo el título de Ingeniero Agrónomo especialista en Fitotecnia.

Asesor técnico del Programa Nacional de Maíz de Alta Tecnología (PRONAMAT) en el Estado de Veracruz, durante 1991.

De 1992 a 1996, Asesor Técnico del Campo Agrícola Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo (CAEUACH), responsable del área de riego.

De 1996 a 1998, Coordinador del CAEUACH.

En 1999, responsable de la Jefatura Técnica del CAEUACH.

EVALUACIÓN DE SISTEMAS E INTERVALOS DE RIEGO EN TOMATE DE CÁSCARA (*Physalis ixocarpa*, Brot.).

Magdaleno Villar, J.J.¹; Peña Lomelí, A.²; Hernández Saucedo, F.R.³; Sahagún Castellanos, J.²

RESUMEN: Esta investigación se realizó en el Campo Agrícola Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, México. Se estudiaron dos criterios de aplicación del agua en el método de riego rodado, con base en la humedad aprovechable existente en el suelo antes de aplicar el riego (45 y 30 %); y cuatro criterios de aplicación en riego por goteo, variando la cantidad de agua aplicada con base al 60, 70, 80 y 90 % de la evaporación del tanque tipo "A". El objetivo fue identificar, en su caso, el método asociado a un mayor rendimiento. El diseño experimental fue bloques completos al azar con 24 repeticiones. El mayor rendimiento se obtuvo con el método de riego rodado y el menor nivel de humedad aprovechable ($29.77 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$); en tanto que en el riego por goteo, el mayor rendimiento se obtuvo cuando se regó al menor porcentaje de evaporación ($K=60 \%$) con $23.24 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Palabras clave: métodos de riego, láminas de riego.

EVALUATION OF SYSTEMS AND IRRIGATION INTERVALS ON HUSK TOMATO (*Physalis ixocarpa*, Brot.).

SUMMARY: This investigation was done in the Experimental station of the Universidad Autonoma Chapingo, Mexico. Two irrigation criteria were studied relative to gravity irrigation based on soil moisture before irrigation (45 and 30 %). On the drip system four irrigation criteria were used changing the quantity of water applied, considering 60, 70, 80, and 90 % of the evaporation of the tank type "A". The objective was to identify the method associated to the highest yield. The experiment was made using a randomized complete block design with 24 replications. The highest yield was obtained with the gravity irrigation with the lowest level of available moisture ($29.77 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$); whereas the drip system the highest yield ($23.24 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) was obtained with the lowest evaporation percentage ($K=60 \%$).

Key words: irrigation methods, irrigation depth.

¹ Ing. Agrónomo especialista en Fitotecnia. Correo electrónico jmagdalenov@correoweb.com

² Profesor investigador del Depto. de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Méx.

³ Profesor investigador del Depto. de Irrigación de la Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Méx.

ÍNDICE GENERAL

	Página
AGRADECIMIENTOS	iv
DEDICATORIAS	v
DATOS BIOGRÁFICOS DEL AUTOR	vi
RESUMEN	vii
ÍNDICE GENERAL	viii
ÍNDICE DE CUADROS DEL CONTENIDO	xi
ÍNDICE DE CUADROS DEL ANEXO	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos	3
1.2. Hipótesis	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1. Importancia del agua en las plantas	4
2.2. Absorción de agua por las plantas	6
2.3. Factores que afectan la absorción de agua	9
2.4. Formas de control del agua	11
2.5. Métodos de riego	12

2.5.1. Riego por gravedad	13
2.5.2. Riego por goteo	14
2.6. Estudios relacionados con el control de la humedad en tomate de cáscara	16
3. MATERIALES Y MÉTODOS	
3.1. Localización	23
3.2. Material vegetal	23
3.3. Diseño Experimental y tratamientos	24
3.4. Conducción del experimento	25
3.4.1. Siembra y fase de almácigo	25
3.4.2. Establecimiento en campo	25
3.4.3. Control de la humedad del suelo	26
3.4.3.1. Método de goteo	26
3.4.3.2. Método de rodado	28
3.4.4. Fertilización	29
3.4.4.1. Fertilización en riego por goteo	29
3.4.4.2. Fertilización en riego rodado	29
3.5. Variables evaluadas	30
3.5.1. Agua aplicada durante el ciclo de cultivo	30
3.5.2. Número de frutos por planta	30
3.5.3. Peso promedio del fruto	30

3.5.4. Rendimiento por planta	31
3.5.5. Contenido nutrimental	31
3.5.6. Área foliar, peso fresco y contenido de materia seca	32
3.5.7. Análisis estadístico	32
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
4.1. Agua aplicada durante el ciclo de cultivo	33
4.2. Número de frutos por planta (NFP)	35
4.3. Peso promedio del fruto (PPF)	38
4.4. Rendimiento por planta (RP)	40
4.5. Contenido nutrimental	45
4.6. Área foliar, peso fresco y contenido de materia seca	46
5. CONCLUSIONES	49
6. RECOMENDACIONES	49
7. LITERATURA CITADA	50
8. ANEXO	55

ÍNDICE DE CUADROS DEL CONTENIDO

Cuadro 1.	Relación de tratamientos evaluados.	24
Cuadro 2.	Cuadrados medios del análisis de varianza para la variable número de frutos por planta (NFP) en el cultivo de tomate de cáscara.	36
Cuadro 3.	Diferencias reales (D.R.) y porcentuales (D.P.), en relación con el riego por goteo, del contraste entre los tratamientos de riego rodado contra los tratamientos de riego por goteo en tomate de cáscara.	37
Cuadro 4.	Comparación de medias para la variable número de frutos por planta.	38
Cuadro 5.	Cuadrados medios del análisis de varianza para la variable peso promedio de fruto (PPF) en el cultivo de tomate de cáscara.	39
Cuadro 6.	Comparación de medias para la variable peso promedio de fruto.	40
Cuadro 7.	Cuadrados medios del análisis de varianza para la variable rendimiento por planta (RP) en el cultivo de tomate de cáscara.	41
Cuadro 8.	Comparación de medias para la variable rendimiento por planta.	44
Cuadro 9.	Contenido nutrimental en tomate de cáscara a 86 días después del transplante.	46
Cuadro 10.	Área foliar, peso fresco y contenido de materia seca por planta en tomate de cáscara al finalizar la cosecha (95 días después del establecimiento).	47

ÍNDICE DE CUADROS DEL ANEXO

Cuadro 1A. Fechas y dosis de aplicación de los fertilizantes en el método de riego por goteo.	56
Cuadro 2A. Número de riegos y cantidad de agua aplicada por unidad experimental (Riego rodado).	57
Cuadro 2B. Cantidad de agua aplicada por unidad experimental en riego por goteo (mm por riego).	58
Cuadro 3A. Análisis de suelo y curva de retención de humedad.	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Agua aplicada por unidad experimental durante el ciclo de cultivo.	33
Figura 2. Eficiencia en el uso del agua por tratamiento.	35

1. INTRODUCCIÓN

El tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.), también llamado tomate verde, tomatillo o tomate de fresadilla, pertenece a la familia de las solanáceas y al género *Physalis*. Este genero comprende más de 80 especies distribuidas principalmente en América (Menzel, 1951). En México se encuentran aproximadamente 70 especies, distribuidas en 26 estados de la República, en un amplio intervalo altitudinal, entre los 8 y los 3350 msnm., en diversos tipos de clima: A, AC, BS y Cb, sobresaliendo el BS con 33 %. Las especies cultivadas del género son: *P. ixocarpa* en México y Guatemala y *P. peruviana* en los Andes, la primera como hortaliza y la segunda como fruta (Peña y Santiaguillo, 1999).

El cultivo del tomate en México ha cobrado gran importancia en los últimos años. Inicialmente se cultivaba en los estados del centro del país, actualmente es cultivado y consumido prácticamente en toda la república. Ocupa el quinto lugar en superficie cultivada con especies olerícolas; los cultivos que lo superan son: cebolla (*Allium cepa* L.), chile (*Capsicum annum* L.), jitomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) y papa (*Solanum tuberosum* L.). Al inicio de los setentas se cultivaban 9,320 ha de tomate de cáscara con rendimientos promedio de 6.77 t·ha⁻¹; para 1980 se establecieron 20,960 ha, con rendimiento promedio de 8.12 t·ha⁻¹ (Peña y Santiaguillo, 1999); mientras que para 1993, la superficie se incrementó a 34,260 ha y el rendimiento promedio fue de 10.16 t·ha⁻¹ (SARH, 1993). En 1998, la superficie cultivada fue de 41,750 ha con un

rendimiento promedio de $11.2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (SAGAR, 1998). El incremento en la superficie cultivada obedeció principalmente a dos factores: el aumento en el consumo nacional, debido a que el tomate es un buen sustituto del jitomate en la elaboración de alimentos y su uso se ha difundido ampliamente; y que a partir de la década de los ochentas se inició su exportación a Estados Unidos de Norteamérica y más recientemente a Canadá, aspecto que ha motivado su cultivo en estados que anteriormente no eran productores importantes, como Sinaloa, Sonora, Zacatecas, Chihuahua y Baja California Sur. Los estados tradicionalmente productores como Puebla, Michoacán, Morelos, Hidalgo, Jalisco y Guanajuato en fechas recientes comienzan a exportar, aunque principalmente abastecen el mercado nacional (Peña y Santiaguillo, 1999).

El cultivo del tomate puede realizarse tanto en el ciclo Primavera-Verano como en el Otoño-Invierno, tanto en riego como en temporal. En la actualidad el establecimiento en condiciones de riego es el más importante, tanto por la superficie cultivada como por el rendimiento promedio. Según la SAGAR (1998), la superficie cultivada para ese año fue de 29,266 ha bajo riego y 12,487 ha de temporal. Del total de la superficie sembrada en ese año, el 42 % se estableció en el ciclo Otoño-Invierno 97/98 y el restante 58 % en el ciclo agrícola Primavera-Verano 98/98. Los rendimientos promedio fueron de 12.82 y $9.55 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ para riego y temporal, respectivamente.

En condiciones comerciales bajo riego se estima que el rendimiento potencial de este cultivo es de al menos $40 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (Peña, 1998); aunque como se ha señalado antes, el rendimiento promedio nacional es bajo, debido, entre otras causas, a que existe poca investigación en este cultivo. Específicamente, la información existente en México

referente al manejo del tomate en condiciones de riego es mínima. No existen registros básicos de láminas e intervalos de riego óptimos para este importante cultivo; tampoco se ha identificado un método de riego más recomendable. Por lo anterior, en el presente trabajo se plantearon los objetivos e hipótesis siguientes:

1.1. Objetivos

Evaluar los métodos de riego por goteo y rodado y su influencia en el rendimiento del tomate de cáscara.

Determinar la lámina de riego más adecuada en el método por goteo y el nivel de humedad del suelo más favorable para aplicar el riego rodado.

1.2. Hipótesis

El método de riego por goteo con intervalos cortos es la mejor alternativa para obtener una mayor respuesta en la producción del tomate de cáscara, ya que la humedad del suelo se mantiene más tiempo próxima a los límites óptimos de humedad aprovechable durante el desarrollo del cultivo, y por ende la disponibilidad de nutrientes para la planta es mayor y la transpiración no se restringe.

Los altos niveles de humedad provocados por el riego, o las lluvias excesivas, restringen el desarrollo y afectan el rendimiento potencial del tomate de cáscara, además de favorecer la incidencia de plagas y enfermedades sobre el cultivo.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Importancia del agua en las plantas

El agua es uno de los principales componentes de todos los organismos vivos. En las plantas herbáceas cumple muchas funciones vitales, además de constituir el 80 % o más de su peso (Palacios, 1998; Aguilera y Martínez, 1996). Sirve como solvente para transportar muchos materiales (los nutrientes del suelo, el CO₂ del aire y las sustancias elaboradas dentro de la propia planta como sales inorgánicas, azúcares y aniones orgánicos), desde el sitio de absorción o producción al lugar de utilización. El agua es el medio por el cual todas las reacciones bioquímicas toman lugar, entre las que se incluye la fotosíntesis. El crecimiento de las células jóvenes en expansión, el funcionamiento de los estomas y la turgencia normal de las plantas dependen directamente de que el agua sea suficiente, debido a la presión que ejerce sobre el protoplasma y las paredes celulares, manteniendo la rigidez en hojas, raíces y otros órganos de la planta. Es esencial para la traslocación y flujo de nutrientes y metabolitos a través de la planta (Mengel y Kirkby, 1982; León, 1991).

En general, el ciclo del agua en las plantas comprende: su absorción en el suelo; su movimiento dentro de la planta, el cual se da en las células por diferencia de potenciales hídricos, principalmente por ósmosis y flujo de masas; y la salida a la atmósfera por

transpiración (Mengel y Kirkby, 1982). Existe también en la planta el agua fijada, fracción que contribuye tanto a la materia viva como a la no viva, que tiene una baja presión de vapor, no se congela a bajas temperaturas y no está disponible para los procesos fisiológicos de las plantas (León, 1991).

El mayor consumo de este elemento no es en la formación de tejidos, sino en el proceso de transpiración. En la mayoría de los cultivos el agua evapotranspirada durante su desarrollo representa el 95 % de la absorbida (Palacios, 1998).

Desde el punto de vista de los procesos de producción, el agua en su estado líquido es la más importante. Las precipitaciones atmosféricas son la fuente de abastecimiento de agua dulce y su frecuencia y distribución son indispensables en diversas fases del desarrollo de los cultivos. En forma de vapor, el efecto principal del agua consiste en dar humedad al aire. Un alto contenido de humedad en el aire reduce la evaporación de los suelos y la evapotranspiración de las plantas. En forma de nieve, el agua protege a la vegetación contra heladas; y, al derretirse, contribuye a recargar las reservas de agua existentes en el suelo (Aguilera y Martínez, 1996).

En general se puede asegurar que conforme las plantas sufren más déficit hídrico menores serán sus rendimientos. Si estos déficits se presentan en etapas críticas de desarrollo, como es el inicio de la floración, los abatimientos en los rendimientos son más significativos (Palacios, 1998). León (1991) señala que para la mayoría de los cultivos las etapas fenológicas críticas de requerimiento de agua son: germinación, diferenciación floral, amarre y desarrollo del fruto.

El estrés hídrico es un problema muy frecuente en la agricultura de temporal, especialmente en regiones con poca precipitación y/o alta evaporación potencial. Bajo condiciones áridas o sin disponibilidad de agua para riego, el déficit de agua es el principal factor que limita la producción (Power, 1991). Por otro lado, los excesos de humedad por medio de saturaciones del suelo o encharcamientos, provocados por las lluvias o el riego, pueden originar el deterioro de la planta por falta de aireación, además de ser más vulnerable al ataque de plagas y enfermedades, y por consiguiente a la disminución de las cosechas. Por tal motivo, no sólo es importante la cantidad de agua que reciben los cultivos, sino cómo se distribuye (Palacios, 1998).

El 42 % del territorio nacional se considera árido o semiárido, con menos de 500 mm anuales de precipitación, y en el 80 % del territorio la lluvia se concentra en cinco meses durante el verano. Por otra parte, la demanda evapotranspirativa en México es de las más altas en el mundo, 1500 mm anuales, poco más del doble de la lluvia promedio (Palacios, 1998). Por lo anterior, en un 62.8 % del país el riego es indispensable, en el 31.2 % es necesario y aún en el 6 % restante, puede ser conveniente (Orive de Alba, 1970; citado por Palacios, 1998).

2.2. Absorción de agua por las plantas

El agua puede entrar a la planta a través de las hojas, los tallos, las raíces o las estructuras reproductivas (semillas), pero la mayor parte del agua absorbida por las plantas terrestres penetra por la raíz; en particular por los pelos radicales, que tienen la

mayor parte de la superficie de absorción debido a sus características y su estrecho contacto con las partículas del suelo (Aguilera y Martínez, 1996; Devlin, 1980).

La absorción se efectúa por el fenómeno de ósmosis, la cual ocurre cuando dos soluciones con diferente potencial hídrico son separadas por una membrana semipermeable, donde se da la penetración de las moléculas del agua pero no así de los solutos disueltos en ella (Mengel y Kirkby, 1982).

El agua penetra por los pelos radicales, y en menor grado por otras células de la epidermis de la raíz, por efecto de un gradiente de déficit de presión de difusión. Mientras el déficit de presión del citoplasma de las raíces sea mayor que el de la solución del suelo, sigue entrando agua a la célula. Un aumento en la concentración de solutos en la célula o una disminución en su presión de turgencia incrementan el déficit de presión de su protoplasma celular y, a resultas de ello, aumentará la absorción de agua; lo cual corresponde a un mecanismo de absorción osmótica o pasiva (Devlin, 1980). Se le llama pasiva porque no hay un gasto de energía para que el agua penetre a las raíces. Entre los mecanismos de absorción pasiva se tiene la difusión y el flujo de masas, siendo este último el más importante, debido al mayor flujo que genera y al arrastre de las sustancias en solución, en bajas concentraciones generalmente. Desde esa corriente que se mueve por el apoplasto, el agua puede difundir hacia el interior de las células epidérmicas y corticales (Soriano y Montaldi, 1980).

El flujo continuo de agua debido a efectos de la transpiración activa provoca que los tejidos conductores del xilema se encuentren en un estado de tensión negativa. Aunque

la velocidad de transpiración es con frecuencia parecida a la velocidad de absorción y en muchas otras inclusive mayor. La fuerza de succión creada por las columnas de agua en rápido movimiento se trasmite a la raíz, y el agua es bombeada del suelo al interior de la raíz (Devlin, 1980).

Existe una teoría que explica el movimiento de grandes volúmenes de agua a través de la planta, la teoría coheso-tenso-transpiratoria. La transpiración, o sea la evaporación del agua de las superficies húmedas de las hojas expuestas a la atmósfera, es el fenómeno determinante en el movimiento ascendente de ésta en la planta, ya que es capaz de mover el agua de un sistema continuo por encima de la altura a la que la presión atmosférica es capaz de levantarla. Al evaporarse el agua de las superficies expuestas, la disminución del potencial químico de la que se halla en las paredes celulares acentúa los gradientes de presión que hacen que el agua fluya desde puntos vecinos. Del mismo modo, hacia la capa más externa de células fluiría agua desde la capa subyacente. Siempre siguiendo gradientes negativos de potencial, el agua pasará desde los elementos xilemáticos a las células vecinas. Dentro de los vasos, a través de la hoja y el tallo, el arrastre de agua por la transpiración determina un estado de tensión o presión negativa. Ahora bien, las fuerzas de cohesión entre las moléculas del agua mantienen la continuidad de la masa líquida dentro de vasos y poros, siempre que la tensión a que se vea sometida no exceda el valor de esas fuerzas de cohesión. En cuyo caso, la continuidad del agua se rompería en el interior de los vasos. La transpiración determina pues, el desarrollo de los gradientes de potencial de agua en las superficies evaporantes y la cohesión hace posible que el agua se mueva hacia esas superficies como una red continua (Soriano y Montaldi, 1980).

En la absorción activa de agua la planta gasta energía y no interviene la transpiración. Este tipo de absorción la demuestran los fenómenos de presión radical; por ejemplo, al podar la vid en primavera se da una excesiva exudación en las partes cortadas; también se demuestra en el fenómeno de gutación, donde se elimina agua en forma de gotas, en algunas especies (Rodríguez, 1992).

2.3. Factores que afectan la absorción de agua

Rodríguez (1992) y Devlin (1980) señalan que son diversos los factores que influyen sobre la absorción de agua por las raíces. Los más importantes son los factores del suelo, tales como la temperatura, la presión osmótica de la solución del suelo, la aireación y la disponibilidad de agua edáfica. Aunque las características ambientales también pueden influir en la absorción, las del suelo son más limitantes y actúan del modo siguiente:

Temperatura del suelo. Ésta tiene una gran influencia en la velocidad de absorción. Es bien conocido que las bajas temperaturas reducen la absorción de agua, debido, en primer lugar, a que el agua es más viscosa a baja temperatura, lo cual reduce su movilidad. Además, el protoplasma es menos permeable a bajas temperaturas. Sin embargo, cuando la temperatura del suelo es muy elevada (mayor de 40 °C) la absorción comienza a decaer, dependiendo de la especie.

Concentración de la solución del suelo. Debido a que el agua se absorbe por diferenciales de presión entre la solución del suelo y el protoplasma celular de las células de la raíz, se entiende que la concentración de sales en la solución del suelo es un

factor importante en la absorción de agua. Así pues, cuando la presión osmótica de la solución del suelo es mayor que la de las células de la raíz, el agua saldrá de la planta en lugar de ser absorbida por ella.

Aireación del suelo. Las raíces requieren de oxígeno para su crecimiento y metabolismo. Las condiciones de inundación inhiben el crecimiento de las raíces afectando de manera directa la absorción de agua. Con un volumen de 1.2 a 3 % de oxígeno la absorción de agua y nutrientes es óptima.

Disponibilidad de agua en el suelo. No toda el agua del suelo puede ser absorbida por la planta. A medida que el suelo próximo al sistema radicular va quedando privado de su reserva de agua, la absorción de agua por la planta se va haciendo progresivamente más difícil.

Nilsen y Orcutt (1996) mencionan que algunas características físicas del suelo afectan la cantidad y calidad de agua disponible para las plantas, dentro de éstas se encuentra la textura del suelo. Por ejemplo, en un suelo arcilloso la retención de humedad es mucho mayor que en un suelo arenoso y por consecuencia el potencial hídrico es mayor después del riego o de una precipitación pluvial. Otras características que tienen influencia en la disponibilidad de agua para las plantas son: el contenido de materia orgánica, la estratificación, la compactación, la salinidad, la actividad microbiana y la acción de organismos invertebrados sobre el suelo.

Los altos contenidos de materia orgánica incrementan la capacidad de almacenamiento de agua del suelo, debido a que ésta causa agregación en las arcillas de los suelos, incrementando el tamaño de los poros, lo que favorece la penetración de agua. Por otro lado, en suelos arenosos, la materia orgánica se adhiere a las partículas de arena, reduciendo el espacio poroso e incrementando la capacidad de retención de agua. La salinidad influye sobre el potencial osmótico y puede afectar el tamaño de los espacios porosos modificando la estructura del suelo, debido a la formación de agregados. Un suelo estratificado puede reducir la precolación de agua, favoreciendo encharcamientos superficiales, lo que propicia que las capas inferiores del suelo permanecen secas. La compactación puede reducir la precolación de agua e incrementar los escurrimientos superficiales, reduciendo la capacidad de retención de agua de un suelo. Los invertebrados del suelo (como las lombrices) pueden favorecer la porosidad del suelo por la galerías que forman al ingerir suelo y la formación de agregados por los desechos que generan (Nilsen y Orcutt, 1996).

La disponibilidad de agua para las plantas también depende de la arquitectura de su sistema radicular. Las plantas cuyo sistema radicular es muy extenso y profundo pueden explorar una mayor superficie de suelo y tienen una mayor capacidad de extracción de agua que aquellas con sistema radicular más limitado (Nilsen y Orcutt, 1996).

2.4. Formas de control del agua

La técnica más eficiente para el control del agua para las plantas es a través del riego. Éste se recomienda cuando la precipitación pluvial en determinada zona es insuficiente o

se encuentra mal distribuida en tiempo y espacio, condición que comúnmente ocurre en México, lo cual provoca que los cultivos agrícolas presentes déficits de humedad que afectan su desarrollo (Palacios, 1998). La planeación y frecuencia del riego dependen de la profundidad efectiva del suelo, su capacidad de retención y absorción de agua, y de la evapotranspiración diaria, que puede ser tan baja como 2 mm por día en los climas fríos y húmedos hasta 9 mm por día en condiciones tropicales (Ortíz y Ortiz, 1990).

Las razones por las que los rendimientos aumentan cuando los cultivos se riegan apropiadamente son varias: seguridad de un buen desarrollo de los cultivos sin déficits hídricos, puede aumentarse la densidad de población, se logra una mayor eficiencia de los nutrientes aplicados y pueden utilizarse variedades desarrolladas para esas condiciones. De acuerdo a estadísticas nacionales en las zonas de riego, la productividad media es 2.8 veces mayor que en las zonas de temporal, además de obtenerse productos de mejor calidad (Palacios, 1998).

Existen diversos métodos para determinar la necesidad de riego en los cultivos, pero los basados en la evapotranspiración son los más recomendados. En general, los métodos de riego se agrupan en dos sistemas básicos: el superficial (gravedad) y los especializados. En México los más utilizados son: riego por gravedad, aspersión y goteo (SARH, 1981).

2.5. Métodos de riego

Los métodos para aplicar el agua de riego varían con la topografía, condiciones del suelo, tipo de cultivo, prácticas culturales, la cantidad de agua disponible, además de la

disponibilidad de recursos económicos del productor. Cada método tiene sus propias limitaciones. La mayoría de los métodos de riego pueden ser adaptados a un amplio rango de condiciones reales, de hecho es posible que varios métodos sean aplicables a un mismo sitio. Sin embargo, se puede presentar el caso de que en algunos sitios sólo un método pueda ser el más recomendable. En la selección de un sistema de riego se debe considerar las preferencias de los usuarios, ya que muchas veces los usuarios potenciales de un sistema de riego pueden estar acostumbrados a un método en particular y lo continuarán utilizando aunque existan otros más recomendables y económicos (Slack, 1998).

2.5.1. Riego por gravedad

El riego por gravedad es la forma que más se utiliza para aplicar el agua en los distritos y unidades de riego en México, sobresaliendo los métodos de riego por melgas y surcos. Una melga es una franja de terreno, generalmente de forma rectangular, determinada por dos bordos longitudinales paralelos y dos bordos transversales. La melga tiene una pendiente longitudinal que coincide con la dirección del riego, y una transversal que es nula o muy pequeña (menos de 0.1 %). El surco puede considerarse como un caso particular de melga en donde el ancho es muy pequeño. El surco tiene una pendiente longitudinal, que, como el caso de la melga, coincide con la dirección del riego, y a diferencia de la melga, puede ser trazado sobre terrenos con pendientes transversales fuertes, ambos están delimitados aguas arriba por la regadera y aguas abajo por una zanja de desagüe. El agua de riego se introduce en la parte alta y por un gradiente de energía se mueve hacia abajo y se infiltra en el suelo. El objetivo del riego por gravedad

es aplicar la lámina de riego de manera uniforme a lo largo de la melga o el surco (Rendón *et. al.*, 1998). Algunas de las ventajas de este método de riego son: generalmente las láminas aplicadas son muy pesadas, por lo que los intervalos entre riegos pueden ampliarse, además de facilitar el transplante en húmedo de algunos cultivos como las hortalizas; la disponibilidad de los nutrientes para las plantas es alta, debido a que la humedad del suelo se mantiene por más tiempo; disminuye la diseminación de enfermedades foliares porque el agua no entra en contacto directo con el follaje de las plantas; es la forma más económica de regar un cultivo, ya que no requiere una infraestructura muy compleja, sólo son suficientes una fuente de abastecimiento de agua y un canal para conducirla al terreno donde se va a aplicar. Las principales desventajas de este tipo de riego en el contexto de una agricultura sustentable donde la conservación de recursos es imprescindible son: las pérdidas de agua por conducción son muy elevadas debido a la infiltración y evaporación, llegando a ser de hasta un 50 % en canales no revestidos y en suelos de textura gruesa; cuando la entrega del agua no es adecuada y el terreno no tiene una pendiente uniforme, las láminas aplicadas no son homogéneas a lo largo del terreno; en terrenos con pendientes fuertes (mayor a 4 %) no se recomienda este tipo de riego por el riesgo de provocar erosión en el suelo.

2.5.2. Riego por goteo

Es la aplicación de agua filtrada, generalmente mezclada con fertilizante soluble, a la zona radicular de la planta, conduciendo esta solución a través de tubería a presión, hasta una red de salidas espaciadas a distancias relativamente cortas y descargando el líquido

con presión prácticamente nula, manteniendo el suelo en condiciones óptimas de humedad para el buen desarrollo del cultivo (SARH, 1981). De acuerdo a Martínez (1991) reciben el nombre de riego localizado los sistemas que aplican el agua con un caudal no superior a 20 lph, por punto de emisión o metro lineal de manguera de goteo.

Un equipo de riego por goteo consiste de una fuente de abastecimiento, equipo de bombeo, filtros, inyector de fertilizante, reguladores de presión y varios dispositivos para facilitar la conducción del agua, seguidos de una red principal, una o más secundarias y varias laterales con sus emisores (Bralts, 1998).

Los emisores son dispositivos hidráulicos para aplicar el agua en los cultivos, para este tipo de riego son goteros, con gastos variables de 0.25 a 8 litros por gotero por hora, los cuales requieren cargas de presión de 4 a 12 m (Bralts, 1998).

Las características principales del riego por goteo son (Martínez, 1991; Rodríguez, 1992; SARH, 1981): no es necesario nivelar el terreno, pues al no existir corriente superficial de agua a lo largo de los surcos no hay erosión del suelo ni pérdida de agua en el extremo del surco; permite suministrar agua al cultivo en tiempo y cantidad requerida, reduciendo el estrés hídrico al mínimo; proporciona una adecuada uniformidad de aplicación a lo largo de la unidad de producción; no es afectado por corrientes de aire y muy poco por la evaporación; no hay desperdicio de agua por concepto de drenaje y escurrimiento; se puede regar mayor superficie con el mismo caudal; los nutrientes en solución se dosifican más fácilmente y son aprovechados íntegramente; ahorro de mano de obra, debido a que los sistemas son generalmente automatizados o

semiautomatizados; posibilidad de uso de aguas salinas. Adicionalmente, algunos beneficios agronómicos que se logran son: se reducen los problemas fitopatológicos por no tener excesos de humedad; facilita el control de malas hierbas en el terreno, debido a que hay partes del mismo que no se mojan; aumento en la producción y calidad de los frutos, ya que se mantiene un bajo esfuerzo de humedad en el suelo durante todo el ciclo de cultivo; riego continuo del cultivo durante un tiempo prolongado sin que esto traiga problemas de asfixia radicular; permite realizar, simultáneamente al riego, otras labores culturales, ya que al haber zonas secas no hay obstáculos para desplazarse por el terreno. En contraste, las principales limitantes son: el costo inicial de adquisición es elevado, dependiendo del cultivo, topografía y grado de automatización que se quiera del equipo; se requiere de agua de muy buena calidad, libre de impurezas y bajo contenido de sales para evitar taponamientos en los goteros; requiere de una supervisión constante de los goteros para evitar que algunas plantas mueran al no recibir agua cuando éstos se obstruyen; después de cosechado un cultivo, es necesario mover las líneas laterales para poder realizar los trabajos de preparación del suelo, a menos que se realice labranza de conservación; no es recomendable en cultivos de cobertura total.

Debido al desconocimiento del manejo, en México la fertigación, es poco utilizada y no se ha explotado adecuadamente su potencial, aunque su uso ha sido cada vez mayor.

2.6. Estudios relacionados con el control de la humedad en tomate de cáscara

Debido a la escasa información existente para este cultivo, se retomó la información de cultivos similares como el jitomate y otras solanáceas.

De acuerdo con Doorenbos y Kassam (1986) las necesidades totales de agua para el jitomate en condiciones de campo en 90 a 120 días son de 400 a 600 mm, dependiendo del clima. Además, indica que el mejor riego en este cultivo es aplicándolo frecuentemente y ligero, siendo la etapa de floración donde se tiene la mayor demanda; sin embargo, el riego excesivo en esta etapa aumenta la caída de flor y reduce la formación de fruto. También puede ocasionar un crecimiento vegetativo excesivo y un retraso en la maduración. Se deben evitar tanto los riegos en exceso como los riegos irregulares; es decir, períodos largos de sequía alternados con períodos húmedos. El nivel de agotamiento en el suelo debe ser de 40 % si se desea más de una cosecha y de 60 a 70 % para una sola cosecha.

Holder y Cockshull (1990), evaluando el efecto de altas humedades ambientales en el desarrollo y producción del jitomate, encontraron que éstas producen deficiencia de calcio en hojas y frutos, área foliar reducida, ligera disminución en la altura de planta y presencia de enfermedades fungosas, así como afección en la calidad y tamaño de frutos. No afectó el rendimiento de manera considerable. Concluyeron que la humedad adecuada sin efectos negativos económicos es a 0.3 kPa.

Bakker (1990) probó altas y bajas humedades ambientales durante el día y la noche en el cultivo del jitomate en un rango de 0.35 a 1.0 kPa en el día y de 0.21 a 0.71 kPa en la noche. Observó deficiencias de Ca y reducción del área foliar de forma más severa en condiciones constantes de alta humedad. Las cosechas tempranas fueron superiores con alta humedad en el día pero el rendimiento final se redujo, tanto en alta humedad durante

el día como durante la noche. La calidad y el peso promedio del fruto se redujo en condiciones de alta humedad, por lo que el rendimiento fue afectado.

Helyes (1990), estudiando la relación de la necesidad de riego dependiendo de la temperatura del follaje de la planta de jitomate, concluyó que si la temperatura de la superficie de la hoja sobrepasa la temperatura del aire, se da un estrés por déficit de agua y es un signo de la necesidad de regar, y si este efecto sucede durante el crecimiento vegetativo, se da una disminución en la producción.

Callebaut *et al.* (1985) evaluaron cuatro tratamientos de riego variando la cantidad de agua aplicada en dos o tres riegos semanales durante el ciclo de cultivo en jitomate, melón y pimiento. La cantidad de agua aplicada en cada tratamiento se basó en un porcentaje de la de la evapotranspiración potencial (ETP) calculada por el método de Penman. Los tratamientos evaluados fueron: 40, 57, 75 y 92 % de la EPT. Encontraron diferencias significativas en el tratamiento donde se empleo la menor cantidad de agua, afectándose el rendimiento total y peso promedio del fruto en el jitomate; el número de frutos por planta y el rendimiento total, en el pimiento; en tanto que en el melón se incrementó el porcentaje de frutos no comercializables en este tratamiento. Sugieren aplicar el riego con 47, 57 y 67 % de la ETP para melón, pimiento y tomate, respectivamente.

Wüdiri y Henderson (1985) probaron el efecto del estrés hídrico en la floración y calidad del fruto en dos variedades de jitomate sometidas a diferentes niveles de humedad en el suelo: 100, 75, 50 y 25 % de la evapotranspiración. Observaron que los efectos del estrés

al 25 % redujeron significativamente el número de flores y frutos, afectando el rendimiento; el resto de los tratamientos no difirieron, por lo que el tratamiento donde se empleo el 50 % de la demanda evaporativa fue el de mejor eficiencia en el uso del agua. El tratamiento donde se aplicó el 100 % también tuvo efectos contrarios al retrasar el inicio de la floración y reducir el número de flores y frutos por planta.

Adams (1990) estudió los efectos del agua sobre el rendimiento y la calidad del jitomate. Los tratamientos aplicados fueron con 60, 80, 100 y 120 % de los requerimientos de agua del cultivo estimados por la radiación solar. Observó que los tratamientos de 60 y 80 % no afectaron el vigor vegetativo pero redujeron el rendimiento en un 20 y 4 %, respectivamente. El sobre riego (120 %) afectó un poco el rendimiento por la deficiencia de Mn provocada. Debido a la reducción en la cantidad de agua de los frutos donde el riego fue restringido, el contenido de materia seca, azucares, ácidos y concentración de K en el material fresco incrementaron, principalmente en el tratamiento al 60 %. Sugiere que el restringir el agua al 80 % o un poco menos puede ser favorable para mejorar los componentes de calidad del fruto.

May *et al.* (1990) estudiaron el efecto del estrés hídrico sobre el rendimiento, sólidos soluble y viscosidad del jitomate. Sometieron el cultivo a estrés 60, 40 y 20 días antes de la cosecha. Los tratamientos consistieron en aplicar el riego cuando hubiese 40 y 60 % de la humedad aprovechable en el suelo. Encontraron que el rendimiento fue afectado significativamente solo cuando el estrés fue de 60 días y no hubo diferencias significativas entre los porcentajes de humedad empleados. El contenido de sólidos

solubles y viscosidad del fruto fueron mayores en el tratamiento con estrés más prolongada.

Calado *et al.* (1990) probaron el efecto del decremento en la aplicación del agua sobre el rendimiento en jitomate usando riego por goteo de alta frecuencia. Evaluaron cinco niveles de humedad: 0.4, 0.6, 0.8, 1.0 y 1.2 de la evaporación calculada basada en el método del tanque tipo "A". Las aplicaciones de los riegos fueron hechas por un computador y en total el agua empleada por cada tratamiento fue: 274.9, 412.3, 478.8, 535.8 y 639.7 mm, respectivamente. Observaron diferencias significativas en el rendimiento total de los tratamientos evaluados.

Tüzel *et al.* (1994) investigaron la respuesta en el rendimiento y desarrollo del cultivo de jitomate bajo invernadero en riego por goteo, a intervalos de uno y tres días, usando los coeficientes de humedad de: 0.6, 0.8 1.0 y 1.2 basándose en la evaporación del tanque tipo "A". Observaron que no hubo diferencias entre los intervalos usados pero si en los coeficientes, ya que cuando se aplicó la menor cantidad de agua (0.6) el rendimiento total fue más bajo, en tanto que al usar el coeficiente más alto (1.2) obtuvo el mayor rendimiento y precocidad en la cosecha. Otras variables evaluadas, como la altura y diámetro del tallo, no difirieron estadísticamente pero si hubo diferencias en el peso fresco y seco de las raíces, el cual fue aumentando conforme se usó mayor cantidad de agua en los riegos. Otras variables afectadas fueron la cantidad de sólidos solubles y materia seca de los frutos. De manera general, al aumentar la cantidad de agua en los riegos el rendimiento aumentó, pero disminuyó la cantidad de sólidos solubles y la materia seca de los frutos.

Méndez (1995) evaluó el efecto de cuatro frecuencias de riego por gravedad sobre el comportamiento del jitomate. Los intervalos fueron de 4, 8, 12 y 16 días entre riegos. La lámina a reponer en cada tratamiento se calculó de acuerdo al balance hídrico del período precedente al riego. El tratamiento que mostró mayor rendimiento fue el regado cada 8 días. Así mismo, otras variables evaluadas como número de botones, flores y frutos también mostraron la mejor respuesta en este tratamiento. Sugiere aplicar el riego cuando el agotamiento máximo permisible alcance el 58 % del total de la humedad en el perfil de 40 cm de suelo.

Montalvo (1996) probó el manejo de diferentes sustratos e intervalos de riego (sobre riego, riego diario, cada 3 y 6 días) en la producción de plántulas de tomate de cáscara con o sin cubierta (microtúnel de polietileno). Observó que las plántulas de mejor calidad fueron las que se mantuvieron con cubierta de 5:30 p.m. a 11:30 a.m. en sustrato de composta. Para el caso de los intervalos de riego no hubo diferencias significativas, sólo tendencias a ocupar los niveles más bajos en los riegos más espaciados. En la fase de campo, el mejor tratamiento, donde se obtuvo el mayor rendimiento, fue el de la parcela cubierta de 5:30 p.m. a 7:30 a.m., con suelo normal y regado cada tres días.

Moreno *et al.* (2001) probaron 4 dosis de riego en goteo en el cultivo de pimiento con base en las necesidades de riego calculadas: 100, 80, 60 y 40 % de la evaporación. Las variables evaluadas fueron índice de área foliar (IAF) y rendimiento. Observaron que el mayor IAF (4.09) se obtuvo en el tratamiento de 100 % al igual que el mayor rendimiento (35.4 t·ha⁻¹), en tanto que el peor rendimiento se logró con la menor dosis de riego (25.5 t·ha⁻¹). La calidad de fruto fue mayor en el régimen de mayor riego.

Jiménez *et al.* (2001) evaluaron la producción y crecimiento de dos cultivares de papa en tres tratamientos de riego por inundación con periodicidad semanal, bisemanal y trisemanal. Observaron que el estrés inicial no modificó significativamente la producción de tubérculos ni la eficacia en el uso del agua y sí aumentó el peso seco del tallo. La eficiencia del agua osciló entre $2.8 - 5 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, lo que indica que una frecuencia de riego bisemanal permite el mejor uso del agua. Con riegos más frecuentes se aumentó significativamente la producción de tubérculos grandes; en contraste, riegos más espaciados aumentaron significativamente el número de tubérculos pequeños. Sugieren que el volumen de agua a aportar para mejorar la eficiencia de riego debe mantenerse debajo de los 50 litros por planta.

Méndez (2000) evaluó la eficiencia en el uso del agua en goteo y gravedad en el cultivo de fresa. Encontró que hubo diferencias significativas en todas las variables evaluadas (área foliar, peso seco, número de frutos por hectárea, rendimiento total, eficiencia en el uso del agua y del fertilizante). El rendimiento total fue superior en más del 100 % en el goteo; el consumo de agua fue casi 240 % mayor en el riego por gravedad y por ende la eficiencia en el uso del agua fue 5 veces mayor en el goteo.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización

El experimento se desarrolló en la parte oriente del lote X-3 del Campo Agrícola Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, ubicada en el Municipio de Texcoco, Edo. de México, sobre una superficie de 0.42 ha. Se localiza a 19°29' latitud Norte, 98°53' longitud Oeste, a una altura de 2,250 msnm. El clima se clasifica como C(wo)(w)b(i')g; el cual es un templado subhúmedo (García, 1988).

El suelo es de textura media a ligeramente gruesa, de color oscuro, profundo (más de 140 cm), con una capacidad media de retención de humedad, de neutro a ligeramente alcalino y medianamente rico en materia orgánica. Estos suelos responden favorablemente a las aplicaciones de fertilizantes y materia orgánica, de igual forma son muy aptos para el riego (Cachón *et al.*, 1974).

Previo al establecimiento del trabajo se realizó un muestreo y análisis de suelo del sitio experimental, con el objetivo de conocer algunas de sus propiedades (Cuadro 3A).

3.2. Material vegetal

El material vegetal utilizado fue la variedad CHF1-Chapingo de tomate de cáscara, la cual es un compuesto mejorado obtenida por siete ciclos de selección en la variedad Rendidora. CHF1-Chapingo presenta características morfológicas similares a la variedad

original; la planta es de crecimiento rastrero y semierecto, de mayor precocidad que Rendidora, con frutos más uniformes en tamaño y forma (Peña, 1998).

3.3. Diseño experimental y tratamientos

El diseño experimental empleado fue bloques completos al azar con 24 repeticiones. La unidad experimental estuvo constituida por dos surcos de 10 m de longitud para los tratamientos de rodado y de un surco de 10 m de longitud para los de goteo; separados en ambos casos a 1 m, con una distancia entre plantas de 30 cm. La separación entre repeticiones fue de dos surcos, estableciéndose seis repeticiones a lo largo del surco y cuatro a lo ancho del lote experimental. Se dejaron tres surcos de orilla en cada lado y 15 m de bordo en las cabeceras de los surcos.

Los tratamientos evaluados fueron dos criterios de aplicación del riego en el método de rodado y cuatro criterios en goteo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Relación de tratamientos evaluados.

Tratamiento	Descripción
1	Método rodado. Aplicación del riego cuando la humedad aprovechable existente en el suelo era de 45 %, equivalente a 16.8 % de la humedad volumétrica del suelo.
2	Método rodado. Aplicación del riego cuando la humedad aprovechable existente en el suelo era de 30 %, equivalente a 14.7 % de la humedad volumétrica del suelo.
3	Método goteo. Riego diaria aplicando 60 % de la evaporación del tanque tipo "A".
4	Método goteo. Riego diaria aplicando 70 % de la evaporación del tanque tipo "A".
5	Método goteo. Riego diaria aplicando 80 % de la evaporación del tanque tipo "A".
6	Método goteo. Riego diaria aplicando 90 % de la evaporación del tanque tipo "A".

3.4. Conducción del experimento

3.4.1. Siembra y fase de almácigo

La siembra se realizó el 12 de febrero del 2001 sobre charolas de poliestireno de 200 cavidades. Se empleó Peet Moos como sustrato. Durante la fase de almácigo: las plantas estuvieron en un invernadero; se realizaron aclareos a los 15 y 21 días después de la siembra, dejando una sola planta por cavidad; los riegos se realizaron diariamente por la mañana empleando agua común durante las primeras tres semanas; a partir de la cuarta semana se aplicó fertilizante triple 8 cada tercer día, disuelto en el agua de riego a dosis de 1 g l^{-1} ; se aplicó captan, a dosis de 1 g l^{-1} , para evitar enfermedades fungosas.

3.4.2. Establecimiento en campo

El terreno fue preparado con barbecho cruzado, dos pasos de rastra, emparejado y surcado a un metro de separación y 30 cm de altura, aproximadamente; los surcos tuvieron una orientación norte-sur. Para los tratamientos de goteo, se colocaron mangueras sobre el lomo del surco con goteros integrados para gasto de 3.5 lph a una separación de 30 cm. Las mangueras se conectaron al sistema de riego y se fijaron con estacas de madera en el extremo final.

El transplante se llevó a cabo el 17 de marzo del 2001. Para los tratamientos de riego rodado se humedeció el terreno e inmediatamente se transplantó sobre el costado oriente del surco. En el caso del goteo se humedeció el surco una hora antes del transplante y la

colocación de la plántula se hizo en el lomo del surco. En ambos casos las plantas se colocaron a 30 cm de separación.

3.4.3. Control de la humedad del suelo

En ambos métodos de riego la cantidad de agua aplicada fue similar para todos los tratamientos durante la etapa de almacigo y la fase de establecimiento del cultivo en campo (8-10 días después del transplante).

3.4.3.1. Método de goteo

Después de la etapa de establecimiento, los tratamientos por goteo consistieron en aplicación de cuatro láminas de riego, basados en diferentes porcentajes de evaporación del tanque tipo “A” instalado en el lote experimental, de acuerdo con la metodología propuesta por Moreno (1977). Ésta parte de la siguiente ecuación:

$$Tr\ i = [K\ j\ Ev\ Aig / Q\ g] 60$$

donde:

$Tr\ i$ = Tiempo de riego (min) $i = 1, 2, 3, 4$;

$K\ j$ = Porcentaje de evaporación del tanque tipo “A” $j = 60, 70, 80, 90\ %$;

Ev = Evaporación del día anterior en el tanque evaporímetro tipo “A”;

Aig = Área de influencia del gotero (distancia de goteros x distancia de surcos) = $0.3\ m^2$;

$Q\ g$ = gasto de los goteros (lph);

60 = factor de conversión a minutos;

100 = factor de conversión de porcentaje a fracción.

Es decir, que hubo variación en los tiempos de riego en cada tratamiento y por consecuencia las láminas aplicadas fueron distintas.

En el goteo los riegos se hicieron diariamente, con excepción de los días en que no hubo evaporación debido a nublados o cuando hubo precipitación y ésta fue mayor que la evaporación. La evaporación se midió diariamente del tanque tipo “A” colocado sobre una base de madera estándar al centro de la parcela experimental. Las lecturas se realizaron días alrededor de las 14:00 horas. Estas lecturas se sustituyeron en la ecuación descrita anteriormente y se procedió a realizar el riego. Una vez iniciado el riego, se estimó el gasto promedio de los goteros cada día para poder definir el tiempo de riego para los distintos tratamientos y a la vez evitar errores de cálculo debidos a variaciones en el gasto de un día al siguiente. Estas variaciones son atribuibles al diseño del sistema de riego empleado. Éste consta de una bomba eléctrica de 10 HP, con entrada y salida de 4” (100 mm), conectada a un cárcamo de rebombeo de 900 m³ de capacidad y flujo continuo de agua. El equipo de riego consta de un sistema de filtros de arena y de malla, en batería (dos de cada uno) y un depósito para mezcla de fertilizante u otros productos agroquímicos de 1100 l, éste depósito está conectado a la succión de la bomba y regulado por una válvula de compuerta que se abre manualmente cuando es usado. El equipo de bombeo genera una presión de hasta 2 kg·cm⁻² después de pasar por los filtros. La tubería principal es de PVC hidráulico de 100 mm de diámetro y resistencia de 11 kg·cm⁻² que interconecta una superficie de 4.5 ha, así como a las redes secundarias y terciarias, de 75, 50 y 32 mm de diámetro, en las que van conectadas las laterales a 1 m de separación y 100 m de longitud. Éstas son reguladas por válvulas hidráulicas cada 50 m, que además dividen la superficie en secciones homogéneas.

3.4.3.2. Método de rodado

Los tratamientos de riego rodado consistieron en dos criterios de aplicación del riego basándose en el contenido de humedad aprovechable existente en el suelo antes de aplicar el riego. Estos tratamientos fueron al 45 y 30 % de la humedad aprovechable del suelo, que se determinó con base en la curva de retención de humedad para el tipo de suelo existente en la parcela experimental (Cuadro 3A). Los valores que reportó el laboratorio para el contenido de humedad están en unidades gravimétricas, en tanto que el aparato usado para la toma de lecturas mide el contenido de humedad en unidades volumétricas, de ahí que se tuviera que hacer la conversión de las unidades según la siguiente ecuación:

$$\theta = W Da/Dw$$

donde:

θ = humedad volumétrica del suelo (%);

W = humedad gravimétrica del suelo (%);

Da = Densidad aparente ($1.51 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$);

Dw = Densidad del agua ($1.0 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$).

Partiendo de lo anterior, el contenido de humedad del suelo al 45 y 30 % de la humedad aprovechable fue de 16.8 y 14.7 % de la humedad volumétrica, respectivamente. Para conocer este contenido de humedad se tomó la lectura con el Time Domain Reflectometry (TDR), el cual previamente fue calibrado para éste y otros tipos de suelos por Terrazas (2001). Diariamente se tomaron 8 lecturas al azar (cuatro por cada tratamiento) a la altura de la hilera de plantas; se obtuvieron los valores promedio y si

éstos alcanzaban los niveles iguales o menores a 16.8 y 14.7 % se procedía a realizar el riego correspondiente; el cual consistía en llevar los surcos a capacidad de campo al menos a dos terceras partes de su altura. Los riegos se hicieron mediante sifones de plástico de 1" de diámetro, cuyo gasto promedio fue de 0.75 lps. Durante los riegos, además de estimar el gasto, se llevó un registro del tiempo de riego por surco. Una vez realizadas las labores de cultivo las plantas quedaron ubicadas al centro del lomo del surco.

3.4.4. Fertilización

3.4.4.1. Fertilización en riego por goteo

En este caso la fertilización se realizó a través de los riegos, de acuerdo con la fórmula 251-96-96 en 7 aplicaciones a lo largo del ciclo de cultivo, con dosis variables en cada aplicación (Cuadro 1A). Los fertilizantes empleados fueron urea y triple 18 ultra soluble.

3.4.4.2. Fertilización en riego rodado

La fórmula de fertilización empleada en el riego rodado fue 250-100-100, usando como fuentes de N, P y K los productos comerciales urea, superfosfato de calcio triple y cloruro de potasio, respectivamente. Se hicieron dos aplicaciones; la primera el 24 de marzo, en la cual se aplicó la mitad del nitrógeno, todo el fósforo y todo el potasio (43.5, 34.8 y 26.7 kg respectivamente, en 1600 m²). Después de mezclar los fertilizantes, su aplicación se hizo en forma manual en banda, a 5-10 cm por debajo de la hilera de

plantas, a lo largo de los surcos; posteriormente se cubrió con tierra. La segunda aplicación se realizó el 28 de abril; en ésta se aplicó el resto de la urea en forma mateada, a 10 cm de distancia de la base del tallo de las plantas, y se cubrió con tierra.

3.5. Variables evaluadas

3.5.1. Agua aplicada durante el ciclo de cultivo

En ambos métodos se estimó el consumo de agua para cada riego con base en el tiempo de riego y el gasto promedio calculado. De igual manera se obtuvo el consumo total de agua durante el ciclo de cultivo.

3.5.2. Número de frutos por planta

En cada uno de los tres cortes se contabilizó el número de frutos cosechados por unidad experimental y se dividió entre su respectivo número de plantas. Así mismo se obtuvo el número de frutos totales, sumando el número de frutos de cada corte y dividiéndolo entre el número de plantas existentes en cada unidad experimental antes del primer corte.

3.5.3. Peso promedio del fruto

Éste se obtuvo para cada corte y para el total. En cada uno de los cortes se dividió el peso de los frutos de cada unidad experimental entre el número de frutos de la misma.

Para el total, el promedio se calculó al dividir la suma de los pesos de los tres cortes entre el número total de frutos.

3.5.4. Rendimiento por planta

Se determinó el rendimiento para cada corte y el total. Se dividió el peso de fruto por unidad experimental entre el número de plantas correspondiente.

3.5.5. Contenido nutrimental

El contenido nutrimental fue estimado una vez que se finalizó el trabajo de campo; sin embargo, las muestras fueron tomadas después del segundo corte. Para ello se colectaron 30 hojas por cada tratamiento en el 50 % de las repeticiones evaluadas. Las muestras se tomaron en tres días consecutivos entre las 7:00 y las 10:00 horas; fueron llevadas al laboratorio para lavarlas, escurrirlas y refrigerarlas. Una vez colectadas todas las muestras se colocaron en la estufa de secado durante 72 horas a 65 °C. Después de esto, las muestras se molieron y colocaron en sobres bien identificados para ser analizadas.

Los elementos minerales cuantificados fueron: nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg). Las técnicas empleadas fueron: destilación microKjeldahl para N, empleando un destilador marca Labconco; colorimetría para P, mediante el reactivo Molibdovanadato con el espectrofotómetro Spectronic 20 de Milton Roy Company; flamometría para K, por medio del Flamometer 410 de Corning y con el espectro de absorción atómica, modelo SpectrAA 220 FS marca Varian, para Ca y Mg.

3.5.6. Área foliar, peso fresco y contenido de materia seca

Por ser un método destructivo se realizó después del tercer corte, tomando dos plantas al azar de cada tratamiento en 8 de las 24 repeticiones. Las muestras se tomaron durante las primeras tres horas de la mañana. El procedimiento consistió en arrancar las plantas completas, eliminar el exceso de tierra y los frutos que quedaban en la planta, registrar su peso fresco, después defoliarlas y medir el área en el medidor de área foliar, modelo LI-310 marca Licor. No se consideraron las hojas muy jóvenes, menores a 1.5 cm de longitud. Una vez tomada el área foliar, las hojas y el resto de la planta se colocaron en bolsas de papel perforadas y se metieron a la estufa de secado durante 72 horas a 60-65 °C; después se midió el peso seco de las muestras. La evaluación de esta variable se realizó durante las dos semanas posteriores al tercer corte.

3.5.7. Análisis estadístico

Los datos fueron analizados mediante el paquete SAS para Windows v6.12, de acuerdo al diseño de bloques completos al azar, realizándose un análisis de varianza, una prueba de comparación de medias de Tukey y un contraste entre los métodos de riego.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Agua aplicada durante el ciclo de cultivo

El agua aplicada durante el ciclo de cultivo fue superior en general en los tratamientos de riego rodado con respecto a los tratamientos de goteo, aunque dos de los cuatro tratamientos de goteo superaron a uno de los tratamientos de riego rodado en el total de agua aplicada (Figura 1). Esto se explica porque las cantidades de agua empleadas en cada uno de los riegos rodados fueron mucho mayores que las usadas en el goteo, pero en este último método los riegos fueron diarios, por lo cual en los tratamientos con mayor lámina aplicada (5 y 6) el ahorro esperado de agua que debe tener el riego por goteo no se apreció en el total aplicado durante el ciclo de cultivo.

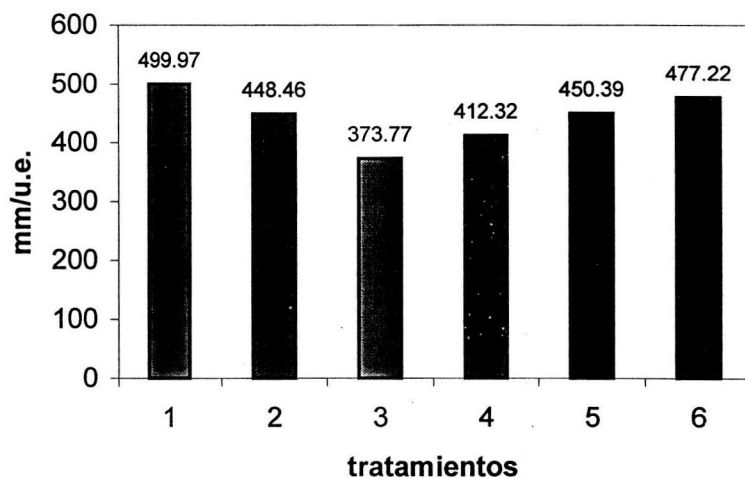


Figura 1. Agua aplicada por unidad experimental durante el ciclo de cultivo.

Comparando la cantidad de agua empleada en cada uno de los métodos de riego evaluados (Cuadro 2A y 2B), se observa para el caso del riego rodado que tanto el agua aplicada durante el ciclo de cultivo como el número de riegos fue mayor en el tratamiento 1 (con cerca de 5000 litros por unidad experimental y 21 riegos a lo largo del ciclo) en comparación con el tratamiento 2 (4500 litros aproximadamente y únicamente 15 riegos). Sin embargo, el rendimiento fue superior en este último y por consecuencia la eficiencia en el uso del agua fue también mayor. De hecho, el tratamiento 2 fue el mejor en ambos métodos en cuanto a eficiencia en el uso del agua (Figura 2).

En el caso de los tratamientos de goteo, donde se varió la lámina de riego, se encontró que a medida que se empleó una lámina de riego más pesada la tendencia en el rendimiento fue a disminuir. Así, la mayor eficiencia en el uso del agua la obtuvo el tratamiento 3, donde la lámina aplicada fue la más baja (Figura 2).

Al comparar en promedio ambos métodos de riego se observa que la mayor eficiencia se obtuvo con el riego rodado ($6.23 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$), debido a que los rendimientos totales fueron muy superiores que en el riego por goteo ($4.85 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$); sin embargo, para el tratamiento de goteo donde se aplicó la lámina más baja la eficiencia en el uso del agua fue también elevada, debido a la menor cantidad de agua empleada, aunque el rendimiento fue más bajo (Figura 2). En general, los tratamientos donde se aplicó una menor cantidad de agua, tanto en goteo como en rodado, fueron más eficientes en el uso del agua. Estos resultados son contrarios a los obtenidos por Calado *et al.* (1990) y Tüzel *et al.* (1994), quienes encontraron que a medida que se aumentó la cantidad de agua aplicada se

obtuvieron mayores rendimientos en jitomate. Sin embargo, en el cultivo de tomate de cáscara se ha observado que la humedad excesiva, tanto en el suelo como en el ambiente, favorecen el desarrollo de plagas y enfermedades, que pueden reducir significativamente el rendimiento en condiciones de campo.

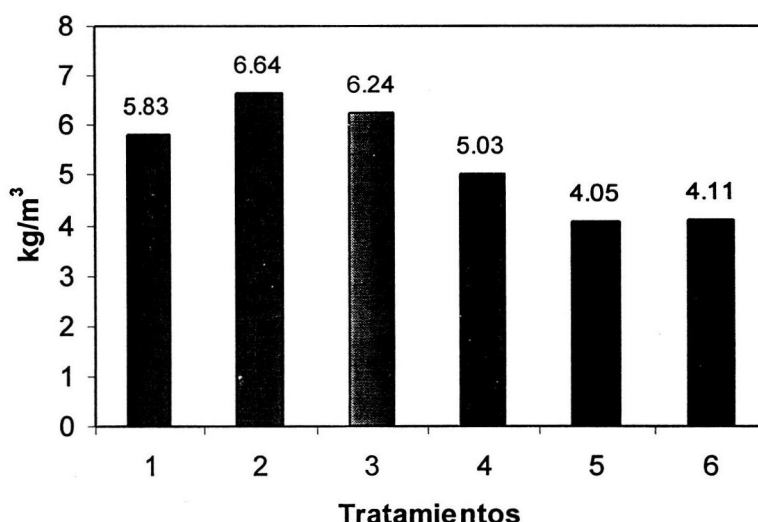


Figura 2. Eficiencia en el uso del agua por tratamiento.

4.2. Número de frutos por planta (NFP)

La variable NFP mostró diferencias significativas entre tratamientos, con excepción del primer corte (Cuadro 2); debido probablemente a que aún no se expresaban totalmente los tratamientos evaluados. En este corte, el número de frutos que habían alcanzado su madurez comercial era muy similar de un tratamiento a otro. Sin embargo, a partir del segundo corte el potencial de producción de cada planta estaba más definido e influenciado por los tratamientos.

Cuadro 2 . Cuadrados medios del análisis de varianza para la variable número de frutos por planta (NFP) en el cultivo de tomate de cáscara.

F.V.	G.L.	Cuadrados		Medios	
		NFP C ₁	NFP C ₂	NFP C ₃	NFTP
R	23	19.81 *	48.28 *	35.29 *	238.28 *
T	5	5.60	303.17 *	439.56 *	249.74 *
Ro vs G [†]	1	11.92	1433.87 *	2073.28 *	1158.52 *
E	115	3.55	9.30	19.46	11.59
Total	143				
C.V.		22.23	28.00	34.03	24.66

* significancia con $\alpha = 0.05$; C₁ = corte 1; C₂ = corte 2; C₃ = corte 3; NFTP = número de frutos totales por planta. [†] Contraste entre riego rodado (Ro) y riego por goteo (G).

Cuando se compararon los rendimientos de los tratamientos de riego rodado contra los de goteo se encontraron diferencias significativas (Cuadro 2), siendo mayor el número de frutos totales por planta en los tratamientos de riego rodado que en los de goteo en más del 50 % (Cuadro 3).

Para riego rodado no hubo diferencias significativas en los contenidos de humedad del suelo evaluados (Cuadro 4). Sin embargo, el tratamiento con el menor porcentaje de humedad (30 %) fue superior en la variable NFP que el tratamiento con mayor porcentaje de humedad aprovechable en el suelo al momento del riego (45 %). Así mismo, entre los tratamientos de goteo tampoco se aprecian diferencias significativas para la variable NFP; pero al igual que en el rodado, el tratamiento que mostró mejor

respuesta fue el de menor lámina de riego aplicada (Cuadro 4). El número de frutos por planta también se vio afectado en los tratamientos con mayor humedad, debido probablemente a que la alta humedad favorece el crecimiento en tamaño de los frutos y por consecuencia el número de éstos tiende a reducirse, como lo indican Jiménez *et al.* (2001). Estos autores observaron que al regar más frecuentemente en el cultivo de papa, se incrementó la producción de tubérculos grandes y al espaciar los riegos aumenta la producción de tubérculos pequeños.

Cuadro 3. Diferencias reales (D.R.) y porcentuales (D.P.), en relación con el riego por goteo, del contraste entre los tratamientos de riego rodado contra los tratamientos de riego por goteo en tomate de cáscara.

VARIABLE	C ₁		C ₂		C ₃		TOTAL	
	D.R.	D.P.	D.R.	D.P.	D.R.	D.P.	D.R.	D.P.
NFP	-0.61	-7.02	6.69	77.25	8.05	78.31	6.02	51.02
PPF	2.30	7.81	2.42	8.10	2.79	15.04	2.51	9.65
RP	0.32	0.13	236.04	95.41	202.10	105.60	438.45	63.43
AF	-	-	-	-	-	-	1587.77	56.48
PF	-	-	-	-	-	-	248.35	75.70
MS	-	-	-	-	-	-	37.59	61.75

C₁=corte 1; C₂=corte 2; C₃=corte 3; NFP=número de frutos por planta; PPF=peso promedio de fruto; RP=rendimiento de planta; AF=área foliar; PF=peso fresco; MS=materia seca; valores negativos implican que el riego rodado fue inferior.

Cuadro 4. Comparación de medias para la variable número de frutos por planta.

Tratamiento	Corte 1	Corte 2	Corte 3	Total
1 (rodado, 45 %)	8.10 a	15.24 a	18.17 a	17.54 a
2 (rodado, 30 %)	8.05 a	15.47 a	18.49 a	18.10 a
3 (goteo, 60 %)	8.59 a	10.08 b	11.84 b	13.34 b
4 (goteo, 70 %)	8.92 a	8.68 bc	10.41 b	11.69 b
5 (goteo, 80 %)	9.16 a	7.52 c	10.25 b	10.78 b
6 (goteo, 90 %)	8.07 a	8.38 bc	8.64 b	11.39 b
DMS	1.577	2.552	3.691	2.849

Las medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes de acuerdo con la prueba de Tukey con $\alpha = 0.05$.

4.3. Peso promedio del fruto (PPF)

Para la variable PPF se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, con excepción del segundo corte (Cuadro 5).

La diferencia entre las medias de los tratamientos de goteo contra los de rodado fue significativa (Cuadro 5). En cada uno de los cortes y en el total el peso promedio de los frutos fue superior en los tratamientos de riego rodado que en los de goteo de 7 a 15 % (Cuadro 3).

Cuadro 5. Cuadrados medios del análisis de varianza para la variable peso promedio del fruto (PPF) en el cultivo de tomate de cáscara.

F.V.	G.L.	Cuadrados Medios			
		PPF C ₁	PPF C ₂	PPF C ₃	PPTF
R	23	29.59 *	97.19	30.93 *	31.54 *
T	5	49.53 *	48.96	51.39 *	42.42 *
Ro vs G [†]	1	169.80 *	187.61	249.85 *	200.97 *
E	115	11.73	60.29	10.49	10.91
Tot	143				
C.V.		11.34	25.30	16.60	12.33

* significancia con $\alpha = 0.05$; C₁ = corte 1; C₂ = corte 2; C₃ = corte 3; PPTF = peso promedio de fruto en el total de cortes. [†] Contraste entre riego rodado (Ro) y riego por goteo (G).

No se encontraron diferencias significativas entre las medias de los tratamientos de rodado; sin embargo, al igual que en el número de frutos por planta, el tratamiento que mostró mayores promedios fue donde la humedad existente en el suelo antes del riego era más baja (30%). Por otro lado, entre los tratamientos de goteo tampoco hubo diferencias significativas para PPF, pero en general el mejor tratamiento fue donde se usó un porcentaje de evaporación del 80 % (Cuadro 6). Nuevamente los tratamientos donde se aplicó una mayor cantidad de agua no resultaron los mejores. Esto refuerza la hipótesis de que la humedad muy elevada provoca efectos negativos en el cultivo de tomate de cáscara, y coincide con lo encontrado en jitomate, donde según Bakker (1990), la alta humedad ambiental puede favorecer la precocidad en los frutos pero

afecta la calidad (en tamaño), peso promedio del fruto y el rendimiento; además, de acuerdo con Doorenbos y Kassam (1986), el riego excesivo en jitomate puede ocasionar un crecimiento vegetativo excesivo, provocar caída de flor y retrasar la formación del fruto y la maduración.

Cuadro 6. Comparación de medias para la variable peso promedio de fruto.

Tratamiento	Corte 1	Corte 2	Corte 3	Total
1 (rodado, 45 %)	31.39 ab	32.26 a	21.30 ab	28.31 a
2 (rodado, 30 %)	32.10 a	32.36 a	21.45 a	28.64 a
3 (goteo, 60 %)	30.44 abc	29.64 a	18.57 c	26.22 ab
4 (goteo, 70 %)	28.51 c	29.18 a	18.65 bc	25.45 b
5 (goteo, 80 %)	28.65 bc	31.19 a	18.92 abc	26.25 ab
6 (goteo, 90 %)	30.16 abc	29.54 a	18.17 c	25.96 ab
DMS	2.866	6.497	2.710	2.762

Las medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes de acuerdo con la prueba de Tukey con $\alpha = 0.05$.

4.4. Rendimiento por planta (RP)

En la variable rendimiento por planta hubo diferencias significativas entre los tratamientos en los tres cortes realizados y en el rendimiento total (Cuadro 7). Esto se puede deber a que en el primer corte aún no se notaban las diferencias entre los tratamientos y su efecto en el potencial del rendimiento. Lo anterior indica un comportamiento distinto para la variable rendimiento entre los métodos de riego probados, lo cual se puede corroborar en la prueba de contrastes donde se compararon los tratamientos de un método de riego contra los del otro, donde se encontró significancia en el rendimiento en los cortes 2, 3, y en el total (Cuadro 7).

Cuadro 7. Cuadrados medios del análisis de varianza para la variable rendimiento por plata (RP) en tomate de cáscara.

F.V.	G.L.	Cuadrados Medios			
		RP C ₁	RP C ₂	RP C ₃	RTP
R	23	13943.82 *	27414.05 *	316628.83 *	80815.00 *
T	5	1512.95 *	372054.11 *	269192.38 *	1281179.8 *
Ro vs G [†]	1	3.22	1782844.7 *	1306963.2 *	6151625.96 *
E	115	3098.98	6274.00	9258.32	19073.42
Total	143				
C.V.		22.04	24.29	37.19	16.49

* significancia con $\alpha = 0.05$; C₁ = corte 1; C₂ = corte 2; C₃ = corte 3; RTP= rendimiento total por planta. [†] Contraste entre riego rodado (Ro) y riego por goteo (G).

De manera general, el rendimiento total del riego rodado fue mayor en aproximadamente 60 % que el obtenido con el riego de goteo (Cuadro 3). Datos contrarios fueron encontrados por Méndez (2000) y Moreno (1977) en otros cultivos hortícolas como la fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) y la lechuga (*Lactuca sativa* L.). Estos autores encontraron que la mayor productividad se obtuvo en el goteo. Sin embargo, en el presente trabajo la respuesta del cultivo de tomate de cáscara fue mayor en el riego rodado, pudiendo deberse a lo siguiente:

a). La fertilización tuvo efectos sobre el desarrollo del cultivo en las primeras etapas. En los tratamientos de riego rodado la fertilización inicial fue de cerca del 70 % del total de

fertilizante empleado, además de que en ésta se aplicó la totalidad de fósforo y potasio, que son elementos de menor movilidad y la planta los toma mucho más lentamente que el N. La segunda fertilización se hizo a los 40 días después del transplante; es decir, que antes de completar la mitad de la fase de campo del cultivo (que fue de 95 días) ya se había aplicado la dosis completa de fertilizante. En contraste, para los tratamientos de riego por goteo a los 40 días apenas se había aplicado el 60 % de la fórmula de fertilización, lo que ocasionó que el desarrollo del cultivo fuese mucho menor, aspecto que se comenzó a notar visualmente a partir de los 30 días después del transplante. Aunque se trató de corregir la deficiencia mediante aplicaciones mayores a las que se tenían programadas (las cuales deberían ser seis cada 15 días a lo largo del ciclo, con dosis iguales por aplicación) en las fases iniciales de crecimiento del cultivo, ya no se pudo igualar los tratamientos de goteo con los de riego rodado.

b). El movimiento del suelo al realizar las labores de cultivo en el tomate de cáscara es un factor fundamental para que las plantas logren un desarrollo óptimo. Con base en las observaciones en campo, se ha notado que cuando no se le proporciona este movimiento de tierra al cultivo su desarrollo en las primeras etapas, comúnmente denominado “despegue”, se ve afectado y ni los riegos o las fertilizaciones de auxilio logran sobreponer a la planta de este tipo de estrés en el que se ve inmersa; de hecho se ha observado que lotes comerciales con riego por goteo rinden menos que lotes contiguos manejados con riego rodado¹. No se sabe a ciencia cierta si con las labores de cultivo además de favorecer la aireación, que es indispensable para que la planta pueda absorber

¹ A. Peña L. 2001. Comunicación personal. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.

agua y nutrientes, se realice otro tipo de efecto sobre la zona radicular, como puede ser una poda, y con ello estimular el crecimiento de las plantas en esta fase tan importante. En el presente trabajo, las labores de cultivo se realizaron en ambos métodos de riego; sin embargo, por la posición de las plantas sobre el surco, el movimiento de tierra fue más estrecho en los tratamientos de riego rodado y el “despegue” fue más rápido que para el caso de los tratamientos de goteo.

Al comparar los tratamientos de riego rodado por separado no se encontraron diferencias significativas. Sin embargo, de manera general el tratamiento donde el riego fue aplicado con un menor contenido de humedad en el suelo (30 %) superó al tratamiento de 45 % en el segundo y tercer corte y en el rendimiento total (Cuadro 8). Resultados similares en jitomate reportan May *et al.* (1990), quienes no encontraron diferencias significativas al aplicar el riego cuando la humedad aprovechable del suelo fue de 40 y 60 %.

Para los tratamientos de riego por goteo evaluados no se encontraron diferencias significativas en el primero y tercer cortes, pero sí en el segundo y en el rendimiento total, donde el tratamiento en el que se usó el menor porcentaje de evaporación (K = 60 %) obtuvo el mayor rendimiento por planta y fue superior estadísticamente al tratamiento 5 (K=80 %), además de obtener una media más alta que los otros tratamientos de goteo (Cuadro 8).

Cuadro 8. Comparación de medias para la variable rendimiento por planta.

Tratamiento	Corte 1	Corte 2	Corte 3	Total
1 (rodado, 45 %)	254.77 a	478.74 a	390.52 a	1124.03 a
2 (rodado, 30 %)	250.73 a	488.09 a	396.43 a	1135.25 a
3 (goteo, 60 %)	261.13 a	290.39 b	219.56 b	771.08 b
4 (goteo, 70 %)	252.19 a	249.68 bc	195.69 b	697.57 bc
5 (goteo, 80 %)	258.03 a	212.46 c	163.58 b	634.12 c
6 (goteo, 90 %)	238.32 a	236.99 bc	186.68 b	661.99 bc
DMS	46.577	66.272	80.506	115.550

Las medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes de acuerdo con la prueba de Tukey con $\alpha=0.05$.

Los resultados anteriores indican que el tomate de cáscara no soporta condiciones de humedad edáfica excesiva, debido, entre otras posibles causas, a su alta susceptibilidad al ataque de plagas y enfermedades que tienden a ocasionar problemas severos cuando las condiciones de humedad son elevadas. Al respecto, Wüdiri y Henderson (1985), al aplicar el 100 % de la demanda evaporativa en el cultivo de jitomate, observaron efectos negativos en componentes del rendimiento, ya que se redujo el número de flores y frutos por planta y se retrasó el inicio de la floración.

De acuerdo con Méndez (1995) el mejor intervalo de riego bajo el método de gravedad en jitomate fue aplicándolo cada 8 días y no cada 4 como era de suponerse, ya que no sólo obtuvo los mejores rendimientos sino que la eficiencia en el uso del agua fue mayor cuando empleó este intervalo. Esto indica también que la humedad en exceso no es

favorable en este tipo de cultivos. Además, de acuerdo con Peña y Santiaguillo (1999), aproximadamente un tercio de las especies del género *Physalis* que se desarrollan de manera natural en México se ubican en climas semiáridos, lo cual indica que no es una planta que requiera condiciones de humedad muy elevadas.

4.5. Contenido nutrimental

Para ninguno de los elementos nutrimentales analizados se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, con excepción del tratamiento 2 para fósforo que fue estadísticamente inferior que el tratamiento 5 (Cuadro 9). Tampoco se observan tendencias que indiquen si alguno de los métodos de riego tenga un contenido nutrimental superior al otro o entre los tratamientos de cada uno de los métodos por separado, por lo que no se encontró una relación clara del contenido nutrimental con el rendimiento del cultivo. Lo anterior es similar a los resultados que obtuvo Castro (1998) al evaluar el efecto de la concentración nutrimental de la solución nutritiva en el rendimiento y calidad del fruto de tomate de cáscara producido bajo invernadero, donde al realizar el análisis químico del tejido de las hojas 3, 4 y 5, tomadas a partir del ápice de la planta, no encontró una relación entre la concentración de N, P, K, Ca y Mg en el tejido foliar de la planta con el potencial de rendimiento del cultivo.

Resultados similares reportan Jiménez *et al.* (2001), quienes no encontraron diferencias significativas en el contenido nutrimental (N, P, K, Mg, Fe, Mn, Cu y Zn) en dos cultivares de papa sujetos a tres tratamientos de riego por gravedad con periodicidad semanal, bisemanal y trisemanal. Sin embargo, observaron tendencias en las que las

concentraciones de los nutrimentos varían inversamente a los litros de agua recibidos; es decir, que a mayor cantidad de agua aplicada el efecto de dilución es mayor y los contenidos de los elementos en la planta son menores. En cuanto a las frecuencias de los riegos no se observaron efectos sobre el contenido nutrimental. En el caso del presente estudio no se observan posibles efectos de dilución o concentración de los nutrimentos con relación a los tratamientos que recibieron mayor o menor cantidad de agua.

Cuadro 9. Contenido nutrimental en tomate de cáscara a 86 días después del transplante.

Tratamiento	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg(%)
1 (rodado, 45 %)	3.136 a	0.105 ab	1.750 a	1.117 a	0.422 a
2 (rodado, 30 %)	3.098 a	0.083 b	1.747 a	1.119 a	0.437 a
3 (goteo, 60 %)	3.164 a	0.095 ab	1.875 a	1.109 a	0.436 a
4 (goteo, 70 %)	3.249 a	0.100 ab	1.988 a	1.112 a	0.432 a
5 (goteo, 80 %)	3.285 a	0.120 a	1.963 a	1.116 a	0.423 a
6 (goteo, 90 %)	3.114 a	0.101 ab	1.900 a	1.113 a	0.425 a
DMS	0.633	0.035	0.358	0.020	0.017

Las medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes de acuerdo con la prueba de Tukey con $\alpha = 0.05$.

4.6. Área foliar, peso fresco y contenido de materia seca

Respecto a la variable área foliar hubo diferencias significativas entre los tratamientos (Cuadro 10), encontrándose que los valores más altos correspondieron a los tratamientos

de riego rodado, los cuales superaron a los de goteo, aunque sólo el tratamiento 3 fue significativamente inferior. Casualmente, este tratamiento fue el que recibió la menor cantidad de agua durante el ciclo de cultivo (Figura 1). Lo anterior indica que el índice de área foliar está muy relacionado con la disponibilidad de agua de las plantas; es decir, que a mayor disponibilidad de agua el área foliar tiende a incrementarse. Estos resultados concuerdan con los de Moreno *et al.* (2001), quienes observaron un índice de área foliar mayor en pimiento a medida que incrementaron la dosis de riego.

Cuadro 10. Área foliar, peso fresco y contenido de materia seca por planta en tomate de cáscara al finalizar la cosecha (95 días después del establecimiento).

Tratamiento	Área foliar (cm ²)	Peso fresco (g)	Materia seca (g)
1 (rodado, 45 %)	4,454.4 a	641.7 a	100.7 a
2 (rodado, 30 %)	4,343.7 a	511.1 ab	96.2 a
3 (goteo, 60 %)	2,286.7 b	278.4 b	45.0 a
4 (goteo, 70 %)	3,258.9 ab	392.3 ab	63.3 a
5 (goteo, 80 %)	2,872.1 ab	331.0 b	55.2 a
6 (goteo, 90 %)	2,827.4 ab	310.6 b	80.0 a
DMS	1963.2	269.4	62.7

Las medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes de acuerdo con la prueba de Tukey con $\alpha = 0.05$.

En cuanto a la variable peso fresco de planta (Cuadro 10) el comportamiento fue muy parecido al de área foliar. Nuevamente los tratamientos de riego rodado superaron a los de goteo; en particular, solo el nivel uno de rodado superó significativamente a los

niveles de riego por goteo, con excepción del tratamiento 4. De nueva cuenta, el tratamiento 3 obtuvo el menor peso fresco de planta de todos los tratamientos, lo que indica que esta variable también está muy relacionada con la disponibilidad de agua en el suelo (Cuadro 10, Figura 1). Dentro de cada método no hubo diferencias significativas entre los niveles evaluados (Cuadro 10). Pero la tendencia en ambos métodos, fue a ocupar el promedio más bajo el nivel donde se aplicó la menor cantidad de agua, lo que indica que el peso fresco también está muy relacionado la disponibilidad de agua en el suelo.

Para acumulación de materia seca por planta no se detectaron diferencias significativas entre las medias de los tratamientos evaluados (Cuadro 10); sin embargo, la tendencia observada es de que a mayor cantidad de agua aplicada en los riegos (Figura 1), en ambos métodos, el contenido de materia seca fue mayor.

Los resultados de estas tres variables permiten explicar porque los mayores rendimientos se obtuvieron en riego rodado, ya que indican la diferencia que se presentó en el crecimiento y desarrollo de las plantas al completar su ciclo productivo, el cual fue visiblemente superior en los tratamientos de rodado (Cuadro 10), notándose incluso desde los 30 días después del establecimiento del cultivo.

5. CONCLUSIONES

El método de riego rodado produjo mayor rendimiento de tomate de cáscara que el riego por goteo.

El contenido de humedad aprovechable de 30 %, existente en el suelo antes de aplicar el riego rodado, resultó más eficiente en el uso del agua y logró mayor rendimiento que el de 45 %.

La lámina de riego más adecuada para el método de goteo fue donde se empleó un porcentaje de evaporación del 60 %, tanto en su efecto sobre mayor rendimiento como mayor eficiencia del uso del agua.

Los mejores rendimientos se obtuvieron cuando se aplicaron las menores cantidades de agua en ambos métodos de riego.

6. RECOMENDACIONES

En futuros trabajos relacionados con el tema, sería conveniente evaluar niveles de humedad más bajos en riego por goteo y precisar más en la fertilización, para obtener una recomendación de fórmula, dosis y fechas de aplicación, con el objetivo de alcanzar el máximo beneficio posible usando éste método de riego. Por otro lado, sería necesario estudiar el efecto de la aireación del suelo, posiblemente mediante labores de cultivo, sobre el establecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo de tomate de cáscara.

7. LITERATURA CITADA

ADAMS, P. 1990. Effects of watering on the yield, quality and composition of tomatoes grown in bag of peat. *Journal of Horticultural Science* 65 (6): 667-674.

AGUILERA C., M.; MARTÍNEZ E., R. 1996. Relaciones Agua-Suelo-Planta-Atmósfera. Cuarta Edición. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 256 p.

BAKKER, J. C. 1990. Effects of day and night humidity on yield and fruit quality of glasshouse tomatoes (*Lycopersicum esculentum* Mill). *Journal of Horticultural Science* 65 (3): 323-331.

BRALTS, V. F. 1998. Riego por goteo. *In*: Memorias del IV Curso Internacional de Sistemas de Riego. Vol. 4. Departamento de Irrigación, UACH, Chapingo, México. pp: 1-43.

CACHÓN A., L. E.; CUANALO DE LA C., H. E.; NERY G., H. 1974. Los suelos del área de influencia de Chapingo. Colegio de Postgraduados/ E.N.A. Chapingo, México. 79 p.

CALADO, A. M.; MONZÓN, A.; CLARK, D. A.; PHENE, C. J. 1990. Monitoring and control of plant water stress in processing tomatoes. *Acta Horticulturae* 277: 129-136.

CALLEBAUT, M.; BADJI, M.; FEYEN, J. 1985. Response of some horticultural crops to irrigation in the semi-arid region of Tunisia. *Scientia Horticulturae* 26 (4): 279-291.

CASTRO B., R. 1998. Índices nutrimentales en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). Tesis de Maestría en ciencias. Instituto de Recursos Naturales. Especialidad en Edafología. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, México. 87 p.

DEVLIN, R. M. 1980. Fisiología vegetal. Ediciones Omega S.A. Barcelona, España. 517 p.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. 1986. Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Estudio FAO. Riego y Drenaje 33. Roma, Italia. 212 p.

GARCÍA, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köpen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. UNAM, México. 217 p.

HELYES, L. 1990. Relations among the water supply, foliage temperature and the yield tomato. *Acta Horticulturae* 277: 115-119.

HOLDER, R.; COCKSHULL, K. E. 1990. Effects of humidity on growth and yield of glasshouse tomatoes. *Journal of Horticultural Science* 65 (1): 31-39.

JIMÉNEZ A., M.; MARTÍNEZ R., A.; AGUILAR R., J.; OLLERO H., J. 2001. Estrés hídrico en patata. XIX Congreso Nacional de Riegos 13-15 Junio. Zaragoza, España.
[hyyp://www.telecotrans.es/andevalo/ges-agua/congreso1/a09.html](http://www.telecotrans.es/andevalo/ges-agua/congreso1/a09.html)
(consultado 2 octubre 2001).

LEÓN A., R. 1991. Nueva edafología: Regiones tropicales y áreas templadas de México. Editorial Fontamara. México, D.F. 361 p.

MARTÍNEZ E., R. 1991. Riego localizado. Diseño y evaluación. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México. 161 p.

MAY, D. M.; PETERS, D.; WOLCOTT, T.; GRIMES, D. W. 1990. Moisture stress as it effects yields, soluble solids and viscosity of tomatoes. *Acta Horticulturae* 277: 123-128.

MÉNDEZ, F. J. 1995. Efecto de cuatro frecuencias de riego sobre el comportamiento de dos variedades de tomate en un suelo aridisol. *Agronomía Tropical* 45 (4): 571-594.

MÉNDEZ I., C. 2000. Fertigación nitrogenada en el cultivo de la fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv “Camarosa” en riego por goteo. Tesis de Licenciatura. Departamento de Suelos, UACH. Chapingo, México. 70 p.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. 1982. Principles of plant nutrition. International Potash Institute. Switzerland. 635 p.

MENZEL, Y. M. 1951. The citotaxonomy and genetics of *Physalis*. Proc. Am. Phil. Soc. 195 (A): 132-183.

MONTALVO H., L. 1996. Manejo de cubiertas, sustratos e intervalos de riego en la producción de plántula de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa*, Brot.). Tesis profesional. Departamento de Fitotecnia, UACH, Chapingo, México. 127 p.

MORENO D., L. 1977. Respuesta de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) a tres dosis de fertilización nitrogenada, tres frecuencias de riego y dos láminas de riego aplicadas con riego por goteo. Tesis de Licenciatura. Departamento de Irrigación. ENA. Chapingo, México. 56 p.

MORENO V., M. M.; CABELLO C., M. J.; RIBAS E., F. MORENO V., A. 2001. Necesidades hídricas del pimiento (*Capsicum annum* L.) y respuesta del rendimiento a diferentes dosis de riego. XIX Congreso Nacional de Riegos 13-15 Junio. Zaragoza, España.

[hyyp://www.telecotrans.es/andevalo/ges-agua/congreso1/a09.html](http://www.telecotrans.es/andevalo/ges-agua/congreso1/a09.html)
(consultado 2 octubre 2001).

NILSEN, E. T.; ORCUTT, D. M. 1996. The physiology of plants under stress. Abiotic factors. John Wiley & Sons, Inc. New York, USA. 689 p.

ORTIZ V., B.; ORTIZ S., C. A. 1990. Edafología. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 372 p.

PALACIOS V., E. 1998. ¿Porqué es importante el riego?. *In*: Memorias del IV Curso Internacional de Sistemas de Riego. Vol. 1. Departamento de Irrigación, UACH, Chapingo, México. pp: 1-9.

PEÑA L., A. 1998. Parámetros genéticos, respuesta a la selección y heterosis en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa*, Brot.) Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, México. 151 p.

_____ ; SANTIAGUILLO H., J.F. 1999. Variabilidad genética del tomate de cáscara en México. Boletín Técnico N°3. Departamento de Fitotecnia, UACH, Chapingo, México. 26 p.

POWER, J. F. 1991. Role of moisture stress in plant nutrition functions. *In* Crops as enhancers of nutrient use. Baligar, V. C. and R. R. Duncan (Eds.). Academic Press. San Diego, CA. USA. pp: 453-474.

RENDÓN P., L.; FUENTES R., C.; MAGAÑA S., G. 1998. Diseño de riego por gravedad. *In*: Memorias del IV Curso Internacional de Sistemas de Riego. Departamento de Irrigación. UACH, Chapingo, México. pp: 1-17.

RODRÍGUEZ S., F. 1992. Riego por goteo. AGT Editor, S.A. México, D.F. 158 p.

SARH. 1981. Métodos avanzados de riego. Tomo I. Riego por goteo. Dirección General de Obras Hidráulicas e Ingeniería Agrícola para el Desarrollo Rural. México. 236 p.

_____. 1993. Anuario estadístico de la producción agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. Tomo I. Subsecretaría de Planeación. México. 708 p.

SAGAR. 1998. Anuario estadístico de la producción agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. Por cultivo. Dirección General de Economía Agrícola. 753 p.

SLACK, D. C. 1998. Sistemas de riego por aspersión. *In*: Memorias del IV Curso Internacional de Sistemas de Riego. Vol. 4. Departamento de Irrigación, UACH, Chapingo, México. pp: 2: 1-16.

SORIANO, A. ; MONTALDI, E. R. 1980. Relaciones hídricas. *In*: Fisiología vegetal. Sivori, E. M.; Montaldi, E. R. y O. H. Caso (Eds.). Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. pp: 319-371.

TERRAZAS O., M. L. 2001. Calibración, uso y manejo del Time Domain Reflectometry (TDR), medidor de la humedad del suelo. Tesis de Licenciatura. Departamento de Irrigación. UACH, Chapingo, México. 100 p.

TÜZEL, Y.; UL, M. A.; TÜZEL, I. H. 1994. Effects of different irrigation intervals and rates on spring season glasshouse tomato production. I. Yield and plant growth and II. Fruit quality. *Acta Horticulturae* 366: 381-396.

WÜDIRI, B. B.; HENDERSON, D. W. 1985. Effects of water stress on flowering and fruit set in processing tomatoes. *Scientia Horticulturae* 27 (3-4): 189-198.

8. ANEXO

Cuadro 1A. Fechas y dosis de aplicación de los fertilizantes en el método de riego por goteo.

Fecha de aplicación	Cantidad empleada en 2600 m ²	Dosis por hectárea
24-03-01	26 kg triple 18 13 kg urea	41-18-18
04-04-01	12.5 kg triple 18 10 kg urea	27-9-9
16-04-01	10 kg triple 18	7-7-7
28-04-01	40 kg triple 18 40 kg urea	97-28-28
10-05-01	25 kg urea	44-00-00
16-05-01	30 kg triple 18	21-21-21
25-05-01	20 kg triple 18	14-14-14
Total	138.5 kg triple 18 88 kg urea	251-96-96

Cuadro 2A. Número de riegos y cantidad de agua aplicada por unidad experimental (Riego rodado).

Tratamiento	Riego N°	Fecha	Volumen de agua aplicada (mm)
1	1	17-03-01	56.84
	2	19-03-01	23.68
	3	25-03-01	37.89
	4	28-03-01	28.42
	5	30-03-01	14.21
	6	02-04-01	14.21
	7	03-04-01	14.21
	8	06-04-01	18.95
	9	10-04-01	42.63
	10	14-04-01	23.68
	11	19-04-01	11.84
	12	24-04-01	13.26
	13	01-05-01	26.64
	14	05-05-01	18.12
	15	14-05-01	10.42
	16	18-05-01	23.68
	17	21-05-01	11.72
	18	26-05-01	29.01
	19	30-05-01	31.97
	20	04-06-01	23.92
	21	11-06-01	24.63
	total		499.97
2	1	17-03-01	56.84
	2	19-03-01	23.68
	3	25-03-01	37.89
	4	28-03-01	28.42
	5	02-04-01	14.21
	6	03-04-01	21.79
	7	11-04-01	52.11
	8	16-04-01	14.21
	9	25-04-01	16.58
	10	03-05-01	35.88
	11	15-05-01	12.43
	12	19-05-01	28.42
	13	26-05-01	31.38
	14	30-05-01	31.97
	15	05-06-01	42.63
	total		448.66

**Cuadro 2B. Cantidad de agua aplicada por unidad experimental en riego por goteo
(mm por riego).**

Trat. 3	Trat. 4	Trat. 5	Trat. 6
31.28	31.28	31.28	31.28
15.64	15.64	15.64	15.64
10.43	10.43	10.43	10.43
10.43	10.43	10.43	10.43
10.43	10.43	10.43	10.43
31.28	31.28	31.28	31.28
10.43	10.43	10.43	10.43
2.49	2.91	3.33	3.74
2.08	2.42	2.77	3.12
2.91	3.40	3.88	4.37
3.21	3.74	4.28	4.81
5.88	6.86	7.84	8.82
3.74	4.37	4.99	5.61
6.28	7.33	8.37	8.37
5.23	6.10	6.97	6.97
4.99	5.82	6.65	6.65
5.52	6.45	7.36	7.36
5.22	6.09	6.96	6.96
4.57	5.33	6.10	6.10
5.46	6.37	7.29	7.29
3.57	4.16	4.76	4.76
4.63	5.41	6.18	6.18
4.98	5.81	6.64	6.64
4.62	5.39	6.16	6.16
4.28	4.99	5.70	5.70
5.34	6.23	7.12	7.12
3.67	4.29	4.90	4.90
5.52	6.44	7.36	8.27

Cuadro 2B. Continuación...

Trat. 3	Trat. 4	Trat. 5	Trat. 6
5.34	6.23	7.13	8.02
4.39	5.12	5.86	6.59
7.84	9.15	10.45	11.76
3.21	3.74	4.28	4.81
2.84	3.32	3.79	4.27
4.50	5.22	6.00	6.75
3.39	3.95	4.51	5.08
10.40	10.40	10.40	10.40
2.62	3.05	3.49	3.93
4.92	5.74	6.56	7.38
2.73	3.18	3.64	4.09
3.62	4.23	4.83	5.44
2.91	3.39	3.88	4.39
3.18	3.91	4.38	4.71
2.67	3.12	3.56	4.01
3.89	4.47	5.06	5.64
3.74	4.37	4.99	5.61
2.97	3.47	3.96	4.46
3.50	4.09	4.67	5.26
4.35	4.99	5.35	5.85
8.48	9.26	10.05	10.84
5.01	5.01	5.01	5.01
3.36	3.93	4.49	5.05
3.09	3.60	4.12	4.63
3.74	4.37	4.99	5.61
2.38	2.77	3.17	3.56
4.55	4.55	4.55	4.55
5.88	6.86	7.84	8.82
2.97	3.47	3.96	4.45
1.37	1.59	1.82	2.19
4.40	5.13	5.86	6.59
3.54	3.54	3.54	3.54
0.92	1.85	2.77	3.70
4.75	5.54	6.34	7.13
2.97	3.47	3.96	4.45
5.52	6.44	7.36	8.28
6.03	7.03	8.04	9.04
4.34	5.06	5.78	6.50
3.33	3.88	4.44	4.99
373.77	412.32	450.39	477.22

Cuadro 3A. Análisis de suelo y curva de retención de humedad



UACH DEPARTAMENTO DE SUELOS
LABORATORIO CENTRAL UNIVERSITARIO



FECHA: 12 DE MARZO 2001
N. DE OFICIO: LCU/0049
EXPEDIENTE: III/2001

USUARIO: JESÚS MAGDALENO VILLAR
PROCEDENCIA: RANCHITO UACH, TEXCOCO, MEX.
TIPO DE MUESTRA: SUELO

Nº CONTROL	pH	M.O. %	P mg kg ⁻¹	K mg kg ⁻¹	Ca mg kg ⁻¹	Mg mg kg ⁻¹	Dap g cm ⁻³	CIC Cmol(+) Kg ⁻¹
613	6.3	1.21	49.06	222	1137	178	1.51	11.40

Nº CONTROL	Fe mg Kg ⁻¹	Cu mg Kg ⁻¹	Zn mg Kg ⁻¹	Mn mg Kg ⁻¹	B mg kg ⁻¹
613	9.71	0.34	0.84	4.38	0.81

Nº CONTROL	ARENA %	LIMO %	ARCILLA %	CLASIFICACION TEXTURAL
613	65.64	20.72	13.64	FRANCO-ARENOSO

Nº	CURVA DE RETENCION DE HUMEDAD %								
CONTROL	0.3	0.5	1	3	5	7	10	13	15
613	16.23	12.16	10.41	8.73	8.11	7.74	7.37	7.11	6.98

METODOLOGÍA:

pH: POTENCIOMETRICO RELACION SUELO-AGUA 1:2
MO: WALKLEY AND BLACK
P: BRAY P-1
K: EXTRAIDO EN ACETATO DE AMONIO 1.0N PH7.0 RELACION 1:20 Y DETERMINADO POR ESPECTROFOTOMETRIA DE EMISIÓN DE FLAMA
Ca,Mg: EXTRAIDO EN ACETATO DE AMONIO 1.0 PH7.0 RELACION 1:20 Y DETERMINADO POR ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORCIÓN ATOMICA.
Dap: METODO DE LA PARAFINA
CIC: ACETATO DE AMONIO 1.0N pH7.0N CENTRIFUGACION
Fe,Cu,Zn,Mn: EXTRAIDO CON DTPA RELACION 1:4 Y DETERMINADO POR ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORCIÓN ATOMICA.
B: ESPECTROFOTOMETRIA DE AZOMETINA-H EN EL EXTRACTO DE LA PASTA
TEX: HIDROMETRO DE BOUYOUCOS
CRH: MEMBRANA Y OLLA DE PRESION

IDENTIFICACIÓN:

613: MUESTRA COMPUESTA LOTE X-3

A T E N T A M E N T E

Francisco Rodríguez N.

ING. FRANCISCO RODRÍGUEZ NEAVE
JEFE DEL LABORATORIO CENTRAL UNIVERSITARIO