



"Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible"

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Trabajo de Graduación

Evaluación de tres láminas de riego y tres distancias de siembra en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) Cv. Butero, UNA, Managua, 2015

AUTORES

Br. Eliar Joaquín Rizo Úbeda
Br. Jovany Alberto Meza González

ASESORES

Ing. MSc. Henry Alberto Duarte Canales
Ing. MSc. Álvaro Benavides González
Ing. MSc. Juan Carlos Morán Centeno

Managua, Nicaragua
Abril, 2017



"Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible"

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Trabajo de Graduación

Evaluación de tres láminas de riego y tres distancias de siembra en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) Cv. Butero, UNA, Managua, 2015

AUTORES

Br. Eliar Joaquín Rizo Úbeda
Br. Jovany Alberto Meza González

Presentado a la consideración del
Honorable Tribunal Examinador como requisito final
Para optar al grado de Ingeniero Agrícola Para el Desarrollo
Sostenible

Managua, Nicaragua
Abril, 2017

ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA	<i>i</i>
AGRADECIMIENTO	<i>iii</i>
ÍNDICE DE CUADROS	<i>iv</i>
ÍNDICE DE FIGURAS	<i>v</i>
ÍNDICE DE ANEXOS	<i>vi</i>
RESUMEN	<i>vii</i>
ABSTRACT	<i>viii</i>
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo general	3
2.2. Objetivos específicos	3
III. MATERIALES Y MÉTODOS	4
3.1. Ubicación del área de estudio	4
3.2. Suelo	4
3.3. Clima	5
3.4. Diseño metodológico	6
3.5. Descripción de los tratamientos	6
3.6. Manejo agronómica del experimento	7
3.6.1. Establecimiento del semillero	7
3.6.2. Preparación del área de siembra	7
3.6.3. Trasplante de las plántula en bolsas	8
3.6.4. Siembra	8
3.6.5. Manejo fitosanitario	8
3.6.6. Fertilización	8
3.6.7. Riego	8
3.7. Parámetros y Variables evaluadas	9
3.7.1. Parámetros hidro-físicos de suelo	9
3.7.2. Parámetros físicos de suelo	10
3.7.3. Parámetros de riego	11
3.7.4. Variables de crecimiento	14
3.7.5. Variables de fruto	14
3.7.6. Rendimiento	15
3.8. Análisis de la información	15
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
4.1. Parámetro hidro-físicos del suelo	17
4.1.1. Infiltración de agua en el suelo	17
4.1.2. Capacidad de campo	18
4.2. Parámetros físicos del suelo	18
4.2.1. Densidad real (Dr) y Densidad aparente (Da)	18
4.2.2. Porosidad del suelo (p)	19
4.3. Parámetros de riego	19

4.3.1.	Volumen total de agua aplicada	19
4.3.2.	Coefficiente de uniformidad	19
4.3.3.	Tiempos de riego	19
4.3.4.	Coefficiente de cultivo (Kc)	20
4.3.5.	Coefficiente de rendimiento del cultivo (Ky)	21
4.4.	Variables de crecimiento	22
4.4.1.	Altura de planta	22
4.4.2.	Diámetro del tallo de la planta	22
4.5.	Variables del fruto	24
4.5.1.	Número de racimos por planta	24
4.5.2.	Número de tomates por racimos	24
4.5.3.	Número de tomates por planta	25
4.5.4.	Volumen del fruto	26
4.5.5.	Diámetro polar	25
4.5.6.	Diámetro ecuatorial	26
4.5.7.	Grados brix	27
4.5.8.	Pesos promedios del fruto	27
4.6.	Rendimientos por cosechas y rendimiento total (kg ha⁻¹)	29
V.	CONCLUSIONES	32
VI.	RECOMENDACIONES	33
VII.	LITERATURA CITADA	34
VIII.	ANEXOS	38

DEDICATORIA

A:

Dios señor y dador de vida, quien nos da la fuerza, voluntad, salud, inteligencia, para finalizar nuestra etapa profesional universidad por medio de este trabajo de investigación.

A mis padres. Joaquín Rizo Reyes y Juana Úbeda Castillo por sus cuidados y apoyo incondicional durante toda mi vida y especialmente en la universidad.

A mis hermanos que siempre me apoyaron y aconsejaron para superarme especialmente a Carmencita, Rosita, Francisco y Ramón, que son pilares y ejemplos en mi vida.

A mis amistades que han estado presente durante esta investigación y los que colaboraron en ella en especial al profesor Henry Duarte, futuros ingenieros Marció Fonseca y Jovany Meza.

Br. Eliar Joaquín Rizo Úbeda

.

DEDICATORIA

A:

Dios nuestro señor por brindarme la salud, permitirme seguir avanzando cada vez más en mis estudios y poder culminar con éxito esta nueva fase de mi vida como persona, pero sobre todo como profesional.

Mi abuelita Tomasa Ruiz Matamoros por su amor, su apoyo desde el inicio de mis estudios, pero sobre todo por inculcar valores de respeto, honestidad, comprensión y mucha humildad.

Mi hermano Erling Arnaldo Ramírez González que cada esfuerzo en su vida la comparte sin condiciones algunas, ya que a pesar de todo lo que hemos vivido ha sido capaz de brindarme su apoyo incondicional.

Especialmente a mis padres Juan Alberto Meza Ruiz y María Auxiliadora González Urbina, a mis Herman@s al ser parte de mi linda familia, por su apoyo incondicional en la realización y cumplimiento de cada una de mis metas.

Br. Jovany Alberto Meza Gonzales

AGRADECIMIENTO

A:

Dios por darnos la inteligencia, salud y sabiduría para poder realizar y culminar nuestros estudios.

A nuestros padres por su apoyo, confianza, paciencia y amor que nos han dado en todo este tiempo.

A nuestros hermanos y amigos que siempre estuvieron atentos a nuestro avance y de alguna manera nos colaboraron.

A nuestros asesores y amigos Henry Duarte Canales, Álvaro Benavides González y Juan Carlos Morán Centeno, por su valioso apoyo en el desarrollo de este trabajo.

A toda la comunidad universitaria por brindarnos la oportunidad de realizar nuestro estudio y siempre nos trató bien durante ese proceso y muy especial a la comunidad de docentes.

Br. Eliar Joaquín Rizo Úbeda

Br. Jovany Alberto Meza Gonzales

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
1. Análisis físico-químico del suelo.	5
2. Niveles y factores evaluados en el tomate Cv. Butero, UNA, Managua, 2015.	7
3. Volumen total de agua aplicada para cada una de las láminas de riego evaluadas en el tomate Cv. Butero a los 120 días en el campo, UNA, Managua, 2015.	19
4. Tiempos de riego para cada una de las láminas de riego evaluadas en el tomate Cv. Butero, Managua, 2015.	19
5. Separación de medias según LSD ($\alpha = 0.05$) en las variables de crecimiento (diámetro y altura de la planta en cm) UNA, Managua, 2015.	23
6. Significación estadística para variables diámetro y altura en los factores estudiados, UNA, Managua, 2015.	23
7. Separación de medias según LSD ($\alpha = 0.05$) para las variables de fruto (número de racimos por planta y número de tomates por racimo). UNA, Managua, 2015.	24
8. Separación de medias según LSD ($\alpha = 0.05$), para variables de fruto (número de tomates por planta y volumen del fruto), en sus tres cosechas, UNA, Managua, 2015.	25
9. Separación de medias según LSD ($\alpha = 0.05$) en las variables de fruto (Diámetro Polar y ecuatorial de fruto), en sus cuatro cosechas, UNA, Managua, 2015.	27
10. Separación de medias según LSD ($\alpha = 0.05$) en las variables de fruto (Pesos promedios del fruto y grados Brix). UNA, Managua, 2015.	28
11. Significación estadística en los factores estudiados de las variables de fruto, UNA, Managua, 2015.	29
12. Separación de medias según LSD ($\alpha = 0.05$) en las variables de rendimientos y Rendimientos totales, UNA, Managua, 2015.	30
13. Significación estadística de las variables de rendimientos en los factores estudiados, UNA, Managua, 2015.	31
14. Comportamiento de las interacciones en los factores estudiados, UNA, Managua, 2015.	31

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
1.	Ubicación del área experimental UNA, Managua 2017.	4
2.	Condiciones climáticas en el área de estudio. Estación meteorológica Aeropuerto Internacional Augusto César Sandino (INETER, 2015).	5
3.	Velocidad de infiltración e infiltración acumulada del suelo. Universidad Nacional Agraria, Managua 2015.	17
4.	Coefficiente de cultivo del tomate Cv. Butero en sus diferentes etapas del ciclo productivo, 2015.	20
5.	Coefficiente de rendimiento (Ky) obtenidos en la parcela experimental UNA, 2015	21

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO		PÁGINA
1.	Instalacion y prueba de riego, UNA, Managua 2015.	39
2.	Aplicación de productos de control sanitario, UNA, Managua 2015.	39
3.	Pueba de infiltración, UNA, Managua 2015.	39
4.	Tutorado en el crecimiento y desarrollo del cultivo, UNA, Managua, 2015	40
5.	Toma de datos del fruto, UNA, Managua 2015.	40
6.	Datos de campo de prueba de velocidad de infiltración.	41
7.	Cálculos para la obtención del modelo de velocidad de infiltración	42
8.	Cálculos de velocidad de infiltración e infiltración acumulada	43
9.	Cálculo de la velocidad de infiltración usando el método de Kostiakov.	45
10.	Calculo de los tiempos de riego para cada una de las láminas de riego	45
11.	Prueba de campo de uniformidad de aplicación de riego	46
12.	Cálculos del Coeficiente de rendimiento del cultivo “Ky” para cada tratamiento.	46

RESUMEN

Nicaragua se caracteriza por su actividad agropecuaria y se enfrenta a los efectos de las fluctuaciones climáticas provocando grandes pérdidas en la producción. El riego es una herramienta necesaria para adaptarse a esta problemática, considerando la situación se decidió estudiar el efecto de tres láminas de riego y tres distancia de siembra en el cultivo de tomate cultivar Butero sobre el crecimiento y rendimiento. El ensayo fue establecido en el área experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria, Managua, en el periodo mayo-agosto del 2015. Fue utilizado un Diseño de bloques completos al azar arreglo en franjas y tres repeticiones con láminas de riego de 1.0, 1.25, 1.5 l planta día⁻¹ al inicio. Las distancias de siembra fueron 0.6, 0.7 y 0.8 m entre plantas y 0.8 m entre surco. Las variables fueron sujetas a un análisis de varianza (ANDEVA) y agrupaciones mediante LSD ($\alpha=0.05$). Las variables evaluadas fueron afectadas por los factores estudiados. La lámina de 1.2 l planta día⁻¹ y distancia 0.6*0.8 m mostraron los mejores resultados. Los rendimientos totales obtenidos para la mejor lámina de riego fue de 8 726.6 kg ha y 8 666.4 kg ha⁻¹ en la distancia de siembra, posteriormente la interacción se mostró mejor en la lámina media y en la distancia menor (a2*b3) con un rendimiento de 10 890.93 kg ha⁻¹.

Palabras claves: *Cultivar, Butero, Diseño en Franjas, LSD, ANDEVA.*

ABSTRACT

Nicaragua is characterized by its agricultural activity and faces the effects of climate fluctuations causing great losses in production. Irrigation is a necessary tool to adapt to this problem, considering the situation it was decided to study the effect of three irrigation sheets and three sowing distance in the tomato crop cultivar Butero on growth and yield. The trial was established in the experimental area of the Agronomy Faculty of the National Agrarian University, Managua, in the period May-August 2015. A complete block design was randomly arranged in strips and three replicates with irrigation sheets of 1.0, 1.25, 1.5 l plant day⁻¹ at the beginning. Seed distances were 0.6, 0.7 and 0.8 m between plants and 0.8 m between furrows. The variables were subjected to an analysis of variance (ANDEVA) and clusters using LSD ($\alpha = 0.05$). The variables evaluated were affected by the factors studied. The leaf of 1.2 l plant for days and distance 0.6 * 0.8 m showed the best results. The total yields obtained for the best irrigation film were 8 726.6 kg ha⁻¹ and 8 666.4 kg ha⁻¹ in the sowing distance, after which the interaction was shown to be better in the medium lamina and in the lower distance (a2 * b3) with a yield Of 10 890.93 kg ha⁻¹.

Key words: *Cultivar, Butero, Fringed, LSD, ANDEVA*

I. INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum* L) es originario del sur de América, específicamente de la región andina (Perú, Bolivia y Ecuador), aunque su centro de domesticación fue el sur de México y el norte de Guatemala donde existe la mayor diversidad genética de la planta (INTA, 2004). Pertenece a la familia de las solanáceas, con otras especies de hortalizas como la papa (*Solanum tuberosum*), berenjena (*Solanum melongena*) y chile (*Capsicum annuum*). Biológicamente es una planta semi perenne, apta para vivir y producir frutos durante varios años, se cultiva anual por razones económicas y comerciales (INTA, 2004).

En Nicaragua, se inició su cultivo en 1940 en el municipio de Tisma, Masaya (Rayo, 2001). Los principales municipios que producen tomate en Nicaragua son: Jinotega, La Concordia, Estelí, La Trinidad, Pueblo Nuevo, Condega, Sébaco, Darío, Terrabona, San Isidro, Ticuantepe, El Crucero, San Rafael del Sur, Jalapa, El Jícaro, Quilali, Tisma y Masatepe; reportándose el establecimiento de 1 775.12 ha⁻¹, de estas 430.78 ha⁻¹ en el departamento de Jinotega, 370.34 ha⁻¹ en Matagalpa, 356.99 ha⁻¹ en Estelí, Managua 260.72 ha⁻¹, Nueva Segovia 197.47 ha⁻¹ y Masaya 158.82 ha⁻¹. MAGFOR, (2012b); citado por Gómez y Herrera (2014).

Tomando en cuenta la importancia de este rubro y los constantes cambios en el régimen de lluvia, se han desarrollado tecnologías que permiten hacer uso eficiente del agua, como es el riego por goteo, este es un método de irrigación que permite un óptimo aprovechamiento del agua y fertilizantes, tanto orgánicos como químicos. El agua aplicada se infiltra hacia las raíces de las plantas regando directamente la zona de influencia del sistema radicular a través de un sistema de tuberías y emisores Duarte y Ruiz (2010).

De acuerdo al INTA (2004), un factor de gran importancia a considerar es la distancia de siembra para el establecimiento de este rubro en el campo, tomando en cuenta la demanda de luz, agua y humedad relativa; de esta manera prevenimos enfermedades de origen fúngico. Con el presente trabajo de investigación se espera disponer de más información sobre la producción del cultivo de tomate, el efecto que pueden ejercer las láminas de riego utilizadas y las distancias de siembra más recomendables, en el crecimiento y rendimiento.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

- Evaluar el efecto de tres láminas de riego y tres distancia de siembra en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L), Cv Butero en condiciones campo abierto del área experimental de la Facultad de Agronomía, UNA, Managua, 2015.

2.2. Objetivos Específicos

- Analizar el efecto de las tres láminas de riego por goteo en el crecimiento y rendimiento del cultivo de tomate.
- Comparar el efecto de tres distancias de siembra sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de tomate.
- Determinar la interacción lámina de agua aplicada y distancia de siembra en el comportamiento del cultivo de tomate y su rendimiento.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del ensayo

El ensayo fue establecido en el área experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria, Managua, ubicada en el kilómetro 12 ½ carretera norte, con coordenadas geográficas, 12° 08' 36'' latitud Norte y 86° 9' 49'' longitud Oeste a una altura de 56 msnm. El suelo presenta un pH entre 7.5 a 8.5, con pendiente entre 0 y 2 % Martínez y Meza (2011). El estudio se realizó en la época de lluvia (mayo-agosto) del año 2015.

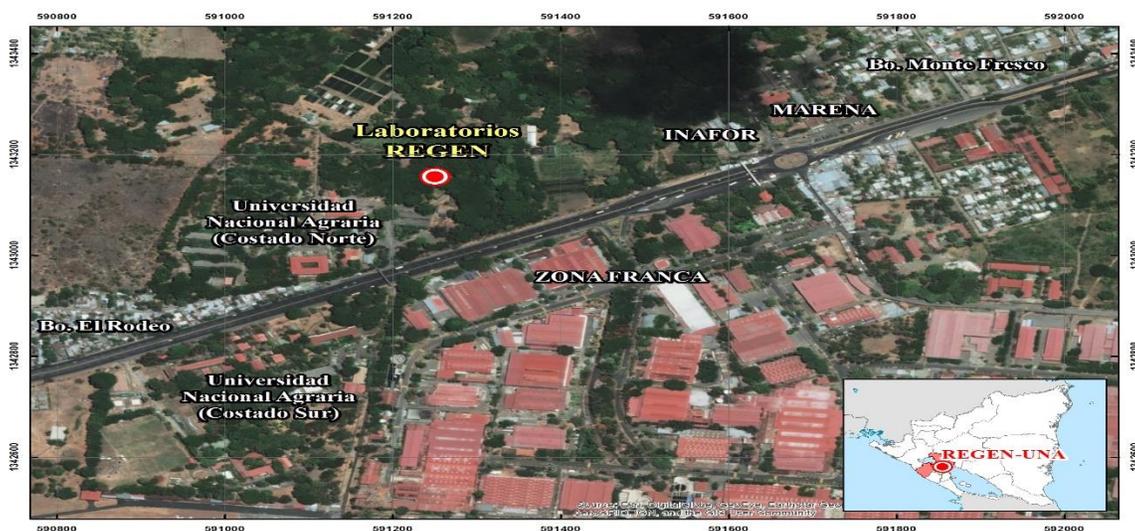


Figura 1. Ubicación del área experimental (Castellón, 2017)

3.2. Suelo

El suelo pertenece a la serie La Calera, que son suelos pobremente drenados, negros, superficiales, calcáreos que contienen sales y son altos en sodio intercambiable. Se han derivado de sedimentos lacustres y aluviales (Salmerón y García *et al.*, 1994). Se encuentran en las planicies bajas y planas, que se extienden al sur del Lago de Managua hasta la Estación Experimental La Calera. Limitan con los suelos Sábana Grande, Cofradías, Mercedes y Zambrano (Catastro e Inventario de Recursos Naturales, 1971). El clima dominante es Sabana Tropical según la clasificación de Koppen (1938).

Los resultados del Análisis químico de suelo se presentan en el cuadro 1. De acuerdo con el análisis de suelo realizado en el Laboratorio de Suelos y Aguas (LABSA, 2015) a una profundidad de 25 cm presenta un pH alcalino (8.03), materia orgánica media, nitrógeno medio, fósforo y potasio alto y una textura franco Arenoso (Arcilla 11.2 %, Limo 28 % y Arena 60.8 %). Se muestran los rangos óptimos de las propiedades físico-químicas según la metodología adaptada de Quintana (1983) quien facilita la interpretación agronómica de los análisis de suelos alcalinos, con comportamiento similar a la serie “La Calera”.

Cuadro 1. Análisis físico-químico del suelo (LABSA, 2015)

Prof	pH	%			Ppm			Meq/100g suelo			Ppm		Partículas en %		
Cm	H ₂ O	MO	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Mn	Arc	lim	Are		
25	8.03	2.6	0.13	22.8	4.68	25.01	11.02	0.98	1.12	28.48	11.2	28	60.8		

*Loc= Localidad; Prof= Profundidad; MO= Materia Orgánica; N= Nitrógeno; P= fósforo, K= potasio, Ca= Calcio, Mg= magnesio, Fe= hierro, Zn= zinc, Mn=manganeso, Ar= arcilla, Lim= limo, Are= arena. Partes por millón (ppm).

3.3. Clima

La zona se caracteriza por su clima Tropical de Sabana, tiene una prolongada estación seca y temperaturas altas todo el año, en un rango de los 27 a 40 °C. La precipitación anual promedio para Managua es de 1 100 a 1 600 mm, Humedad Relativa de 75 % y vientos de 12 km hora⁻¹ Martínez y Meza (2011). En la figura 2, se representan los valores promedios de precipitación (mm), temperaturas máximas y mínimas en °C (Temp Max y Min).

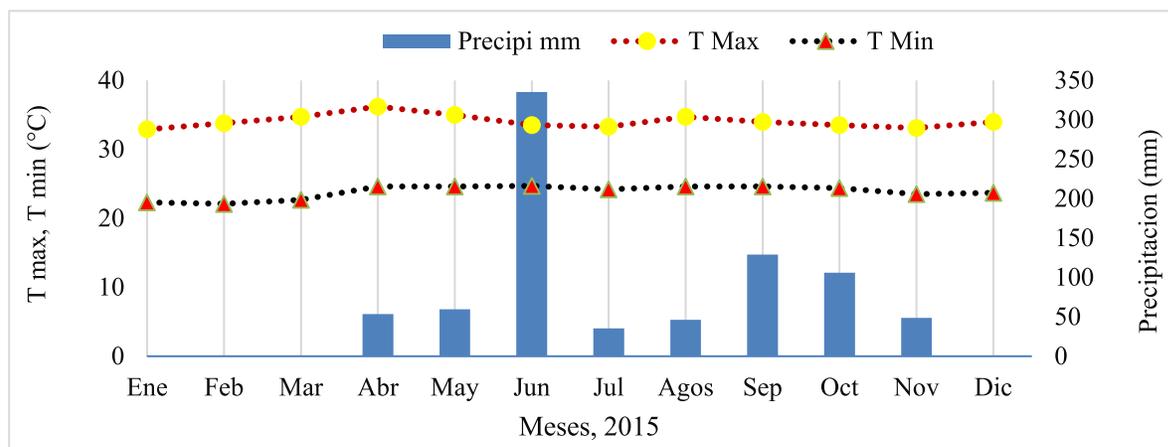


Figura 2. Condiciones climáticas en el área de estudio. Estación meteorológica Aeropuerto Internacional Augusto César Sandino (INETER, 2015).

3.4. Diseño metodológico

Se empleó un Diseño de Bloques Completos al Azar arreglo en Franjas con tres repeticiones y dimensiones de 15 metros (m) de largo por 12 m de ancho, en un área total de 180 m² en el experimento. Este se dividió en tres franjas cada 4 m de su ancho y 15 m de largo, para un área de 60 m² cada franja conformada por 5 surcos divididos en tres distancias de siembra entre plantas, cada parcela pequeña consta de un área de 20 m²; la parcela útil se conformó por las tres camas centrales.

Los factores evaluados fueron Factor A (Láminas de riego) y Factor B (Distancias de siembra), cada uno con tres niveles. Para la distribución de los tratamientos del factor A: a cada franja se le aplicó una lámina diferente de (1.00 l planta día⁻¹, 1.25 l planta día⁻¹ y 1.50 l planta día⁻¹). La distribución del factor B: se manejaron tres distancias de siembra entre plantas (0.6 m, 0.7 m y 0.8 m); por 0.8 m entre surco para todo el estudio.

3.5. Descripción de los tratamientos

Las láminas son elegidas tomando en cuenta diversos parámetros como: necesidades hídricas del cultivo y condiciones físicas e hidro-físicas del suelo. Para las distancias de siembra se retomó elegir tres distancias de siembra recomendadas por el INTA para esta variedad, y las características de la zona.

Las tres diferentes láminas de agua usadas de acuerdo a la etapa fenológica y requerimientos hídricos del cultivo se decidió duplicarlas en la etapa de floración, formación y desarrollo de frutos siendo el periodo que la planta necesita más agua.

Cuadro 2. Niveles y factores evaluados en el cultivo de tomate Cv. Butero, UNA, Managua, 2015

Factor A				Factor B	
Niveles 1 pta día ⁻¹	Etapa 1 < 30 ddt	Etapa 2 30 a 90 ddt	Etapa 3 > 90 ddt	Niveles m pta ⁻¹	Distancias de siembra
a ₁	1.00	2.00	1.00	b ₁	0.8*0.8
a ₂	1.25	2.50	1.25	b ₂	0.7*0.8
a ₃	1.50	3.00	1.50	b ₃	0.6*0.8

Para garantizar la aplicación de riego por cada tratamiento, se aforó el sistema de riego, seleccionando tres emisores de cada franja y en especial los ubicados en puntos críticos, calculando el gasto que surge de cada gotero. Al realizar el procedimiento fue usado un recipiente para depositar el agua del emisor en un periodo de tiempo de 60 minutos, luego se midió en un beaker la cantidad suministrada por cada emisor y determinamos los cálculos de tiempos de riego.

3.6. Manejo agronómico del experimento

3.6.1. Establecimiento del semillero

El día 15 de abril del 2015, se estableció el semillero contiguo a las parcelas experimentales en bandejas de polietileno de 108 orificios; con sustrato (100% compost), protegiéndolas durante los primeros 20 días en un micro túnel, hasta que las plantas alcanzaron los 10 cm de altura, se trasplantaron en bolsas plásticas, permitiendo un mejor desarrollo del sistema radical.

3.6.2. Preparación del área de siembra

La preparación del área de siembra se llevó a cabo el 13 de abril del 2015, de forma tradicional (limpieza, nivelación del suelo y hoyado manual) y así mismo el aporque.

3.6.3. Trasplante de las plántulas en bolsas

El trasplante se efectuó el 01 mayo del 2015, cuando las plántulas alcanzaron los 10 a 12 cm, retirando el riego un día antes para preparar las plántulas al estrés del traslado a la bolsa, permitiendo un mejor desarrollo radicular de la plántula.

3.6.4. Siembra

La siembra se llevó a cabo el 19 de mayo del 2015. Seleccionando de las bolsas plásticas las plantas más uniformes y con mayor vigor. Procediendo a realizar la siembra en la parcela experimental, en camellones de siembras previamente establecidos.

3.6.5. Manejo fitosanitario

Se hicieron aplicaciones foliares semanalmente con productos insecticidas, bactericidas + refrescante y micronutrientes, para prevenir las afectaciones por geminivirus ya que la variedad es susceptible.

3.6.6. Fertilización

La fertilización tanto edáfica como vía foliar fue de manera general a todos los tratamientos con productos sintéticos como urea 46% y completo 15-15-15, estas aplicaciones a los 30, 45 y 60 (ddt) a razón de 2.5 quintales por hectárea, la fertilización foliar fue realizada semanal al mismo tiempo con aplicaciones insecticidas desde la etapa de vivero cada 7 días hasta los 90 días en el campo.

3.6.7. Riego

El riego fue aplicado diariamente en los primeros meses de crecimiento del cultivo, y aumentando la frecuencia de riego a dos veces al día en el periodo de floración y desarrollo del fruto dada las etapas del cultivo, esto de acuerdo al tratamiento evaluado en el experimento.

El riego se aplicó en horas de la tarde (4-6 pm), para reducir la pérdida de agua por evapotranspiración, garantizando un mayor aprovechamiento por la planta. El agua estuvo en una cisterna de plástico con capacidad de 750 litros, sobre una estructura de 1 m de altura para facilitar la descarga, la carga hidrostática (H) de agua fue constante ya que el caudal que llegaba era mayor que el de salida por estas razones se usaba una boya para regular el llenado.

El sistema estuvo compuesto por tubería principal de PVC de 2 pulgadas de diámetro, que constaba con cinco laterales para cada lámina de riego para un total de 15 laterales. Los laterales empleados fueron cintas de riego con emisores o goteros a una distancia de 0.40 m. El tipo de cinta que se utilizó fue Ro-Drip de 16 mm de diámetro con capacidad de soportar presiones de 6 a 12 PSI.

3.7. Parámetros y variables evaluadas

3.7.1. Parámetros hidro-físicos de suelo

3.7.1.1. Velocidad de infiltración (*I*)

La infiltración es el proceso por el cual el agua penetra desde la superficie del terreno hacia las capas inferiores. En una primera etapa satisface la deficiencia de humedad del suelo en una zona cercana a la superficie, y posteriormente superado cierto nivel de humedad pasa a formar parte del agua subterránea, saturando los espacios vacíos (Vélez *et al.*, 2002).

Fue obtenida por medio de los dobles cilindros (60 cm de diámetro y 30 cm de altura cilindro externo e interno con 15 cm de diámetro y 30 cm de altura, instalados de forma concéntrica); las pruebas de infiltración se efectuaron en seis puntos del terreno. Los materiales necesarios para hacer las pruebas son: tres cilindros, tres baldes, tres reglas graduadas en cm y mm, tres cronómetros, pala, un mazo y la tabla de registro, fue determinada utilizando la ecuación descrita de Kostiakov-Lewis.

$$I = Kt^n$$

Donde:

I= Velocidad de infiltración en (cm/hora).

k= Parámetro que representa la velocidad de infiltración durante el intervalo inicial (cuando $t = 1$).

t= tiempo en minutos.

n= parámetro que indica la forma en que la velocidad de infiltración se reduce con el tiempo ($-1.0 < n < 0$).

3.7.1.2. Capacidad de Campo (CC)

Es un estado definido imprecisamente, sobre todo porque el momento en el que el suelo inicialmente saturado deja de perder agua en un momento poco preciso, al principio el drenaje es muy rápido pero después comienza una fase de drenaje lento que puede durar hasta quince días.

La CC es la cantidad de agua que puede tener un suelo cuando se pierde el agua gravitacional de flujo rápido, o ha cesado el drenaje interno.

Obtenida a través del método de la Olla de Richard en el Laboratorio de Suelo y Agua (LABSA, 2015), de la Universidad Nacional Agraria.

3.7.2. Parámetros físicos de suelo

3.7.2.1. Densidad real (Dr):

Es la relación entre el peso de las partículas sólidas del suelo secado por 24 hrs a 105 °C y el volumen que éstas ocupan menos el espacio poroso.

Determinado mediante un muestreo de suelo en el campo y posteriormente se remitió al laboratorio de suelo de la Universidad Nacional Agraria. Quien la determina por medio del método del picnómetro:

$$Dr = \frac{I}{II-III}$$

$$I=C-A$$

$$II=B+C$$

$$III=A+D$$

Dónde:

Dr: Densidad real (g/cm³)

A= Picnómetro vacío

B= Picnómetro con agua

C= Picnómetro con suelo

D= Picnómetro con suelo más agua

3.7.2.2. Densidad aparente (Da):

Es la relación existente entre el peso de una porción de suelo al horno, 105°C/24 hrs y su volumen, incluyendo en este el ocupado por los poros, para su determinación se usa el método del cilindro.

$$Da = \frac{Ps}{Vt}$$

Dónde:

Da: Densidad aparente (g/cm³)

Ps: Es el peso de la parte sólida del suelo más los poros (g)

Vt: Volumen ocupado por el sólido más los poros (cm³)

3.7.2.3. Porosidad del suelo (p):

Es todo espacio que no ésta ocupado por la fracción sólida (mineral u orgánica).

Una vez obtenida la densidad aparente y la real este parámetro fue determinado mediante la fórmula.

$$p = \left(1 - \frac{Da}{Dr}\right) \times 100\%$$

Dónde:

P: Porosidad total (%)

Da: Densidad aparente (gr/cm³)

Dr: Densidad real (gr/cm³).

3.7.3. Parámetros de riego

3.7.3.1. Volumen total de agua aplicada

Se calculó considerando la aplicación diaria a los 120 días en el campo definitivo y determinada para cada una de las láminas aplicadas de acuerdo al caudal del emisor y distancia entre cada emisor. Cabe mencionar que cuando hubo precipitaciones solo se aplicó riego si era necesario.

3.7.3.2. Coeficiente de Uniformidad (CU)

Parámetro que indica la uniformidad de aplicación del agua en el suelo, determina si el sistema está siendo bien aprovechado o trabajando al máximo.

Esta variable fue determinada mediante el uso de recipiente y una probeta, para ello, seleccionando un lateral en la zona inicio, intermedia y final. Al transcurso de una hora se mide la cantidad de agua recolectada, Para proceder a los cálculos del Coeficiente de uniformidad del caudal por el método del cuarto menor (INIA-URURI, 2010).

1. Los datos obtenidos en los 9 emisores se ordenan de mayor a menor.
2. Determinación del promedio de los 4 emisores de menor caudal.

$$q_{25\%} = \frac{q_1 + q_2 + q_3 + q_4}{4}$$

$q_{25\%}$: Caudal promedio (l/h).

1. Calculo del promedio del caudal de todos los emisores.

$$q_n = \frac{q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + \dots + q_9}{9}$$

q_n : Caudal de todos los emisores (l/h).

2. Determinación del Coeficiente de Uniformidad de Caudal, y expresado en porcentaje:

$$CU = \frac{q_{25\%}}{q_n} \times 100$$

CU: Coeficiente de Uniformidad del Caudal (%).

$q_{25\%}$: Caudal promedio (l/h)

q_n : Caudal de todos los emisores (l/h).

Según Rodríguez *et al.*, (2009), el Coeficiente de Uniformidad (C.U), se clasifica:

90%-100%	Excelente
80%-90%	Bueno
70%-80%	Aceptable
<70%	Inaceptable.

3.7.3.3. Tiempo de riego (Tr)

Según ecuación mencionada por Marrero (2006), recomienda calcular el tiempo de riego aplicando la siguiente ecuación.

$$Tr = \frac{Dosis}{qexNe}$$

Dónde:

Tr: Tiempo de riego en horas y minutos

Dosis: Dosis aplicada en l

qe: Caudal del emisor en l hr⁻¹

Ne: Número de emisores.

3.7.3.4. Coeficiente de cultivo (Kc)

Es un parámetro que depende de las características morfológicas y fisiológicas de la planta. El Kc varía según el periodo de crecimiento de la planta y del clima. Depende de la capacidad de la planta de extraer agua del suelo según, su estado de desarrollo vegetativo (Valverde, 2000). El coeficiente del cultivo es la relación entre la evapotranspiración de un cultivo, durante una etapa definitiva con la evaporación.

Se calcula por medio de la fórmula:

$$Kc = \frac{Evpt}{evp}$$

Los datos fueron obtenidos por el INETER (2015) y procesados con el programa cropwat Ver 8.0.

3.7.3.5. Coeficiente de rendimiento del cultivo (Ky)

El rendimiento de los cultivos es una función que depende de una serie de factores entre ellos, variedades, fertilización, control de plagas, riego, drenaje etc. De todos ellos el agua es uno de los más limitantes y su control es fundamental para el éxito en la producción agrícola (Valverde, 2000).

El Ky expresa el efecto del suministro de agua sobre el rendimiento de los cultivos y es determinado mediante la relación entre los rendimientos relativos. Este cálculo es realizado al final de la cosecha, con los datos del rendimiento máximo y real entre la evapotranspiración referencial calculada a través de los datos climáticos proporcionados por (INETER, 2015) y la evapotranspiración máxima del cultivo por medio de la fórmula:

$$\left(1 - \frac{Yr}{Ym}\right) = Ky \left(1 - \frac{EVTPr}{EVTpm}\right)$$
 Despejando "Ky" obtenemos

$$Ky = \frac{\left(1 - \frac{Yr}{Ym}\right)}{\left(1 - \frac{EVTPr}{EVTpm}\right)}$$

Donde:

Yr: rendimiento real de la cosecha

Ym: rendimiento máximo

EVTpm: evapotranspiración máxima

EVTPr: evapotranspiración referencial.

3.7.4. Variables de crecimiento

3.7.4.1. Altura y diámetro de la planta (cm)

Esta variable fue medida cada diez días utilizando una cinta métrica, desde el nivel del suelo hasta el punto más alto y el diámetro medido en la parte media del tallo de la planta y obtenidas en (cm).

3.7.5. Variables de fruto

3.7.5.1. Número de racimos de tomates por planta, número de tomates por racimo y número de tomates por planta.

Se contabilizaron el número de racimos de tomates por planta, número de tomates por racimo, y número de tomates por planta en cada uno de los tratamientos, las cuales se realizó un conteo manual en las plantas seleccionadas de la parcela útil.

3.7.5.2. Diámetro polar y ecuatorial del fruto

Medidos en milímetros (mm). Utilizando un vernier colocándolo en el radio polar y ecuatorial, en un total de 15 frutos por cada tratamiento evaluado.

3.7.5.3. Volumen del fruto

El volumen del fruto fue medido usando un beaker de 500 mililitros (ml) donde se introdujeron los frutos seleccionados al azar de la parcela útil observando y midiendo el agua desplazada desde su punto estable, hasta la altura de aproximación que alcanza el agua por el peso y volumen del fruto eso lo obtenemos en mililitros (ml) posteriormente se convierte a (cm³) sabiendo que 1ml = 1cm³.

3.7.5.4. Grados Brix

Los grados brix miden el cociente total de sacarosa disuelta en un líquido. Una solución de 25° brix tiene 25 gramos de azúcar (sacarosa) por 100 gramos de líquido o dicho de otro modo, hay 25 gramos de sacarosa y 75 gramos de agua en los 100 gramos de la solución.

Determinados por medio de un refractómetro a un total de cinco frutos maduros por parcela experimental. Se les extrajo el jugo, se ubica sobre el refractómetro y este determina la cantidad de grados brix.

3.7.5.5. Pesos promedios del fruto

Los promedios fueron obtenidos entre los frutos contabilizados y pesados por cada tratamiento en gramos (g).

3.7.6. Rendimiento

El factor rendimiento es considerado en la agricultura como un parámetro de gran importancia siendo el objetivo principal de los agricultores su incremento, determinando este el efecto que causan los tratamientos respecto a la rentabilidad que estos puedan tener para la mejora y aumento de su capital.

Fue obtenido contabilizando y pesando los frutos por cada parcela útil y posteriormente se llevaron a kg ha

3.8. Análisis de la información

Los datos obtenidos de las variables estudiadas, fueron manejados en hojas electrónicas (Excel v.2013) para su posterior análisis con SAS (v 9.1). Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) y agrupaciones según LSD (0.05) a las variables agronómicas y de rendimiento, estableciéndose en el siguiente modelo aditivo lineal.

$$Y_{ijkl} = \mu + \beta_k + \alpha_i + (\beta\alpha)_{\varepsilon ik} + \tau_j + (\tau\alpha)_{\varepsilon jk} + (\alpha\tau)_{ij} + (\beta\alpha\tau)_{(ijkl)}$$

Donde:

k= 1, 2 y 3 repeticiones

i = 1, 2 y 3 láminas de riego

j = 1, 2 y 3 distancias de siembra

l = 1, 2 y 3 observaciones

Y_{ijkl}	Es el valor medio de las observaciones medidas en los distintos tratamientos de cada bloque conformado
μ	Es el efecto de la media muestra sobre el modelo
β_k	Es el efecto del k -ésimo bloque (réplicas)
α_i	Es el efecto de la i -ésima lámina de riego
$(\beta\alpha)_{eik}$	Es el error de A
τ_j	Es el efecto de la j -ésima distancia de siembra
$(\tau\alpha)_{ejk}$	Es el error de B
$(\alpha\tau)_{ij}$	Es el efecto del i -ésima lámina de riego, de la j -ésima distancia de siembra
$\beta\alpha\tau_{(ijkl)}$	Es el error de la interacción (A*B)

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Parámetros hidro-físicos del suelo

4.1.1. Infiltración de agua en el suelo

De acuerdo con los resultados se obtuvo que la infiltración básica del suelo es de 23 cm hora y la velocidad de infiltración del suelo de 25 cm hora, indica que es un suelo con buen drenaje que puede soportar una intensidad de lluvia de 250 mm en una hora para llegar a saturarse, porque la clase textural del suelo es un franco arenoso.

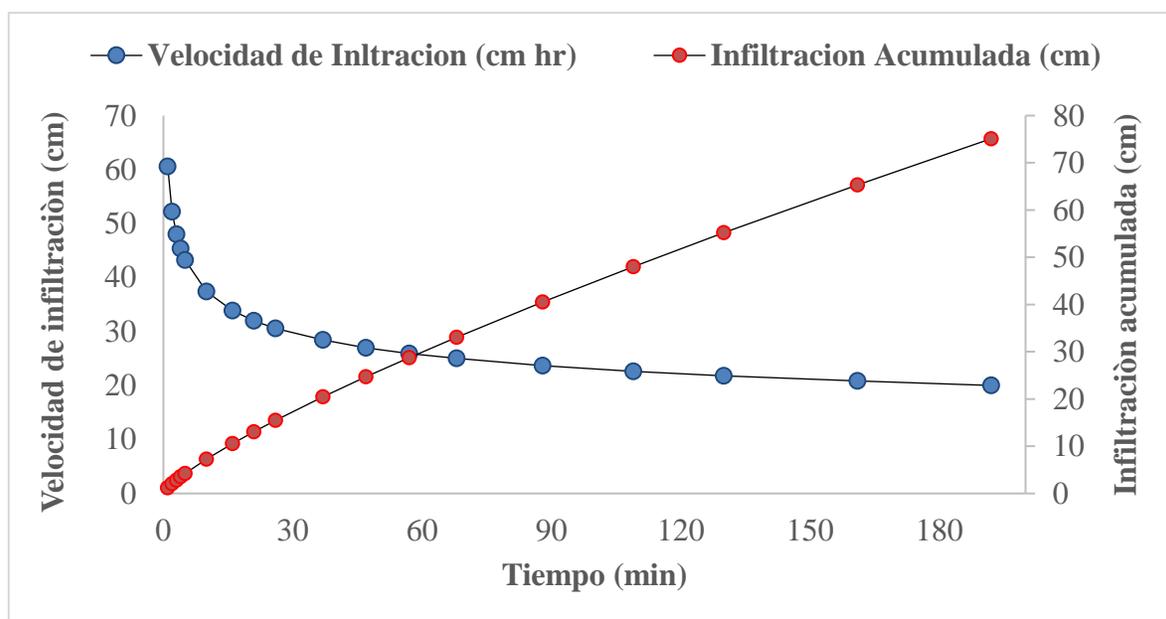


Figura 3. Velocidad de infiltración e infiltración acumulada del suelo. Universidad Nacional Agraria, Managua 2015.

El comportamiento indica que la velocidad de infiltración es alta con respecto al tiempo, posteriormente disminuye y hace constante una vez que el suelo ha alcanzado la saturación.

Según CENTA (2013), menciona que el agua que infiltra en el suelo, puede tomar tres caminos: una parte queda almacenada en la zona de raíces y es aprovechada por la planta, para realizar sus funciones fisiológicas y su desarrollo; otra evapora desde la superficie del suelo y la última parte se desplaza hasta una profundidad mayor que la profundidad de raíces; es conocida como filtración profunda o percolación, dicha agua tampoco es utilizada por las plantas para su desarrollo. Esta última condición frecuente más en suelos con altas tasas de velocidad de infiltración y baja capacidad de retención de humedad.

4.1.2. Capacidad de campo

Los resultados obtenidos del análisis físico del suelo del laboratorio de suelos y aguas (LABSA, 2015) de la universidad Nacional Agraria, muestra que la capacidad de campo (CC) es de 28.96 %, indica que la capacidad de retención de agua del suelo es moderadamente alta. Según Blair (2006), la capacidad de campo de los suelos francos arenosos oscila entre 7.5 y 20.5 %, según esa consideración el suelo presenta una buena retención de humedad.

4.2. Parámetros físicos del suelo

4.2.1. Densidad real (D_r) y Densidad aparente (D_a)

Según los resultados de las muestras analizadas en el laboratorio de suelos y agua (LABSA, 2015), la densidad aparente es de 0.91 g/cm^3 , densidad real de 2.36 g/cm^3 . Estando vinculadas con las partículas del suelo, así mismo el movimiento del agua a través del suelo Marrero (2006). La densidad aparente incluye espacios porosos, mayores valores de densidad aparente disminuye proporcionalmente la porosidad del suelo (Núñez, 2000).

4.2.2. Porosidad del suelo (p)

De acuerdo con los resultados obtenidos a partir del análisis físico del suelo elaborado por el (LABSA, 2015), determinó que el suelo del área en estudio presenta un 61.44% de porosidad. (FAO, 2009), clasifica porosidades mayores de 40% como muy altas, lo que demuestra que esta condición es propicia para una buena circulación del agua a través del suelo.

4.3. Parámetros de riego

4.3.1. Volumen total de agua aplicada

El volumen total de agua aplicado en todo el ciclo del cultivo se calculó de acuerdo a las tres diferentes láminas de riego utilizadas, en todos sus estados de desarrollo. Cada lámina estaba compuesta de cinco cintas de goteo de 15 m de largo con 0.40 m entre emisores, a 0.80 m entre cada cinta, para un total de 15 cintas de goteo y de 187 emisores por lámina. El volumen total de agua aplicada para todo el sistema de riego por goteo en los 120 días en el cultivo encontrado en campo fue de 82.14 m³.

Cuadro 3. Volumen total de agua aplicada para cada una de las láminas de riego evaluadas en el Cv. Butero a los 120 días en el campo, UNA, Managua 2015

Niveles	Etapa inicial (I) (30días)	Etapa media (I) (60días)	Etapa final (I) (30días)	Total, de agua aplicada (m ³)
a1	5 550.1	11 100.1	5 550.1	22.2 m ³
a2	6 660.1	13 320.1	6 660.1	26.64 m ³
a3	8 325.1	16 650.1	8 325.1	33.3 m ³
Total				82.14 m ³

4.3.2. Coeficiente de uniformidad

Según Pizarro (1996), expresa que en los sistemas de riego localizado, el coeficiente de uniformidad debe superar el 90%. Mediante el método del cuarto menor se encontró que este fue de 98.28 % (anexo11).

Para el estudio y según la clasificación de Rodríguez *et al.*, (2009), el CU=98% está en el rango de excelente.

4.3.3. Tiempos de riego

Los tiempos de riego calculados de acuerdo a las diferentes láminas fueron:

Cuadro 4. Tiempos de riego para cada una de las láminas de riego evaluadas en el Cv. Butero, UNA, Managua, 2015

Niveles	Tiempos	Tiempos al duplicar el riego
a1	1 hora 41 minutos	3 hora 22 minutos
a2	2 horas	4 horas
a3	2 horas 32 minutos	5 horas 04 minutos

4.3.4. Coeficiente de cultivo (Kc)

El coeficiente del cultivo (Kc) es la relación entre la evapotranspiración de un cultivo, durante una etapa definitiva con la evaporación.

El “Kc” es un coeficiente apropiado para cada etapa de crecimiento, los valores varían de acuerdo con la región y fecha de siembra; sin embargo las diferencias son pequeñas y existe una relación con los valores aproximados a un valor de referencia uniforme para evapotranspiración de referencia (Eto) (Deras, 2003).

La curva representa los cambios en el “Kc” sobre la longitud de la temporada de crecimiento, forma cambios en la vegetación y en la cubierta vegetal durante el desarrollo y la maduración de la planta (Marrero, 2006). La figura 4, muestra para la tercera decena del mes de junio los valores máximos encontrados permanece hasta la primera decena de agosto, en esta etapa el cultivo se encuentra en el periodo de desarrollo, floración y a la vez de fructificación y absorbe mayor cantidad de nutrientes de la solución del suelo, obteniendo las mayores evapotranspiraciones y los valores mayores de coeficiente del cultivo.

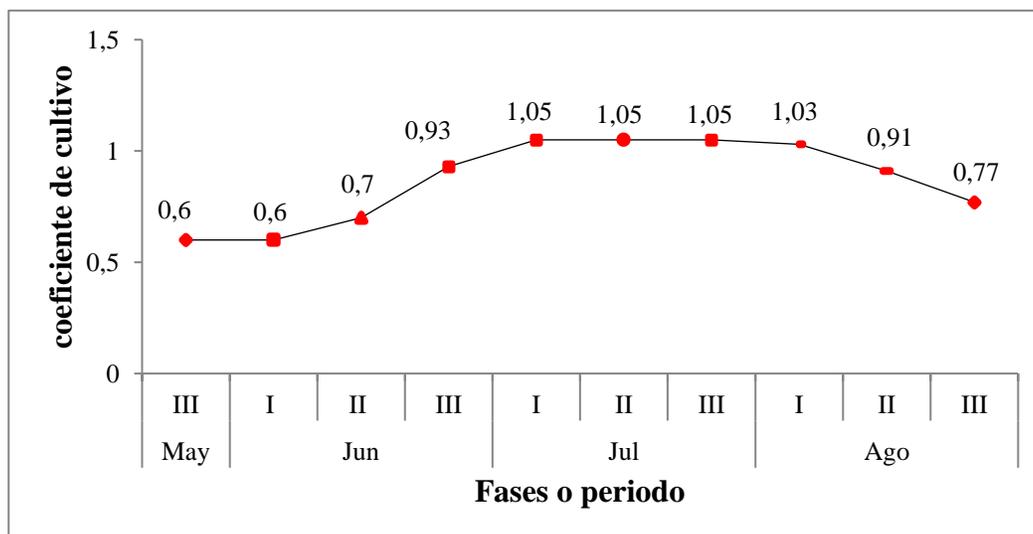


Figura 4. Coeficiente de cultivo del tomate Cv. Butero en sus diferentes etapas del ciclo productivo, UNA, Managua, 2015.

4.3.5. Coeficiente de rendimiento del cultivo (Ky)

La aplicación del coeficiente de rendimiento “Ky” es un instrumento de gran utilidad para la planificación diseño y operación de los proyectos de riego, permite la cuantificación del agua en términos de rendimiento del cultivo y de producción total para la superficie. En condiciones de agua limitada, distribuida uniformemente durante toda la estación vegetativa, el cultivo con mayor valor sufrirá mayor pérdida de rendimiento que el cultivo con menor valor (Doorenbos y Kassam, 1980).

La lámina de riego de menor pérdida en el rendimiento fue la de 1.2 l planta día con un valor de 3.15 y la de mayores pérdidas fue la lámina de 1 l planta día con un valor de 4.31. Esta diferencia se debe a la cantidad de agua aplicada en las diferentes láminas y no a la uniformidad de riego debido a que esta posee un 96 % de uniformidad. Estos resultados reflejan en parte la relación que tienen las distintas láminas de riego aplicadas con respecto a los rendimientos obtenidos del cultivo. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Doorenbos y Kassam (1980).

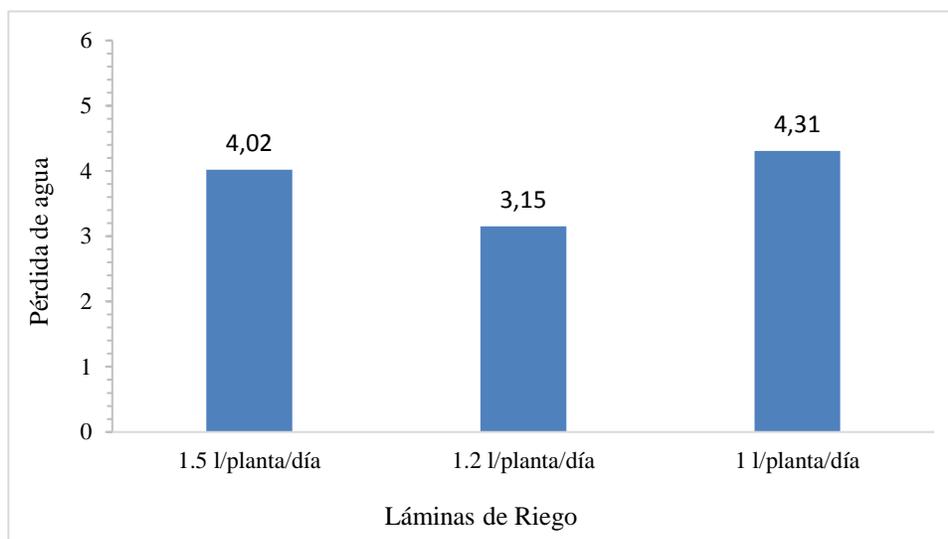


Figura 5. Coeficiente de rendimiento (Ky) obtenidos en la parcela experimental UNA, Managua, 2015.

4.4. Variables evaluadas.

4.4.1. Altura de la planta

La planta cuenta con un tallo herbáceo. Al inicio de su etapa de crecimiento es erecto, cilíndrico y luego se vuelve decumbente y angular (INTA, 2004). Esta variable mostró diferencias estadísticas ($Pr > 0.05$) en ambos factores evaluados tanto riego como distancias de siembra separándolos en diferentes categorías. Los resultados muestran que mayores promedios obtenidos en la lámina de riego de 1.5 l planta día⁻¹ con 111.261 cm y las distancias de siembra 06*0.8 m con una altura de 108.857 cm (cuadro 5). Dichos valores superan a los obtenidos por López y Coleman (2016), con valores de 85 a 89 cm de altura.

4.4.2. Diámetro del tallo de la planta

El tallo es la parte de los vegetales que brinda soporte y sostén a la planta, el tallo de las plantas jóvenes del tomate es cilíndrico, más tarde se vuelve angular según las características de las variedades y la influencia del manejo (Mora, 2002). Para dicha variable mostró diferencias estadísticas a los 56 días después del trasplante (ddt) para el factor riego, mientras que las distancias no muestran significación en ninguno de los tratamientos. Los promedios obtenidos son de 0.788 a 0.688 cm de diámetro en el tallo (cuadro 5). Estos resultados están por debajo de los obtenidos por Andrades y Loáisiga (2015), con promedios de 1 a 5 cm y López y Coleman (2016) con promedios de 1.24 a 1.31 cm de diámetro en el tallo.

Cuadro 5. Separación de medias según LSD ($\alpha = 0.05$) en las variables de crecimiento (diámetro y altura de la planta en cm) UNA, Managua, 2015

Factores	Niveles	56 ddt		65 ddt		75 ddt	
		DPLA	ALTPLA	DPLA	ALTPLA	DPLA	ALTPLA
Riego 1 planta día	a3	0.774 a	103.763 a	0.734 a	106.643 a	0.735 a	111.261 a
	a2	0.740 a	98.022 b	0.757 a	99.469 b	0.767 a	105.867 b
	a1	0.689 b	92.399 c	0.751 a	93.911 b	0.788 a	99.222 c
Distancias	b1	0.744 a	101.599 a	0.766 a	99.379 b	0.775 a	106.355 a
	b2	0.746 a	95.312 b	0.739 a	95.778 b	0.764 a	100.977 b
	b3	0.709 a	96.810 a	0.736 a	104.739 a	0.752 a	108.857 a
R ²		0.779	0.778	0.734	0.737	0.763	0.791
CV		7.299	7.188	6.732	8.605	5.872	6.601

***Promedios con igual letra no difieren estadísticamente (LSD $\alpha=0.05$).ALTPLA=Altura de planta. DPLA=Diámetro de planta.ddt = días después del trasplante.*

El análisis de varianza con probabilidad de ($Pr > 0.05$) para la variable diámetro, muestra significación estadística en la interacción (repetición*riego y riego*distancia), mientras para la variable altura solo los factores independientes (riego y distancias).

Cuadro 6. Significación estadística para variables diámetro y altura en los factores estudiados, UNA, Managua, 2015

	Variables	Rep	Riego	Dist	Rep*Riego	Rep*Dist	Riego*Dist
56 ddt	DPLA	0.684	0.011	0.187	0.444	0.619	0.049
	ALTPLA	0.859	0.005	0.214	0.560	0.198	0.268
65 ddt	DPLA	0.933	0.447	0.213	0.221	0.429	0.023
	ALTPLA	0.223	0.003	0.008	0.742	0.858	0.582
75 ddt	DPLA	0.973	0.177	0.408	0.059	0.322	0.410
	ALTPLA	0.200	0.003	0.016	0.602	0.722	0.336

***Pr ≤ 0.05 no difieren estadísticamente y Pr > 0.005 muestran altamente significación.ALTPLA=Altura de planta. DPLA=Diámetro de planta.Rep= repetición. Dist= distancia.*

4.5. Variables del fruto

4.5.1. Número de racimos por planta

El conjunto de tratamientos no presentó diferencias estadísticas, obteniendo un mayor número de racimos por planta el tratamiento con mayor cantidad de agua aplicada 1.5 l planta día⁻¹ con 6.45 racimos, por tanto se puede decir que de acuerdo a estos resultados el riego no influye en el número de racimo ya que la variación de estos no está determinada por la cantidad de agua aplicada (cuadro 11). Estos resultados son superiores a López y Coleman (2016) con promedios de 4.35 a 5.48.

4.5.2. Número de tomates por racimo

Al analizar esta variable no se determinó diferencias estadísticas ($Pr > 0.05$) en cuanto a la lámina de riego, los promedios obtenidos oscilan de 1.13 a 0.69 tomates por racimos. Posteriormente, se detectaron diferencias significativas en el factor distancias de siembra a los 65 ddt, la distancia 0.6*0.8 con un valor mayor de 0.94 tomates por racimo.

Cuadro 7. Separación de medias según LSD ($\alpha = 0.05$) para las variables de fruto (número de racimos por planta y número de tomates por racimo). UNA, Managua, 2015

Factores	Niveles	56 ddt		65 ddt		75 ddt	
		NRAC	TRAC	NRAC	TRAC	NRAC	TRAC
Riego	a3	3.951	b 0.869	a 4.882	a 0.790	a 5.929	a 0.885
	a2	5.734	a 0.933	a 6.067	a 0.985	a 6.200	a 1.128
	a1	5.155	a 1.046	a 6.134	a 0.693	a 6.245	a 0.935
Distancias	b1	4.711	a 0.941	a 6.246	a 0.654	b 6.845	a 0.801
	b2	5.244	a 1.035	a 5.667	ab 0.882	a 6.112	ab 1.007
	b3	4.952	a 0.872	a 5.190	b 0.942	a 5.381	b 1.158
R ²		0.692	0.805	0.733	0.786	0.536	0.730
CV		26.894	30.782	23.764	35.876	34.001	37.986

**Promedios con igual letra no difieren estadísticamente ($LSD \alpha=0.05$).NRAC=Número de racimos por planta. TRAC=Número de tomates por racimo.

4.5.3. Número de tomates por planta

La cantidad de frutos por planta mostro diferencia estadística para ambos factores, en las diferentes cosechas efectuadas, siendo la cosecha dos (65 ddt) representando los mayores valores obtenidos para el factor riego de 6.62 tomates por planta la lámina 1.25 l planta día⁻¹ y respecto a la distancia de siembra muestra mayores valores la distancia 0.8*0.8 con 6.07 tomate en la tercera cosecha a los 75 ddt. Estos resultados son inferiores a los obtenidos por López y Coleman (2016), los cuales tuvieron promedios entre 10.50 a 13.50, así mismo con Andrades y Loáisiga (2015), resultan inferiores con 17.1 a 17.97 de frutos (cuadro 8).

4.5.4. Volumen del fruto

La variable mostró diferencias estadísticas para el riego en las diferentes cosechas, siendo la lámina 1.5 l planta día⁻¹ con un volumen de 63.14 cm³. Los resultados fueron superiores en comparación con los datos obtenidos por López y Coleman (2016) con 28.39 a 51.17 cm³ (cuadro 8).

Cuadro 8. Separación de medias según LSD ($\alpha = 0.05$), para variables de fruto (número de tomates por planta y volumen del fruto en cm³), en sus tres cosechas, UNA, Managua, 2015

Factores	Niveles	56 ddt		65 ddt		75 ddt							
		TPTA	Vol	TPTA	Vol	TPTA	Vol						
Riego	a3	3.167	b	40.500	b	3.927	b	63.140	a	4.238	b	42.440	b
l planta día	a2	4.844	a	49.930	a	5.455	a	51.000	b	6.621	a	55.470	a
	a1	4.645	a	53.400	a	3.844	b	40.130	c	4.533	ab	38.600	b
	b1	3.755	b	47.130	a	3.855	a	49.130	a	4.488	b	48.800	a
Distancias	b2	4.789	a	50.870	a	4.699	a	50.730	a	4.954	ab	43.070	a
	b3	4.179	ab	46.210	a	4.726	a	53.780	a	6.072	a	44.800	a
R ²		0.846		0.705		0.821		0.861		0.833		0.333	
CV		26.634		24.137		29.179		19.488		28.204		65.739	

**Promedios con igual letra no difieren estadísticamente (LSD $\alpha=0.05$).TPLA=Número de tomates por planta, Vol=Volumen de fruto.

4.5.5. Diámetro polar

El diámetro polar y ecuatorial del fruto son variables que determinan el tamaño y la forma del mismo. El tamaño del fruto es variable según el material genético y alcanza diámetros variables Gómez *et al.*, (2014). En la variable diámetro polar del fruto se encontraron diferencias estadísticas ($Pr > 0.05$) en las diferentes láminas de riego, el cual reporta mayor diámetro la lámina 1.25 l planta día⁻¹ con 5.10 cm, los valores obtenidos son similares a los valores reportados por Gómez *et al.*, (2014) y Olivas *et al.*, (2013).

4.5.6. Diámetro ecuatorial

En la variable diámetro ecuatorial del fruto se encontró diferencias estadísticas ($Pr > 0.05$) en las láminas de riego y las distancias de siembra mostrando diferencia estadística en la cuarta cosecha a los 85 ddt, para láminas de riego, los mayores valores se encuentran 4.46 cm cuya lámina es 1.25 l planta día⁻¹ y la distancia de siembra 0.8*0.8 con 4.50 cm. Estos resultados son superiores a los obtenidos por López y Coleman (2016), con medias entre 2.08 a 2.90 cm y similares a los reportados por Andrades y Loáisiga (2015), con 4.50 a 4.64 cm.

Gómez *et al.*, (2014), mencionan que los frutos pueden clasificarse según su diámetro ecuatorial como frutos grandes cuando sus calibres son mayores a 8 cm, medianos entre 5.7 a 8 cm y pequeños los inferiores o iguales a 5.6 cm. De acuerdo a esta clasificación en el estudio los frutos evaluados pueden clasificarse como pequeños.

Cuadro 9. Separación de medias según LSD ($\alpha = 0.05$) en las variables de fruto (Diámetro Polar y Ecuatorial de fruto en cm), en sus cuatro cosechas, UNA, Managua, 2015

Factores	Niveles	56 ddt		65 ddt		75 ddt		85 ddt	
		DPOL	DECU	DPOL	DECU	DPOL	DECU	DPOL	DECU
Riego	a3	4.499 a	4.011 a	4.946 a	4.307 a	4.708 b	4.122 a	3.752 b	3.196 b
	a2	4.738 a	4.217 a	5.197 a	4.455 a	5.102 a	4.459 a	4.231 a	3.513 ab
	a1	4.554 a	4.075 a	5.058 a	4.343 a	4.815 ab	4.314 a	4.515 a	3.793 a
Distancias	b1	4.620 a	3.964 a	5.212 a	4.504 a	4.720 a	4.271 a	4.067 a	3.332 b
	b2	4.483 a	4.207 a	4.78 a	4.193 a	4.770 a	4.255 a	4.046 a	3.397 b
	b3	4.702 a	4.140 a	5.227 a	4.415 a	5.166 a	4.386 a	4.430 a	3.813 a
R ²		0.719	0.719	0.676	0.676	0.765	0.765	0.836	0.836
CV		8.219	8.219	9.960	9.960	8.724	8.724	9.128	9.128

**Promedios con igual letra no difieren estadísticamente (LSD $\alpha=0.05$). DPOL=Diámetro polar. DECU=Diámetro ecuatorial.

4.5.7. Grados brix

Se encontró diferencias estadísticas a los 56 ddt para el factor distancia de siembra mientras que para láminas de riego no tuvo efecto el tratamiento evaluado. Duarte *et al.*, (2010), mencionan que el contenido nutritivo y grados brix del fruto varían según la variedad, fertilidad de los suelos y condiciones climatológicas principalmente, en base a esta información se considera que el factor riego no afectan el porcentaje de grados brix en el tomate. Los valores promedios en el (cuadro 10), son inferiores a los reportados por Gómez *et al.*, (2014) y Olivas *et al.*, (2013), quienes consideran que de 4.5 a 7° Brix son valores óptimos en cuanto a calidad para los frutos de tomate, en base a esta información se considera que el cultivar butero evaluado se encuentra este rango y algunas veces por debajo de los niveles óptimos de calidad.

4.5.8. Pesos promedios del fruto

De acuerdo a esta variable de pesos promedios de fruto en análisis de varianza ($Pr > 0.05$) muestra que para el factor riego muestra diferencias a los 56 ddt, y con mayor valor la lámina 1.5 l planta día, con 110.38 g, en comparación a las otras fechas de cosecha, posteriormente las distancias de siembra no mostraron efectos significativos en esta variable.

Cuadro 10. Separación de medias según LSD ($\alpha = 0.05$) en las variables de fruto (Pesos promedios del fruto en g y grados Brix°). UNA, Managua, 2015

Factores	Niveles	56 ddt		65 ddt		75 ddt	
		PESOT	Gbrix	PESOT2	Gbrix	PESOT	Gbrix
Riego	a3	68.94 b	3.94 a	85.55 a	4.41 a	89.23 a	4.13 a
1 planta día	a2	120.38 a	3.95 a	107.21 a	4.29 a	92.26 a	3.86 a
	a1	48.57 b	4.10 a	95.75 a	4.88 a	83.50 a	4.13 a
Distanc	b1	76.15 a	3.77 b	92.16 a	4.53 a	91.10 a	3.77 a
	b2	79.17 a	4.55 a	101.59 a	4.53 a	86.68 a	4.11 a
	b3	100.82 a	3.65 b	99.32 a	4.53 a	86.15 a	4.26 a
R ²		0.836	0.733	0.748	0.659	0.799	0.618
CV		48.726	19.181	47.701	21.386	31.859	18.032

***Promedios con igual letra no difieren estadísticamente (LSD $\alpha=0.05$). PESO T= Pesos Promedios del Fruto, Gbrix= Grados brix.*

De acuerdo al análisis de varianza con una ($Pr > 0.05$) para las variables de fruto, muestra diferencia estadística en los factores independientes (repetición, riego o distancia) las variables número de racimos de tomate por planta, pesos promedios de tomate y grados brix, no así para tomates por racimo, tomates por planta, diámetro polar, diámetro ecuatorial, y volumen del fruto el cual se muestra significativo tanto para factores independientes como para las interacciones (repetición*riego, repetición*distancia y riego*distancia).

Cuadro 11. Significación estadística en los factores estudiados de las variables de fruto, UNA, Managua, 2015

Momentos	Variables	Rep	Riego	Distancias	Rep*Riego	Rep*Dist	Riego*Dist
56 ddt	NRAC	0.053	0.005	0.161	0.793	0.967	0.538
	TRAC	0.166	0.321	0.064	0.137	0.790	0.004
	TPLA	0.196	0.015	0.034	0.175	0.657	0.001
	Vol	0.018	0.005	0.452	0.888	0.587	0.417
	DPOL	0.162	0.093	0.581	0.796	0.228	0.068
	DECU	0.368	0.356	0.175	0.292	0.440	0.032
	PESOT	0.421	0.002	0.970	0.642	0.369	0.469
	Gbrix	0.837	0.865	0.008	0.272	0.727	0.098
65 ddt	NRAC	0.412	0.146	0.034	0.134	0.799	0.888
	TRAC	0.281	0.130	0.060	0.237	0.635	0.041
	TPLA	0.093	0.005	0.359	0.612	0.261	0.003
	Vol	0.560	0.003	0.547	0.218	0.124	0.035
	DPOL	0.974	0.511	0.162	0.504	0.197	0.898
	DECU	0.491	0.674	0.372	0.294	0.089	0.997
	PESOT	0.436	0.283	0.329	0.339	0.914	0.481
	Gbrix	0.498	0.245	0.964	0.458	0.331	0.400
75 ddt	NRAC	0.296	0.826	0.087	0.825	0.842	0.712
	TRAC	0.918	0.347	0.279	0.332	0.100	0.800
	TPLA	0.805	0.070	0.073	0.031	0.455	0.327
	Vol	0.608	0.033	0.378	0.972	0.994	0.936
	DPOL	0.058	0.068	0.138	0.553	0.268	0.724
	DECU	0.432	0.105	0.846	0.041	0.186	0.371
	PESOT	0.411	0.876	0.804	0.304	0.142	0.734
	Gbrix	0.630	0.431	0.114	0.464	0.640	0.529
85 ddt	DPOL	0.503	0.019	0.166	0.128	0.182	0.678
	DECU	0.741	0.026	0.009	0.457	0.768	0.926

***Datos $Pr \leq 0.05$ no difieren estadísticamente y $Pr > 0.005$ muestran altamente significación. NRAC=Número de racimos por planta. TRAC=Número de tomates por racimo. TPLA=Número de tomates por planta, Vol=Volumen de fruto. DPOL=Diámetro polar. DECU=Diámetro ecuatorial. PESO T=Pesos Promedios del Fruto, Gbrix=Grados briss.*

4.6. Rendimientos por cosechas y rendimiento total (kg ha⁻¹)

El factor rendimiento es considerado en la agricultura como un parámetro de gran importancia siendo el objetivo principal de los agricultores su incremento, determinando este el efecto que causan los tratamientos respecto a la rentabilidad que estos puedan tener para la mejora y aumento de su capital.

En cuanto al factor rendimiento muestra diferencias estadísticas ($Pr > 0.05$) en ambos factores evaluados láminas de riego y distancias de siembra. El mayor rendimiento obtenido en las cuatros cosechas realizadas de acuerdo a las láminas de riego, sitúan en primer lugar a la lámina de riego de 1.25 l planta día⁻¹ (2 562.4 kg ha⁻¹) en la última corta a los 85 ddt. En cuanto a las distancias de siembra, los mejores resultados fue la de 0.60 x 0.80, (3 403.9 kg ha⁻¹).

Respecto al rendimiento total la lámina 1.25 l planta día⁻¹ mostro los mejores resultados con 8 726.6 kg ha⁻¹, estos son rendimientos relativamente medios o bajos respecto a otros estudios. Y menores a los reportados por López y Coleman (2016), respecto al rendimiento total. La mayor producción se obtuvo en la cuarta y última cosecha a los 85 ddt, siendo la menor cosecha la primera realizada a los 56 ddt y luego fue aumentando paulatinamente.

Cuadro 12. Separación de medias según LSD ($\alpha = 0.05$) en las variables de rendimientos y Rendimientos totales en kg ha⁻¹, UNA, Managua, 2015

Factores	Niveles	56 ddt	65 ddt	75 ddt	85 ddt	RTOTAL
		REND 1	REND 2	REND 3	REND 4	
Riego	a3	1 633.1 b	1 745.8 a	1 687.8 a	1 515.2 b	5 309.8 b
	a2	2 626.7 a	2 325.6 a	1 976.4 a	2 562.4 a	8 726.6 a
	a1	1 028.3 b	2 128.5 a	1 817.5 a	2 164.6 ab	6 168.8 b
Distancias	b1	1 427.9 b	1 728.1 b	1 708.1 a	1 570.1 b	5 775.9 b
	b2	1 838.8 ab	2 176.4 ab	1 819.1 a	1 442.7 b	6 210.5 b
	b3	2 484.5 a	2 483.0 a	2 012.9 a	3 403.9 a	8 666.4 a
R ²		0.859	0.804	0.784	0.913	0.845
CV		43.740	42.249	32.709	39.085	27.996

**Promedios con igual letra no difieren estadísticamente ($LSD \alpha = 0.05$). REND= Rendimientos por cosecha y Rendimiento Total.

De acuerdo a la comparación de los factores evaluados en las diferentes fechas de cosecha ($Pr > 0.05$) el rendimiento, muestra significación estadística como factores independientes (riego y distancia) en los rendimientos por cosecha o corta, no así para rendimiento total el cual se ve afectado por la interacción (riego*distancia) y por la distancia como factor independiente (cuadro 13).

Cuadro 13. Significación estadística de las variables de rendimientos en los factores estudiados, UNA, Managua, 2015

VARIABLES	Rep	Riego	Dist	Rep*Riego	Rep*Dist	Riego*Dist
REND1	0.633	0.309	0.186	0.283	0.001	0.462
REND2	0.292	0.900	0.335	0.355	0.273	0.736
REND3	0.423	0.179	0.483	0.335	0.502	0.658
REND4	0.498	0.327	0.257	0.649	0.506	0.019
RTOTAL	0.261	0.209	0.026	0.365	0.005	0.287

***Valores $Pr \leq 0.05$ no difieren estadísticamente y $Pr > 0.005$ muestran alta significación. Rep= Repetición; Dist=Distancia. REND= Rendimientos por cosecha y Rendimiento Total.*

El comportamiento de las interacciones muestra que el mejor rendimiento lo obtuvo la lámina de riego de 1.25 l planta día⁻¹ y la distancia de siembra de 0.6*0.8 (a2*b3) con un rendimiento de 10 890.93 kg ha⁻¹

Cuadro 14. Rendimiento en kg ha⁻¹ de las interacciones en los factores estudiados, UNA, Managua, 2015

Niveles	Rendimiento	Niveles	Rendimiento	Niveles	Rendimiento	R ²	CV
a1b1	5 700.85	a2b1	6 741.27	a3b1	4 885.50	0.84	27.99
a1b2	4 373.41	a2b2	8 547.60	a3b2	4 640.13		
a1b3	8 432.15	a2b3	10 890.93	a3b3	2 077.18		

Estos rendimientos obtenidos se encuentran abajo de los valores reportados por el MAGFOR (2007), con una producción de tomate en Nicaragua para el año 2006 de 9,849.13 kg ha⁻¹ y la FAO (2012), con una producción de 14 633.96 kg ha⁻¹.

V. CONCLUSIONES

Basado en los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación se puede concluir lo siguiente:

El comportamiento de las láminas de riego mostró que la lámina media 1.25 l planta día⁻¹ obtuvo los mejores resultados y mayor efecto respecto a las variables evaluadas el factor rendimiento mostro mayores resultados con esta lamina obteniendo una producción de 8 726.6 kg ha⁻¹, superando a las láminas 1.5 y 1.0 l planta día⁻¹ con rendimientos de 5 309.8 y 6 168.8 kg ha⁻¹, respectivamente.

El factor distancia de siembra afecto diferentes variables, respecto al rendimiento obtuvo mayores valores la menor distancia 0.6*0.8 m con un rendimiento de 8 666.4 kg ha⁻¹, y superando a las distancias 0.7*0.8 y 0.8*0.8 con rendimientos de 6 210.5 y 5 775.9 kg ha⁻¹ respectivamente.

El comportamiento de las interacciones obtuvo diferencia estadística en diferentes variables de crecimiento y respecto a los rendimientos totales el mejor tratamiento fue la lámina media y la distancia menor (a2*b3) con rendimiento 10 890.93 kg ha⁻¹.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda el uso generalizado del riego con sistemas localizados, que propicien el aumento de la eficiencia en la producción de los cultivos y evaluar sistemas agroforestales.
- Seguir realizando investigaciones sobre láminas de riego en hortalizas y en diferentes zonas agroecológicas del país para determinar el efecto en los rendimientos.
- Establecer ensayos con otros genotipos de tomate con el propósito de observar el comportamiento del cultivo y generar mayor información sobre este rubro.

VII. LITERATURA CITADA

- Andrades Chavarría, DD; Loáisiga Jarquín, FA. 2015.** Evaluación del crecimiento y rendimiento del cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) variedad Shanty en tres distancias de siembra, en condiciones de casa malla, finca Las Mercedes, UNA, Managua, 2013. Tesis. Ing. Agronómico. Managua, NI. UNA. 38p.
- Catastro e Inventario de Recursos Naturales. 1971.** Geología y Levantamiento de Suelos de la Región Pacífica de Nicaragua. V.II Parte 1, Características Generales, Uso y Manejo de Suelos. Managua. 284 pp.
- Blair, N. (2006).** Long-term management impacts on soil C, N and physical fertility. Part I: broadbalk experiment. *Soil Till Res* 91: 30–38.
- Castellón, Alex, (2017).** Docente FARENA, Universidad Nacional Agraria, Managua, ubicación del área de experimentación de la facultad de agronomía.
- CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal) 2013.** Riego por goteo. San Salvador, Salv. 98p.
- Doorenbos, J; Kassam, A. 1980.** Efectos del agua sobre rendimiento de los cultivos. Estudios FAO: Riego y Drenaje. Ed., FAO. Roma, Italia. p. 41-213.
- Duarte, H; Ruiz, M. 2010.** Efecto de tres láminas de riego y tres dosis de aplicación de biofertilizantes en el cultivo orgánico de fresa (*Fragaria*spp) cv, Festival en el Castillito, Las Sabanas, Madriz. Tesis. Ing. Agrícola. Universidad Nacional Agraria. Managua, NI. 59 p.
- FAO, (2009), (Organización de las Naciones Unidas Para la Alimentación y la Agricultura)** Guía para la descripción del suelo; visto en línea recuperado en: <http://www.fao.org/3/a-a0541s.pdf>.

FAO, (2012), (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura).Nicaragua: La batalla por los rendimientos agropecuarios (en línea). Dirección de estadísticas. Consultado 14 octubre. 2016. Disponible en <http://www.tortillaconsal.com/tortilla/en/node/11978>

Gómez Peralta, D; Herrera Fuente, E; 2014. Comportamiento agronómico de 12 cultivares de tomate (*Lycopersicon esculentum*Mill) en condiciones de campo en Tisma, Masaya y en casa malla, en el CEVT Las Mercedes, UNA. Trabajo de diploma para optar a Ingeniero Agrónomo Departamento de protección vegetal, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Agraria Managua. NI. 41 p.

INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales). 2015. Datos de precipitación, temperatura máxima y mínima. Estación meteorológica Aeropuerto Internacional Augusto César Sandino. Año 2014/2015.

INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales). 2012. Ubicación del departamento de Managua. Estación meteorológica Aeropuerto Internacional Augusto César Sandino.

INIA-URURI (Instituto de Investigaciones Agropecuarias). 2010. Determinación del coeficiente de uniformidad de riego. Ed, Centro de Investigación Especializado en Agricultura del Desierto y Altiplano (CIE). Arica, CL. 2p

INTA. (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria).2004 manejo integrado de plagas cultivo del tomate. Primera edición. Managua, NI.3p.

Koppen, W. 1938. Das geographische System der Klimate. Berlin, DE. Borntraeger Science Publishers. 1(C): 5-44.

LABSA (Laboratorio de suelos y agua) UNA, 2015. Análisis físico y químico de suelo del área experimental de la Facultad de Agronomía (Universidad Nacional Agraria). Managua. 2 pp.

López Úbeda; Coleman Beer, 2016. Efecto de tres láminas de riego y tres distancias de siembra en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) Cv. UC-82, Universidad Nacional Agraria, Managua. Tesis de Ing. Agrónomo. Managua, NI. UNA, FAGRO.

MAGFOR (Ministerio Agropecuario y Forestal). 2007. Área cosechada, rendimientos y producción de hortalizas a nivel nacional. Ciclos Agrícolas del 1999 – 2005. Managua, Nicaragua. Estudio Preliminar.

MAGFOR (Ministerio Agropecuario Forestal). 2012a. Beneficios del programa para la producción de solanáceas en el país. Managua, NI. 2 p.

MAGFOR (Ministerio Agropecuario Forestal). 2012b. Plan de acción regional para el manejo de las moscas. Managua, NI. 1 p

Marrero, E. 2006. Régimen de riego. Managua, Ni. Universidad Nacional Agraria. 183 p.

Martínez, A; Meza, N. 2011. Evaluación de riego y biofertilizante sobre seis poblaciones de tomate silvestre (*Lycopersicon* spp.), colectado en la Reserva de Recursos Genéticos de Apacunca (RRGA), Chinandega. Tesis Ing. Managua. Universidad Nacional Agraria. Managua, NI. 56p.

Núñez, M. 2000. Manual de técnicas agroecológicas. Primera edición. (en línea). Consultado el: 22 Febrero 2016. Disponible en: <http://www.ambiente.gov.ar/infoteca/descargas/nunez01.pdf>

- Olivas, L; Salgado, L. 2013.** Evaluación de rendimiento y comportamiento agronómico de siete genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill.) bajo sistema de casa malla en el centro experimental Las Mercedes Universidad Nacional Agraria. Tesis Ing. Agronómica. Managua, NI. UNA. 35p.
- Pizarro F. 1996.** Riegos localizados de alta frecuencia. Goteo Microaspersión y exudación. Editorial, Mundi – Prensa libros. 471p.
- Quintana, J.; Blandón, J.; Flores, A.; Mayorga, E. 1983.** Manual de Fertilidad para los suelos de Nicaragua. Editorial Primer Territorio Indígena Libre de América Ithaca, Nueva York. Residencial Las Mercedes N° 19-A. Managua, NI. 60 p.
- Rayo, M. 2001.** Caracterización biológica transmitido por mosca blanca (*Bemisia tabaci* Genn.) en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en el municipio de Santa Lucía, Boaco. Tesis Ing. Agr. Managua. NI. 66p.
- Rodriguez, P., Gonzales, R., Estrada P., & Morales G. Revista de Ciencias Técnicas Agropecuarias (2009)** Universidad Agraria de la Habana Fructoso; Comportamiento de Coeficiente de Uniformidad (C.U) de riego por microaspersión; vol 18 disponible en www.redalyc.org/pdf/932/93215944007.pdf
- Salmerón, F., y García, L. 1994.** Texto de fertilidad y fertilización de suelos. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 141 p.
- Valverde, JC. 2000.** Riego y Drenaje. Editorial Universidad estatal a Distancia, San José Costa Rica. 69-129 p.
- Vélez, m., Vélez., J. 2002.** Capítulo 8: Infiltración. Universidad Nacional de Colombia, Unidad de Hidráulica. Alegría Saldarriaga-Cardona¹, Jairo Castaño-Zapata², Rafael Arango.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Instalacion y prueba de riego, UNA, Managua 2015.



Anexo 2. Aplicación de productos de control sanitario, UNA, Managua 2015.



Anexo 3. Pueba de infiltración, UNA, Managua 2015.



Anexo 4. Tutorado en el crecimiento y desarrollo del cultivo, UNA, Managua, 2015



Anexo 5. Toma de datos del fruto, UNA, Managua 2015.



Anexo 6. Datos de campo de prueba de velocidad de infiltración.

Nº	INTERVALO ENTRE LECTURA	TIEMPO ACUMULAD O	LECT URA	DIF ENTRE LECTURAS	INF ACUMUL ADA
1			14		
2	1	1	13.5	0.5	0.5
3	1	2	11.9	1.6	2.1
4	1	3	10.3	1.6	3.7
5	1	4	9.4	0.9	4.6
6	1	5	8.8	0.6	5.2
7	5	10	6.4	2.4	7.6
8	.....	11	15.2		7.6
9	5	16	12.6	2.6	10.2
10	5	21	10.2	2.4	12.6
11	5	26	5	5.2	17.8
12	.....	27	14.4		17.8
13	10	37	9.7	4.7	22.5
14	10	47	6.4	3.3	25.8
15	10	57	2.8	3.6	29.4
16	.....	58	13		29.4
17	10	68	9.9	3.1	32.5
18	20	88	3.8	6.1	38.6
19	.....	89	15		38.6
20	20	109	4.9	10.1	48.7
21	.....	110	15		48.7
22	20	130	7.7	7.3	56.0
23	.....	131	14.8		56.0
24	30	161	5	9.8	65.8
25	.....	162	14.8		65.8
26	30	192	4.8	10	75.8
27	.....	193	14.8		75.8
28	30	223	4	10.8	86.6

Anexo 7. Cálculos para la obtención del modelo de velocidad de infiltración.

N°	TIEMPO ACUMULAD O (min) t	INFILTRAC ION ACUMULAD A (cm) I	Log (Xi)	t Log i (Yi)	[[Xi]]^2	[[Yi]]^2	Xi.Yi
1	1	0.5	0.0000	-0.3010	0.0000	0.0906	0.0000
2	2	2.1	0.3010	0.3222	0.0906	0.1038	0.0094
3	3	3.7	0.4771	0.5682	0.2276	0.3229	0.0735
4	4	4.6	0.6021	0.6628	0.3625	0.4392	0.1592
5	5	5.2	0.6990	0.7160	0.4886	0.5127	0.2505
6	10	7.6	1.0000	0.8808	1.0000	0.7758	0.7758
7	16	10.2	1.2041	1.0086	1.4499	1.0173	1.4750
8	21	12.6	1.3222	1.1004	1.7483	1.2108	2.1168
9	26	17.8	1.4150	1.2504	2.0021	1.5636	3.1305
10	37	22.5	1.5682	1.3522	2.4593	1.8284	4.4965
11	47	25.8	1.6721	1.4116	2.7959	1.9927	5.5713
12	57	29.4	1.7559	1.4683	3.0831	2.1560	6.6473
13	68	32.5	1.8325	1.5119	3.3581	2.2858	7.6759
14	88	38.6	1.9445	1.5866	3.7810	2.5173	9.5178
15	109	48.7	2.0374	1.6875	4.1511	2.8478	11.8213
16	130	56	2.1139	1.7482	4.4688	3.0562	13.6572
17	161	65.8	2.2068	1.8182	4.8701	3.3059	16.1002
18	192	75.8	2.2833	1.8797	5.2135	3.5332	18.4200
19	223	86.6	2.3483	1.9375	5.5145	3.7540	20.7014

Anexo 8. Cálculos de velocidad de infiltración e infiltración acumulada

La curva de la gráfica de velocidad de infiltración sería del tipo exponencial:

$$I = Kt^n$$

Para obtener los coeficientes k y n del modelo de Kostiakov-Lewis, podemos utilizar diversos métodos, el método de regresión lineal simple, el método gráfico o el método de los promedios. Por ser el más preciso, explicaremos el primero más ampliamente.

Método de regresión simple por medio de la ecuación linealizada.

Necesitamos finalizar la ecuación aplicando logaritmos a ambos términos, de esta forma se obtiene:

$$\text{Log } I = \text{Log } k + n \text{ Log } t$$

Que correspondería a una ecuación del tipo de una recta:

$$Y = b_0 + b_1 X$$

Donde:

$$Y = \log I$$

$$b_0 = \log k$$

$$b_1 = n$$

Por medio de la sumatoria de los logaritmos $\text{Log } I = \text{Log } k + n \text{ Log } t$ podemos obtener el valor de n

Encontramos las siguientes ecuaciones

$$(1) 6.2 = 9 \log k + n \log t$$

$$(2) 14.46 = 9 \log k + n \log t$$

$$(-) 6.2 = 9 \log k + n 7.02$$

$$\underline{14.46 = 9 \log k + 17.41}$$

$$8.26 = n 10.39 \text{ despejando } n$$

$$n = \frac{8.26}{10.39} \quad n = 0.79$$

Sustituyendo a n en la ecuación 1 encontramos k

$$6.2 = 9 \log k \cdot 0.79 \cdot 7.02$$

$$6.2 = 9 \log k + 5.54$$

$$6.2 - 5.54 = 9 \log k$$

$$\frac{0.66}{9} = \log k$$

$$k = \text{antilog } 0.07$$

$$k = 1.18$$

Finalmente, el modelo de Kostiakov-Lewis será:

$$I = (1.18) t^{0.79} \quad \textbf{Infiltración acumulada}$$

Velocidad de Infiltración.

$$VI = k n t^{n-1}$$

$$\underline{VI = 1.28 * 0.79 t^{0.79-1}} \quad \textbf{Ecuación original para encontrar la Velocidad de Infiltración}$$

Anexo 9. Cálculo de la velocidad de infiltración usando el método de Kostiakov.

Tiempo (min)	Velocidad de Infiltración (cm.hr)	Infiltración acumulada (cm)
1	60.600	1.180
2	52.200	2.040
3	48.000	2.810
4	45.360	3.520
5	43.260	4.210
10	37.380	7.275
16	33.894	10.547
21	31.980	13.070
26	30.600	15.477
37	28.440	20.450
47	27.000	24.700
57	25.900	28.770
68	25.020	33.079
88	23.694	40.550
109	22.620	48.020
130	21.780	55.190
161	20.820	65.350
192	20.010	75.110

Anexo 10. Calculo de los tiempos de riego para cada una de las láminas de riego.

$$Tr = \frac{Dosis}{qe \times Ne}$$

Dónde:

Tr: Tiempo de riego; **qe:** Caudal del emisor; **Ne:** Número de emisores por planta.

Dosis: Lámina de riego

Tiempo de riego $Tr_1 = \frac{1}{0.59 \times 1} = 1.69$ horas; 1 hora 41 minutos

Tiempo de riego $Tr_2 = \frac{1.2}{0.59 \times 1} = 2.03$ horas: 2 horas

Tiempo de riego $Tr_3 = \frac{1.5}{0.59 \times 1} = 2.54$ horas; 2 horas 32 minutos

Anexo 11. Prueba de campo de uniformidad de aplicación de riego

Lámina s	Puntos de muestreo	Tiempo (minutos)	Volumen (ml)	Q (l/h)
1	1	20	195	0.585
	2	20	190	0.57
	3	20	190	0.57
	4	20	200	0.6
2	5	20	195	0.585
	6	20	195	0.585
	7	20	195	0.585
3	8	20	190	0.57
	9	20	190	0.57

*Q= Caudal l/h= litros por hora. $CU = \frac{q_{25\%}}{q_n} \times 100$ $CU = 98.28\%$

Anexo 12. Cálculos del Coeficiente de rendimiento del cultivo “Ky” para cada tratamiento.

La evapotranspiración máxima y real fue determinada por el programa Cropwat (8.0)

EVTPm: 4.22 mm.d⁻¹

EVTPm en la decena: 5.63 mm.d⁻¹ x 10 días = 42.2 mm.dec⁻¹

EVTPm en la decena: 42.2 mm.dec⁻¹ x 10 = 422 m³.ha⁻¹

Yr: 18 ton. ha⁻¹ INTA (1999)

$E_{vtpm} = 422 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, calculadas por cropwat (8.0)

$E_{vtpR} = 353 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, calculadas por cropwat (8.0)

$$Ky = \frac{\left(1 - \frac{Yr}{Ym}\right)}{\left(1 - \frac{E_{vtpR}}{E_{vtpm}}\right)}$$

$$ky_{L_{1.5}} = \frac{\left(1 - \frac{6.1688}{18}\right)}{\left(1 - \frac{353}{422}\right)} = \frac{0.6573}{0.1635} = 4.02$$

$$ky_{L_{1.2}} = \frac{\left(1 - \frac{8.7266}{18}\right)}{\left(1 - \frac{353}{422}\right)} = \frac{0.5152}{0.1635} = 3.15$$

$$ky_{L_1} = \frac{\left(1 - \frac{5.3098}{18}\right)}{\left(1 - \frac{450}{563}\right)} = \frac{0.7050}{0.1635} = 4.31$$