



"Por un Desarrollo Agrario  
Integral y Sostenible"

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

## **Trabajo de Graduación**

**Evaluación de tres láminas de riego por goteo y dosis de  
biofertilizante EM-5 (Sutocho) sobre el crecimiento, desarrollo  
y producción de tomate (*Solanum lycopersicum* Mill)) cv.  
Shanty, UNA, 2016.**

### **AUTORES**

Br. Francisco Cuadra Aguilera  
Br. Donald Uriel Garcia Ramos

### **ASESORES**

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

**Managua, Nicaragua  
Diciembre, 2016**



"Por un Desarrollo Agrario  
Integral y Sostenible"

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

## **Trabajo de Graduación**

**Evaluación de tres láminas de riego por goteo y dosis de  
biofertilizante EM-5 (Sutocho) sobre el crecimiento, desarrollo  
y producción de tomate (*Solanum lycopersicum* Mill) cv.**

### **AUTORES**

Br. Francisco Cuadra Aguilera  
Br. Donald Uriel Garcia Ramos

Trabajo presentado a la consideración  
Del honorable tribunal examinador,  
Para optar al título de:  
Ingeniero Agrónomo Generalista e  
Ingeniero Agrícola para el Desarrollo Sostenible

**Managua, Nicaragua  
Diciembre, 2016**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA	<i>i</i>
AGRADECIMIENTO	<i>ii</i>
ÍNDICE DE CUADROS	<i>iii</i>
ÍNDICE DE FIGURAS	<i>iv</i>
ÍNDICE DE ANEXOS	<i>v</i>
RESUMEN	<i>vi</i>
ABSTRACT	<i>vii</i>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>II. OBJETIVOS</b>	<b>3</b>
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>4</b>
3.1. Ubicación del área del experimento	4
3.2. Características del área experimental	4
3.2.1 Análisis de suelo	4
3.2.2 Condiciones climáticas del sitio	5
3.3. Diseño metodológico	5
3.4. Material genético y descripción de los tratamientos	6
3.5. Manejo agronómico del cultivo	7
3.5.1. Establecimiento del semillero	7
3.5.2. Preparación del terreno y manejo de arvenses	7
3.5.3. Trasplante	7
3.5.4. Tutorio y amarre	7
3.5.5. Aporque	8
3.5.6. Riego	8
3.5.7. Fertilización	8
3.5.8. Biofertilizante	8
3.5.9. Manejo fitosanitario	9
3.5.10. Cosecha	9
3.6. Parámetros hidrofísicos	9
3.6.1. Láminas de riego	9
3.6.2. Tiempo de riego	10
3.6.3. Capacidad de campo	11
3.6.4. Coeficiente de uniformidad	11
3.6.5. Coeficiente del rendimiento del cultivo “Ky”	12
3.7. Propiedades físicas del suelo	13
3.7.1. Curva de infiltración de agua a través del suelo	13
3.7.2. Densidad real	14
3.7.3. Densidad Aparente	14
3.7.4. Porosidad del suelo	14

3.8.	Variables de crecimiento	15
3.8.1.	Altura de Plantas	15
3.8.2.	Diámetro de Plantas	15
3.9.	Variables del fruto y rendimiento	15
3.9.1.	Número de racimos de tomate por planta	15
3.9.2.	Número de flores de tomate por planta	15
3.9.3.	Número de tomates por planta	15
3.9.4.	Diámetro polar y ecuatorial del fruto	16
3.9.5.	Volumen del fruto	16
3.9.6.	Grados Brix	16
3.9.7.	Rendimiento	16
3.10.	Incidencia y severidad de virosis	16
3.10.1	Porcentaje de incidencia de virosis transmitido por mosca blanca	16
3.10.2.	Porcentaje de severidad de virosis	17
3.11.	Análisis económico	18
3.12.	Análisis de presupuesto parcial	18
3.13.	Análisis de la información	18
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	19
4.1.	Parámetros hidrofísicos	19
4.1.1	Volumen total de agua aplicada	19
4.1.2	Capacidad de campo	19
4.1.3	Coefficiente de uniformidad	20
4.1.4	Coefficiente de rendimiento del cultivo “Ky”	20
4.2.	Propiedades físicas del suelo	21
4.2.1.	Infiltración de agua en el suelo	21
4.2.2.	Densidad real (Dr) y Densidad aparente (Da)	22
4.2.3.	Porosidad del suelo (P)	22
4.3.	Variables de crecimiento en el cultivo	22
4.3.1.	Altura de la planta	23
4.3.2.	Diámetro de la planta	24
4.4.	Variables del fruto y rendimiento	25
4.4.1	Número de racimos	25
4.4.2.	Número de flores por planta	26
4.4.3.	Número de Frutos	26
4.4.4.	Diámetro Polar	28
4.4.5.	Diámetro Ecuatorial	28
4.4.6.	Volumen	28
4.4.7.	Grados Brix	29
4.5.	Rendimientos mensuales y totales	29
4.6.	Comparación de Incidencia y severidad de virosis transmitido por mosca blanca ( <i>Bemisia tabaci</i> )	31
4.7	Análisis de presupuesto parcial	32
4.8.	Relación beneficio costo	34
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	35

<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	36
<b>VII.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b>	37
<b>VIII.</b>	<b>ANEXOS</b>	44

## DEDICATORIA

A:

*Dios*, primeramente y sobre todas las cosas por brindarme la vida, salud, paciencia, inteligencia y sabiduría y las fuerzas necesarias para salir adelante en mis estudios.

A mi madre Ruth Aguilera Martínez, por darme la vida y por ser mi sostén, mi amiga, mi padre, y por darme las fuerzas y apoyo necesario para mi formación como persona y como profesional.

A mi tía Miriam Liseth Aguilera por ser mi segunda madre en mi etapa universitaria apoyándome siempre con disponibilidad y voluntad.

A todas aquellas personas, amigos y compañeros que contribuyeron a que esto fuera posible, por el apoyo, sus palabras de fortaleza y admiración que fueron útiles para seguir adelante.

***Br. Francisco Javier Cuadra Aguilera***

## AGRADECIMIENTO

A:

*Dios*, creador de todo lo que existe y por lo que tiene sentido la vida, por darnos sabiduría, inteligencia y deseo de superación.

Al Ing. MSc. Álvaro Benavides por su amistad, paciencia y disposición para ayudarme en todo momento que necesitaba de su ayuda, y por asesorar nuestro trabajo de Diploma.

Al Ing. MSc. Juan Carlos Morán Centeno por su amistad, tiempo, y por su asesoramiento en nuestro trabajo de Diploma.

Al Ing. MSc. Henry Alberto Duarte Canales por brindarnos su amistad, apoyarnos y asesorarnos en el área de riego.

A la Universidad Nacional Agraria, en especial a los docentes que con su sabiduría y paciencia contribuyeron a la formación de los profesionales que culminan su carrera.

***Br. Francisco Javier Cuadra Aguilera***  
***Br. Donald Uriel García Ramos***

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		PÁGINA
1	Características físico-químico del suelo del área experimental.	4
2	Descripción y manejo de los tratamientos	6
3	Láminas de riego en litro por planta por día (l/planta/día) en los 120 días en campo en el cv de tomate Shanty, Managua, Nicaragua, 2016.	10
4	Tiempo en horas de aplicación de las distintas láminas de riego. Managua, Nicaragua, 2016.	10
5	Datos de aforación del sistema de riego en la parcela experimental, Managua, Nicaragua.2016.	12
6	Escala de severidad para plantas afectadas por virus transmitido por mosca blanca ( <i>Bemisia. tabaci</i> )	17
7	Volúmenes de agua aplicada durante el ciclo del cultivo	19
8	Análisis de varianza ( $\alpha = 0.05$ ), en el efecto del riego, biofertilizante y la interacción de ambos factores en las variables de crecimiento.	23
9	Comparación de los valores medios para las variables de crecimiento en el cultivar de tomate Shanty Managua, Nicaragua, 2016.	25
10	Análisis de varianza en el efecto del riego, biofertilizante y la interacción de ambos factores en las variables racimo, flores y frutos	25
11	Comparación de los valores medios para las variables racimo, flores y frutos en el cultivar de tomate Shanty Managua, Nicaragua, 2016.	27
12	Análisis de varianza en el efecto del riego, biofertilizante y la interacción de ambos factores en las variables estudiadas.	27
13	Comparación de los valores medios para las variables de fruto en los tratamientos evaluados en el cultivar de tomate Shanty, Managua, Nicaragua, 2016.	29
14	Comparación de los valores medios en el rendimiento para el cultivar de tomate Shanty, Managua, Nicaragua, 2016.	30
15	Comparación de los valores medios de la interacción (Riego*Biofertilizante) de rendimiento total kg ha <sup>-1</sup> para el cultivar de tomate Shanty, Managua, Nicaragua, 2016.	30
16	Análisis de presupuesto parcial para los niveles de ambos factores evaluados, Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua, 2016.	33
17	Análisis de utilidades y relación Beneficio-Costo Managua, Nicaragua, 2016.	34



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA</b>		<b>PÁGINA</b>
1	Condiciones climáticas en el área de estudio. Estación meteorológica Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino (INETER, 2014).	5
2	Velocidad de infiltración e infiltración acumulada del suelo. Universidad Nacional Agraria, Managua 2016.	21
3	Comparación de incidencia y severidad del daño de virosis transmitido por <i>Bemisia tabaci</i> , en los diferentes tratamiento evaluados.	32

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO</b>		<b>PÁGINA</b>
1	Calculo de las necesidades hídricas	45
2	Corrección por el factor de localización	45
3	Plano de campo, área experimental de la UNA, Managua, 2016.	46
4	Comparación de la composición química de los principales fertilizantes orgánicos	47
5	Foto de infiltración de agua en el suelo, UNA, Managua.	47
6	Foto de instalación del sistema de riego por goteo en la parcela experimental UNA, Managua	47
7	Foto de tutorio y aplicación de biofertilizante, UNA,Managua.	48
8	Medición y recolección de datos de variables de crecimiento UNA, Managua	48
9	Producción y cosecha de las plantas de tomate UNA, Managua.	48
10	Foto de medición de las variables del fruto de tomate UNA, Managua	49

## RESUMEN

El cultivo de tomate es una de las hortalizas de mayor consumo en Nicaragua, se cultiva en gran parte del territorio nacional, sin embargo en los últimos años la producción se ha visto disminuida debido a las irregularidades climáticas además de la dependencia y altas aplicaciones de fertilizantes convencionales por parte de los productores, ocasionando incrementos innecesarios en los costos de producción, por lo tanto se efectuó la presente investigación con el objetivo de evaluar tres láminas de riego por goteo (1.5, 2.0 y 2.5 litros/planta/día) y tres dosis de biofertilizante EM-5 (3, 4, 5 l ha<sup>-1</sup>) en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* Mill) cv. Shanty en condiciones edafoclimáticas de Managua. Para ello el estudio se realizó en el área experimental de la Facultad de Agronomía, adscrito a la Universidad Nacional Agraria (UNA), en el período comprendido entre noviembre 2015-febrero 2016, se empleó un diseño de Bloques Completos al Azar con Arreglos en Parcelas Divididas. Las variables fueron sujetas a través de un Análisis de Varianza (ANDEVA), y separación de medias por Duncan ( $\alpha=0.05$ ) mediante el programa estadístico SAS (v. 9.1). Las variables evaluadas diámetro de planta, número de flores por planta, diámetro polar, diámetro ecuatorial y volumen no fueron afectadas significativamente por los dos factores evaluados. Las láminas de riego no mostraron efecto significativo en el número de racimo por planta, número de frutos por planta y grados brix, encontrando diferencias estadísticas en la variable altura de la planta. El número de racimos por planta, frutos por planta y grados brix fueron afectados por las dosis de biofertilizante. En cuanto a los rendimientos obtenidos el factor riego mostró efecto significativo con un rendimiento de 11 945 kg ha<sup>-1</sup> para la lámina de 2.5 (l/planta/día), no así para las dosis de biofertilizante. La lámina de riego de 2.5 l/planta/día y la dosis de biofertilizante de 3 l/ha fue la dosis en donde se obtuvo los mayores rendimiento con una relación beneficio costo de U\$ 2.90.

**Palabras claves:** *Solanum lycopersicum* Mill, riego, biofertilizante, beneficio costo

## ABSTRACT

The tomato crop is one of the vegetables most consumed in Nicaragua, is grown in much of the country, however in recent years production has been diminished due to climatic irregularities and dependency and high fertilizer applications conventional by producers, resulting in unnecessary increases in production costs, therefore this research was conducted with the objective of evaluating three sheets drip irrigation (1.5, 2.0 and 2.5 liters / plant / day) and three doses of EM-5 biofertilizer (3, 4, 5 l ha<sup>-1</sup>), in the cultivation of tomato (*Solanum lycopersicum* Mill) cv. Shanty in soil and climatic conditions of Managua. For this, the study was conducted in the experimental area of the Agronomy, attached to the National Agrarian University (UNA) in the period november 2015 to february 2016, using a design randomized complete block in split plot design. The aim of the research was to evaluate three sheets of irrigation with 1.5, 2.0 and 2.5 l/plant/day and three doses of biofertilizer with 3, 4, 5 l ha<sup>-1</sup> in the cultivation of tomato (*Solanum lycopersicum* Mill) cv. Shanty in soil and climatic conditions of Managua. Variables were subject through an analysis of variance (ANOVA) and mean separation by Duncan ( $\alpha=0.05$ ) using SAS v. 9.1. The variables diameter of plant, number of flowers per plant, polar diameter, equatorial diameter and volume were not significantly affected by the two factors evaluated. Water depths also showed no significant effect on the number of cluster per plant, number of fruit per plant and brix, showing only statistical differences in the variable height. As for the irrigation factor yields showed significant effect yield 945 kg of 11 ha<sup>-1</sup> for the sheet of 2.5 (l / plant / day), but not for the doses of fertilizer. The irrigation depth of 2.5 l / plant / day and the dose of biofertilizer 3 l / ha is the best choice for Nicaraguan producers as it is the one that stands out above other treatments compared having a benefit cost ratio of U \$ 2.90.

**Keywords:** *Solanum lycopersicum* Mill, irrigation and biofertilizer, benefit cost

## I. INTRODUCCIÓN

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) es originario de América del Sur, aunque se considera a México como centro de su domesticación. Con la llegada de los españoles se expandió al viejo continente y de ahí a todo el mundo. Actualmente forma parte de la dieta alimenticia de varias culturas a nivel mundial (MIFIC, 2007). El cultivo del tomate inició en Nicaragua en 1940 en el municipio de Tisma, departamento de Masaya (Rayo, 2001). Según (MAGFOR, 2012a; citado por Gómez y Herrera, 2014) reporta que el rendimiento promedio nacional de tomate a campo abierto es de 25 200 kg ha<sup>-1</sup>.

Las principales zonas de producción de tomate son: Jinotega, La Concordia, Estelí, La Trinidad, Pueblo Nuevo, Condega, Sébaco, Darío, Terrabona, San Isidro, Ticuantepe, El Crucero, San Rafael del Sur, Jalapa, El Júcaro, Quilali, Tisma y Masatepe; reportándose el establecimiento de 1 775.12 hectáreas: 430.78 en Jinotega, 370.34 en Matagalpa, 356.99 en Estelí, 260.72 en Managua, 197.47 en Nueva Segovia y 158.82 hectáreas en Masaya (MAGFOR, 2012b; citado por Gómez y Herrera, 2014).

Entre las variedades o cultivares sobresalen: Tropic, Rio Grande, VF-134-1-2, Florade, Manalucia, UC-82, MTT-13, Charm, Gem Pride, Gemstar, Topspin, Yaqui y Buter. Existen en el mercado las variedades Paceseter 502, Caribe, Peto 98 e Híbridos como Brigada y Missouri (MIFIC, 2007); y Sheriff, Tolstoi, Shanty y Chiro (Chemonics International *et al.*, 2008).

Desde hace una década las variaciones y efectos del cambio climático son más frecuentes y prolongados año con año, las irregularidades de las precipitaciones han provocado grandes pérdidas en la producción agrícola del país aumentando además el uso de fertilizantes convencionales. Según la situación es necesaria la implementación de nuevas alternativas para mejorar la producción como es el riego por goteo utilizado en los diferentes cultivos y el uso de biofertilizante de fácil elaboración. El agua aplicada por este método es aprovechada por los cultivos, ya que irriga directamente la zona de influencia del sistema radicular a través de tuberías y emisores (Duarte *et al.*, 2010).

De igual manera, los biofertilizantes son necesarios por el aporte de micronutrientes al cultivo de tomate, entre estos fertilizantes orgánicos foliares se pueden mencionar bioles, purines y principalmente microorganismos eficientes (EM). Dicho fertilizante es un producto que contiene microorganismos que al ser inoculados pueden vivir asociados o en simbiosis con las plantas estimulando su crecimiento, nutrición y protección de invasión de patógenos.

Considerando la importancia del riego y de la nutrición orgánica en el cultivo de tomate se desarrolló el presente estudio evaluando láminas de riego por goteo y dosis de biofertilizante para generar información sobre las necesidades hídricas de la variedad Shanty y el uso de fertilizantes de fácil elaboración, para contribuir con nuevas alternativas a los productores de tomate de Nicaragua.

## II. OBJETIVOS

### Objetivo General

- Evaluar el comportamiento agronómico del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* Mill), cv. Shanty utilizando tres láminas de riego por goteo y tres dosis de biofertilizante en las condiciones edafoclimáticas en las instalaciones de la Universidad Nacional Agraria (UNA).

### 2.2 Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de tres láminas de riego por goteo en el crecimiento y rendimiento del cultivo de tomate.
- Comparar el efecto de tres dosis de aplicación de biofertilizante (3 l ha<sup>-1</sup>, 4 l ha<sup>-1</sup>, 5 l ha<sup>-1</sup>) sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de tomate.
- Determinar el efecto de la interacción lámina de agua aplicada y dosis de aplicación de biofertilizante sobre el rendimiento del cultivo de tomate.
- Estimar la relación Beneficio Costo de los tratamientos compuestos por las láminas de riego por goteo y dosis de biofertilizante en el cultivo de tomate.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Ubicación del área del experimento

El ensayo se estableció en el departamento de Managua, en el campo experimental de la Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Agraria (UNA), ubicada en el km 12.5 Carretera Norte. Con coordenadas 12° 08' 36'' latitud Norte y 86° 09' 49'' longitud Oeste a una altitud de 56 msnm (metros sobre el nivel del mar). El suelo presenta un pH de 7.5 a 8.5, con pendiente entre 0 y 2 % (Martínez, *et al.*, 2011).

La zona es caracterizada por su clima Tropical de Sabana, con una prolongada estación seca de cuatro a seis meses de duración, extendiéndose principalmente entre los meses de diciembre a abril y temperaturas altas todo el año (Rodríguez, 2014).

#### 3.2. Características del área experimental

##### 3.2.1. Análisis de suelo

El tipo de suelo donde se estableció el experimento pertenece a la serie La Calera, del orden Inceptisol, de color negro y pobremente drenado debido a que la permeabilidad es lenta. Posee además una capacidad de humedad disponible moderada y una zona radicular superficial a profunda, se deriva de sedimentos lacustres y aluviales (Salmerón y García, 1994). De acuerdo con el análisis de suelo según el Laboratorio de Suelo y Agua (LABSA, 2009), de la UNA (Cuadro 1), presentó un pH ligeramente alcalino, materia orgánica media, nitrógeno medio, fósforo y potasio alto, y una textura franco arenoso (Arcilla 11.2 %, Limo 28 % y Arena 60.8 %).

**Cuadro 1.** Características físico-químico del suelo del área experimental.

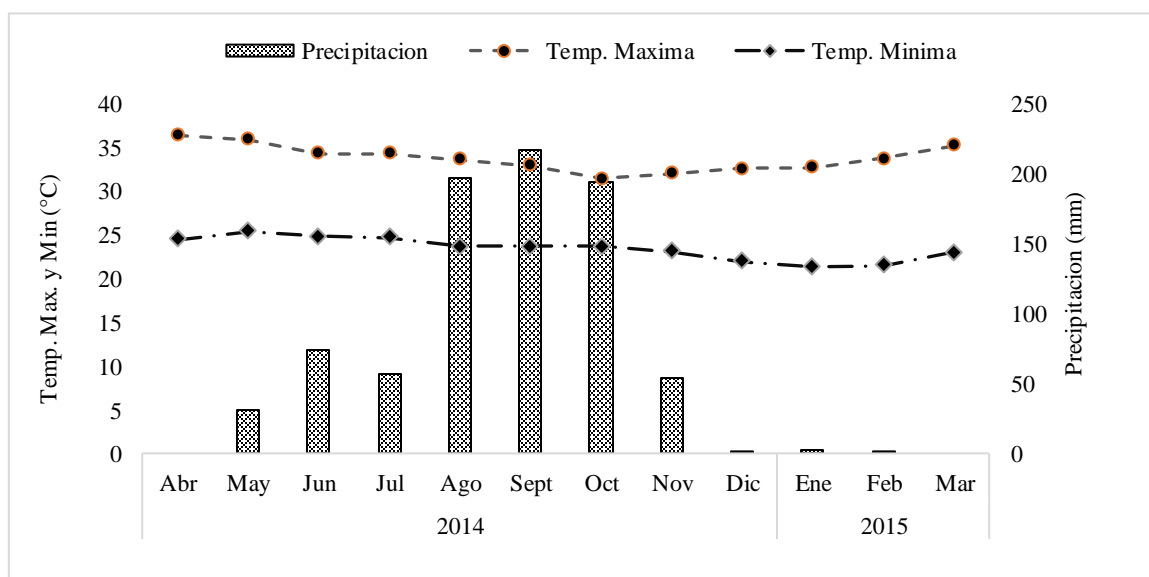
Prof.	pH	%			Ppm			Meq/100 g suelo			Ppm		Partículas en %	
Cm	H <sub>2</sub> O	MO	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Mn	arcilla	Limo	Arena	
25	8.03	2.6	0.13	22.8	4.68	25.01	11.02	0.98	1.12	28.48	11.2	28	60.8	

\*Loc= Localidad; Prof= Profundidad; MO= Materia Orgánica; N= Nitrógeno; P= fósforo, K= potasio, Mg= magnesio, Fe= hierro, Zn= zinc, Mn=manganeso.



### 3.2.2. Condiciones climáticas del sitio

En la Figura 1, se representan los valores promedios de temperaturas máximas y mínimas (Temp. Max. y Min.), precipitaciones acumuladas (Prec.) y evapotranspiración (Evap.) media diaria. Según Martínez *et al.*, (2011). Las temperaturas a lo largo del año van desde 27 °C a 34 °C. La precipitación anual promedio para Managua es de 1100 a 1600 mm, Humedad Relativa de 75 % y vientos de 12 km/hora (INETER, 2014).



**Figura 1.** Condiciones climáticas en el área de estudio. Estación meteorológica Aeropuerto Internacional Augusto César Sandino (INETER, 2014).

### 3.3. Diseño metodológico

El experimento fue establecido en un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA) con Arreglo de Parcelas Divididas, con dimensiones de 10 m de ancho y 15 m de largo para un área total de 150 m<sup>2</sup>, dividiéndose en tres bloques iguales de 1.6 m de ancho y 15 m de largo, correspondiente a 24 m<sup>2</sup> por cada repetición, con una área de 72 m<sup>2</sup>.

La unidad experimental constó con tres bloques separados por 1.6 m de distancia, cada bloque estuvo constituido por 3 surcos de 15 m de longitud, la distancia entre planta y surco fue de 0.8 m y 1 m de separación con respecto a los bordes del área total.

### 3.4. Material genético y descripción de los tratamientos

El material genético utilizado fue el híbrido Shanty el cual posee alta tolerancia al TYLCV (Virus de la hoja enrollada amarilla del tomate) y alto rendimiento. El estudio constó de tres diferentes láminas de agua y tres dosis de aplicación de biofertilizante foliar lo que se indican en el Cuadro 2.

Se evaluaron dos factores (Cuadro 2), donde la frecuencia de aplicación del factor A fue cotidiana (Diaria) y el factor B fue cada ocho días durante el ciclo del cultivo, cada repetición tuvo tres parcelas con las mismas características.

**Cuadro 2.** Descripción y manejo de los tratamientos.

<b>Factor A</b>	<b>Factor B</b>
Láminas de riego	Dosis de aplicación de biofertilizante
<b>a<sub>1</sub>.</b> 1.5 l/planta/día	<b>b<sub>1</sub>.</b> 3 l ha <sup>-1</sup>
<b>a<sub>2</sub>.</b> 2.0 l/planta/día	<b>b<sub>2</sub>.</b> 4 l ha <sup>-1</sup>
<b>a<sub>3</sub>.</b> 2.5 l/planta/día	<b>b<sub>3</sub>.</b> 5 l ha <sup>-1</sup>

Las láminas de riego correspondientes a 1.5, 2.0 y 2.5 l/planta/día, se lograron ajustar considerando el tiempo de aplicación de riego al cultivo de 2.30, 3.20 y 4.10 horas/día, respectivamente.

Para garantizar la aplicación de las láminas de riego por cada tratamiento, se aforaron tres emisores en los laterales críticos para determinar el tiempo de riego. En este procedimiento fue necesario ubicar un recipiente en cada uno de los emisores en un tiempo de 15 minutos, mediante esta prueba se determinó el gasto promedio obteniendo 0.6 litros en un tiempo de una hora, efectuando el cálculo de los tiempos de riego en base a los resultados obtenidos (Cuadro 2).

El método de preparación del biofertilizante fue manual diluyendo la melaza en una parte de agua, luego se le agregaron los ingredientes vinagre, alcohol, EM, se mezclaron bien para luego dejar fermentar la solución bajo condición anaeróbica; una vez listo el biofertilizante se diluía en una bomba de 20 litros de agua.

### **3.5. Manejo agronómico del cultivo**

#### **3.5.1. Establecimiento del semillero**

El semillero fue establecido el 22 de octubre del 2015, protegiéndolo los primeros 35 días de la afectación causadas por plagas en un micro túnel ubicado cerca del área experimental. Se utilizó vasos de material poroplast con compost tamizado, luego se depositó una semilla en cada vaso a una profundidad de 2 cm, posteriormente se aplicó riego dos veces al día en la mañana y tarde, lo cual el resultado fue de un porcentaje de germinación de 90%.

#### **3.5.2. Preparación del terreno y manejo de arvenses**

Antes de realizar la siembra se controlaron mecánicamente las arvenses utilizando azadones, rastrillos y machetes con una frecuencia de ocho días desde el trasplante hasta la cosecha del cultivo con el fin de crear condiciones favorables y evitar la competencia, la preparación de camas de siembra constaron con una longitud 15 m y 40 cm de ancho.

#### **3.5.3. Trasplante**

Se realizó el 26 de Noviembre cuando las plántulas tenían 35 días de emergidas. Dichas plántulas presentaban una altura promedio de 15-20 cm.

#### **3.5.4. Tutoreo y amarre**

Esta actividad dependió del crecimiento de las plantas cuando estas tenían entre 25 a 30 cm de altura, colocándose estacas en cada surco con una distancia entre estaca de 3 metros, luego de esto se pasó una línea de nylon a una altura de 10 cm de la superficie del suelo, así mismo las otras líneas a una distancia de 15 cm una de la otra o dependiendo del estado fenológico del cultivo.

### **3.5.5. Aporque**

Se realizó con azadones evitando causar daño a las raíces de las plantas de tomate.

### **3.5.6. Riego**

En la etapa de semillero se regó con regaderas y en el área experimental el sistema de riego por goteo. La cantidad de agua aplicada por planta en cada tratamiento fue (1.5, 2.0 y 2.5 l/planta/día), luego se duplicó la cantidad de agua por cada lamina de riego a (3, 4 y 5 l/planta/día) cuando se dio la aparición de las primeras flores manteniéndose de igual forma en la etapa de fructificación, debido a que es donde más demanda de agua requiere el cultivo para el desarrollo de flores y producción de los frutos, y por último restableciéndolas a las láminas iniciales en la etapa final de cultivo.

### **3.5.7. Fertilización**

La fertilización fue de manera general a todos los tratamientos con productos sintéticos como urea 46%, aplicándose a la base de la planta a una distancia de 10 cm del tallo ya que al haber contacto directo puede causarle marchitamiento, también completo 12-30-10 de manera foliar con una bomba con capacidad de 20 litros y una dosis de 2 qq ha<sup>-1</sup>, estas aplicaciones a los 45, 60 y 75 días después del trasplante, las cuales fueron pocas debido a que el factor de evaluación eran las dosis de biofertilizante.

### **3.5.8. Biofertilizante**

Las dosis de biofertilizante aplicadas fueron de 3 l ha<sup>-1</sup>, 4 l ha<sup>-1</sup> y 5 l ha<sup>-1</sup>, estas realizadas por las tardes cada ocho días utilizando bomba de mochila de 20 l para su respectiva aplicación.

El biofertilizante aplicado (EM-5) proviene de la mezcla de vinagre natural, alcohol, melaza y EM. Es conocido en Japón como "Sutocho" que es una combinación de "Su (vinagre), Tou (melaza), y cho (alcohol)". Este producto funciona como repelente natural y no tóxico. Se usa asperjando sobre las plantas ya que fortalece las paredes celulares ayudando a resistir el ataque de plagas y enfermedades y es muy efectivo para vigorizar plantas débiles, de ahí su nombre (INATEC, 2014?).

La composición química aproximada de los principales elementos nutricionales del EM-5, según Díaz y Montero (2009), son: Calcio 2.238 (meq/100g), Magnesio 0.018 (meq/100g), Sodio 4870 (meq/100g), Potasio 2.603 (meq/100g), Hierro 0.037 (meq/100g), Manganeso 0.003 (meq/100g) y Cobre 0.001 (meq/100g).

### **3.5.9. Manejo fitosanitario**

Los muestreos de plagas y enfermedades se realizaron de manera visual para determinar su manejo. Se observaron ataque del minador de la hoja (*Liriomyza trifolii*) y mosca blanca (*Bemisia tabaci*), se aplicó en horas de la tarde (4 pm) insecticidas sintético (Imidacloprid) con una dosis (400 g ha<sup>-1</sup>) para el manejo de las plagas antes mencionadas. Así mismo fue aplicado cal a la base del tallo como método preventivo para la aparición de la necrosis apical causada por un desorden fisiológico de la planta, déficit de calcio y antagonismo del mismo con el Potasio (K), esta consideración fue debido a la aparición de esta enfermedad en cultivos aledaños al área experimental.

### **3.5.10. Cosecha**

Esta actividad fue de forma manual cuando los frutos tenían al menos el 50 % de color rojo realizándose por la tarde (3-5 pm) para aprovechar temperaturas más bajas y con ello prolongar la vida útil de los frutos. El primer corte se hizo el 18 de enero a los 88 días después del trasplante; y así continuamente cada 8 días, siendo el último corte a los 116 días después del trasplante.

## **3.6. Parámetros hidrofísicos**

### **3.6.1. Láminas de riego**

Las láminas de riego fueron determinadas por medio de los parámetros edafoclimáticos de Managua, posteriormente fueron confirmadas con el programa Cropwat v 8.0 (FAO, 2006) mediante la siguiente ecuación se utilizó la fórmula:

$$ETc = Kc \times Eo$$

Dónde:

Kc = Coeficiente de cultivo

Eo = Evaporación diaria

Las láminas de riego fueron manejadas de acuerdo a la etapa fenológica del cultivo, la menor lamina fue de 1.5 l de agua por día por planta y la mayor fue de 5 litros de agua por día (Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Láminas de riego en litro por planta por día (l/planta/día) evaluadas en los 120 días en campo en el cv de tomate Shanty, Managua, Nicaragua. 2016

<b>Láminas de riego</b>	<b>Etapla inicial (1-25 ddt)</b>	<b>Etapla media (26-86 ddt)</b>	<b>Etapla final (87-100 ddt)</b>
a).	1.5	3.0	1.5
b).	2.0	4.0	2.0
c).	2.5	5.0	2.5

ddt = días después del trasplante.

### 3.6.2. Tiempo de riego

Fue utilizada la ecuación descrita por Marrero (2006), quien recomienda calcular el tiempo de riego de la siguiente manera:

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

Dónde:

**Tr:** Tiempo de riego (horas).

**qe:** Caudal del emisor (l/h).

**Ne:** Número de emisores por planta

Resultados obtenidos a partir del cálculo:

**Cuadro 4.** Tiempo en horas de aplicación de las distintas láminas de riego. Managua, Nicaragua, 2016.

<b>Láminas de riego</b>	<b>Etapla inicial (1-25 ddt)</b>	<b>Etapla media (26-86 ddt)</b>	<b>Etapla final (87-100 ddt)</b>
a).	2.30	5.00	2.30
b).	3.33	7.06	3.33
c).	4.16	8.32	4.16

DDT=días después del trasplante.

### 3.6.3. Capacidad de campo (Cc)

Marrero (2006) define la capacidad de campo como el estado o nivel de humedad que alcanza un suelo saturado cuando ha cesado el drenaje interno del mismo. Para determinar la capacidad de campo del suelo donde tuvo lugar el ensayo se empleó el método de la Olla de Richard en el Laboratorio de Suelos y Agua (LABSA) de la Universidad Nacional Agraria.

### 3.6.4. Coeficiente de uniformidad

En todos los sistemas de riego, una elevada uniformidad permite hacer uso más eficiente del agua disponible, maximizar la producción y limitar las pérdidas de agua por percolación profunda. Las evaluaciones de riego en campo sirven para determinar la distribución del agua del riego en la parcela. Esto permite diagnosticar la uniformidad del riego estableciendo niveles cuantitativos (Dechmi *et al.*, 2001).

Esta variable se midió mediante el uso de un recipiente y de una probeta de 1000 ml, para ello se seleccionaron tres emisores ubicados en los laterales críticos. Transcurrida una hora se procedió a la medición del agua recolectada en los recipientes colectores, para proceder a los cálculos por el método del cuarto menor (INIA-URURI, 2010), estos datos fueron convertidos a sus equivalentes en litros por hora para su registro y posterior análisis.

- Los nueve datos obtenidos fueron ordenados de menor a mayor.
- De estos nueve datos fueron seleccionados los cuatro menores para el cálculo del promedio de los emisores de menor caudal

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

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

- Fue calculado el promedio del caudal de todos los emisores.

$$qn = \frac{q1 + q2 + q3 + q4 + q5 + \dots + q9}{9}$$

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

- La determinación del coeficiente de uniformidad de caudal, que se expresa en porcentaje:

$$CUC = \frac{q25\%}{qn} 100$$

Donde:

CUC: Coeficiente de Uniformidad del Caudal (%).

q25%: Caudal promedio (l/h).

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

**Cuadro 5.** Datos de aforación (realizado en 15 minutos) del sistema de riego en la parcela experimental, Managua, Nicaragua. 2016.

Láminas	Puntos de muestreo	Volumen (ml)	Q (l/h)
a).	1	141.00	0.56
	2	139.50	0.55
	3	123.00	0.49
b).	4	144.00	0.57
	5	133.50	0.53
	6	141.00	0.56
c).	7	141.00	0.56
	8	132.00	0.52
	9	142.50	0.57

\*Q= Caudal, l/h= litros por hora, ml= mililitro

### 3.6.5. Coeficiente de rendimiento del cultivo “Ky”

Determinado al final de la cosecha, con los datos de 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:

$$\left(1 - \frac{Y_r}{Y_m}\right) = Ky \left(1 - \frac{EVTPr}{EVTpm}\right)$$



Calculando “Ky” obtenemos

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

**Dónde:**

Yr: rendimiento real

Ym: rendimiento máximo

EVTPrm: evapotranspiración máxima

EVTPr: evapotranspiración referencial

### **3.7. Propiedades físicas del suelo**

#### **3.7.1. Curva de infiltración de agua a través del suelo**

Estuvo determinado por medio del doble cilindro, tomando en cuenta las condiciones de humedad del suelo, efectuado el riego para obtener valores confiables. Debido a los múltiples factores que inciden en su determinación y a la variabilidad espacial, las pruebas de infiltración fueron en varios puntos del terreno en estudio, los cilindros tienen las dimensiones de 60 cm de diámetro y 30 cm de altura cilindro externo e interno respectivamente 30 cm de altura, ubicados en forma concéntrica cuidadosamente; en el cilindro interior se efectuaron las mediciones mientras que el cilindro exterior tiene como objeto evitar el flujo radial del agua durante la prueba de infiltración.

Los materiales utilizados para efectuar las pruebas de infiltración fueron, un trozo de madera, un balde, una regla graduada en cm y mm, cronómetro, pala, un trozo de plástico 80 cm<sup>2</sup> y la hoja de registro, para luego verter el agua de manera que no haga un contacto directo al suelo. Establecido el sistema, se recopilaron los datos correspondientes como la profundidad de agua en el cilindro externo e interno, esto con una regla graduada en cm tomando los datos de profundidad que el nivel del agua alcanzó en el anillo interno con intervalos de lecturas de 5 lecturas cada 1, 5, 10, 20 y 30 minutos, hasta que el suelo estuviera saturado. El análisis de los datos fue con el método de Kostiakov.

### 3.7.2. Densidad real

Expresa el peso del suelo y está referida a la densidad de las partículas sólidas que lo componen y es simplemente el peso de la parte sólida entre el volumen que esta ocupa; el resultado se obtiene en gramos por centímetros cúbicos. Se determinó mediante un muestreo de suelo en el campo y posteriormente se analizó en el Laboratorio de Suelos y Agua de la Universidad Nacional Agraria. La fórmula que se utilizó para calcular la densidad real es la siguiente:

$$Dr = \frac{G}{Vs}$$

Donde:

Dr: Densidad real

G: Es el peso de la parte sólida.

Vs: Volumen ocupado por el sólido.

### 3.7.3. Densidad Aparente

Es la relación existente entre el peso de una porción de suelo y su volumen, incluyendo en este el ocupado por los poros. La fórmula utilizada para calcular la densidad real es la siguiente:

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

Donde:

Da: Densidad Aparente

G: Es el peso de la parte sólida.

Vt: Es el volumen total ocupado por el suelo

### 3.7.4. Porosidad del suelo

La porosidad se define como el porcentaje del volumen total del suelo que está ocupado por los poros. Una vez obtenidos los valores de la densidad aparente y real del suelo, fue determinado el valor de la porosidad a través de la fórmula:

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

Dónde:

Da= Densidad aparente

Dr= Densidad real

### **3.8. Variables de crecimiento en el cultivo**

#### **3.8.1. Altura de plantas**

Evaluadas con una cinta métrica y expresada en centímetros (cm), realizando las mediciones desde el nivel del suelo hasta el punto más alto de la planta.

#### **3.8.2. Diámetro de plantas**

Empleando un vernier realizando las mediciones a 10 cm de la base del tallo de la planta, para su posterior registro expresado en centímetros (cm).

### **3.9. Variables del fruto y rendimiento**

Para la medición de estas variables de frutos y rendimiento fue necesario hacer uso de baldes, bolsas plásticas en cada una de las cosechas y balanzas, vernier, beaker en la realización de las tomas de datos.

#### **3.9.1. Número de racimos de tomate por planta**

Se realizó un conteo manual de todos los racimos en las plantas seleccionadas de la parcela útil para el posterior cálculo del promedio de racimos.

#### **3.9.2. Número de flores de tomate por planta**

Contabilizando el número de flores por cada planta de tomate de acuerdo a la cantidad descrita para cada tratamiento en el área experimental.

#### **3.9.3. Número de tomates por planta**

Se realizó un conteo del número de frutos por cada planta de cada tratamiento.

#### **3.9.4. Diámetro polar y ecuatorial del fruto**

Expresado en centímetros (cm), utilizando un vernier para la toma del radio polar y ecuatorial a un total de 15 frutos por tratamientos.

#### **3.9.5. Volumen del fruto**

Expresado en centímetros cúbicos (cm<sup>3</sup>); haciendo uso de una probeta de 500 ml conteniendo 200 ml de agua en la que se sumergían los frutos seleccionados al azar de la parcela útil y se procedía a medir el volumen de agua desplazado.

#### **3.9.6. Grados Brix**

Los grados brix representan la concentración de los sólidos solubles. Fueron seleccionados cinco frutos maduros por parcela experimental. Una vez cortado el fruto, fueron depositadas dos gotas de su jugo en el prisma del refractómetro y se observó el porcentaje de grados brix.

#### **3.9.7. Rendimiento**

Fueron contabilizados y pesados todos los frutos por cada planta de la parcela útil y posteriormente se uniformaron en kg ha<sup>-1</sup>.

### **3.10. Incidencia y severidad de virosis**

#### **3.10.1. Porcentaje de incidencia de virosis transmitido por mosca blanca**

La incidencia es una variable exacta y fácil de medir, sin embargo esta variable no indica la magnitud de la enfermedad en términos de tejido afectado, basta con una pequeña porción de tejido afectado para considerarla como una planta con síntomas de la enfermedad. Para la toma de datos de incidencia hubo tres muestreos semanalmente (10 plantas por

tratamiento). Para obtener la relación porcentual de incidencia de virosis se empleó la fórmula propuesta por Chavarría (2004).

$$\text{Incidencia (\%)} = \frac{\text{Total de plantas afectadas con síntomas de virosis}}{\text{Número total de plantas}} \cdot 100$$

### 3.10.2. Porcentaje de severidad de virosis

La severidad es la porción de tejido de plantas afectadas expresada en porcentaje de área foliar total. A diferencia de la incidencia la severidad es una medida visual y subjetiva; por lo tanto, está sujeta a variaciones y errores de agudeza visual del evaluador. Para la toma de datos de severidad, se realizaron tres muestreos semanalmente (10 plantas por tratamiento).

El grado de severidad de virosis es determinado por la escala de severidad para plantas con síntomas virales propuesta por REDCAHOR, modificada por Rojas *et al.* (2000) y Jiménez (2008).

**Cuadro 6.** Escala de severidad para plantas afectadas por virus transmitido por mosca blanca (*Bemisia. tabaci*).

Grados	Severidad de virosis (Síntomas)
0	No hay síntomas
1	Débil mosaico y corrugado en la lámina foliar en las hojas nuevas
2	Mosaicos, corrugados de las hojas generalizados
3	Mosaicos, corrugados y deformaciones en las hojas y ramas
4	Enanismos y deformaciones severas

Además de la escala de severidad fue utilizada la fórmula planteada por Vander Plank (1963) para obtener el porcentaje de severidad.

$$S = \frac{\sum i}{N(VM)}$$

Donde:

S = Porcentaje de Severidad

$\sum i$  = Sumatoria de valores observados

N = Número de plantas muestreadas

VM = Valor máximo de la escala

### 3.11. Análisis económico

Los resultados del rendimiento obtenido en las parcelas del experimento fueron sometidos a un análisis económico, para determinar la rentabilidad de los tratamientos en comparación con la práctica tradicional del productor o simplemente determinar el tratamiento con mayor retorno económico (Aleman, 2004).

### 3.12. Análisis de presupuesto parcial

Para recolectar los costos que varían (costos de invernadero, costos de insumos, etc.) de un tratamiento a otro con el fin de obtener los costos y beneficios de los tratamientos alternativos, luego el cálculo del rendimiento y el precio unitario para después calcular los beneficios brutos, restándole a esto los costos variables para obtener el beneficio neto (CIMMYT, 1988).

### 3.13. Análisis de la información

Los datos obtenidos de las variables estudiadas, se registraron en hojas de cálculo (Excel) para su posterior análisis con SAS (v 9.1). Fue realizado análisis de varianza (ANDEVA) sobre las variables agronómicas y de rendimiento, estableciéndose en el siguiente modelo aditivo lineal.

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_k + \tau_i + \varepsilon_{ik} + \alpha_j + (\tau\alpha)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

- $i = 1, 2, 3 \dots a$  láminas de riego  
 $j = 1, 2, 3 \dots b$  dosis de biofertilizante  
 $k = 1, 2, 3 \dots r$  Bloques

Dónde:

$Y_{ijk}$  Es el valor medio de las observaciones medidas en los distintos tratamientos de cada bloque conformado

$\mu$  Estima a la media poblacional sobre el modelo

$\beta_k$  Estima el efecto del  $k$ -ésimo bloques

$\tau_i$  Estima el efecto del  $i$ -ésimo lámina de riego

$\varepsilon_{ik}$  Estima el efecto del error experimental de la parcela grande

$\alpha_j$  Estima el efecto del  $j$ -ésimo dosis de biofertilizante

$(\tau\alpha)_{ij}$  Estima el efecto de los tratamientos y su interacción

$\varepsilon_{ijk}$  Estima el efecto del error experimental de la parcela pequeña

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Parámetros hidrofísicos

#### 4.1.1. Volumen total de agua aplicada

El volumen total de agua aplicado en todo el ciclo del cultivo se calculó con respecto a las diferentes láminas de riego para los diferentes estados de desarrollo de la planta. Los resultados se muestran en el Cuadro 7, a los 120 días en el cultivo se encontró que el volumen total de agua aplicado en campo fue de 138.88 m<sup>3</sup>, el cual es superior al volumen de agua aplicado por López y Coleman (2016), con 83.03 m<sup>3</sup> debido a que la variedad UC-82 demanda menor cantidad de agua en todo el ciclo del cultivo.

**Cuadro 7.** Volúmenes de agua aplicada durante el ciclo del cultivo

Láminas de riego	Etapa inicial (1-25 ddt)	Etapa media (26-86 ddt)	Etapa final (87-100 ddt)	Total de agua aplicada (m <sup>3</sup> )
a1	12 825 l	17 100 l	4 275 l	34.20
a2	17 100 l	22 800 l	5 700 l	47.60
a3	21 375 l	28 500 l	7 125 l	57.00
Total				138.80

ddt= días después del trasplante, m<sup>3</sup>= metros cúbicos

#### 4.1.2. Capacidad de campo

Los resultados obtenidos del análisis del suelo donde se estableció el experimento indican que la capacidad de campo (Cc) es de 28.96 %, lo que nos 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 %, esto significa que el suelo presenta una buena retención de humedad.

#### **4.1.3. Coeficiente de uniformidad**

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 96 % ( $CU= 96\%$ ). Vermeiren y Jobling (1986), citados por Lobo *et al.* (2011) , califican coeficientes de uniformidad mayores de 94 % como excelentes.

#### **4.1.4. Coeficiente de rendimiento del cultivo “Ky”**

La aplicación del factor sobre el rendimiento (Ky) 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 del proyecto. En condiciones de agua limitada, distribuida por igual durante toda la estación vegetativa, incluyendo los cultivos con distintos valores de Ky, el cultivo con mayor valor de Ky, sufrirá mayor pérdida de rendimiento que el cultivo con menor valor de Ky (Doorenbos y Kassam, 1980; citados por Herrera y Ruiz, 2011).

Valores menores de “Ky” representan un aprovechamiento más eficiente del agua aplicada a través del riego, casos contrarios indicarían pérdidas. Los resultados obtenidos indican que la lámina de riego con menor pérdida fue la de 5 l/planta/día con un valor de Ky de 3.47. En cuanto a las otras dos láminas de riego evaluadas de 3 y 4 l/planta/día, éstas presentan un comportamiento similar con valores de 4.11 y 4.12 respectivamente. Estos resultados reflejan en parte la relación que tienen las distintas láminas de riego aplicadas con respecto a los rendimientos obtenidos del cultivo.

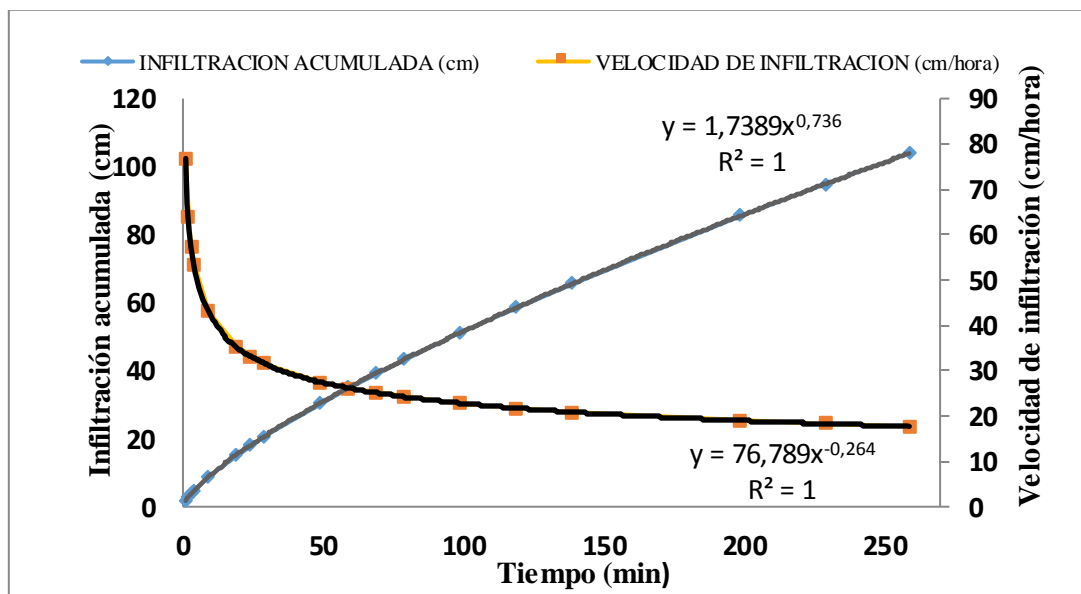


## 4.2. Propiedades físicas del suelo

### 4.2.1. Infiltración de agua en el suelo

La infiltración es el proceso por el cual el agua penetra desde la superficie del terreno. 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).

Como resultado se obtuvo que la infiltración acumulada del suelo es de 35.4 cm y la velocidad de infiltración del suelo es 36.28 cm por hora, esto quiere decir que es un suelo con un buen drenaje que puede soportar una intensidad de lluvia de 36.28 cm en una hora para que pueda saturarse. Esto se debe a que la clase textural del suelo es un franco arenoso.



**Figura 2.** Velocidad de infiltración acumulada del suelo. Universidad Nacional Agraria, Managua 2016.

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

#### **4.2.2. Densidad real (Dr) y Densidad aparente (Da)**

Según el análisis realizado por el Laboratorio de Suelos y Agua (LABSA, 2016), el suelo del área experimental presentó una densidad real de  $2.36 \text{ g/cm}^3$  y densidad aparente de  $0.91 \text{ g/cm}^3$ . Cisneros (2003), denomina a los suelos con valores medios de densidad aparente entre 0.7 y 1.1 ( $\text{g/cm}^3$ ) como suelos orgánicos. Los valores de densidad aparente altos (mayores de  $1.3 \text{ g/cm}^3$ ) indican un ambiente pobre para el crecimiento de raíces, aireación reducida y cambios indeseables en la función hidrológica como la reducción de la infiltración del agua (FAO, 2009).

Marrero (2006), señala que tanto la densidad aparente como la densidad real están vinculadas con las partículas del suelo, y asimismo al movimiento del agua a través de él. Como la densidad aparente incluye espacios porosos, a mayores valores de densidad aparente disminuye proporcionalmente la porosidad del suelo (Núñez, 2000).

#### **4.2.3. Porosidad del suelo (P)**

Se obtuvo que el suelo presenta un 61.5 % de porosidad. FAO (2006), califica 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. Variables de crecimiento en el cultivo**

El ANDEVA realizado con un 95 % de confianza para la variable altura y diámetro a los 49 ddt refleja diferencias altamente significativas en el tratamiento riego, así como también la interacción (riego\*biofertilizante), caso contrario en los tratamientos de biofertilizante (Cuadro 8).

En estas evaluaciones, el uso de biofertilizante no tuvo incidencia en altura y diámetro de plantas ya que se comportaron en forma semejante todos los tratamientos, debido a que hubo un crecimiento normal y homogéneo de las plantas en todo el ciclo.

**Cuadro 8.** Análisis de varianza ( $\alpha = 0.05$ ), en el efecto del riego, biofertilizante y la interacción de ambos factores en las variables de crecimiento.

<b>Variable</b>	<b>Repeticiones</b>	<b>Riego</b>	<b>Biof</b>	<b>Riego *Biof</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>CV</b>
Altura 1 (49 ddt)	0.287	0.0034	0.377	0.038	0.688	14.82
Altura 2 (64 ddt)	0.429	0.063	0.244	0.099	0.649	15.49
Diámetro 1 (49 ddt)	0.122	0.004	0.683	0.033	0.669	13.60
Diámetro 2 (64 ddt)	0.740	0.558	0.585	0.011	0.727	11.22

Biof = Biofertilizante, ddt= días después del trasplante

#### **4.3.1. Altura de la planta**

El tomate posee un tallo herbáceo. En su primera etapa de crecimiento es erecto y cilíndrico y luego se vuelve decumbente y angular. El tamaño viene determinado por las características genéticas de las plantas y otros factores, encontrándose plantas de porte bajo, con 30 – 40 cm, y de porte alto, que pueden alcanzar hasta 3 m (INTA, 2004).

La altura de la planta es uno de los factores de crecimiento en conjunto con el ahijamiento y otros factores influyen sobre la capacidad fotosintética del cultivo y hace posible un desarrollo apropiado lo que determinará la productividad de las plantas (Alemán, 1991).

El material genético utilizado es de habito de crecimiento determinado; según (Chemonics International, Inc., 2008), son plantas arbustiva, con un tamaño de planta definido aunque esta característica varía según el tipo de cultivar, donde en cada extremo del crecimiento aparece una yema floral, además de tener periodos de cuajado y floración limitados.

Según la prueba de rangos múltiples de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ), la altura de la planta presentó diferencias estadísticas a los 49 ddt y 64 ddt con respecto a las láminas de riego, prevaleciendo con los mayores promedios la lámina con mayor tiempo de riego (2.5 l/planta/día) con 118.62 cm (Cuadro 9). Los resultados obtenidos superaron los reportados por López y Coleman (2016), con 88.71 cm de altura en la variedad UC-82, caso contrario a Andrades y Loáisiga (2015), los cuales tuvieron rangos de altura superior con 212.87 cm a 183.93 cm siendo superados por más de 60 cm de diferencia al evaluar Shanty en condiciones de invernadero.

El comportamiento de esta misma variable de acuerdo a las dosis de biofertilizante no tuvo diferencias estadísticas entre ellas, caso similar a los resultados obtenidos por Amaguaña (2009), el cual no mostraron diferencia estadísticas.

#### **4.3.2. Diámetro 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).

Se determinó que no existen diferencias con respecto a la influencia del biofertilizante y riego a los 64 ddt, encontrando únicamente diferencias estadísticas en el factor riego a los 49 ddt. Los promedios se encuentran en un rango de 0.59 a 0.61 cm de diámetro en el tallo (Cuadro 9). Estos resultados son menores a los obtenidos por Andrades y Loáisiga (2015), con promedios de 1 a 5 cm y López y Coleman (2016), con 1.24 a 1.31 cm.

**Cuadro 9.** Comparación de los valores medios para las variables de crecimiento en el cultivar de tomate Shanty Managua, Nicaragua, 2016.

Factor	Tratamiento	Altura		Altura		Diámetro		Diámetro	
		(49 ddt)		(64 ddt)		(49 ddt)		(49 ddt)	
Riego	2.5 l/planta/día	72.33	a	118.62	a	0.64	a	0.61	a
	2.0 l/planta/día	70.04	a	102.65	ab	0.62	a	0.61	a
	1.5 l/planta/día	56.21	b	97.87	b	0.52	b	0.56	a
Biofertilizante	4 l ha <sup>-1</sup>	68.14	a	110.47	a	0.61	a	0.61	a
	5 l ha <sup>-1</sup>	67.55	a	109.02	a	0.59	a	0.59	a
	3 l ha <sup>-1</sup>	62.89	a	99.65	a	0.58	a	0.59	a

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (LSD  $\infty$  = 0.05).  
ddt= días después del trasplante

#### 4.4. Variables del fruto y rendimiento

El análisis de varianza para las variables número de racimos, flores y frutos realizado con un 95 % de confianza con respecto a los factores evaluados no refleja diferencias significativas, al igual que la interacción de ambos factores.

**Cuadro 10.** Análisis de varianza en el efecto del riego, biofertilizante y la interacción de ambos factores en las variables racimo, flores y frutos

Variable	Repeticiones	Riego	Biof	Riego*Biof	R <sup>2</sup>	CV (%)
Racimo	0.191	0.108	0.031	0.065	0.788	21.99
Flores	0.818	0.489	0.298	0.106	0.742	34.95
Frutos	0.835	0.455	0.186	0.109	0.774	32.34

Biof = Biofertilizante

##### 4.4.1. Número de racimos

El conjunto de tratamientos no presentó diferencias estadísticas, obteniendo un mayor número de racimos por planta el tratamiento con mayor cantidad de agua aplicada (2.5 l/planta/día) 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 racimos.

Con respecto al biofertilizante los tratamientos mostraron diferencias estadísticas entre ellos, por tanto si están determinados por la dosis de aplicación ya que el tratamiento que se aplicó la mayor dosis de biofertilizante con (5 l ha<sup>-1</sup>) es el que obtuvo mayor número de racimos con 6.50 y el tratamiento con (3 l ha<sup>-1</sup>) presentó el menor número de racimos con 4.84 racimos, ubicándose las tres dosis en tres categorías estadísticas diferentes.

#### **4.4.2. Número de flores por planta**

El tomate posee una inflorescencia en forma de racimo, con flores pequeñas, medianas o grandes, de coloración amarilla en diferentes tonalidades. El racimo puede ser simple de un solo eje o compuesto cuando posee un eje con varias ramas. La cantidad de flores es regulada por características hereditarias y condiciones de cultivo (INTA, 1999).

De acuerdo a los tratamientos evaluados ( $\alpha = 0.05$ ) indica que el conjunto de tratamientos no demuestran diferencias con respecto al número de flores y se pueden agrupar en una sola categoría estadística en un rango de 11.61 a 18.09, por tanto no existió influencia de los tratamientos, ya que los días de floración se desarrollaron de forma normal (Cuadro 11). Resultaron inferiores en comparación con Andrades y Loáisiga (2015), ya que obtuvieron promedios entre 19.7 a 23.8 flores por planta; sin embargo sus tratamientos no tuvieron diferencias estadísticas entre sí, al igual que Amaguaña (2009), el cual sus resultados no difirieron estadísticamente al evaluar dosis de biofertilizantes en tomate.

#### **4.4.3. Número de frutos**

La cantidad de frutos por planta con respecto a las láminas de riego no mostró diferencias estadísticas en un rango entre 10.41 a 17.45 frutos por planta. No así en las dosis de biofertilizante las cuales mostraron diferencias estadísticas con mayor cantidad de frutos por planta el tratamiento medio (4 l ha<sup>-1</sup>) con 15.20 frutos, seguidos por (5 l ha<sup>-1</sup>) con 14.25 y (3 l ha<sup>-1</sup>) con 11.00 frutos respectivamente (Cuadro 11). Estos resultados son similares a los obtenidos por López y Coleman (2016), los cuales tuvieron promedios entre 10.50 a 13.50, aunque en comparación con Andrades y Loáisiga (2015), resultan inferiores con 17.1 a 17.97 de frutos.

**Cuadro 11.** Comparación de los valores medios para las variables racimo, flores y frutos en el cultivar de tomate Shanty Managua, Nicaragua, 2016.

<b>Factor</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Racimo</b>		<b>Flores</b>		<b>Frutos</b>	
Riego	2.5 l/planta/día	6.45	a	18.09	a	17.45	a
	1.5 l/planta/día	5.91	a	13.16	a	12.41	a
	2.0 l/planta/día	4.66	a	10.83	a	10.41	a
Biofertilizante	5 l ha <sup>-1</sup>	6.50	a	15.60	a	14.25	ab
	4 l ha <sup>-1</sup>	5.70	ab	15.00	a	15.20	a
	3 l ha <sup>-1</sup>	4.84	b	11.61	a	11.00	b

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes

El Análisis de varianza para la variable diámetro polar; diámetro ecuatorial y volumen no mostraron diferencias significativas con respecto a los tratamientos de riego, biofertilizante y la interacción (riego\*biofertilizante), sin embargo para la variable grados brix refleja significancia para el tratamiento biofertilizante y la interacción riego\*biofertilizante. (Cuadro 12).

**Cuadro 12.** Análisis de varianza en el efecto del riego, biofertilizante y la interacción de ambos factores en las variables estudiadas.

<b>Variable</b>	<b>Rep.</b>	<b>Riego</b>	<b>Biof</b>	<b>Riego*Biof</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>CV (%)</b>
<b>DiamPol</b>	0.89	0.97	0.83	0.29	0.62	9.57
<b>DiamEc</b>	0.82	0.38	0.38	0.49	0.62	7.25
<b>Volumen</b>	0.93	0.59	0.45	0.73	0.59	20.11
<b>Grados Brix</b>	0.30	0.54	0.04	0.003	0.69	12.47

Biof = Biofertilizante, DiamPol = Diámetro Polar, DiamEc= Diámetro Ecuatorial; Volumen= Volumen, Grados Brix= Grados Brix

#### **4.4.4. Diámetro Polar**

En la prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ), no presentó diferencias estadísticas en cuanto a láminas de riego y dosis de biofertilizante sin embargo obtuvo el mayor promedio la lámina (2.5 l/planta/día) con 6.4 cm, no así en las dosis de biofertilizante que el mayor promedio fue la dosis media de biofertilizante (4 l ha<sup>-1</sup>) con 6.4 cm (Cuadro 13). Estos resultados fueron superiores a López y Coleman (2016) que encontraron diferencias estadísticas entre sus tratamientos con diámetros entre 2.24 a 3.01 cm, sin embargo resultan similares a Gómez y Herrera, (2014), con medias de 6.68 a 4.32 cm, al igual que Olivas y Salgado (2013), con medias entre 6.36 a 3.81 cm, caso contrario y siendo inferiores en comparación con Andrades y Loáisiga (2015) que obtuvieron medias de 6.68 a 6.74 cm.

#### **4.4.5. Diámetro Ecuatorial**

Según la prueba de rangos múltiples de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ), esta variable no presentó diferencias estadísticas para los tratamientos evaluados, agrupándolos en una sola categoría estadística con un rango de 4.6 a 4.9 cm para el tratamiento lamina de riego y entre 4.7 a 4.8 cm para el tratamiento dosis de biofertilizante (Cuadro 13). Estos resultados son superiores a los obtenidos por López y Coleman (2016), con medias entre 2.08 a 2.90 cm y similares a Olivas y Salgado (2013), con rangos entre 2.72 a 4.89 cm y también a Andrades y Loáisiga (2015), con 4.50 a 4.64 cm. Los frutos evaluados pueden clasificarse como pequeños de acuerdo a Gómez y Herrera (2014.)

#### **4.4.6. Volumen**

La variedad Shanty no mostró diferencias estadísticas para volumen de frutos en la que agrupa las medias en una sola categoría determinando que los rangos se encuentran entre 63.08 a 73.12 cm<sup>3</sup> (Cuadro 13). Los resultados fueron superiores en comparación con los datos obtenidos por López y Coleman (2016) con 28.39 a 51.17 cm<sup>3</sup>.



#### 4.4.7. 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 (Arriagada 2007).

No presentaron diferencias estadísticas para el tratamiento láminas de riego agrupándolos en un rango entre 3.50 % a 3.62 % sólidos solubles, a diferencia de las dosis de biofertilizante que agrupa las medias en tres categorías estadísticas siendo la mayor con 3.85% la dosis de biofertilizante (4 l ha<sup>-1</sup>), y 3.39% la menor dosis (3 l ha<sup>-1</sup>) (Cuadro 13). Estos resultados son similares a López y Coleman (2016), con 3.50 a 3.82%, sin embargo fueron inferiores en comparación a Olivas y Salgado (2013), con 4.5%.

**Cuadro 13.** Comparación de los valores medios para las variables de fruto en los tratamientos evaluados en el cultivar de tomate Shanty, Managua, Nicaragua, 2016.

Factor	Tratamiento	DiamPol		DiamEc		Volumen		Grados Brix	
Riego	2.5 l/planta/día	6.4	a	4.9	a	73.12	a	3.61	a
	1.5 l/planta/día	6.3	a	4.8	a	71.88	a	3.5	a
	2.0 l/planta/día	6.2	a	4.6	a	63.08	a	3.62	a
	4 l ha <sup>-1</sup>	6.4	a	4.8	a	71.22	a	3.85	a
Biofertilizante	5 l ha <sup>-1</sup>	6.3	a	4.7	a	65.87	a	3.52	ab
	3 l ha <sup>-1</sup>	6.2	a	4.8	a	70.82	a	3.39	b

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes

DiamPol = Diámetro Polar, DiamEc= Diámetro Ecuatorial; Volumen= Volumen, Grados Brix= Grados Brix

#### 4.5. Rendimientos mensuales y totales

Los tratamientos evaluados mostraron diferencias estadísticas en las láminas de riego en la cual los mejores rendimientos se obtuvieron de la lámina que más agua aplicaba (2.5 l/planta/día), con rendimientos de 11 948.5 kg ha<sup>-1</sup>.superando a los reportados por López y Coleman (2016), con rendimientos de 11 181.0 kg ha<sup>-1</sup>.

Las dosis de biofertilizante no mostraron diferencias estadísticas, obteniendo los mejores resultados la dosis (5 l ha<sup>-1</sup>) con 11 571.0 kg ha<sup>-1</sup>, la cual al igual que la lámina de riego es el tratamiento al que se aplicó mayor dosis de biofertilizante.

**Cuadro 14.** Comparación de los valores medios en el rendimiento para el cultivar de tomate Shanty, Managua, Nicaragua, 2016.

<b>Factor</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Febrero</b>		<b>Marzo</b>		<b>Total</b>	
<b>Riego</b>	2.5 l/planta/día	5521.80	a	6426.70	a	11948.50	a
	1.5 l/planta/día	4202.90	b	5960.60	a	10163.50	b
	2.0 l/planta/día	4732.30	ab	4944.30	b	9676.70	b
<b>Biofertilizante</b>	5 l ha <sup>-1</sup>	5453.60	a	6117.40	a	11571.00	a
	4 l ha <sup>-1</sup>	4712.50	a	5599.10	a	10311.60	a
	3 l ha <sup>-1</sup>	4364.50	a	5503.30	a	9867.70	a
<b>R<sup>2</sup></b>		0.59		0.77		0.85	
<b>CV</b>		26.42		13.65		10.09	

Promedios con igual letra no difieren estadísticamente (LSD  $\alpha=0.05$ )

Según Hazera genetic (2011); citado por Andrades y Loáisiga (2015), la variedad Shanty es de alta producción, con frutos de color rojo intenso de tamaño grande y de mucha firmeza. La planta es fuerte y productiva, adaptable a diferentes fechas de siembra con capacidad para tolerar condiciones climáticas extremas.

**Cuadro 15.** Comparación de los valores medios de la interacción (Riego\*Biofertilizante) de rendimiento total kg ha<sup>-1</sup> para el cultivar de tomate Shanty, Managua, Nicaragua, 2016.

<b>Niveles</b>	<b>Rendimiento total en</b>		
	<b>kg ha<sup>-1</sup></b>		
	<b>a<sub>3</sub></b>	<b>a<sub>2</sub></b>	<b>a<sub>1</sub></b>
<b>b<sub>1</sub></b>	11323.13	3165.78	3379.69
<b>b<sub>2</sub></b>	6772.97	3611.56	5525.59
<b>b<sub>3</sub></b>	5258.69	8009.22	6053.91

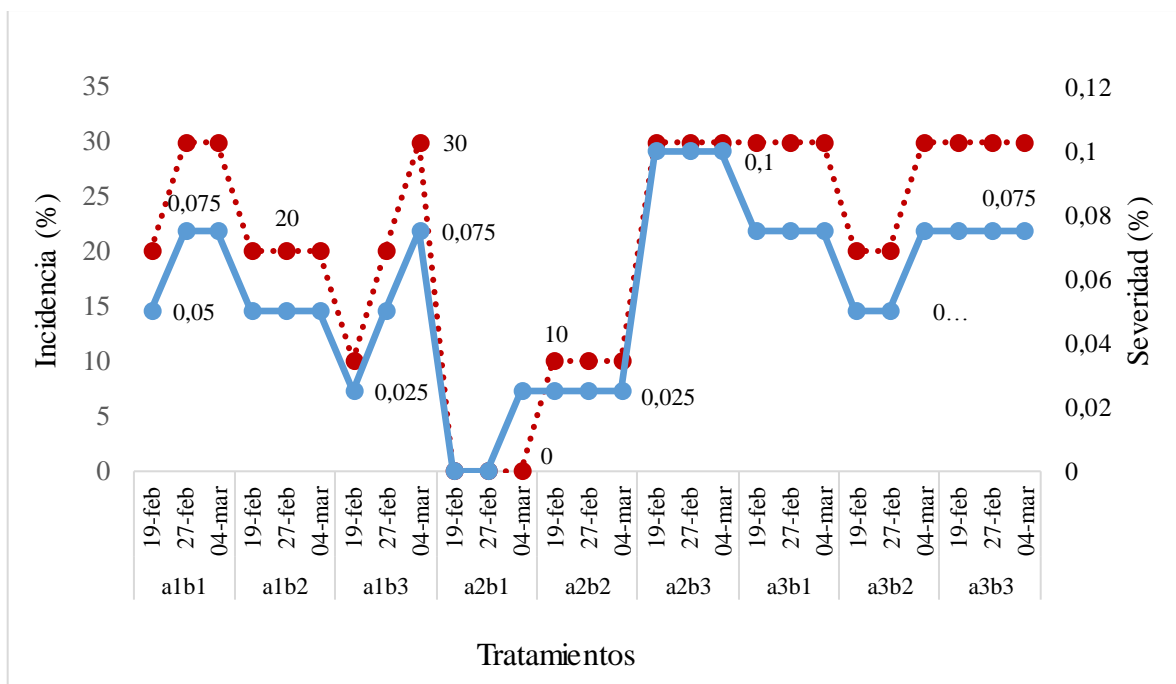
a<sub>1</sub>=1.5 l/planta/día, a<sub>2</sub>=2.0 l/planta/día, a<sub>3</sub>=2.5 l/planta/día.  
b<sub>1</sub>=3 l ha<sup>-1</sup>, b<sub>2</sub>=4 l ha<sup>-1</sup>, b<sub>3</sub>=5 l ha<sup>-1</sup>.

En el Cuadro 15 muestra la interacción láminas de riego, dosis de biofertilizante la cual el tratamiento que presentó mejores resultados fue la combinación lámina de riego 2.5 l/planta/día y la dosis de biofertilizante 3 l ha<sup>-1</sup> con 11 323.13 kg ha<sup>-1</sup>. En comparación con López y Coleman (2016), con 13 560.62 kg ha<sup>-1</sup> fueron inferiores, sin embargo se encuentran en el rango por los obtenidos por el MAGFOR (2007) y la FAO (2013) con rendimientos entre 9 849.13 a 14 633.96 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente.

#### **4.6. Comparación de incidencia y severidad de virosis transmitido por mosca blanca (*Bemisia tabaci*)**

En la Figura 3, se observa que los mayores porcentajes de incidencia de daño de virosis lo presentaron los tratamientos a2b3 (2.0 l/planta/día y 5 l ha<sup>-1</sup>) y a3b3 (2.5 l/planta/día y 5 l ha<sup>-1</sup>) con 30 % de incidencia en las tres fecha muestreadas, a diferencia de los tratamientos a2b1 (2.0 l/planta/día y 3 l ha<sup>-1</sup>) y a2b2 (2.0 l/planta/día y 4 l ha<sup>-1</sup>) con 10 % de incidencia. siendo similares a Ríos y Somarriba (2014), en los primeros meses de muestreo al evaluar tomate en el municipio de Tisma-Masaya con promedios entre 8 a 36 %, notandose sin embargo un aumento de hasta 100 % en la ultima fecha de muestreo , no obstante al ser comparados con Amador y Guzmán (2015), resultaron inferiores ya que obtuvieron porcentajes de hasta 60 % de incidencia de virosis al evaluar diferentes variedades de tomate en el departamento de Boaco.

Los resultados mostraron un porcentaje bajo de severidad de virosis ya que el material genetico utilizado (Shanty) es resistente al ataque de la plaga transmisora de este virus (*Bemisia tabaci*) ya que los tratamientos no superan el 1 % de severidad, ademas de la influencia del area geográfica donde se establezca el cultivar ya que fueron muy inferiores en comparación a Balladares (2016) al evaluar Shanty en el municipio de Tisma, Masaya con porcentajes de severidad entre 43.75 % a 59.72 % y por Amador y Guzmán (2015) con porcentajes entre 10 % a 10.70 %.



**Figura 3.** Comparación de incidencia y severidad del daño de virosis transmitido por *Bemisia tabaci*, en los diferentes tratamiento evaluados.

#### 4.7. Análisis de presupuesto parcial

Con respecto al manejo agronómico como fertilización, control de malezas, manejo de plagas y enfermedades no fueron incluidos en los costos de producción del experimento ya que según CIMMYT (1988), al considerar los costos relacionados con cada tratamiento, sólo se consideran aquellos que difieren entre ellos, es decir, los costos que varían.

El precio de venta de tomate que se utilizó fue el emitido por el Banco Central de Nicaragua en el año 2016, en este caso se vendió el kilogramo en U\$ 1.24 con una tasa de cambio oficial del dólar de C\$ 28.15, el cual era el equivalente en el mes de febrero donde se dio la mayor cosecha de tomate.

Al comparar los beneficios netos en el análisis de presupuesto parcial todos los tratamientos presentan beneficios positivos, es decir que el productor recupera la totalidad de la inversión en el primer ciclo de siembra del cultivo (Cuadro 16).

**Cuadro 16.** Análisis de presupuesto parcial para los niveles de ambos factores evaluados, Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua, 2016.

Concepto	Tratamientos								
	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>3</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>3</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>1</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>2</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>3</sub>
<b>Rendimiento total ( kg ha<sup>-1</sup>)</b>	3379.69	5525.94	6053.91	3165.78	3611.56	8009.22	11323.13	6772.97	5258.69
<b>Ajustado 10%</b>	337.96	552.59	605.39	316.57	361.15	800.92	1132.31	677.29	525.86
<b>Rendimiento ajustado</b>	3041.73	4973.35	5448.52	2849.21	3250.41	7208.3	10190.82	6095.68	4732.83
<b>Precio venta (\$ kg)</b>	1.24	1.24	1.24	1.24	1.24	1.24	1.24	1.24	1.24
<b>Beneficio bruto campo</b>	3771.74	6166.95	6756.16	3533.02	4030.50	8938.29	12636.61	7558.64	5868.70
<b>Costos Variables</b>									
<b>Costo de riego (\$)</b>	3089.82	3089.82	3089.82	3089.82	3089.82	3089.82	3703.64	3703.64	3703.64
<b>Costo de semilla (\$ kg ha<sup>-1</sup>)</b>	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
<b>Biofertilizante</b>	5.35	7.14	8.92	5.35	7.14	8.92	5.35	7.14	8.92
<b>Costo de vasos de poroplast</b>	17.85	17.85	17.85	17.85	17.85	17.85	17.85	17.85	17.85
<b>Costo mano de obra (\$)</b>	118.4	118.4	118.4	118.4	118.4	118.4	118.4	118.4	118.4
<b>Total de costo variable (\$ ha)</b>	3238.92	3240.71	3242.49	3238.92	3240.71	3242.49	3238.92	3240.71	3242.49
<b>Beneficio Neto</b>	532.82	2926.24	3513.67	294.1	789.79	5695.8	9397.69	4317.93	2626.21

a<sub>1</sub>=1.5 l/planta/día, a<sub>2</sub>=2.0 l/planta/día, a<sub>3</sub>=2.5 l/planta/día.  
b<sub>1</sub>=3 l ha<sup>-1</sup>, b<sub>2</sub>=4 l ha<sup>-1</sup>, b<sub>3</sub>=5 l ha<sup>-1</sup>.

#### 4.8. Relación beneficio costo

En el Cuadro 17 se muestra el análisis de las utilidades y la relación beneficio costo. Se consideró el rendimiento ajustado en kg, el precio de venta establecido por el Banco Central de Nicaragua 2016.

**Cuadro 17.** Análisis de utilidades y relación beneficio-costo Managua, Nicaragua, 2016.

<b>Tratamiento</b>	<b>Producción (kg ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Precio \$ (kg)</b>	<b>Ingresos (\$)</b>	<b>Costo de producción</b>	<b>Utilidades</b>	<b>R B/C</b>
<b>a<sub>1</sub>b<sub>1</sub></b>	3041.73	1.24	3771.74	3238.92	532.82	0.16
<b>a<sub>1</sub>b<sub>2</sub></b>	4973.35	1.24	6166.95	3240.71	2926.24	0.90
<b>a<sub>1</sub>b<sub>3</sub></b>	5448.52	1.24	6756.16	3242.49	3513.67	1.08
<b>a<sub>2</sub>b<sub>1</sub></b>	2849.21	1.24	3533.02	3238.92	294.1	0.09
<b>a<sub>2</sub>b<sub>2</sub></b>	3250.41	1.24	4030.50	3240.71	789.79	0.24
<b>a<sub>2</sub>b<sub>3</sub></b>	7208.3	1.24	8938.29	3242.49	5695.8	1.75
<b>a<sub>3</sub>b<sub>1</sub></b>	10190.82	1.24	12636.61	3238.92	9397.69	2.90
<b>a<sub>3</sub>b<sub>2</sub></b>	6095.68	1.24	7558.64	3240.71	4317.93	1.33
<b>a<sub>3</sub>b<sub>3</sub></b>	4732.83	1.24	5868.70	3242.49	2626.21	0.80

a<sub>1</sub>=1.5 l/planta/día, a<sub>2</sub>=2.0 l/planta/día, a<sub>3</sub>=2.5 l/planta/día.

b<sub>1</sub>=3 l ha<sup>-1</sup>, b<sub>2</sub>=4 l ha<sup>-1</sup>, b<sub>3</sub>=5 l ha<sup>-1</sup>.

El análisis de relación beneficio costo muestra que todos los tratamientos evaluados se obtuvo resultados positivos, siendo así los mejores tratamientos el a<sub>3</sub>b<sub>1</sub> y a<sub>2</sub>b<sub>3</sub> en comparación con los otros tratamientos, con relación beneficio costo de 2.90 y 1.75.

De acuerdo a los resultados obtenidos la lámina de riego de 2.5 l/planta/día y la dosis de biofertilizante de 3 l/ha es la mejor opción para los productores nicaragüenses ya que es la que sobresale con respecto a los otros tratamientos comparados, teniendo una relación beneficio costo de 2.90, es decir que por cada dólar invertido se ganará U\$ 2.90 de ganancia neta lo cual resultará muy rentable para los productores de este rubro. También resultaron superiores a López y Coleman (2016) al evaluar UC-82 utilizando el mismo sistema de riego, con U\$ 2.15 de ganancia neta.

## V. CONCLUSIONES

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

- La lámina de riego 2.5 l/planta/día se diferenció estadísticamente en las variables altura y número de racimos.
- Las dosis de biofertilizante influyeron en las variables número de racimo, flores y frutos siendo la mayor dosis 5 l ha<sup>-1</sup> la que obtuvo los mejores promedios.
- De acuerdo al análisis parcial la combinación del riego con (2.5 l/planta/día) y dosis de biofertilizante de (3 l ha<sup>-1</sup>), fue la que obtuvo el mayor rendimiento con 11,323.13 kg ha<sup>-1</sup>.
- El análisis económico indica que la mayor lamina de riego 2.5 l/planta/día y la menor dosis de biofertilizante de 3 l ha<sup>-1</sup> obtuvo los mayores beneficios netos y la mejor relación beneficio costo, al obtener U\$ 2.90 por cada dólar invertido, destacando que esto se realizó para un año.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- ✓ Debido al cambio climático drástico que Nicaragua ha pasado los últimos años es necesario continuar con más investigaciones con respecto a las láminas de riego necesaria a aplicar a dicho cultivo para hacer un uso racional del recurso hídrico existente.
  
- ✓ Implementar y comparar los diferentes tipos de sistemas de riego en este cultivo y así determinar cuál es el más recomendable y rentable para obtener buenos rendimientos que garanticen mejores ingresos.
  
- ✓ Promover el uso de biofertilizante, además de nuevas dosis de aplicación para evitar el uso excesivo de agroquímicos.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alemán, M. 1991.** Comportamiento agronómico e industrial de cinco variedades de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) en el Valle de Sébaco, Matagalpa. Tesis. ISCA. UNA. Managua, Nicaragua. 39 pp
- Arriagada F G. 2007.** El refractómetro. . Universidad de La Frontera Boletín 2.8p.
- Amaguaña Arroyo, LA. 2009.** Evaluación de tres biofertilizantes frente a tres dosis de aplicación en el tomate riñón (*Solanum lycopersicum*) bajo invernadero en Quichinche-Otavalo. (En línea) Tesis Ing. Agropecuario. Ibarra, EC. Universidad Técnica del Norte. Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales. Consultado 10 de Marzo de 2016. Pdf. Disponible en <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/148/2/03%20AGP%2091%20TESIS.pdf>
- Amador N, Guzmán, D. 2015.** Evaluación de cuatro variedades de tomate (*Solanum esculentum* Mill) en la Comarca El Tule Central del Municipio de Boaco, (entre el periodo comprendido Junio a Agosto 2015). Tesis (ing Agr). Boaco, NI. . Universidad Nacional Agraria, Sede Regional Camoapa.32 p.
- Andrades Chavarría, D; Loáisiga Jarquín, F. 2015.** Evaluación del crecimiento y rendimiento del cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) variedad Shanty en tres distancias de siembra, en condiciones de casa malla, finca las Mercedes, UNA, Managua, 2013. (En línea). Tesis (ing Agr). Managua, NI. . Universidad Nacional Agraria, Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente. 85 p. Consultado 05 de octubre de 2015. Pdf. Disponible en <http://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf01a553.pdf>
- Alemán, F. 2004.** Análisis Económicos de Experimentos de Campo. Universidad Nacional Agraria (UNA). Managua, Nicaragua. p. 143-156.

**Balladares, JA. 2016.** Evaluación de insecticidas químicos alternados con insecticidas botánicos como opciones de manejo de insectos asociados al cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L), en Tisma, Masaya, 2015. Tesis (Ing Agr). Managua, NI. . Universidad Nacional Agraria, Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente.

**BCN (Banco Central de Nicaragua).2016.** Precios de la canasta Básica de 53 productos. (En línea). Consultado el 26 de Agosto de 2016. Disponible en <http://www.bcn.gob.ni/estadisticas/precios/IPC/2-15.htm>

**BCN (Banco Central de Nicaragua).2016.** Tipos de Cambio Oficial del Córdoba con respecto al USD (En línea). Consultado el 26 de Agosto de 2016. Disponible en [http://www.bcn.gob.ni/estadisticas/mercados\\_cambiaros/tipo\\_cambio/cordoba\\_dolar/index.php](http://www.bcn.gob.ni/estadisticas/mercados_cambiaros/tipo_cambio/cordoba_dolar/index.php)

**Blair, N. 2006.** Long-term management impacts on soil C, N and physical fertility. Part I: broadbalk experiment. *Soil Till Res* 91: 30–38.

**CYMMYT (Centro Internacional para el Mejoramiento del Maíz y el Trigo. 1988.** La formulación de recomendaciones a partir de datos Económicos. Un manual metodológico de evaluación económica. Edición completamente revisada. ME. D.F. CIMMYT. P. 79.

**Chavarría Sánchez, MR. 2004.** Evaluación de cinco variedades de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) en relación al complejo mosca blanca-Geminivirus bajo infecciones naturales en la zona del pacifico de Nicaragua. Tesis de Ing. Agrónomo. Managua, Nicaragua. UNA FAGRO. p. 3-4.

**Chemonics; Cuenca Reto del Milenio. 2008.** Cultivo del Tomate (*Lycopersicum esculentum* ó *Solanum lycopersicum*) Programa de Diversificación Hortícola, Proyecto de Desarrollo de la Cadena de Valor y Conglomerado Agrícola. 34 P.

**Cisneros, R. 2003.** Apuntes de la materia de Riego y Drenaje. San Luis Potosí, MX. (en línea) Centro de Investigación y Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Consultado 18 abr. 2016. Disponible en <http://www.ingenieria.uaslp.mx/Documents/Apuntes/Riego%20y%20Drenaje.pdf>

**Dechmi, F; Playan, E; Campo, J; Martínez-Colo, A; Faci, J. 2001.** Evaluación del riego por aspersión en cobertura total en una parcela de Maíz. (En línea). Servicio de Investigación Agraria (SIA). Zaragoza, SP. Consultado el 22 Ener. de 2016. Disponible en [http://digital.csic.es/bitstream/10261/5709/1/PlayanE\\_Cong2001\\_Evaluaci%C3%B3nRiegoAspersi%C3%B3n.pdf](http://digital.csic.es/bitstream/10261/5709/1/PlayanE_Cong2001_Evaluaci%C3%B3nRiegoAspersi%C3%B3n.pdf)

**Díaz, O; Montero, D. 2009.** Acción de microorganismos eficientes sobre la actividad de intercambio catiónico en plántulas de acacia (acacia melanoxylon) para la recuperación de un suelo del municipio de Mondoñedo, Cundinamarca. Universidad de La Salle, Revista Colombia Forestal. Vol. 12.

**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.

**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.

**FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura).2009.** Guía para la descripción de Suelos. (en línea). Consultado 06 Agosto de 2016. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-a0541s.pdf>

**FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura).2013.** Nicaragua: La batalla por los rendimientos agropecuarios (en línea). Dirección de estadísticas. Consultado 23 sept. 2015. Disponible en <http://www.tortillaconsal.com/tortilla/en/node/11978>

**Gómez Peralta, D; Herrera Fuente, E; 2014.** Comportamiento agronómico de 12 cultivares de tomate (*Lycopersicum 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.

**Hazera México. 2011.** Variedades de jitomate determinado (en línea). MX. Consultado 10 Ener. 2016. Disponible en <http://www.hazera.mx/?s=shanty>

**INATEC (Instituto Nacional Tecnológico). 2014?.** Huerto Familiar. Managua, NI. 57 p.

**INTA. (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria, NI) 1999.** Cultivo del tomate. Guía tecnológica 22. Ed. Inpasa. Managua, NI. 55p.

**INTA. (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria, NI). 2004.** Introducción In. Guía Técnica sobre el Manejo Integrado de Plagas en el Cultivo del tomate. Managua, NI. p.3.

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

**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

**Jiménez - Martínez, E; González, J; Obregón, H. 2008.** Evaluación de alternativas de protección física y química de semilleros de chiltoma (*Capsicum annum L.*) contra el ataque del complejo mosca blanca (*Bemisia tabaci*, Gennadius) – Geminivirus. LA CALERA; Año 8, N° 11. p. 32.

**Laboratorio de suelos y agua. UNA. 2009.** Análisis físico y químico de suelo del área experimental de la Facultad de Agronomía (Universidad Nacional agraria). Managua. 2 pp.

**Loboa, J; Ramírez, S; Díaz, J. 2011.** Evaluación del coeficiente de uniformidad en cuatro emisores de riego usando filtración gruesa de flujo ascendente en capas. (En línea). Medellín, CO. Escuela de Ingeniería de Antioquia. Consultado 26 Agosto de 2016. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/eia/n16/n16a03.pdf>

**López P; Coleman E; 2016.** Efecto de tres láminas de riego y tres distancias de siembra en el cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) Cv. UC-82, Universidad Nacional Agraria, Managua. Tesis de Ing. Agrónomo. Managua, NI. UNA, FAGRO. 56 p.

**Martínez Núñez, A.D.; Meza Granados, NA. 2011.** Evaluacion de riego y biofertilizante sobre seis poblaciones de tomate silvestre (*Lycopersicum* spp.) colectado en la reserva de recursos geneticos de Apacunca (RRGA), Chinandega. (en línea). Tesis Ing. Agr. Managua, NI, UNA. 45 p. Consultado 01 sep. 2015. Disponible en <http://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf06m385.pdf>

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

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

**Mora Aguilar, LM. 2002.** Cultivo del tomate. UNA. Managua, NI. P 2.

**MIFIC (Ministerio de Fomento, Industria y Comercio). 2007.** Ficha del Tomate. Ministerio de Fomento, Industria y Comercio. (En línea). Managua, NI. Consultado el 10 de Ener. 2016. Disponible en <http://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENE71N583ft.pdf>

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

**Salmerón, F; García, L. 1994.** Fertilidad y Fertilización de Suelos. (En línea). Universidad Nacional Agraria. Facultad de Recursos Nturales y del Ambiente. Escuela de Suelos y Aguas. Managua, NI. Consultado en <http://repositorio.una.edu.ni/2804/1/nf04s171.pdf>

**Olivas, L; Salgado, L. 2013.** Evaluación de rendimiento y comportamiento agronómico de siete genotipos de tomate (*Lycopersicum 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.

- 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. Trabajo de diploma para optar a Ingeniero Agrónomo Departamento de protección vegetal, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Agraria Managua. NI.
- Ríos, H; Somarriba, O. 2014.** Evaluación de productos botánicos para el manejo del complejo de mosca blanca (*Bemisia tabaci*, Gennadius)-Geminivirus y otros insectos plagas en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L) en Tisma, Masaya. Trabajo de diploma para optar a Ingeniero Agrónomo Departamento de protección vegetal, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Agraria Managua. NI.
- Rodríguez González, HR. 2014.** Evaluación agronómica con enfoque agroecológico en diversificación con los cultivos de guayaba (*Psidium guajava* L.), nopal (*Opuntia ficus* L.), piña (*Ananas comosus* L.) y papaya (*Carica papaya* L.) utilizando vermicompost, Managua, 2009-2011 (en línea). Tesis Msc. Agroecología y desarrollo sostenible. Managua, NI, UNA. 100 p. Consultado 17 abr. 2016. Disponible en <http://repositorio.una.edu.ni/2206/1/tnf04r696a.pdf>
- Rojas, A; Kvarheden, A; Valconnen J, PT. 2000.** Geminivirus infesting tomato crop in Nicaragua. Plant. Disc. 89. P 843-846.
- Vander Plank, EJ. 1963.** Plants diseases: Epidemiology and control. New York. Academia press. 69 p.
- Vélez, m., Vélez, J. 2002.** Capítulo 8: Infiltración. Universidad Nacional de Colombia, Unidad de Hidráulica. Alegría Saldarriaga-Cardona<sup>1</sup>, Jairo Castaño-Zapata<sup>2</sup>, Rafael Arango.

## VIII. ANEXOS



## Anexo 1. Cálculo de las necesidades hídricas

Los datos iniciales que participan en la determinación de los parámetros fundamentales del diseño de esta técnica de riego; los que son:

Norma de riego: “Mr.”. -

Por ser una técnica de riego de alta frecuencia, la norma de riego se establece para suplir el déficit de evapotranspiración: “ETc” diaria; calculándose la misma por el método del “evaporímetro Clase A”:

$$ETc = Kc \times Eo$$

Donde:

*Kc.* - Coeficiente de cultivo, tomándose 0.30 a partir de los valores de *Kc* en cultivo de tomate presentados por FAO (2006).

*Eo.* - Evaporación desde el tanque, asumiendo  $\approx 7 \text{ mm} \cdot d^{-1}$ , por analogía climática con los datos de “Aeropuerto Augusto C. Sandino”, Managua.

Por lo que, sustituyendo, tendremos:

$$ETc = 0.30 \times 7 = 2.1 \text{ mm} \cdot d^{-1}$$

## Anexo 2. Corrección por el factor de localización

Diversos autores han desarrollado fórmulas para el cálculo de este parámetro, por lo cual se recomienda tomar un valor promedio a partir de los resultados obtenidos a partir de estas.

$$Kl = 1.34A \text{ (Aljisbury et al.)}$$

$$Kl = 0.1 + A \text{ (Decroix)}$$

$$Kl = A + 0.5(1-A) \text{ (Hoare et al.)}$$

$$Kl = A + 0.15(1-A) \text{ (Keller)}$$

Donde:

*Kl* = Factor de localización

*A* = Area sombreada por el cultivo (*A* = 70% en cultivo de tomate)

Resultando: *Kl* = 0.84

Multiplicándolo entonces por la ETc:

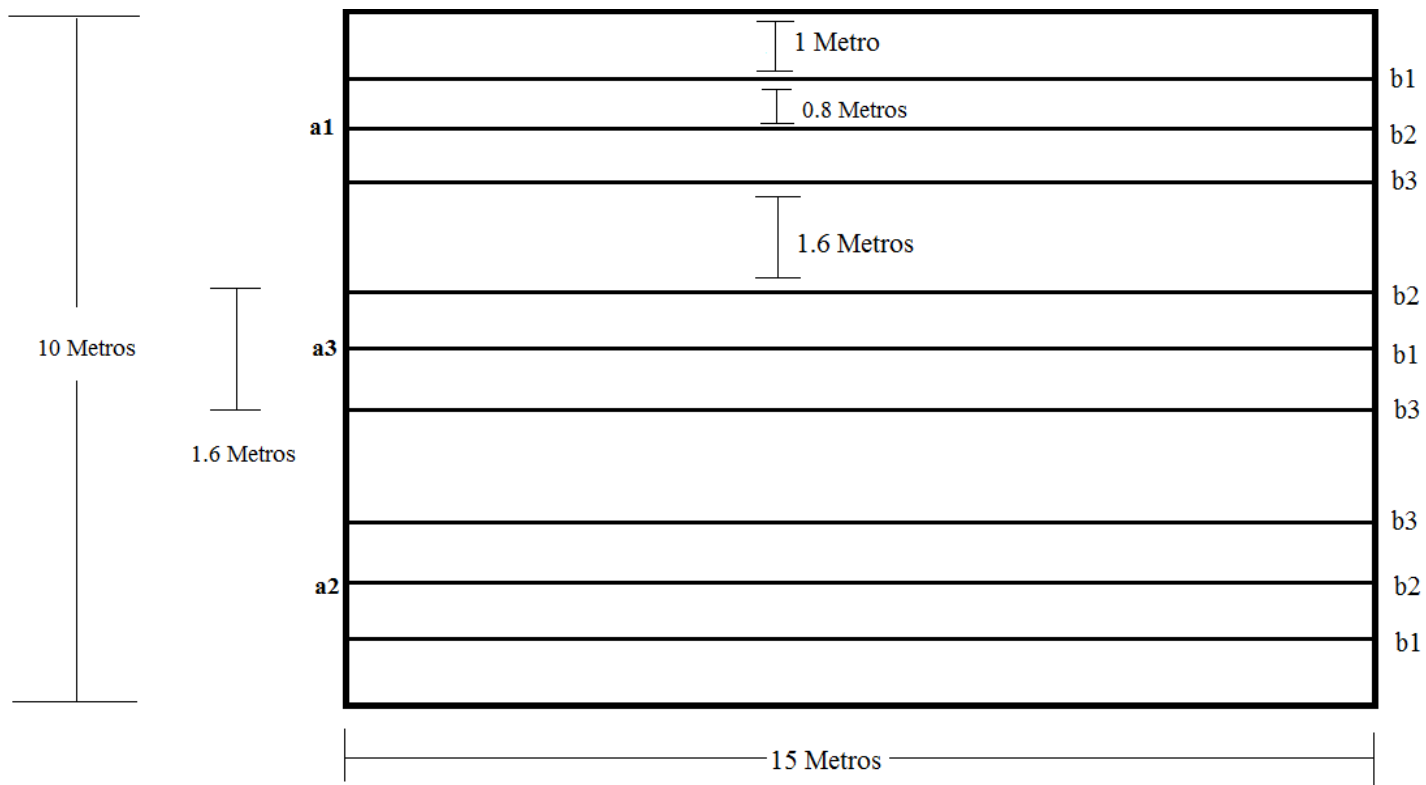
$$KlETc = 0.81 \cdot 2.1$$

$$KlETc = 1.76 \text{ mm} \cdot d^{-1}$$

Luego:  $ETc = ET_{\text{diseño}} = 1.76 \text{ mm} \cdot d^{-1}$

$$M_r = \frac{ET_{\text{diseño}}}{Ea \cdot Cu} = \frac{1.76}{0.90 \cdot 0.98} \approx 1.995 \text{ mm} \cdot d^{-1}, \text{ se toma } M_r = 2 \text{ mm} \cdot d^{-1}$$

**Anexo 3.** Plano de Campo, área Experimental de la UNA, Managua, 2016



**Anexo 4. Comparación de la composición química de los principales fertilizantes orgánicos**

Abono	Calcio Meq/100g	Magnesio Meq/100g	Sodio Meq/100g	Potasio Meq/100g	Hierro Meq/100g	Manganeso Meq/100g	Cobre Meq/100g
<i>EM en dilución</i>	2.238	0.018	0.4870	2.603	0.037	0.003	0.001
Compost	150.550	1.239	2.7087	64.447	17.893	2.439	0.043
Mulch	32.950	0.271	1.1261	7.979	0.611	0.075	0.026
Gallinaza	428.75	3.529	5.8022	87.847	1.131	1.735	0.091



**Anexo 5.** Infiltración de agua en el suelo, UNA, Managua.



**Anexo 6.** Instalación del sistema de riego por goteo en la parcela experimental UNA, Managua.





**Anexo 7.** Tutorado y Aplicación de biofertilizante, UNA, Managua



**Anexo 8.** Medición y recolección de datos de variables de crecimiento UNA, Managua.



**Anexo 9.** Producción y cosecha de las plantas de tomate UNA, Managua.



**Anexo 10.** Medición de las variables del fruto de tomate UNA, Managua