



"Por un Desarrollo Agrario  
Integral y Sostenible"

# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

## FACULTAD DE AGRONOMÍA

### Trabajo de Graduación

**Efecto de tres láminas de riego por goteo y tres biofertilizantes en el cultivo de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) Cv. SHANTY, Managua, 2015-2016**

#### AUTORES

Br. Marcio Ronaldo Fonseca López  
Br. Christopher Alberto Fornos Blanco

#### ASESORES

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

**Managua, Nicaragua  
Marzo, 2017**



"Por un Desarrollo Agrario  
Integral y Sostenible"

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**Trabajo de Graduación**

**Efecto de tres láminas de riego por goteo y tres biofertilizantes en el cultivo de Tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) Cv. SHANTY, Managua, 2015-2016**

**AUTORES**

Br. Marcio Ronaldo Fonseca López.

Br. Christopher Alberto Fornos Blanco

Presentado a la consideración del  
Honorable Tribunal Examinador como requisito  
parcial para optar al grado de Ingeniero Agrícola  
para el Desarrollo Sostenible.

**Managua, Nicaragua  
Marzo, 2017**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA	<i>i</i>
AGRADECIMIENTOS	<i>iii</i>
ÍNDICE DE CUADROS	<i>v</i>
ÍNDICE DE FIGURAS	<i>vi</i>
ÍNDICE DE ANEXOS	<i>vii</i>
RESUMEN	<i>viii</i>
ABSTRACT	<i>ix</i>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>II. OBJETIVOS</b>	3
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	4
3.1. Ubicación del área del experimento	4
3.2. Condiciones climáticas del sitio	4
3.3. Características del área experimental	5
3.3.1. Análisis de suelo	5
3.4. Diseño metodológico	6
3.5. Material genético y descripción de los tratamientos	6
3.6. Manejo agronómico	8
3.6.1 Establecimiento del semillero	8
3.6.2 Preparación del área de siembra	8
3.6.3 Trasplante	8
3.6.4 Control de malezas	9
3.6.5 Manejo fitosanitario	9
3.6.6 Riego	9
3.7. Parámetros y variables evaluadas	10
3.7.1 Parámetros hidrofísicos del suelo	10
3.7.2 Parámetros físicos del suelo	11
3.7.3 Parámetros de riego	12
3.7.4 Variables de crecimiento	14
3.7.5 Variables del fruto y rendimiento	15
3.8 Análisis de la información	16
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	17
4.1. Parámetros hidrofísicos del suelo	17
4.1.1 Curva de infiltración	17
4.1.2 Capacidad de campo (cc)	18
4.2. Parámetros físicos del suelo	18
4.2.1 Densidad aparente (Da) y Densidad real (Dr)	18
4.2.2 Porosidad (P)	19
4.3 Parámetros de riego	19
4.3.1 Tiempo de riego	19
4.3.2 Láminas de riego	19
4.3.3 Volumen total de agua	20
4.3.4 Coeficiente de cultivo (Kc)	20

4.3.5	Coefficiente de rendimiento (Ky)	21
4.3.6	Coefficiente de uniformidad (CUC)	22
4.4.	<b>Factores y niveles estudiados</b>	23
4.5.	<b>Variables de crecimiento</b>	23
4.5.1	Altura de la planta	23
4.5.2	Diámetro del tallo	24
4.6	<b>Variables del fruto</b>	25
4.6.1	Número de racimos	25
4.6.2	Número de frutos por racimos	25
4.6.3	Diámetro polar	26
4.6.4	Diámetro ecuatorial	26
4.6.5	Volumen del fruto	27
4.6.6	Grados brix	27
4.7.	<b>Rendimientos mensuales y totales</b>	28
V.	<b>CONCLUSIONES</b>	30
VI.	<b>LITERATURA CITADA</b>	31
VII.	<b>ANEXOS</b>	36

## **DEDICATORIA**

A:

Dedico este trabajo primeramente a Dios, padre celestial creador del cielo y de la tierra, por brindarme el don más preciado la vida, por poner en mi sabiduría e inteligencia y conocimiento necesario para lograr culminar exitosamente mis estudios superiores.

A mis padres Ronaldo Fonseca Reyes e Idalia María López por brindarme cada día su amor, confianza y apoyo incondicional, por inculcar en mí valores y principios de los cuales me llevaron a la culminación de mis estudios superiores.

A mis hermanos por motivarme a salir adelante, a toda mi familia y amistades que de una u otra manera contribuyeron para que terminara con mis estudios profesionales.

A nuestros asesores Ing. MSc. Henry Alberto Duarte, Ing. MSc. Álvaro Benavides González e Ing. MSc. Juan Carlos Morán Centeno, por su gran apoyo y sobre todo su confianza y orientación del trabajo.

***Br. Marcio Ronaldo Fonseca López***

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mi Dios todopoderoso y a la Virgen Santísima por brindarme sabiduría, fuerza, salud, amor e inteligencia para lograr culminar mis estudios superiores.

A mis padres Jorge Alberto Fornos Espinoza e Isolda Auxiliadora Blanco Barboza por brindarme amor, apoyo y confianza incondicional, por enseñarme valores y principios para formarme como una gran persona los cuales me ayudaron a la culminación de mis estudios superiores.

A mi hija Crismary Fornos Márquez por ser mi inspiración para lograr la culminación de mis estudios, a toda mi familia y amistades que de una u otra manera me ayudaron para lograr culminar mis estudios.

***Br. Christopher Alberto Fornos Blanco***

## **AGRADECIMIENTO**

A:

A Dios, por darnos amor, fuerzas, salud, sabiduría e entendimiento en cada uno de los días transcurridos en nuestra vida.

A nuestros padres que siempre estuvieron pendientes de nosotros cada día, para que no nos faltara nada y lográramos cumplir nuestra meta.

A todos los docentes de la Universidad Nacional Agraria que han sido un ejemplo y un estímulo a querer vivir y aprender cada día de sus conocimientos. A los asesores Ing. MSc. Henry Alberto Duarte Canales, Ing. MSc. Álvaro Benavides González e Ing. MSc. Juan Carlos Morán Centeno que con sus conocimientos y colaboraciones en las diferentes necesidades científicas de este trabajo hicieron posible su culminación.

***Br. Marcio Ronaldo Fonseca López***

## **AGRADECIMIENTO**

A:

A Dios y la Virgen Santísima por regalarme amor, salud y sabiduría en todo momento en el transcurso de mi vida.

A mis padres que siempre confiaron en mí que lo lograría y estar siempre dándome su apoyo incondicional.

A mis familiares por estar siempre ahí brindándome su apoyo dándome ánimos para llegar a cumplir unas de mis metas en mi vida.

A Marcio Fonseca compañero de tesis y amigo por confiar en mi persona para realizar este trabajo de culminación de estudios.

A nuestros asesores Ing. MSc. Henry Alberto Duarte Canales, Ing. MSc. Álvaro Benavides González e Ing. MSc. Juan Carlos Moran Centeno que con sus conocimientos y grandísima colaboraciones en nuestras preguntas científicas nos ayudaron a posible culminación de nuestro trabajo.

A todos los docentes de la Universidad Nacional Agraria que han sido factor clave en mi formación académica y aprendiendo buenos conocimientos de ellos. Especialmente a la profesora Ing. MSc. Rebeca González Godínez por su apoyo, sus consejos y compartir buenos momentos en el periodo de mis estudios.

***Br. Cristopher Alberto Fornos Blanco***

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>CUADRO</b>		<b>PÁGINA</b>
1	Análisis físico-químico del suelo. UNA, Managua, 2016	5
2	Descripción y manejo de los tratamientos.	6
3	Composición química aproximada de los principales elementos nutricionales del biofertilizante Purín de lombriz, Según (SEAE, 2008), UNA, Managua, 2016.	7
4	Composición química aproximada de los principales elementos nutricionales del biofertilizante Sutoshu, Según Díaz y Montero (2009), UNA, Managua, 2016.	8
5	Tiempos de riego para cada una de las láminas de riego evaluadas en el Cv. Shanty, UNA, Managua, 2016.	19
6	Láminas de riego evaluadas en los 120 días en campo en el Cv. Shanty, UNA, Managua, 2016.	20
7	Volumen total de agua aplicada para cada una de las láminas de riego evaluadas en el Cv. Shanty, UNA, Managua, 2016.	20
8	Comparación de los valores promedios para las variables de crecimiento en el Cv. Shanty, UNA, Managua, 2016.	24
9	Comparación de los valores medios para las variables del fruto en el Cv. Shanty, UNA, Managua, 2016.	25
10	Comparación de los valores medios para las variables de fruto en el Cv. Shanty, UNA, Managua, 2016.	26
11	Comparación de los valores medios para las variables de fruto en el Cv. Shanty, UNA, Managua, 2016.	28
12	Comparación de los valores medios en el rendimiento total del Cv. Shanty, UNA, Managua, 2016.	29
13	Comparación de los valores medios de la interacción (Riego*Biofertilizante) de rendimiento total kg ha <sup>-1</sup> para el Cv. Shanty, UNA, Managua, 2016.	29

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA</b>		<b>PÁGINA</b>
1	Ubicación del departamento de Managua. (INETER, 2012), UNA, Managua, 2016.	4
2	Condiciones climáticas en el área de estudio. Estación meteorológica Aeropuerto Internacional Augusto Cesar Sandino (INETER, 2015).	5
3	Velocidad de infiltración e infiltración acumulada. El REGEN, UNA, Managua 2015-2016.	17
4	Coeficiente de cultivo del tomate Cv. Shanty en sus diferentes etapas del cultivo, Universidad Nacional Agraria, Managua, 2016.	21
5	Coeficiente de rendimiento del cultivo del tomate Cv. Shanty, UNA, Managua, 2016.	22

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO		PÁGINA
1	Limpieza del área donde se estableció el ensayo.	37
2	Elaboración de los camellones de siembra, UNA, Managua.	37
3	Instalación del sistema de riego por goteo, UNA, Managua.	38
4	Aplicación de los biofertilizantes, UNA, Managua.	39
5	Plantas de tomate una vez instalado el tutoreo, UNA, Managua	39
6	Datos de campo de prueba de velocidad de infiltración	40
7	Cálculo para la obtención del modelo de velocidad de infiltración	41
8	Cálculo de la velocidad de infiltración e infiltración acumulada	42
9	Cálculo de la velocidad de infiltración usando el método de kostiakov	44
10	Cálculo de los tiempos de riego para cada una de las láminas de riego	44
11	Prueba de campo de uniformidad de aplicación de riego	45
12	Cálculos del Coeficiente de rendimiento del cultivo “Ky” para cada tratamiento.	45
13	Separación de medias para la altura y diámetro de plantas en las diferentes fechas evaluadas.	46
14	Separación de medias para el diámetro polar y ecuatorial para las diferentes cosechas efectuadas.	46
15	Interacción para los factores evaluados para las variable volumen y grados brix del fruto.	46

## RESUMEN

El cultivo del tomate es una de las hortalizas de más importancia en el país y a nivel mundial, cultivándose en Nicaragua anualmente 2 000 ha a 2 500 ha, obteniéndose rendimientos de 12 ton ha<sup>-1</sup> a 18 ton ha<sup>-1</sup>. Tomando en cuenta la importancia de este rubro y los constantes cambios climáticos y uso excesivo de agroquímicos que han provocado pérdidas en la producción, por lo tanto, se realizó la presente investigación con el objetivo de evaluar tres láminas de riego por goteo (1.0, 1.5 y 2.0 l planta día) y tres biofertilizante (Purín de lombriz, MML-Líquido y Sutoshu) en el cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) Cv. Shanty. El estudio se llevó a cabo en el área experimental de la Facultad de Agronomía, adscrito a la Universidad Nacional Agraria (UNA), en el período comprendido de noviembre 2015- marzo 2016, se empleó un diseño de Bloques Completo al Azar (BCA) con arreglos de parcelas divididas. Las variables fueron sujetas a un análisis de varianza (ANDEVA) y separación de medias por Duncan ( $\alpha=0.05$ ), mediante el programa estadístico SAS (v. 9.1). La variable tomate por racimos no fue afectada significativamente por las láminas de riego y los biofertilizantes, la aplicación de las láminas de riego mostraron efectos significativos en las variables altura de la planta, diámetro del tallo, racimo por planta, diámetro polar, diámetro ecuatorial, volumen del fruto y grados brix, siendo estas afectadas por la aplicación de los biofertilizantes, en cuanto al rendimiento total el factor láminas de riego mostro efecto significativo con un promedio de 6 275.7 kg ha<sup>-1</sup> para la lámina 2.0 l planta día, en cuanto al factor biofertilizantes no difieren entre sí en cuanto al rendimiento total, la interacción de ambos factores mostro efecto significativo en el rendimiento obteniéndose el mejor resultado el tratamiento a<sub>3</sub>b<sub>2</sub> aplicación de la lámina 2.0 l. planta. día y la aplicación del biofertilizante MML-Líquido con un promedio de 6 743.50 kg ha<sup>-1</sup>.

**Palabras claves:** *Lycopersicum esculentum* Mill, láminas de riego y biofertilizantes, ANDEVA.

## ABSTRACT

Tomato cultivation is one of the most important vegetables in the country and worldwide, growing in Nicaragua annually 2 000 ha to 2 500 ha, yielding yields of 12 tonnes ha<sup>-1</sup> to 18 tonnes ha<sup>-1</sup>. Taking into account the importance of this item and the constant climatic changes and excessive use of agrochemicals that have caused losses in the production, therefore, the present investigation was carried out with the objective of evaluating three drip irrigation sheets (1.0, 1.5 And 2.0 l plant day) and three biofertilizer (Purin worm, MML-Liquido and Sutoshu) in the tomato crop (*Lycopersicum esculentum* Mill) Cv. Shanty. The study was carried out in the experimental area of the Faculty of Agronomy, assigned to the National Agrarian University (UNA), during the period from November 2015 to March 2016. Split-plot arrangements. The variables were subjected to an analysis of variance (ANVA) and mean separation by Duncan ( $\alpha = 0.05$ ), using the SAS statistical program (V. 9.1). The tomato variable per clusters was not significantly affected by irrigation and biofertilizers, the application of irrigation sheets showed significant effects on plant height, stem diameter, cluster per plant, polar diameter, equatorial diameter, Volume of the fruit and degrees brix, being affected by the application of the biofertilizers, in relation to the total yield, the factor irrigation lamina showed significant effect with an average of 6 275.7 kg ha<sup>-1</sup> for the leaf 2.0 l plant day, as To the biofertilizers factor do not differ in relation to each other in terms of total yield, the interaction of both factors showed a significant effect on the yield, obtaining the best result the treatment a<sub>3</sub>b<sub>2</sub> application of the lamina 2.0 l. planta. día and the application of the biofertilizer MML-Liquid with An average of 6 743.50 kg ha<sup>-1</sup>.

*Key words: Lycopersicum esculentum Mill, irrigation sheets and biofertilizers, ANVA.*

## I. INTRODUCCIÓN

El cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) es originario de América del Sur, aunque se considera a México como centro de su domesticación. es una de las hortalizas de gran importancia en el país y a nivel mundial, en la actualidad ocupa unos tres millones de hectáreas cultivada en todo el mundo, con una producción de 85 millones de ton. Los principales países productores son: Europa, América Central y Suramérica, con producción de 400 y 330 mil ton, América del Sur se obtienen más de 150 ton anuales; sobresaliendo Argentina, Brasil y Chile (Ruano y Sánchez, 2002).

En Nicaragua se cultivan tomates de mesa e industrial, siendo mayor el consumo de este como tomate fresco porque se conserva mayor tiempo. Las variedades más sembradas son: Tropic, Rio Grande, VF-134-1-2, Florade, Manalucia, UC-82, MTT-13, Charm, GemPride, Gemstar, Topspin, Yaqui, Bute. Existen en el mercado otras variedades como: Pacesester 502, Caribe, Peto 98 e Híbridos como Brigada, Missouri, y otros (MIFIC, 2007).

Dentro de los cultivares de cocina más sembrados en Nicaragua podemos mencionar: Butte, Sheriff, Tolstoi, GemPride, Shanty, Chiro, Peto 98, entre otros (Chemonics International *et al.*, 2008). Los rendimientos varían en un rango de 12 a 18 ton ha<sup>-1</sup>, cultivándose anualmente 2 000 ha a 2 500 ha. Sin embargo, Nicaragua importa tomate de Costa Rica un 28% del total que consume para satisfacer la demanda nacional, Gutiérrez *et al.*, (2004), el tomate biológicamente es una planta semí perenne, apta para vivir y producir frutos durante varios años, se cultiva como anual por razones económicas y comerciales.

Rodríguez (2007), afirma que el cultivo de tomate inicio en Nicaragua en 1940, en el municipio de Tisma, departamento de Masaya, posteriormente se comenzó a distribuir en el resto del país. 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 Jicaro, Quilalí, Tisma y Masatepe, con un total de área cultivada a nivel nacional de 1 775.12 ha<sup>-1</sup>, distribuida de la siguiente manera, 430.78 ha<sup>-1</sup> Jinotega, 370.34 ha<sup>-1</sup> Matagalpa, 356.99 ha<sup>-1</sup> Estelí, Managua 260.72 ha<sup>-1</sup>, Nueva Segovia 197.47 ha<sup>-1</sup> y Masaya 158.82 ha<sup>-1</sup> (MAGFOR, 2012).

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

La principal problemática del sector agrícola lo cual corresponden a pequeños y medianos productores es el uso deficiente y mal control del agua de riego que utilizan para sus cultivos, debido a que no tienen conocimientos previos de cómo operar un sistema de riego, además dependen del uso de fertilizantes químicos siendo estos costosos, por ello surge la necesidad de realizar estudios previos sobre la necesidades hídricas de este cultivo, evaluando láminas de riego y biofertilizantes para contribuir con nuevas alternativas para pequeños y medianos productores de tomate de Nicaragua.

El constante deterioro del ambiente, producido por el uso de agroquímicos ha provocado que muchos productores adopten alternativas amigables con el ambiente, siendo los biofertilizantes una opción de bajos costos, no perjudican la calidad ambiental, maximizando las capacidades endógenas de los sistemas productivos (Ra Ximhai, 2010).

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general**

Evaluar el comportamiento del cultivo de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) Cv. Shanty, utilizando tres láminas de riego por goteo y tres biofertilizantes, en la, Universidad Nacional Agraria, Managua (2015 – 2016).

### **2.2. Objetivos específicos**

- Comparar el efecto de tres láminas de riego por goteo sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo del tomate.
- Analizar el efecto de tres biofertilizantes sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo del tomate.
- Determinar el efecto de la interacción lámina de agua aplicada y biofertilizantes sobre el rendimiento del cultivo del tomate.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Ubicación del área del experimento

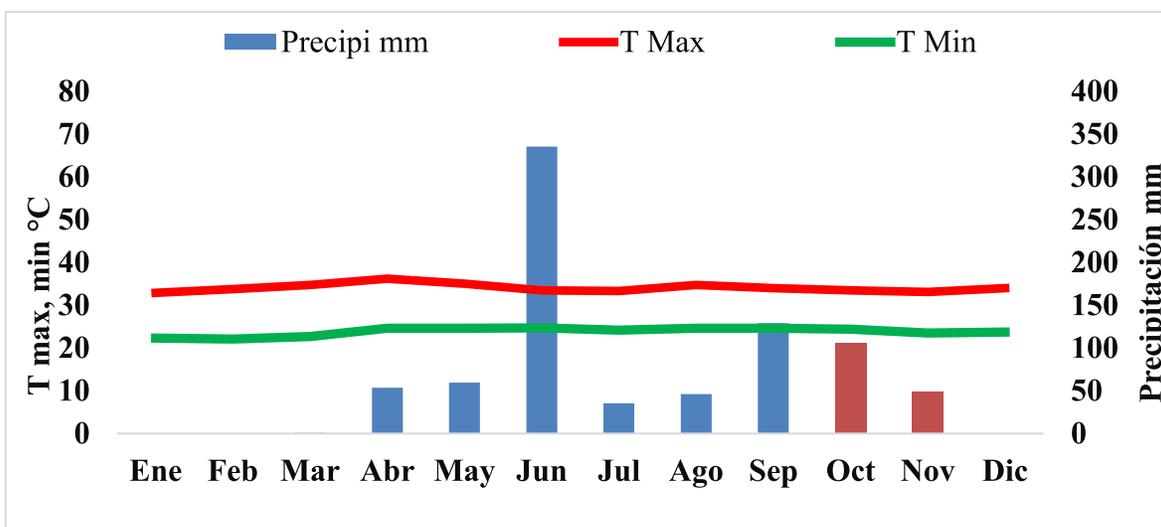
El ensayo se estableció en el departamento de Managua en el área experimental de la Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Agraria (UNA), cede central ubicada en el km 12 ½ Carretera Norte. Con coordenadas 12° 08' 36'' latitud Norte y 86 9' 49'' longitud Oeste a una altura de 56 msnm (metros sobre 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).



**Figura 1.** Ubicación del departamento de Managua. (INETER, 2012), UNA, Managua, 2016.

#### 3.2. Condiciones climáticas del sitio

En la figura 2, se presentan los valores promedios de temperaturas máximas y mínimas (Temp. Max y Min), precipitaciones acumuladas (Prec), la zona se caracteriza por su clima tropical de Sabana, caracterizado por una estación seca y temperaturas altas todo el año, que van desde 24.7 °C a 34.7 °C. La precipitación anual promedio para Managua fue de 813.8 mm, Humedad Relativa de 75 % y vientos de 12 km hora (INETER, 2015).



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

### 3.3. Características del área experimental

#### 3.3.1. Análisis de suelo

El tipo de suelo donde se estableció el experimento pertenece a la serie La Calera, del orden insectisol, de color negro y pobremente drenado, debido a que la permeabilidad es lenta. Posee además una capacidad de humedad 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, 2015) de la Universidad Nacional Agraria (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.** Análisis físico-químico del suelo, UNA, Managua, 2016.

Prof.	pH	%		Ppm			Meq/100 g suelo			Ppm		Partículas %		
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	

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

### 3.4. Diseño metodológico

El experimento fue establecido en un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA) con Arreglo de Parcelas Divididas, con dimensiones de 12 m de ancho y 12 m de largo para un área de total de 144 m<sup>2</sup>, se dividió en área en tres bloques iguales de 4 m de ancho y 12 m de largo, cada bloque estuvo dividido en tres parcelas cuyas dimensiones son de 4 x 4m (16 m<sup>2</sup>), Cada bloque estuvo constituido por 5 surcos de 12 m de largo, la distancia entre planta fue de 0.6 m y entre surco de 0.8 m. La parcela útil estuvo conformada por 3 surcos centrales, se muestrearon 10 plantas por parcela útil.

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

El material genético utilizado fue el híbrido Shanty el cual es una planta fuerte y productiva, con capacidad de tolerar condiciones climáticas extremas, posee alta tolerancia al TYLCV (Virus de la hoja enrollada amarilla del tomate) y alto rendimiento (Hazeras, 2011). Dicho estudio constó de tres diferentes láminas de agua aplicadas diariamente durante todo el ciclo del cultivo y tres diferentes biofertilizantes foliares aplicados cada ocho días los que se indican en el Cuadro 2.

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

FACTORES	
A	B
Láminas de riego (l.planta.día)	Biofertilizantes
a <sub>1</sub> .1.0	b <sub>1</sub> . Purín de lombriz
a <sub>2</sub> .1.5	b <sub>2</sub> .MML-Liquido
a <sub>3</sub> .2.0	b <sub>3</sub> .Sutoshu

Para garantizar la aplicación adecuada de las láminas de riego por cada tratamiento, se aforaron tres emisores en los laterales críticos para determinar el tiempo de riego, para la realización de este proceso se utilizaron recipientes en cada uno de los emisores donde se depositó el agua del emisor en un tiempo de 15 minutos, mediante dicha prueba se determinó el gasto promedio obteniendo 0.6 litro en un tiempo de una hora, efectuando el cálculo de los tiempos de riego en base a los resultados obtenidos (Cuadro 2).

Los biofertilizantes que se aplicaron fueron: Purín de lombriz, MML (microorganismos de montaña líquido) Y Sutoshu. Las dosis aplicadas fueron de 8 l.ha<sup>-1</sup> para el Purín de Lombriz, 41 l.ha<sup>-1</sup> para el MML y de 4 l.ha<sup>-1</sup> para el Sutoshu. Las aplicaciones se realizaron por las tardes cada 8 días, utilizando bomba de mochila de 20 litros para sus respectivas aplicaciones.

**Purín de Lombriz:** Los purines son fermentos preparados a base de estiércol y orina de la lombriz, contiene elementos como Nitrógeno, Fosforo y Potasio. Aumenta la capacidad de retención de agua y la actividad de microorganismos, incrementando la disponibilidad de nutrientes, estimula el crecimiento de las plantas y el desarrollo de las raíces (INTA, 2011).

**Cuadro 3.** Composición química aproximada de los principales elementos nutricionales del biofertilizante Purín de lombriz,Según (SEAE, 2008), UNA, Managua, 2016.

<b>Materia orgánica (%)</b>	<b>Nitrógeno (%)</b>	<b>Fósforo (%)</b>	<b>Potasio (%)</b>	<b>Calcio (%)</b>	<b>Magnesio (%)</b>
50	2.0	1.5	1.0	2.0	1.0

**MML (microorganismos de montaña líquido):** es un biofertilizante elaborado a base de microorganismo de montaña, los cuales son: hongos, bacterias y levaduras, dichos microorganismos se encuentran, en las hojas viejas de los bosques o en lugares donde hay presencia de vegetación húmeda y donde no ha habido intervención por el hombre, a los 4 días des pues de la elaboración se desarrollan hongos, a los 8 días bacterias y a los 15 días se desarrollan las levaduras, dichos microorganismos descomponen la materia orgánica, compiten con microorganismos dañinos, reciclan los nutrientes para las plantas, fijan el nitrógeno en el suelo, ayudan a degradar sustancias tóxicas del suelo como los pesticidas ayuda a que los nutrientes estén disponibles para las plantas, mejora la calidad y salud del suelo, (INATEC, 2014).

**Sutochu:** Resulta de la mezcla de vinagre natural, alcohol, melaza y organismo vivos (material del suelo) y EM (microorganismos eficientes), dicho biofertilizante funciona como repelente natural y no tóxico, fortalece las paredes celulares de las plantas ayudando a resistir el ataque de plagas y enfermedades y muy efectivo para vigorizar plantas débiles, de ahí su nombre (INATEC, 2014).

**Cuadro 4.** Composición química aproximada de los principales elementos nutricionales del biofertilizante Sutoshu, Según Díaz y Montero (2009), UNA, Managua, 2016.

<b>Potasio</b> (meq/100g)	<b>Calcio</b> (meq/100g)	<b>Magnesio</b> (meq/100g)	<b>Hierro</b> (meq/100g)	<b>Manganeso</b> (meq/100g)	<b>Cobre</b> (meq/100g)	<b>Sodio</b> (meq/100g)
2.603	2.238	0.018	0.037	0.003	0.001	4.870

### **3.6. Manejo agronómico**

#### **3.6.1. Establecimiento del semillero**

El semillero se efectuó en vasos de material poroplast, contiguo a la parcela experimental, dándoles protección durante los primeros 25 días hasta que las plantas alcanzaron 20 cm de altura, luego se trasladaron al sitio de siembra, en el mes de noviembre del 2015.

#### **3.6.2. Preparación del área de siembra**

La preparación del área de siembra se efectuó en el mes de octubre del año 2015. Iniciando con la delimitación del área experimental, limpieza, nivelación del suelo y elaboración de surcos.

#### **3.6.3. Trasplante**

La siembra se realizó en el mes de noviembre del 2015. Extrayéndose las plantas más uniformes y con mayor vigor de los vasos de poroplast. Luego se procedió a realizar la siembra en la parcela experimental.

#### **3.6.4. Control de malezas**

Se efectuó cada 15 días, eliminando la maleza que se encontraba en los surcos y en toda el área experimental, la limpieza se realizó de manera tradicional, con azadones. Se realizó 10 veces en el transcurso del estudio.

#### **3.6.5. Manejo fitosanitario**

Se hicieron aplicaciones foliares cada 20 días con productos insecticidas, refrescante y nutriente, esto sabiendo que la variedad es resistente al ataque de geminivirus y previendo de cualquier ataque o afectación. También se realizó una aplicación de 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).

#### **3.6.6. Riego**

El estudio se realizó con un sistema de riego por goteo debido a su fácil acceso y su eficiencia, las láminas que se aplicaron fueron 1.0 l.planta.día, 1.5 l.planta.día y 2.0 l.planta.día en los primeros meses de crecimiento, duplicando dichas láminas en el período de floración y desarrollo de los frutos, debido a que es donde más demanda de agua requiere el cultivo y por ultimo restableciéndolas a las láminas iniciales en la etapa final del cultivo.

Se aplicó riego todos los días a primeras horas de la mañana, para evitar la pérdida de agua por evaporación, garantizando de esta manera un mejor aprovechamiento por las plantas. El sistema se estableció en un tanque plástico de 750 litros de capacidad, sobre una estructura de 1.20 m de altura para facilitar la descarga, tubería conductoras de 1 pulgada, tubería principal de PVC de 3 pulgadas de diámetro, con cinco laterales (cintas de riego), para cada lamina para un total de 15 cintas en toda el área experimental de 12 m de longitud, 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, con una distancia entre emisores de 0.40 m, con una descarga de 1.2 litros por hora.

### **3.7. Parámetros y variables evaluadas**

Desde la etapa inicial del cultivo se evaluaron las variables de crecimiento (diámetro y altura de 10 plantas por tratamiento), variables del fruto (número de racimos por planta, número de tomates por cada racimo, volumen del tomate, diámetro polar y ecuatorial y rendimiento) y parámetros hidrofísicos del suelo ( curva de infiltración de agua en el suelo y capacidad de campo (Cc) ), parámetros físicos del suelo (densidad real, densidad aparente, porosidad del suelo) y los parámetros de riego ( Tiempo de riego (horas, minutos), lamina de riego, volumen de agua total, coeficiente de cultivo (kc), coeficiente de rendimiento (ky) y coeficiente de uniformidad).

#### **3.7.1. Parámetros hidrofísicos del suelo**

##### **Curva de Infiltración de Agua a través del Suelo**

Se determinó por medio de los dobles cilindros, con dimensiones de 60 cm de diámetro y 30 cm de altura el cilindro externo y el cilindro interno con 15 cm de diámetro y 30 cm de altura, los que se instalaron en forma concéntrica cuidadosamente.

Los materiales necesarios para efectuar las pruebas de infiltración fueron: tres cilindros, tres baldes, tres reglas graduadas en cm y mm, cronómetros, pala, un mazo y la hoja de registro. Se determinó utilizando la ecuación descrita de Kostiakov-Lewis, en donde la fórmula es:

$$I = K t^n$$

Donde:

I = velocidad de infiltración (cm/hr)

t = tiempo (min)

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

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

## Capacidad de Campo

Está definida como el estado o nivel de humedad que alcanza un suelo saturado cuando ha cesado el drenaje interno del mismo (Marrero, 2006). Para la determinación de la capacidad de campo se realizó a través del método de la olla de Richard en el Laboratorio de Suelos y Agua (LABSA), de la Universidad Nacional Agraria.

### 3.7.2. Parámetros físicos de suelo

#### 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 este ocupa. Se determinó mediante un muestreo de suelo en el campo y posteriormente se analizó en el laboratorio de Suelo y Agua de la Universidad Nacional Agraria. Cisneros (2003), recomienda calcular la densidad real por la siguiente fórmula:

$$Dr = \frac{P_{ss}}{V_p}$$

Dónde:

**Dr:** Densidad real (g.cm<sup>3</sup>)

**Pss:** Peso del suelo seco (g)

**Vp:** Volumen de las partículas (cm<sup>3</sup>)

#### 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. Cisneros (2003), recomienda calcular la densidad aparente por la siguiente fórmula:

$$Da = \frac{P_{ss}}{V_t}$$

Dónde:

**Da:** Densidad Aparente (g.cm<sup>3</sup>)

**Pss:** Es el peso de la parte sólida (g)

**Vt:** Es el volumen total ocupado por el suelo (cm<sup>3</sup>)

### **Porosidad del suelo**

Se define como el porcentaje del volumen total del suelo que está ocupado por los poros. Una vez obtenida la densidad aparente y la real del suelo. Cisneros (2003), recomienda calcular la porosidad por medio de la formula siguiente:

$$Pt = \left( \frac{Dr - Da}{Dr} \right) \times 100$$

Dónde:

**P:** Porosidad total (%)

**Da:** Densidad aparente (g.cm<sup>3</sup>)

**Dr:** Densidad real (g.cm<sup>3</sup>).

### **3.7.3. Parámetros de riego**

#### **Tiempo de riego**

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

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

Dónde:

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

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

**Ne:** Número de emisores.

#### **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). Se utilizó la siguiente fórmula:

$$ETc = Kc \times Eo$$

Dónde:

**ETc:** Evapotranspiración de cultivo (mm)

**Kc:** Coeficiente de cultivo

**Eo:** Evaporación diaria (mm)

### **Volumen total de agua**

Se calculó en las tres diferentes láminas de riego durante todo el periodo de vida del cultivo, midiendo el caudal de agua suministrado por un emisor en una hora por el número de emisores en cada una de las tres láminas aplicadas en el experimento.

### **Coefficiente de cultivo “Kc”**

El coeficiente del cultivo no es más que la relación entre la evapotranspiración de un cultivo, durante una etapa definitiva con la evaporación. Se determinó por medio de la fórmula  $Kc = E_{vtp} / E_{vp}$  a través del programa Cropwat (v 8.0).

### **Coefficiente de rendimiento del cultivo “Ky”**

Este cálculo se realizó al final de la cosecha, con los datos de rendimiento máximo del cultivo del tomate y el rendimiento real de la cosecha, 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:

$\left(1 - \frac{Y_r}{Y_m}\right) = Ky \left(1 - \frac{E_{VTPr}}{E_{VTPm}}\right)$  Despejando “Ky” obtenemos

$$Ky = \frac{\left(1 - \frac{Y_r}{Y_m}\right)}{\left(1 - \frac{E_{VTPr}}{E_{VTPm}}\right)}$$

Donde:

Y<sub>r</sub>: rendimiento real de la cosecha

Y<sub>m</sub>: rendimiento máximo

E<sub>VTPm</sub>: evapotranspiración máxima

E<sub>VTPr</sub>: evapotranspiración referencial.

## **Coefficiente de uniformidad**

Esta variable se determinó mediante el uso de un recipiente y una probeta de 100 ml, para ello se seleccionó 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), los datos fueron convertidos a sus equivalentes en litros por hora para su registro y posterior análisis.

1. Los nueve datos obtenidos se ordenan de menor a mayor.
2. De estos nueve datos fueron seleccionados los cuatros 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).

1. Se calculó el 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, que se expresa en porcentaje:

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

CUC: Coeficiente de Uniformidad del Caudal (%).

$q_{25\%}$ : Caudal promedio (L/h) de los 4 emisores de menor caudal

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

#### **3.7.4. Variables de crecimiento**

**Altura de planta (cm):** los valores de esta variable fueron tomados con una cinta métrica expresada en centímetros (cm), las mediciones se realizaron desde el nivel del suelo hasta el punto más alto de la planta.

**Diámetro de planta (cm):** medido con un vernier realizando las mediciones en la parte media de la planta.

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

Para la medición de estas variables de fruto y rendimiento fue necesario hacer uso de baldes, bolsas plásticas encada una de las cosechas y balanza, vernier, beaker en las tomas de datos.

**Número de racimos de tomate por planta:** se realizó un conteo visual de todos los racimos en las plantas de estudio de las parcelas útiles.

**Número de frutos por cada racimo:** Se realizó un conteo visual del número de frutos por cada racimo en las plantas de estudio de las parcelas útiles.

**Volumen del fruto:** El volumen de fruto se determinó en centímetros cúbicos (cm<sup>3</sup>) por medio de un beaker de 500 ml, conteniendo 100 ml de agua, sumergiéndose los frutos al beaker, midiendo el agua desplazada.

**Diámetro polar y ecuatorial del fruto:** se midió con un vernier en el radio polar y ecuatorial de los frutos en cm.

**Grados Brix:** Se tomaron cinco frutos maduros por parcela experimental. Extrayéndose el jugo del fruto, ubicándolo en el refractómetro, observándose el porcentaje de azúcares solubles.

**Rendimiento:** Se contabilizaron y se pesaron todos los tomates por parcela útil y posteriormente se uniformaron en  $\text{kg ha}^{-1}$ .

### 3.8. 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). Se realizó análisis de varianza (ANDEVA) sobre las variables agronómicas y de rendimiento, estableciéndose en el siguiente modelo aditivo lineal.

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

Donde:

k= 1, 2 y 3 repeticiones

i = 1, 2 y 3 láminas de riego

j = 1, 2 y 3 biofertilizantes

l = 1, 2 y 3 observaciones

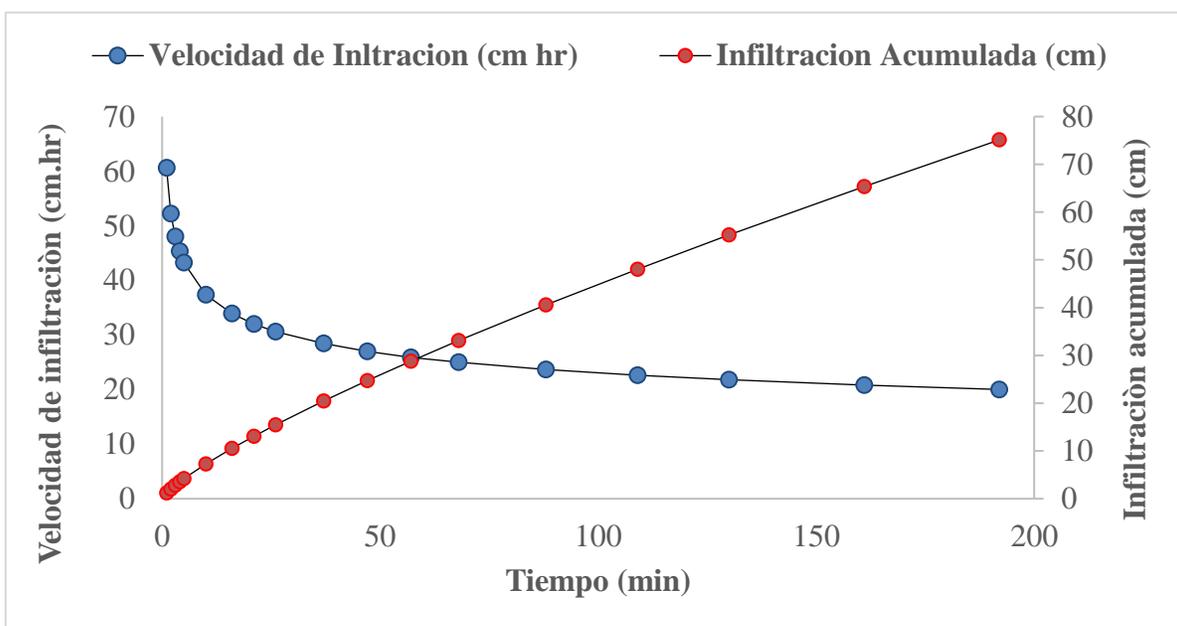
$Y_{ijkl}$	Es el valor medio de las observaciones medidas en los distintos tratamientos de cada bloque conformado
$\mu$	Es el efecto de la media muestra sobre el modelo
$\beta_k$	Es el efecto del <i>k-ésimo</i> bloque (réplicas)
$\alpha_i$	Es el efecto de la <i>i-ésima</i> lámina de riego
$(\beta\alpha)_{\epsilon ik}$	Es el error de A
$\tau_j$	Es el efecto del <i>j-ésimo</i> biofertilizante
$(\tau\alpha)_{\epsilon jk}$	Es el error de B
$(\alpha\tau)_{ij}$	Es el efecto del <i>i-ésima</i> lámina de riego, del <i>j-ésimo biofertilizante</i>
$\beta\alpha\tau_{(ijkl)}$	Es el error de la interacción

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1. Parámetros hidrofísicos del suelo

#### 4.1.1. Curva de Infiltración de agua en el suelo

De acuerdo con los resultados se obtuvo una infiltración básica del suelo de 23 cm.hora y la velocidad de infiltración del suelo de 25 cm. hora, esto quiere decir que es un suelo con un buen drenaje que puede soportar una intensidad de lluvia de 250 mm en una hora para llegar a saturarse. Esto se debe a que la clase textural del suelo es un franco arenoso (Figura 3).



**Figura 3.** Velocidad de infiltración e infiltración acumulada, UNA, Managua 2015-2016.

El comportamiento de los datos nos demuestra que la velocidad de infiltración es alta con respecto al tiempo, disminuye y se hace constante una vez que el suelo alcanza su capacidad de campo.

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

#### **4.1.2. Capacidad de Campo (Cc)**

Según los resultados obtenidos del análisis del suelo, nos indica que la capacidad de campo (Cc) del suelo donde se estableció el estudio fue de 28.96 %, dicho resultado nos indica que la capacidad de retención de agua es moderadamente alta. Según Blair (2006), reporta que la capacidad de los suelos franco arenosos oscila entre 7.5 y 20.5 %, según lo antes descrito el suelo presenta una buena retención de humedad.

### **4.2. Parámetros físicos del suelo**

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

Según los resultados obtenidos del análisis físico del suelo por el Laboratorio de Suelo y Agua (LABSA, 2016), el suelo del área experimental presento una densidad aparente de 0.91 g/cm<sup>3</sup> y densidad real de 2.36 g/cm<sup>3</sup>. Cisneros (2003), denomina a los suelos con valores medios de densidad aparente entre 0.7 y 1.1 (g.cm<sup>-3</sup>) como suelo orgánico. Los valores de densidad aparente altos (mayores de 1.3 g cm<sup>-3</sup>) indican un ambiente pobre para el crecimiento de raíces y. Según Cisneros (2003), la densidad real se puede considerar casi constante debido a que varía de 2.60 a 2.74 g cm<sup>-3</sup>.

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

#### **4.2.2. Porosidad del suelo**

Se determinó que el suelo presenta un 61.5 % de porosidad. De acuerdo a FAO (2009), califica porosidades mayores de 40 % como muy altas. Lo que demuestra que esta condición es propicia para una buena circulación del agua y aire a través del suelo.

### **4.3. Parámetros de riego**

#### **4.3.1. Tiempo de riego**

Para la determinación de los tiempos de riego de cada una de las láminas a aplicar se utilizó la ecuación descrita por Marrero (2006), cuadro 5.

**Cuadro 5.** Tiempos de riego para cada una de las láminas de riego evaluadas en el Cv. Shanty,UNA, Managua, 2016.

<b>Láminas de riego</b>	<b>Tiempos (horas y minutos)</b>
1.0 l.planta.día	1 hora 39 minutos
1.5 l.planta.día	2 hora 30 minutos
2.0 l.planta.día	3 hora 20 minutos

#### **4.3.2. Láminas de riego**

Las láminas fueron manejadas de acuerdo a la etapa fenológica del cultivo, duplicándose la cantidad de agua por cada lámina en la etapa media, debido a que las plantas en esa etapa requieren mayor suministro de agua del suelo para el desarrollo de flores y producción de los frutos, restableciéndolas a las láminas iniciales en la etapa final del cultivo.

**Cuadro 6.** Láminas de riego en litro por planta al día (l.planta.día) evaluadas en los 120 días en campo en el Cv.Shanty, UNA, Managua, 2016.

<b>Láminas de riego</b>	<b>Etapas inicial (1-25 ddt)</b>	<b>Etapas media (26-86 ddt)</b>	<b>Etapas final (87-100 ddt)</b>
a)	1.0	2.0	1.0
b)	1.5	3.0	1.5
c)	2.0	4.0	2.0

#### 4.3.3. Volumen total de agua

El volumen total de agua aplicado en todo el ciclo se calculó con respecto a las diferentes láminas de riego aplicadas, respecto a las diferentes etapas de desarrollo de las plantas. Los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro 7. El volumen total de agua aplicado en el campo a los 120 días en el cultivo fue de 81 m<sup>3</sup>.

**Cuadro 7.** Volumen total de agua aplicada para cada una de las láminas de riego evaluadas en el Cv.Shanty. UNA, Managua. 2016.

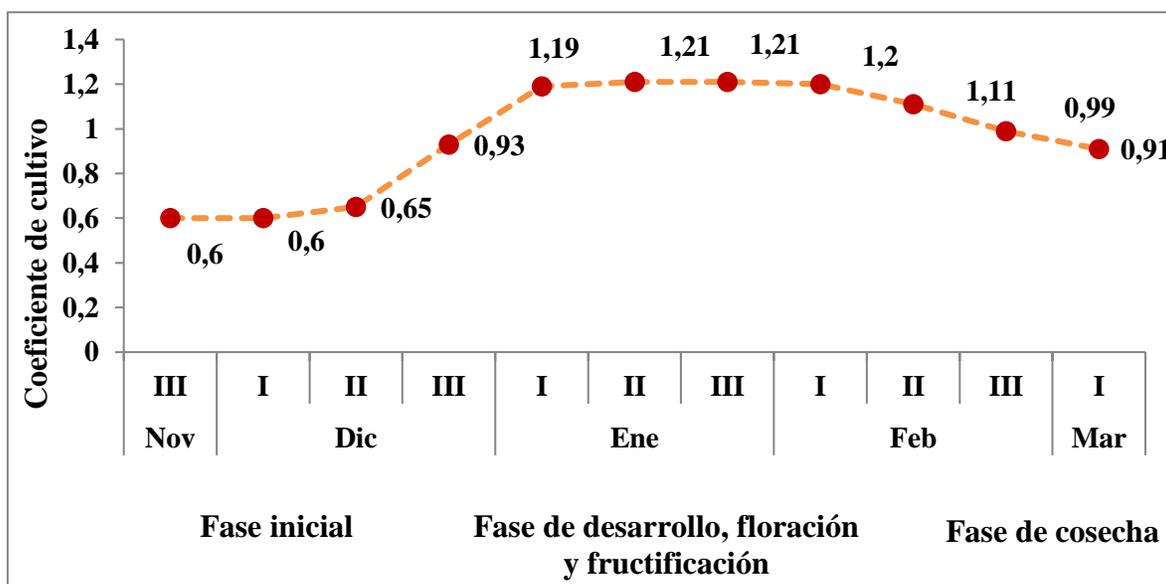
<b>Láminas de riego</b>	<b>Etapas inicial (1-25 ddt)</b>	<b>Etapas media (26-86 ddt)</b>	<b>Etapas final (87-100 ddt)</b>	<b>Total de agua aplicada (m<sup>3</sup>)</b>
a <sub>1</sub>	6,750 l	9,000 l	2,250 l	18
a <sub>2</sub>	10,125 l	13,500 l	3,375 l	27
a <sub>3</sub>	13,500 l	18,000 l	4,500 l	36
<b>Total</b>				<b>81.00</b>

#### 4.3.4. Coeficiente de cultivo (Kc)

Se conoce como coeficiente del cultivo Kc, a un valor dependiente de las características anatómicas, morfológicas y fisiológicas de las plantas, así como de la región y fecha de siembra. Este valor varía según el período de crecimiento de las plantas y del clima determinado, depende de la capacidad de las plantas de extraer agua del suelo según, su estado de desarrollo vegetativo (Valverde, 2000).

Es un valor 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 (Deras, 2003).

La curva del coeficiente del cultivo representa los cambios de este coeficiente en relación con la longitud de la temporada de crecimiento. Su forma representa los cambios en la vegetación y en la cubierta vegetal durante el desarrollo y la maduración de la planta mediante la relación evapotranspiración y evaporación (Marrero, 2006; citado por Herrera y Ruiz, 2011).

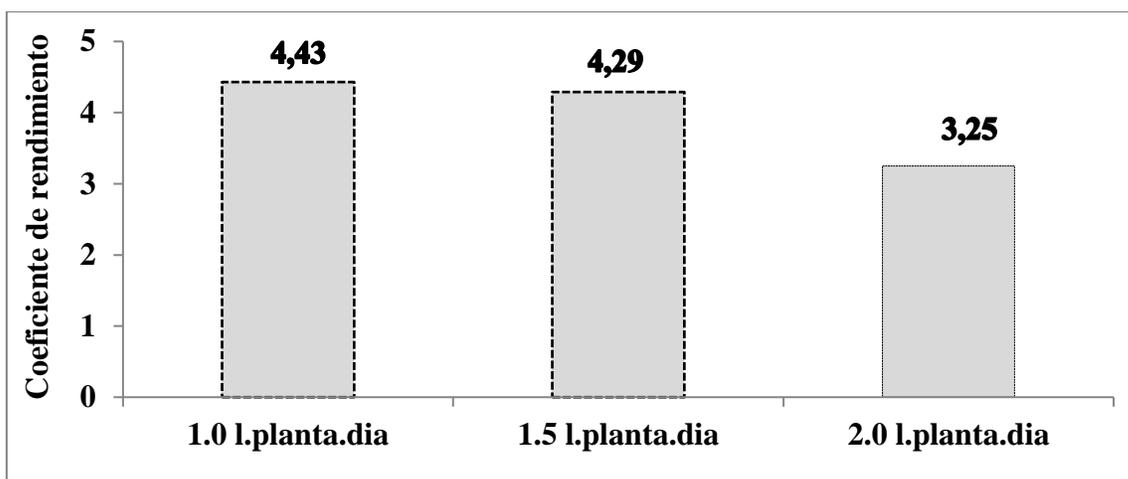


**Figura 4.** Coeficiente de cultivo del tomate Cv. Shanty en sus diferentes etapas del cultivo, Universidad Nacional Agraria, Managua, 2016.

#### 4.3.5. 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 y de riego, 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; citados por Herrera y Ruiz, 2011).

La aplicación del factor sobre el rendimiento ( $K_y$ ), para la planificación de diseño y operación de proyectos de riego, permite la optimización del agua en términos de rendimientos del cultivo y producción total para la superficie del proyecto. El cultivo con valor mayor de  $K_y$ , sufrirá mayor pérdida de rendimiento que el cultivo con menor valor  $K_y$  (Doorenbos y Kassam, 1980; citado por Peña, 2011). Teniendo en cuenta lo antes descrito, valores menores de “ $K_y$ ” representan un aprovechamiento eficiente del agua aplicada, casos contrarios indican pérdidas. Los resultados obtenidos indican que la lámina de riego de menor pérdida en el rendimiento fue la de 2.0 l.planta.día con un valor de  $K_y$  de 3.25, en cuanto a las otras dos láminas de riego evaluadas de 1.0 y 1.5 l.planta.día, presentan un comportamiento similar con valores de 4.29 y 4.43 respectivamente.



**Figura 5.** Coeficiente de rendimiento del cultivo del tomate Cv. Shanty, UNA, Managua, 2016.

#### 4.3.6. Coeficiente de uniformidad (CUC)

Pizarro (1996), expresa que, en los sistemas de riego localizado, el coeficiente de uniformidad debe superar el 90 %. Según INIA (2010) describe valores de coeficiente de uniformidad de 90 % a 100 % como excelente. Mediante el método del cuarto menor se encontró que este fue de 96.55 % ( $CU= 96.55 \%$ ), Anexo 11.

#### **4.4. Factores y niveles estudiados**

Según la separación de medias ( $LSD=0.05$ ) se encontró que las láminas de riego aplicadas diariamente y la aplicación de biofertilizantes, presentaron efectos significativos en las variables de crecimiento. En cuanto a la variable del fruto se encontraron diferencias estadísticas únicamente en las variables, número de racimo por planta, diámetro polar y ecuatorial, volumen, grados brix, en los rendimientos totales con respecto a las láminas de riego.

#### **4.5. Variables de crecimiento**

##### **4.5.1. Altura de la planta**

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

Esta variable muestra diferencia estadística ( $Pr > 0.05$ ) en los factores evaluados a los 32 ddt, 39 ddt y 55 ddt con respecto a las láminas de riego, prevaleciendo con los mayores promedios la lámina 2.0 l.planta.día con 65.85 cm, 107.20 cm y 87.46 cm (cuadro 8). Estos resultados obtenidos se encuentran por encima de los reportados por Cuadra y García, (2016) los cuales obtuvieron como promedio 70.4 y 102.6 cm de altura. En cuanto a la aplicación de los biofertilizantes, mostraron diferencias estadísticas a los 32 ddt, 39 ddt y 55 ddt, obteniéndose los mejores resultados en el purín de lombriz en comparación con los demás con valores de 57.71cm, 98.13 cm y 82.56 cm para las tres fechas.

#### 4.5.2. Diámetro del tallo

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 se encontraron diferencia estadística ( $Pr > 0.05$ ) en cuanto a las láminas de riego a los 32 ddt, 39 ddt y 55 ddt y los biofertilizantes a los 55 ddt, los promedios de diámetro se encuentran en un rango de 0.56 a 0.66 cm (cuadro 8). Estos resultados se encuentran por debajo de los obtenidos por López y Coleman, (2016) con promedios de 1.24 a 1.31 cm, así como también resultan inferiores por los obtenidos de Andrades y Loáisiga (2015) con promedios de 1 a 5 cm y similares a los reportados por Cuadra y Garcia (2016) con promedios de 0.61 a 0.62.

**Cuadro 8.** Comparación de los valores promedios para las variables de crecimiento en el Cv. Shanty, UNA, Managua, 2016.

Factores	Niveles	ALTPLA (cm)			DIAPLA (cm)		
		32 DDT	39 DDT	55 DDT	32 DDT	39 DDT	55 DDT
Láminas	2.0 l	65.857 a	107.200 a	87.467 a	0.1900 a	0.6633 a	0.6166 a
	1.5 l	51.687 b	81.733 b	65.967 b	0.1633 b	0.5633 b	0.5466 b
	1.0 l	48.743 b	77.733 b	69.033 b	0.1200 c	0.5400 b	0.6186 a
Biofertilizantes	Purín	57.713 a	98.133 a	82.567 a	0.1600 a	0.6266 a	0.6400 a
	MML	53.427 b	87.333 b	70.400 b	0.1500 a	0.5766 a	0.5620 b
	Sutoshu	55.147 ab	81.200 b	69.500 b	0.1633 a	0.5633 a	0.5800 b
	R <sup>2</sup>	0.9109	0.8636	0.8839	0.8019	0.7641	0.8088
	CV	8.4876	12.633	11.758	21.127	12.361	8.7522

*\*\*Promedios con igual letra no difieren estadísticamente ( $LSD_{\infty=0.05}$ ). ALTPLA=Altura de planta. DIAPLA=Diámetro de planta.*

## 4.6. Variables del fruto

### 4.6.1. Número de racimos

En la variable número de racimos de tomate por planta mostro diferencia estadística únicamente para el factor láminas de riego ( $Pr > 0.05$ ) obteniendo un mayor número de racimos por planta con la mayor lámina de agua aplicada (2.0 l.planta.día) con 6.66 racimos. Estos resultados son superiores que los reportados por Cuadra y García (2016) con promedios de 4.66 racimos.

### 4.6.2. Número de frutos por racimo

En este caso no se encontró diferencias estadísticas ( $Pr > 0.05$ ) en los factores evaluados, obteniendo promedios que oscilan de 0.34 a 0.27 tomates por racimos para las láminas de riego 1.0, 1.5 y 2.0 l.planta.día y 0.32 a 0.31 tomates por racimos para los biofertilizantes, Purín de lombriz, MML y Sutoshu.

**Cuadro 9.** Comparación de los valores medios para las variables del fruto en el Cv. Shanty.UNA, Managua, 2016.

Factores	Niveles	RACPLA	TMRAC
		39 DDT	39 DDT
Láminas	2.0 l	6.6667 a	0.3426 a
	1.5 l	3.3667 b	0.2700 a
	1.0 l	2.8667 b	0.2606 a
Biofertilizantes	Purín	4.7667 a	0.3260 a
	MML	4.4000 a	0.2306 a
	Sutoshu	3.7333 a	0.3166 a
	R <sup>2</sup>	0.8693	0.7643
	CV	29.847	50.012

**\*\*Promedios con igual letra no difieren estadísticamente ( $LSD_{\infty} = 0.05$ ). RACPLA=Número de racimos por planta. TOMRAC=Número de tomates por racimo.**

#### **4.6.3. 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 (Mayorga, 2004). Encontraron diferencia estadísticas ( $Pr > 0.05$ ) en cuanto a la primera y tercera cosecha en cuanto al factor láminas de riego obteniéndose los mayores resultados la lámina 2.0 l.planta.día con valores de 5.6 cm en la primer cosecha y 5.76 cm en la tercera cosecha superando a las demás. En cuanto a los biofertilizantes hubo diferencia estadística ( $Pr > 0.05$ ) en la primera cosecha, obteniendo con el purín de lombriz el mayor valor 4.06 cm, el MML-Líquido con 3.51 cm y el Sutoshu con 2.50 con el menor valor. Resultados superiores a los reportados por López y Coleman (2016) con promedios de 2.2 y 3.1 cm, e inferiores por los reportados por Cuadra y García (2016) con promedio de 6.2 y 6.4 cm.

#### **4.6.4. Diámetro ecuatorial**

La variable diámetro ecuatorial de la planta muestra diferencia estadística ( $Pr > 0.05$ ) en cuanto factor lámina de riego en la primera cosecha y tercera cosecha, obteniéndose los mayores promedios con la mayor lámina aplicada 2.0 l.planta.día, superando a las demás con valores de 4.13 cm en la primera cosecha y 4.36 en la tercer cosecha, valores superiores a los reportados por López y Coleman (2016) con promedios de 2.5 y 2.9 cm y similares a los reportados por Cuadra y García (2016) con promedio de 4.6 cm. En cuanto al factor biofertilizantes se encontró diferencia estadística ( $Pr > 0.05$ ) en la primera cosecha, obteniéndose el mejor resultado con el Purín de lombriz con 3.08 cm.

González y Laguna (2004), mencionan que los frutos pueden clasificarse 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 información, el cultivar evaluado puede clasificarse como mediano y pequeño; con buena preferencia para el consumidor nacional.

**Cuadro 10.** Comparación de los valores medios para las variables de fruto en el Cv. Shanty, UNA, Managua, 2016.

Factores	Niveles	DIAPOLAR (cm)			DIAECUA (cm)		
		PC	SC	TC	PC	SC	TC
Láminas	2.0 l	5.6200 a	3.285 a	5.7620 a	4.1300 a	1.5387 a	4.3667 a
	1.5 l	2.7273 b	2.222 a	4.1853 b	2.0867 b	1.5580 a	3.2340 b
	1.0 l	1.7367 b	2.773 a	3.3493 b	1.3353 b	1.9900 a	2.5660 b
Biofertilizantes	Purín	4.0660 a	1.887 a	4.3720 a	3.0840 a	1.3335 a	3.3680 a
	MML	3.5107 ab	2.109 a	4.8047 a	2.6360 ab	1.4880 a	3.6907 a
	Sutoshu	2.5073 b	4.285 a	4.1200 a	1.8320 b	2.2633 a	3.0880 a
	R <sup>2</sup>	0.8212	0.596	0.6852	0.8197	0.6697	0.665
	CV	56.741	131.53	39.415	56.431	85.218	41.171

*\*\*Promedios con igual letra no difieren estadísticamente (LSD  $\alpha=0.05$ ). DIAPOL=Diámetro polar. DIAECU=Diámetro ecuatorial. PC=Primera cosecha. SC=Segunda cosecha. TC=Tercera cosecha.*

#### 4.6.5. Volumen del fruto

Según el análisis de varianza indica que hay diferencias estadísticas ( $Pr > 0.05$ ) en la variable volumen del fruto en las láminas de riego en la primera y tercera cosecha, obteniendo los mejores resultados al aplicar 2.0 l.planta.día, con valores de 62.67 cm<sup>3</sup> para la primera cosecha y 55.20 cm<sup>3</sup> en la tercera cosecha. Dichos resultados son similares a los reportados por Cuadra y García (2016) con un promedio de 63.08 cm<sup>3</sup>, Con respecto a los biofertilizantes hubo diferencia estadística solamente en la primera cosecha, obteniendo el mayor promedio con la aplicación del Purín de lombriz con 47.08 cm<sup>3</sup>.

#### 4.6.6. Grados brix

El análisis de varianza mostró diferencia estadística únicamente en la primer cosecha en cuanto al riego, obteniendo el mayor promedio con la aplicación de la mayor lámina 2.0 l.planta.día con 3.85° brix, en segundo lugar la lámina 1.5 l.planta.día con 2.32° brix y por último 1.0 l.planta.día con 1.80° brix. En cuanto a los biofertilizantes se encontró diferencia estadística en la primera cosecha, obteniéndose el mejor resultado en el purín de lombriz con 3.68° brix en comparación a los demás (Cuadro 11).

Estos resultados son similares a los obtenidos por Cuadra y García (2016) con 3.6° brix y también similares a los de López y Coleman (2016) con 3.50 y 3.82° brix.

**Cuadro 11.** Comparación de los valores medios para las variables de fruto en el Cv. Shanty, UNA, Managua, 2016.

Factores	Niveles	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )			G°Brix		
		PC	SC	TC	PC	SC	TC
Láminas	2.0 l	62.67 a	30.50 a	55.203 a	3.8500 a	2.5333 a	3.4500 a
	1.5 l	28.94 b	31.17 a	43.383 ab	2.3233 b	2.4667 a	3.2000 a
	1.0 l	21.83 b	31.75 a	35.833 b	1.8067 b	3.1333 a	3.2667 a
Biofertilizantes	Purín	47.083 a	25.500 a	45.680 a	3.6800 a	2.4000 a	3.5000 a
	MML	39.783 ab	26.667 a	52.259 a	2.7000 ab	2.6667 a	3.0833 a
	Sutoshu	26.583 b	41.250 a	36.481 a	1.6000 b	3.0667 a	3.3333 a
	R <sup>2</sup>	0.7959	0.6565	0.672	0.855	0.7105	0.5608
	CV	63.275	93.114	48.603	42.07	63.227	37.162

**\*\*Promedios con igual letra no difieren estadísticamente (LSD  $\alpha=0.05$ ). VOLM= volumen. G°BRIX= grados brix. PC=Primera cosecha. SC=Segunda cosecha. TC=Tercera cosecha.**

#### 4.7. Rendimientos mensuales y totales

En cuanto a los rendimientos se presentaron diferencias estadísticas ( $Pr > 0.05$ ) únicamente en las láminas de riego. El mejor rendimiento obtenido de las tres cosechas que se realizaron en dos meses, sitúan en primer lugar a la lámina de riego 2.0 l.planta.día (6,275.7 kg ha<sup>-1</sup>), en segundo lugar 1.5 l.planta.día (2,527.2 kg ha<sup>-1</sup>) y en tercer lugar 1.0 l.planta.día (2032.1 kg ha<sup>-1</sup>). Estos resultados son inferiores a los obtenidos por Cuadra y García (2016) con un promedio de 9,676.70 kg ha<sup>-1</sup> con la aplicación de la misma lamina de riego 2.0 l.planta.día.

En cuanto a los rendimientos totales en las tres cosechas realizadas, la mejor lámina de riego fue de 2.0 l.planta.día con un promedio en el rendimiento total de 6,275.7 kg ha<sup>-1</sup>. Dichos rendimientos se encuentran por debajo de los reportados por el MAGFOR (2007) y la FAO (2012) con una producción de 14,633.96 kg ha<sup>-1</sup>. La mayor producción se obtuvo en la primera cosecha del mes de marzo, siendo la menor cosecha la segunda realizada en el mes de febrero (Cuadro 12).

**Cuadro 12.** Comparación de los valores medios en el rendimiento en el Cv. Shanty. UNA, Managua, 2016.

Factores	Niveles	Febrero	Febrero	Marzo	Rtotal
Láminas	2.0 l	2249.4 a	505.0 a	3521.3 a	6275.7 a
	1.5 l	670.7 b	501.7 a	1354.8 b	2527.2 b
	1.0 l	508.9 b	611.2 a	912.0 b	2032.1 b
Biofertilizantes	Purín	1202.9 ab	444.7 a	2043.8 a	3691.4 a
	MML	1450.9 a	464.1 a	2026.8 a	3941.8 a
	Sutoshu	775.2 b	709.1 a	1717.4 a	3201.7 a
	R <sup>2</sup>	0.8824	0.6313	0.9	0.9246
	CV	56.125	94.088	36.584	27.113

**\*\*Promedios con igual letra no difieren estadísticamente (LSD  $\infty=0.05$ ).**

En el cuadro 13 se muestra la interacción de la aplicación de las láminas de riego y aplicación de biofertilizantes, mostrándose que el tratamiento con mayor promedio en el rendimiento fue la combinación de la lámina de riego 2.0 l.planta.día y la aplicación del biofertilizante MML con 6 743.50 kg ha<sup>-1</sup>. Sin embargo, al efectuar las comparaciones se determinó que no existen diferencias significativas entre las interacciones, siendo ambos factores independientes entre sí como se muestra en los anexos 13, 14 y 15.

**Cuadro 13.** Comparación de los valores medios de la interacción (Riego\*Biofertilizante) de rendimiento total kg ha<sup>-1</sup> para el Cv. Shanty, UNA, Managua, 2016.

Niveles	Rendimiento total en kg ha <sup>-1</sup>		
	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>
a <sub>3</sub>	5 992.75	6 743.50	6 090.75
a <sub>2</sub>	2 858.97	3 069.85	1 652.62
a <sub>1</sub>	2 222.32	2 012.15	1 861.75

**a<sub>1</sub>=1.0 l.planta.día. a<sub>2</sub>=1.5 l.planta.día. a<sub>3</sub>=2.0 l.planta.día. b<sub>1</sub>= Purín de lombriz. b<sub>2</sub>= MML. b<sub>3</sub>= Sutoshu.**

## V. CONCLUSIONES

Basado en los resultados obtenidos en el presente estudio se deducen las consideraciones siguientes:

- Las láminas de riego aplicadas en el ensayo tuvieron efectos significativos sobre las variables de crecimiento, del fruto y rendimiento obteniéndose los mayores promedio con la aplicación de la lámina 2.0 l.planta.día, obteniendo se un rendimiento total de 6 275.7 kg ha<sup>-1</sup> con dicha lámina superando en un 59.8 % y 67.6 % a las demás laminas aplicadas 1.5 l.planta.día y 1.0 l.planta.día, respectivamente.
- La aplicación de los biofertilizantes mostró efectos significativos sobre las variables de crecimiento y del fruto con excepción de las variables de racimo por planta y tomate por racimo obteniendo los mejores resultados con la aplicación del MML-Liquido en cuanto al rendimiento total con un promedio de 3 941.8 kg ha<sup>-1</sup>, superando en un 7 % y 18.7 % al Purín de lombriz y Sutoshu respectivamente.
- El comportamiento de las interacciones mostró efecto significativo, en cuanto al rendimiento total, obteniéndose el mejor resultado con el tratamiento a3b2 con un rendimiento promedio de 6 743.50 kg ha<sup>-1</sup>.

## VI. LITERATURA CITADA

**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.

**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 (ingAgr). 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>.

**Blair, M; Bohlen, J; Freckman, W. 1996.** Soil invertebrates as indicators of soil quality. *In:* Methods for assessing soil quality. Madison, WI. USA. Soil Science Society of America. p.273-291 (Special publication N° 49).

**CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal) 2013.** Riego por goteo. San Salvador, Salv. 98p.

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

**Cuadra Aguilera, F; García Ramos, D; 2016.** Evaluación de tres láminas de riego por goteo y tres dosis de biofertilizante, en el cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) variedad Shanty en condiciones edafoclimáticas de Managua, Universidad Nacional Agraria, Managua. Tesis de Ing. Agrónomo y Agrícola. Managua, NI. UNA, FAGRO.

**Chemonics International, NI.; Cuenta Reto del Milenio, NI. 2008.** Cultivo del tomate (*Lycopersicum esculentum* o *Solanum Lycopersicum*). Programa de diversificación hortícola. Managua, NI, UNA. 34 P.

**Deras, C. J. 2003.** Guía Técnica; Uso de riegos. Centro nacional de tecnología agropecuaria y forestal (CENTA). San Salvador (El Salvador). P 12-15.

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

**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.A; Ruiz, M. 2010.** Efecto de tres láminas de riego y tres dosis de aplicación de biofertilizantes en el cultivo orgánico de fresa (fraganasp) Festival en el Castillito, Las Sabanas, Madriz, Tesis Ing. Agrícola. Universidad NacionalAgraria, NI. 59 p.

**FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations).2009.** Presentación al CMNUCC AWG LCA, Enablingagriculture to contribute to climate change.Disponible en <http://unfccc.int/resource/docs/2008/smsn/igo/036.pdf>

**FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura).2012.** 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>

**González Urrutia, O.E.; Laguna Laguna, J.L. 2004.** Evaluación del comportamiento agronómico de once cultivares de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), bajo el manejo del productor en el valle de Sébaco, Matagalpa. (en línea). Managua, NI, UNA. Consultado 21 ene. 2014. Disponible en <http://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf30g643.pdf>

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

**INTA (Instituto de Nicaragua de Tecnología Agropecuaria) 1999.** Guía tecnológica 22 cultivo del tomate, Managua, NI.

**INTA (Instituto de Nicaragua de Tecnología Agropecuaria) 2012.** Lombrihumos. Afiche (En línea), consultado el: 24 febrero 2017. Disponible en <http://www.inta.gob.ni/biblioteca/index.php/component/booklibrary/101/view/54/Afiches%20INTA/134/lombrihumus>

**INATEC (Instituto Nacional Tecnológico). 2014.** Huerto Familiar. Managua, NI. 12 p.

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

**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.

**López Úbeda, P; Coleman Beer, 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.

**MAGFOR (Ministerio Agropecuario y Forestal). 2012a.** Beneficio del programa para la de las solanáceas en el país. Managua, NI. 2 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.

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

**Mayorga Suchite, A S. 2004.** Evaluación agronómica de ocho híbridos de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) en dos localidades de Zacapa. (en línea). Chiquimula, GA. USAC. Consultado 29 ene. 2015. Disponible en [http://cunori.edu.gt/descargas/EVALUACION\\_AGRONOMICA\\_DE\\_OCHO\\_HIBRIDOS\\_DE\\_TOMATE\\_EN\\_DOS\\_LOCALIDADES\\_DE\\_ZACAPA.pdf](http://cunori.edu.gt/descargas/EVALUACION_AGRONOMICA_DE_OCHO_HIBRIDOS_DE_TOMATE_EN_DOS_LOCALIDADES_DE_ZACAPA.pdf)

**MIFIC (Ministerio de Fomento, Industria y Comercio). 2007.** Ficha del tomate (En línea). UNA, Managua-Nicaragua. Consultado 24 enero. 2016. Disponible en <http://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENE71N583ft.pdf>

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

**Núñez, M. 2000.** Manual de técnicas agroecológicas. Primera edición. En Línea. Consultado el: 24 Junio 2014. Disponible en: <http://www.ambiente.gov.ar/infoteca/aea/descargas/nunez01.pdf>

**Pizarro F. 1996.** Riego localizado de alta frecuencia. Goteo Microaspersión y exudación. Editorial, Mundi – Prensa libro. 471p.

**Ra Ximhai. 2010.** Biofertilizantes en el desarrollo agrícola de México. Revista de sociedad, cultural y desarrollo sustentable. (Universidad autónoma indígena de México). Consultado el 9 de septiembre del 2015, (En línea). Disponible en:<http://www.journals.unam.mx/index.php/rxm/article/view/17885>.

**Rodríguez; Morales, J.2007.**Evaluación de alternativas de protección física y química de semilleros de tomate (*Lycopersicum esculentum Mill*) contra el ataque del complejo mosca blanca y su efecto en el rendimiento en el municipio de Tisma, Masaya. Tesis. Universidad Nacional Agraria, Managua, NI. 91 p.

**Ruano, S.; Sánchez, I. 2002.** Enciclopedia práctica de la agricultura y la ganadería: Hortalizas aprovechables por sus frutos. Grupo OCEANO. Barcelona, ES. MMII editorial OCEANO. 636p.

**Salmerón, F; García L 1994.** Fertilidad y fertilización de suelo Universidad Nacional Agraria. Managua Nicaragua.141p.

**SEAE (Sociedad Española de Agricultura Ecológica). 2008.** Manual Técnico Fertilización y Balances de nutrientes en sistemas Agroecológicos (En línea). Consultado el: 24 febrero 2017. Disponible en:<http://www.agroecologia.net/recursos/documentos/manuales/manual-fertilizacion-fpomares.pdf>

**Valverde, JC. 2000.** Riego y Drenaje. Editorial Universidad Estatal a Distancia, San José Costa Rica. 69-129 p.

## **VII. ANEXOS**



**Anexo 1.** Limpieza del área donde se estableció el ensayo, UNA, Managua.



**Anexo 2.** Elaboración de los camellones de siembra, UNA, Managua.



**Anexo 3.** Instalación del sistema de riego por goteo en la parcela experimental, UNA, Managua.



**Anexo 4.** Aplicación de los biofertilizantes, UNA, Managua.



**Anexo 5.** Plantas de tomate una vez instalado el tutoreo, UNA, Managua.

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

<b>N°</b>	<b>INTERVALO ENTRE LECTURA</b>	<b>TIEMPO ACUMULAD O</b>	<b>LECT URA</b>	<b>DIF ENTRE LECTURAS</b>	<b>INF ACUMUL ADA</b>
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.** Cálculo de la 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  $k$

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

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

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

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

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

$$k = 1.18$$

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.** Cálculo 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:** Lamina de riego

Tiempo de riego  $Tr_1 = \frac{1}{0.6 \times 1} = 1.66$  horas; 1 hora 39 minutos

Tiempo de riego  $Tr_2 = \frac{1.5}{0.6 \times 1} = 2.5$  horas; 2 horas 30 minutos

Tiempo de riego  $Tr_3 = \frac{2}{0.6 \times 1} = 3.33$  horas; 3 horas 20 minutos

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

Laminas	Puntos de muestreo	Tiempo (minutos)	Volumen (ml)	Q (L/h)
1	1	15	150	0.602
	2	15	148	0.592
	3	15	157	0.628
	4	15	137	0.548
2	5	15	136.5	0.546
	6	15	144.5	0.578
	7	15	142.5	0.57
3	8	15	146.5	0.586
	9	15	144.5	0.578

\*Q= Caudal l/h= litros por hora.

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

$$CUC = 96.55 \%$$

**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: 5.63 mm.d<sup>-1</sup>

EVTPm en la decena: 5.63 mm.d<sup>-1</sup> x 10 días = 56.3 mm.dec<sup>-1</sup>

EVTPm en la decena: 56.3 mm.dec<sup>-1</sup> x 10 = 563 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>

Yr: 18 ton.ha<sup>-1</sup> INTA (1999)

Evtpm = 563 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>, calculadas por cropwat (8.0)

Evtpr = 450 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>, calculadas por cropwat (8.0)

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

$$ky_{L1} = \frac{\left(1 - \frac{2.032}{18}\right)}{\left(1 - \frac{450}{563}\right)} = \frac{0.8871}{0.20} = 4.43$$

$$ky_{L1.5} = \frac{\left(1 - \frac{2.5272}{18}\right)}{\left(1 - \frac{450}{563}\right)} = \frac{0.859}{0.20} = 4.29$$

$$ky_{L2} = \frac{\left(1 - \frac{6.2757}{18}\right)}{\left(1 - \frac{450}{563}\right)} = \frac{0.65}{0.20} = 3.25$$

**Anexo 13.** Separación de medias para la altura y diámetro de plantas en las diferentes fechas evaluadas.

Lamina*Biofertilizante		ALTPLA			DIAPLA		
		32 ddt	39 ddt	55 ddt	32 ddt	39 ddt	55 ddt
2.0 1	Purin de lombriz	68.48a	107.30a	85.70a	0.19a	0.69a	0.63a
	MML	61.29a	108.80a	87.50a	0.18a	0.64a	0.58a
	Sutoshu	67.80a	105.50a	89.20a	0.20a	0.66a	0.63a
1.5 1	Purin de lombriz	59.51a	101.10a	84.30a	0.19a	0.62a	0.63a
	MML	49.46a	77.20a	57.20a	0.14a	0.56a	0.52a
	Sutoshu	46.09a	66.90a	56.40a	0.16a	0.51a	0.48a
1.0 1	Purin de lombriz	45.15a	86.00a	77.70a	0.10a	0.57a	0.65a
	MML	49.53a	76.00a	66.50a	0.13a	0.53a	0.58a
	Sutoshu	51.55a	71.20a	62.90a	0.13a	0.52a	0.62a

\*\**ddt*= Días después del trasplante

**Anexo 14.** Separación de medias para el diámetro polar y ecuatorial para las diferentes cosechas efectuadas.

Lamina*Biofertilizante		DIAMPOLAR (cm)			DIAMECUAT (cm)		
		PC	SC	TC	PC	SC	TC
2.0 1	Purin de lombriz	4.60a	1.64a	5.98a	3.38a	1.21a	4.35a
	MML	6.44a	1.85a	5.71a	4.73a	1.37a	4.40a
	Sutoshu	5.81a	6.36a	5.58a	4.26a	2.03a	4.27a
1.5 1	Purin de lombriz	4.26a	1.96a	4.32a	3.37a	1.42a	3.53a
	MML	2.22a	2.46a	5.09a	1.66a	1.59a	3.97a
	Sutoshu	1.71a	2.24a	3.13a	1.23a	1.66a	2.19a
1.0 1	Purin de lombriz	3.35a	2.06a	2.80a	2.49a	1.37a	2.21a
	MML	1.86	2.01	3.60	1.51	1.50	2.69
	Sutoshu	0.00	4.25	3.63	-0.00	3.10	2.79

\*\**PC*= Primer cosecha, *SC*= segunda cosecha; *TC*= Tercer cosecha

**Anexo 15.** Interacción para los factores evaluados para el variable volumen y grados brix del fruto.

Lamina*Biofertilizante		VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )			G° BRIX		
		PC	SC	TC	PC	SC	TC
2.0 1	Purin de lombriz	52.75a	18.00a	63.04a	3.95a	2.30a	3.80a
	MML	70.02a	26.00a	51.87a	3.60a	1.40a	3.55a
	Sutoshu	65.25a	47.50a	50.69a	4.00a	3.90a	3.00a
1.5 1	Purin de lombriz	49.00a	27.50a	42.50a	3.67a	2.60a	3.00a
	MML	23.33a	33.50a	62.15a	2.50a	3.30a	3.00a
	Sutoshu	14.50a	32.50a	25.50a	0.80a	1.50a	3.60a
1.0 1	Purin de lombriz	39.50a	31.00a	31.50a	3.42a	2.30a	3.70a
	MML	26.00a	20.50a	42.75a	2.00a	3.30a	2.70a
	Sutoshu	20.00a	43.75a	33.25a	2.00	3.80a	3.80a

\*\**PC*= Primer cosecha, *SC*= segunda cosecha; *TC*= Tercer cosecha