



"Por un Desarrollo Agrario  
Integral y Sostenible"

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN VEGETAL**

## **Trabajo de Graduación**

**Efecto de tres láminas de riego por goteo y tres distancias de  
siembra en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) Cv.  
UC-82, Universidad Nacional Agraria, Managua.**

### **AUTORES**

Br. Patricia Elieth López Ubeda  
Br. Erick Raduan Coleman Beer

### **ASESORES**

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

**Managua, Nicaragua  
Junio, 2016**



“Por un Desarrollo Agrario  
Integral y Sostenible”

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN VEGETAL**

## **Trabajo de Graduación**

**Efecto de tres láminas de riego por goteo y tres distancias de siembra en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) Cv UC-82, Universidad Nacional Agraria, Managua, del 2014 -2015.**

### **AUTORES**

Br. Patricia Elieth López Ubeda  
Br. Erick Raduan Coleman Beer

Trabajo presentado a la consideración  
del honorable tribunal examinador,  
Para optar al título de  
Ingenieros Agrónomos Generalista

**Managua, Nicaragua  
Junio, 2016**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
<b>DEDICATORIA</b>	<i>i</i>
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<i>iii</i>
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b>	<i>iv</i>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<i>v</i>
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b>	<i>vi</i>
<b>RESUMEN</b>	<i>vii</i>
<b>ABSTRACT</b>	<i>viii</i>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>II. OBJETIVOS</b>	3
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	4
<b>3.1. Ubicación del área del experimento</b>	4
<b>3.2. Análisis de suelo</b>	5
<b>3.3. Lámina de riego</b>	6
<b>3.4. Tiempo de riego</b>	6
<b>3.5. Diseño metodológico</b>	7
<b>3.6. Descripción de los tratamientos</b>	8
<b>3.7. Manejo agronómico</b>	8
<b>3.7.1. Establecimiento del semillero</b>	8
<b>3.7.2. Preparación del área de siembra</b>	8
<b>3.7.3. Trasplante de las plántulas en bolsas</b>	8
<b>3.7.4. Siembra</b>	8
<b>3.7.5. Control de arvenses</b>	9
<b>3.7.6. Riego</b>	9
<b>3.8. Parámetros hidrofísicos de suelo</b>	10
<b>3.8.1.1. Coeficiente de uniformidad</b>	10
<b>3.8.1.2. Volumen total del agua aplicada</b>	11
<b>3.8.1.3. Coeficiente de rendimiento del cultivo “Ky”</b>	11
<b>3.9. Propiedades físicas de suelo</b>	12
<b>3.9.1. Densidad aparente (Da) y Densidad real (Dr)</b>	12
<b>3.9.2. Porosidad de suelo</b>	12
<b>3.9.3. Infiltración de agua a través del suelo</b>	13
<b>3.9.4. Capacidad de campo</b>	13
<b>3.10. Variables evaluadas</b>	14

3.10.1.	Variables de crecimiento	14
3.10.1.1.	Altura de la planta	14
3.10.1.2.	Diámetro de la planta	15
3.10.2.	Variables del fruto y rendimiento	15
3.10.2.1.	Número de racimos de tomate por planta	15
3.10.2.2.	Número de tomates por racimo y por planta	15
3.10.2.3.	Volumen del fruto	15
3.10.2.4.	Diámetro polar y ecuatorial del fruto	15
3.10.2.5.	Grados brix	15
3.10.2.6.	Rendimiento	15
3.11.	Análisis de la información	16
3.12.	Análisis económico	16
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>18</b>
4.1.	Variables de crecimiento	18
4.1.1.	Altura de la planta	18
4.1.2.	Diámetro de la planta	18
4.2.	Variables de fruto	19
4.2.1.	Número de racimos por planta	19
4.2.2.	Número de tomates por racimo y por planta	19
4.2.3.	Volumen del tomate	19
4.2.4.	Diámetro polar	20
4.2.5.	Diámetro ecuatorial	20
4.2.6.	Grados brix (°)	20
4.3.	Rendimientos mensuales y totales	21
4.4.	Análisis económico	23
4.4.1.	Presupuesto parcial	23
4.4.2.	Relación beneficio costo	25
4.5.	Parámetros hidrofísicos de suelo	26
4.5.1.	Coefficiente de uniformidad	26
4.5.2.	Volumen de agua aplicada	27
4.5.3.	Coefficiente de rendimiento del cultivo “Ky”	27

4.6.	Propiedades físicas de suelo	28
4.6.1.	Densidad aparente (Da) y Densidad real (Dr)	28
4.6.2.	Porosidad del suelo	28
4.6.3.	Infiltración de agua en el suelo	28
4.6.4.	Capacidad de campo	29
V.	<b>CONCLUSIONES</b>	30
VI.	<b>RECOMENDACIONES</b>	31
VII.	<b>LITERATURA CITADA</b>	32
VIII.	<b>ANEXOS</b>	37

## DEDICATORIA

A:

Dios, padre celestial creador de todo lo existente, por brindarme la vida, sabiduría, inteligencia y entendimiento necesario para lograr culminar exitosamente cada una de mis metas.

A mi querida madre Gloria Elena Úbeda Bellorín, por ser una persona espectacular, mi mejor amiga, confidente, por inculcarme desde muy temprana edad el valor que posee el estudio y que gracias a ti he podido ser la persona que hoy en día soy, me siento orgullosa de llamarte madre.

A mi hermano Reynaldo Gamaliel López Úbeda, por su apoyo incondicional y con su presencia hizo más llevadera la estancia en la Universidad.

A ti mi segunda familia Jonathan David Castillo Rodríguez, por acompañarme en cada una de las etapas compartiendo conmigo tus conocimientos y experiencias a lo largo del camino.

A mi compañero de tesis y amigo Erick Raduan Coleman Beer, por ser un apoyo fundamental en esta etapa de mi vida, sus enormes esfuerzos, gran bondad y dedicación al trabajo fueron herramientas importantes en el camino.

***Br. Patricia Elieth López Úbeda***

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de investigación, primeramente, al dador de la vida nuestro señor Jesucristo por darme la vida, salud y fuerzas necesarias para seguir luchando en la vida. Señor tú fuiste motivo de inspiración.

A mis padres Manuel Coleman Waldan y Medelicia Beer Simons por depositar su confianza en mí y guiarme por el camino del saber, apoyarme siempre y de manera incondicional ya sea económicamente y moralmente, así como dar me los ánimos para salir adelante e instruirme en mi profesión.

A mis hermanos Steve Coleman, Mireya Aracely Coleman, Chris Dexter Coleman y Manuel Ernesto Coleman, por ser unos excelentes amigos y hermanos, por su apoyo incondicional y consejos que tuvieron mucha importancia en mi formación.

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.

A mi compañera de tesis y amiga Patricia Elieth López Úbeda, quien ha sido un pilar importante a lo largo de la carreta de ingeniería agronómica y el desarrollo de este trabajo de investigación.

***Br. Erick Raduan Coleman Beer.***

## AGRADECIMIENTO

A:

Dios, por darnos el valor, las fuerzas, protegernos y llenarnos de alegría cada momento transcurridos en la vida.

A nuestros padres que, dentro de sus preocupaciones, momentos difíciles, desvelados y peticiones al creador, nos ayudaron a triunfar.

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. Patricia Elieth López Úbeda*

*Br. Erick Raduan Coleman Beer*

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		PÁGINA
1	Análisis físico-químico del suelo de la parcela experimental. Laboratorio de suelo y agua. UNA, 2014.	5
2	Láminas de riego evaluadas en los 120 días en campo en el Cultivar de tomate UC-82	6
3	Tiempos de riego para las láminas evaluadas en el cultivar de tomate UC-82.	7
4	Niveles y factores evaluados en el cultivar de tomate UC-82.	8
5	Datos de aforación del sistema de riego en la parcela experimental.	11
6	Criterios de diagnóstico y variables de estudio.	14
7	Comparación de los valores medios para las variables de crecimiento en el cultivar de tomate UC-82.	18
8	Comparación de los valores medios para las variables de fruto en los tratamientos evaluados en el cultivar de tomate UC-82.	21
9	Comparación de los valores medios en el rendimiento para el cultivar de tomate UC-82.	22
10	Comparación de los valores medios de la interacción doble de Rendimiento total $\text{kg ha}^{-1}$ para el cultivar de tomate UC-82, Managua, 2015.	22
11	Análisis de presupuesto parcial para los niveles de ambos factores evaluados, Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua, 2015.	24
12	Análisis de utilidades y relación beneficio costo.	26
13	Volumen total de agua aplicada para cada una de las láminas de riego evaluadas en el cultivar de tomate UC-82.	27
14	Coefficiente de rendimiento (Ky) obtenidos en la parcela experimental.	28

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA</b>		<b>PÁGINA</b>
1	Condiciones climáticas en el área de estudio. Estación meteorológica Aeropuerto Internacional Augusto César Sandino (INETER, 2014).	5
2	Velocidad de infiltración e infiltración acumulada del suelo. Universidad Nacional Agraria, Managua 2016.	28

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO		PÁGINA
1	Foto de instalación del sistema de riego por goteo en la parcela experimental, UNA, Managua	38
2	Foto de elaboración de los camellones de siembra, UNA, Managua.	38
3	Plantas de tomate una vez instalado el tutoreo, UNA, Managua.	38
4	Plantas en floración, UNA, Managua.	39
5	Foto de la cosecha de las plantas de tomate, UNA, Managua	39
6	Datos de campo de prueba de velocidad de infiltración.	40
7	Cálculos para la obtención del modelo de velocidad de infiltración.	41
8	Cálculo de la velocidad de infiltración usando el método de Kostiakov.	42
9	Cálculos de las necesidades hídricas del tomate	43
10	Cálculo de los tiempos de riego para cada una de las láminas de riego.	43
11	Puntos del sistema de riego muestreados para el coeficiente de uniformidad.	44
12	Cálculos del Coeficiente de rendimiento del cultivo “Ky” para cada tratamiento.	44

## RESUMEN

El cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) inicio en Nicaragua en 1940, en el municipio de Tisma, departamento de Masaya. Ocupando uno de los primeros lugares en consumo y comercialización entre las hortalizas. Tomando en cuenta los constantes cambios en el regimen de lluvia, se han desarrollado tecnologías que permiten hacer uso eficiente del agua, como es el riego por goteo, por este motivo se decidio realizar el estudio para generar informacion sobre el comportamiento del tomate utilizando tres laminas de riego por goteo y tres distancia de siembra en las condiciones edafoclimáticas de Managua en el área experimental de la Facultad de Agronomía, adscrito a la Universidad Nacional Agraria (UNA), en el período de noviembre 2014–febrero 2015, Se utilizó un diseño de Bloques Completo al Azar (BCA), con un arreglo en franjas con tres réplicas. Las láminas establecidas fueron de 1, 1.2 y 1.5 l planta<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, hasta los 45 días después del trasplante posteriormente en el periodo de fructificación se usaron 2, 2.4 y 3 l planta<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> durante un periodo de 60 días, para luego volver a utilizar las láminas de 1, 1.2 y 1.5 l planta<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> durante los 15 días finales del ciclo de desarrollo del cultivo y las distancias de siembra de 0.60, 0.70, 0.80 m entre plantas y 0.80 m entre surcos. Las variables fueron sujetas a un análisis de varianza (ANDEVA) y agrupaciones de medias mediante LSD ( $\alpha=0.05$ ). Las variables de altura de planta y diámetro de planta, número de racimos por plata y grados Brix no fueron afectadas por los factores. El número de tomates por racimo fueron afectados por las distancias de siembra; no así el número de tomates por planta, diámetro polar, ecuatorial y volumen. Las láminas de riego mostraron efecto significativo en el número de tomates por planta, diámetro polar y ecuatorial y volumen del fruto. De igual manera, los factores evaluados afectaron de manera significativa los rendimientos obtenidos, con 13 560.62 kg ha<sup>-1</sup>, para el tratamiento compuesto por 3 l planta<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> y 0.60 m.

**Palabras claves:** *Solanum lycopersicum* L, diseño en franjas, láminas de riego y distancias de siembra.

## ABSTRACT

The cultivation of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) crop started in Nicaragua in 1940, in the municipality of Tisma, department of Masaya. Occupying one of the first places in consumption and marketing among the vegetables. Taking into account the constant changes in the rainfall regime, technologies have been developed that allow to make efficient use of water, as is the drip irrigation, for this reason it was decided to conduct the study to generate information about the behavior of tomato using three sheets of drip irrigation and three planting distance in the conditions soil and climatic of Managua in the experimental area of the facultad de agronomia, attached to the Universidad Nacional Agraria (UNA), in the period November 2014-February 2015, used a randomized Complete Block Design (BCA), with a settlement in stripes with three replicas. The illustrations provided were 1, 1.2 and 1.5 l plant<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>, until 45 days after transplantation later in the period of fruiting were used 2, 2.4 and 3 l plant<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup> during a period of 60 days, to then return to use the sheets of 1, 1.2 and 1.5 l plant<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup> during the 15 days the end of the cycle of development of the crop and the distances for the planting of 0.60, 0.70, 0.80 m between plants and 0.80 m between rows. The variables were subject to an analysis of variance (ANOVA) and groupings of averages by LSD ( $\alpha=0.05$ ). The variables of plant height and diameter of plant, number of clusters per silver and Brix degrees were not affected by the factors. The number of tomatoes per bunch were affected by the distances of seeding; not so the number of tomatoes per plant, polar, equatorial diameter and volume. The sheets of irrigation showed significant effect on the number of tomatoes per plant, polar and equatorial diameter and volume of the fruit. Similarly, the factors evaluated significantly affected the yields obtained with 13 560.62 kg ha<sup>-1</sup>, for the treatment consisting of 3 l plant<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup> and 0.60 m.

**Keywords:** *Solanum lycopersicum*, design strips, sheets of irrigation and plant spacing.

## I. INTRODUCCIÓN

El cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una de las hortalizas más importante en el país y a nivel mundial (Ruano y Sánchez, 2002). La producción mundial de tomate, de consumo fresco y de uso agroindustrial se estima en 108 millones de toneladas anuales con un rendimiento promedio de 36 t ha<sup>-1</sup> (Escalona *et al.*, s.f). El cultivo del tomate inició en Nicaragua en 1940, en el municipio de Tisma, departamento de Masaya; posteriormente se comenzó a distribuir en el resto del país. Ocupa uno de los primeros lugares en consumo y comercialización entre las hortalizas; sus rendimientos varían en un rango de 12 a 18 t ha<sup>-1</sup> cultivándose anualmente de 2000 a 2500 ha (Rodríguez y Morales, 2007).

La explotación de tomate disminuyó un 86 % para los años 2007-2008 (4 479.24 a 601.25 t); sin embargo, se mantiene entre las seis primeras hortalizas que aportan a la economía del país (MAGFOR, 2007). Las principales áreas de producción de tomate, están ubicadas en los departamentos de Matagalpa y Jinotega, particularmente en el Valle de Sébaco y Tomatoya. También se produce en menor escala en las zonas de Estelí, Malacatoya, Tisma y Nandaime (Martínez y Meza, 2011).

En Nicaragua la variedad UC-82 es muy cultivada, es de tipo industrial, aunque se destina más para el consumo fresco, es de crecimiento determinado, follaje denso, produce frutos de forma redondo a ovalado, de tamaño mediano con peso promedio de 80 – 90 g/frutos, resistente al transporte y a los patógenos, *Fusarium* y *Verticillium*. Se cosecha a los 70 días después del trasplante, no conviene sembrarla en la época de lluvia debido al follaje denso que dificulta la aireación y facilita la propagación de enfermedades (Jiménez, 2008).

La plantificación de las densidades poblacionales del cultivo, determinan la competencia entre el cultivo y los arvenses. Modificar el microclima del suelo, logrando de esta manera prevenir algunas enfermedades producidas por hongos y bacterias. Los distanciamientos, entre surco, recomendados son de 0.50 x 1.50 m en la época lluviosa y 0.50 x 1.20 m en la época seca (Pérez *et al.*,2012).

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

El consumo diario de agua por planta adulta de tomate es de aproximadamente 1.5 a 2 l día<sup>-1</sup>, la cual varía dependiendo de la zona, la variedad utilizada, las condiciones climáticas del lugar, la época del año y el tipo de suelo que se tenga. Pero en general, en riego por goteo se aplican entre 3 a 4 litros de agua/m<sup>2</sup> día<sup>-1</sup>, dependiendo del tamaño de la planta, población y época del año (Chemonics International Inc., 2008).

El presente estudio se realizó con el propósito de brindar una alternativa, para el establecimiento de tomate a pequeños y medianos productores. Así también para huertos familiares y escolares quienes emplean sistemas de riego por goteo, sin tener control de la cantidad de agua que es utilizada por ello se propuso evaluar el efecto sobre el crecimiento y rendimiento en el cultivo del tomate al utilizar tres diferentes láminas de riego y tres distancias de siembra.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo General**

Generar información sobre el comportamiento del cultivo de tomate bajo tres láminas de riego por goteo y tres distancias de siembra en las condiciones edafoclimáticas de Managua, 2014–2015.

### **2.2. Objetivos Específicos**

1. Caracterizar las propiedades físicas del suelo para el manejo del riego, en la Universidad Nacional Agraria, Managua.
2. Determinar el efecto de tres láminas de riego por goteo en el crecimiento y rendimiento del cultivo de tomate.
3. Evaluar el efecto de las diferentes distancias de siembra sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de tomate.
4. Estimar el beneficio/costo de los tratamientos compuestos por las láminas de riego por goteo y distancias de siembra en el cultivo de tomate.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Ubicación del área del experimento**

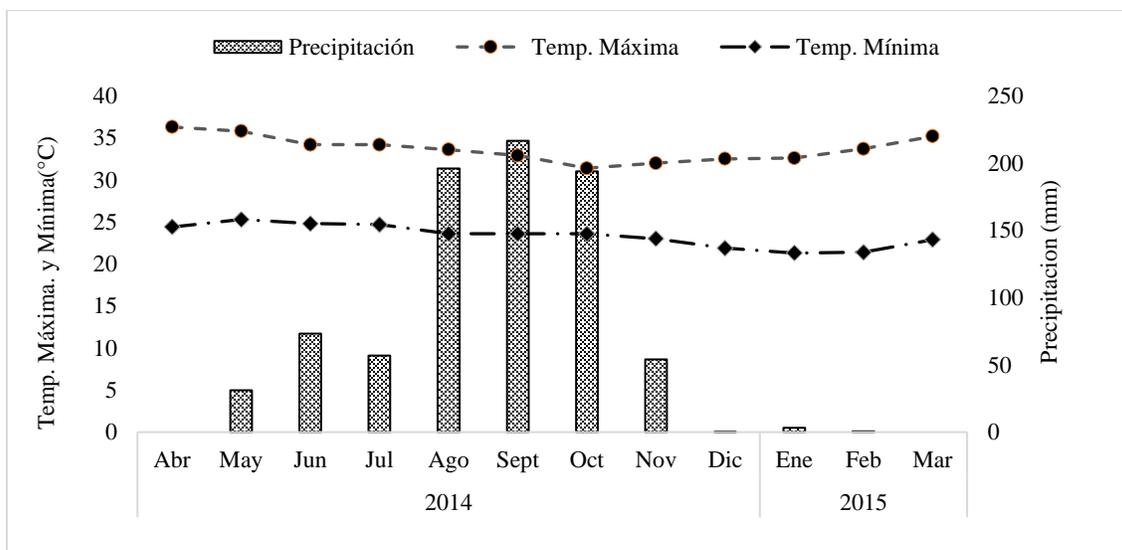
El estudio se realizó, en la sede central de la Universidad Nacional Agraria (UNA) de Nicaragua, ubicada en los 12° 08' 36'' latitud Norte y 86° 9' 49'' longitud Oeste, altitud de 56 msnm. El terreno utilizado para el establecimiento del estudio fue el área experimental de la Facultad de Agronomía.

El clima predominante es sabana tropical según clasificación de Koppen (1938). Este clima, se caracteriza por presentar una marcada estación seca de cuatro a seis meses de duración, extendiéndose principalmente entre los meses de diciembre a abril (Rodríguez, 2014).

El suelo presentó características franco-arenoso con contenido de materia orgánica de 2.6 % y pH moderadamente alcalino (LABSA, 2014). De acuerdo a Rodríguez (2014) el suelo pertenece a la serie La Calera, que son suelos pobremente drenados, negros, superficiales, calcáreos que contienen sales y son altos en sodio intercambiable. Se han derivado de sedimentos lacustres y aluviales. Se encuentra en la planicie baja y plana, que se extienden al sur del Lago de Managua hasta la Estación Experimental La Calera. Limitan con los suelos Sábana Grande, Cofradías, Mercedes y Zambrano (Catastro e Inventario de Recursos Naturales, 1971).

#### **Condiciones climáticas del sitio**

En la Figura 1, se representan los valores promedios de temperaturas máximas y mínimas (Temp. Max. y Min.), precipitaciones acumuladas. Según INETER (2015) 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.



**Figura 1.** Condiciones climáticas en el área de estudio. Estación meteorológica Aeropuerto Internacional Augusto César Sandino (INETER, 2015).

### 3.2. Caracterización físico-química del suelo

De acuerdo con el análisis de suelo realizado en el Laboratorio de Suelos y Aguas (LABSA) de la UNA (Cuadro 1) el área de siembra presentó un suelo con un pH de 8.03, con pendiente entre 0 y 2 %, 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 de la parcela experimental. Laboratorio de suelo y agua. UNA, 2014.

Prof. Cm	pH H <sub>2</sub> O	MO %	N %	P- ppm	K- ppm	Ca ppm	Mg Me/100 g/suelo	Fe ppm	Zn ppm	Mn ppm	Partículas Ar	Lim	Are
25	8.03	2.6	0.13	22.8	4.68	25.01	11.02	0.98	1.12	28.48	11.2	28	60.8

Nota: Loc= Localidad; Prof= Profundidad; MO= Materia Orgánica; N= Nitrógeno; P= fósforo, K= potasio, Mg= magnesio, Fe= hierro, Zn= zinc, Mn=manganeso, Ar= arcilla, Lim= limo, Are= arena.

### 3.3. Láminas de riego

Para determinar las láminas de riego por medio de parámetros edafoclimáticas de Managua, para posteriormente ser confirmadas con el programa Cropwat (v 8.0) (FAO, 2006). Se utilizó la siguiente fórmula.

$$ETc = Kc \times Eo$$

Donde:

ETc = Evapotranspiración

Kc = Coeficiente de cultivo (0.9)

Eo = Evaporación promedio diaria (7 mm día)

De esta manera se estableció las tres láminas de riego, tomando un rango inferior, para observar la respuesta del cultivo. Manejadas de acuerdo a la etapa fenológicas del cultivo la menor lámina de riego fue de 1 l planta<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> y la mayor fue de 3 l planta<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Láminas de riego evaluadas en los 120 días en campo en el Cv. de tomate UC-82 Managua, Nicaragua.

Láminas de riego	Etapa inicial (0-45 ddt) l planta <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup>	Etapa media (45-105 ddt) l planta <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup>	Etapa final (105-120 ddt) l planta <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup>
<b>a<sub>1</sub></b>	1	2	1
<b>a<sub>2</sub></b>	1.2	2.4	1.2
<b>a<sub>3</sub></b>	1.5	3	1.5

Nota: ddt=días después del trasplante

### 3.4. Tiempos de riego

Para garantizar la correcta distribución de los tiempos de riego por cada tratamiento, se aforó el sistema de riego y se tomó como muestras tres emisores de los laterales críticos, calculando el gasto que genera el emisor por hora. Para realizar este procedimiento se utilizó un recipiente para coleccionar el agua de los emisores, luego se usó una probeta para medir la cantidad de agua suministrada por cada emisor y se calculó los tiempos de riego (Cuadro 3).

Para determinar los tiempos requeridos de riego de acuerdo a cada una de las láminas evaluadas se utilizó la ecuación descrita por Marrero (2006) obteniendo los siguientes tiempos para las diferentes etapas fenológicas del cultivo.

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

Dónde:

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

**qe:** Caudal del emisor (l h<sup>-1</sup>).

**Ne:** Número de emisores.

**Cuadro 3.** Tiempos de riego para las láminas evaluadas en el cultivar de tomate UC-82, Managua, Nicaragua

Láminas de riego	Etapa inicial (0-45 ddt)	Etapa media (45-105 ddt)	Etapa final (105-120 ddt)
	Horas	Horas	Horas
<b>a<sub>1</sub></b>	1.69	3.38	1.69
<b>a<sub>2</sub></b>	2.00	4.00	2.00
<b>a<sub>3</sub></b>	2.54	5.08	2.54

Nota: ddt=días después del trasplante

### 3.5. Diseño metodológico

Se utilizó el cultivar UC-82. El experimento se estableció sobre un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA) con arreglo en franjas y tres réplicas. Cada una de las réplicas estuvo constituida por tres parcelas, cuyas dimensiones fueron 4 m x 5 m (20 m<sup>2</sup>), para un total de 180 m<sup>2</sup> en todo el experimento de campo. En el área de cada una de las parcelas, se estableció 5 camellones.

La parcela útil se conformó por los tres camellones centrales. En el estudio se evaluó el efecto de tres láminas de riego (1 l planta<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, 1.2 l planta<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> y 1.5 l l planta<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>) durante los primeros días de desarrollo del cultivo, para posteriormente incrementar las láminas (2 l/planta/día, 2.4 l/planta/día, 3 l/planta/día) en la etapa de fructificación y luego disminuirlas a las láminas iniciales (1 l planta<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, 1.2 l planta<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> y 1.5 l planta<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>) durante las etapas finales del cultivo. Y tres distancias de siembra (0.60; 0.70; 0.80 m entre plantas y 0.80 m entre surcos), para un total de 42, 36 y 31 plantas de tomate asignados a las diferentes parcelas, de las cuales se tomaron una muestra de 15 plantas por parcela.

### 3.6. Descripción de los tratamientos

**Cuadro 4.** Niveles y factores evaluados en el cultivar de tomate UC-82, Managua, Nicaragua

	Factores	
	Láminas de riego (l planta <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> )	Distancias de siembra (m)
Niveles	<b>a1.</b> 1.0	<b>b1.</b> 0.60
	<b>a2.</b> 1.2	<b>b2.</b> 0.70
	<b>a3.</b> 1.5	<b>b3.</b> 0.80

Nota: La distancia de siembra entre las camas de siembra fue de 0.80 metros

### **3.7. Manejo agronómico**

#### **3.7.1. Establecimiento del semillero**

El semillero se estableció el 17 de octubre del 2014, contiguo a las parcelas experimentales en bandejas de polietileno de 108 orificios; Se utilizó 200 g de sustrato (50 % humus de lombriz y 50 % de suelo), dándoles protección durante los primeros 13 días después de la siembra hasta que las plantas desarrollaron 2 pares de hoja verdaderas, para ser trasladada al sitio de siembra.

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

La preparación del área de siembra se efectuó el 1 de noviembre del 2014, de forma tradicional (limpieza y nivelación del suelo), de igual manera se realizó el levantamiento de los camellones para la siembra. Durante el periodo en que las plantas se encontraban en bolsas.

#### **3.7.3. Trasplante de las plántulas en bolsas**

Con el propósito de permitir que el cultivo se vaya acostumbrando a las condiciones de campo y estimular el desarrollo radicular. El trasplante se efectuó el 30 de octubre del 2014, cuando las plántulas desarrollaron 2 pares de hojas verdaderas, retirando el riego un día antes para preparar las plántulas al estrés del traslado al área de siembra.

#### **3.7.4. Siembra**

La siembra se realizó el 9 de noviembre del 2014. Se extrajeron de las bolsas plásticas las plántulas uniformes con mayor vigor. Las cuales se establecieron en la parte central de la parcela experimental, utilizando las plantas que poseían menor vigor en los surcos bordes de cada unidad experimental, en camellones previamente preparados.

#### **3.7.5. Control de arvenses**

Esta actividad se realizó de manera mecánica cada 15 días una vez establecido el cultivo en campo, para un total de diez ocasiones durante la duración del ensayo, eliminando los arvenses que germinaban en las calles entre los camellones, se empleó azadones.

### **3.7.6. Riego**

El sistema de riego empleado en la parcela experimental fue por goteo por su fácil acceso, el bajo costo y su eficiencia. El riego que se le aplicó al cultivo fue de 1, 1.2 y 1.5 l planta<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, en los primeros 45 días después del trasplante, aumentando las láminas a 2, 2.4 y 3 l planta<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> de agua durante el periodo de formación y desarrollo del fruto comprendido entre los 45-105 días después del trasplante y posteriormente reducir las a las láminas iniciales de 1, 1.2 y 1.5 l/planta/día en el periodo comprendido entre los 105-120 días después del trasplante.

El riego por goteo se aplicó todos los días en las horas comprendidas entre 3-5 pm, para los primeros 45 días después del trasplante, luego para los siguientes 45-105 días después del trasplante se utilizaron las horas comprendidas de 5-10 am, con el objetivo de aprovechar las bajas temperaturas en las horas tempranas del día por motivo, que durante ese periodo se duplicaron las láminas de riego, con el propósito de satisfacer la mayor demanda de agua del cultivo para su etapa de producción. Y por consiguiente volver a aplicarle el riego en las horas comprendidas de 3-5 pm, para los últimos días de desarrollo del cultivo comprendidos entre 105-120 días después del trasplante. Para reducir la pérdida de agua por evapotranspiración, garantizando un mayor aprovechamiento por la planta. El sistema se estableció utilizando un tanque plástico con una capacidad de 450 l, sobre una estructura de 1 m de altura para facilitar la descarga, tubería de PVC conductoras de 1 pulgada de diámetro, la tubería principal está compuesta de cinco laterales para cada lámina de riego para un total de 15 laterales. Los laterales utilizados fueron cintas de riego, los emisores de riego o goteros integrados con emisores integrados a una distancia entre 0.40 m.

## **3.8. Parámetro hidrofísicos de suelo**

### **3.8.1. Coeficiente de uniformidad**

Esta variable se midió mediante el uso de recipiente y una probeta, para ello se seleccionó los laterales críticos, luego se eligieron laterales en la zona intermedia, para el cual se seleccionaron tres emisores, siguiendo el mismo criterio, el más cercano y el más lejano del inicio de cada lateral y un emisor intermedio. Se midió el tiempo y se procedió a la medición del agua recolectada en los recipientes, Para proceder a los cálculos por el método del cuarto menor (INIA-URURI, 2010).

1. Se calculó el promedio de los cuatro emisores de menor caudal.
2. Se ordenaron los datos de menor a mayor. Los nueve números obtenidos se ordenan de menor a mayor.

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

$q_{25\%}$ : Caudal promedio ( $l\ h^{-1}$ ).

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 ( $l\ h^{-1}$ ).

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 ( $l\ h^{-1}$ )

$q_n$ : Caudal de todos los emisores ( $l\ h^{-1}$ )

**Cuadro 5.** Datos de aforación del sistema de riego en la parcela experimental, Managua, Nicaragua

Láminas	Puntos de muestreo	Tiempo (minutos)	Volumen (ml)	Q ( $l\ h^{-1}$ )
a <sub>1</sub>	1	20	195	0.59
	2	20	190	0.57
	3	20	190	0.57
a <sub>2</sub>	1	20	200	0.60
	2	20	195	0.59
	3	20	195	0.59
a <sub>3</sub>	1	20	195	0.59
	2	20	190	0.57
	3	20	190	0.57

Nota: Q= Caudal,  $l\ h^{-1}$ = litros por hora.

### 3.8.2. Volumen total de agua aplicada

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.

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

Se realizó al final de la cosecha, con los datos del rendimiento máximo y real entre la evapotranspiración referencial calculada a través de los datos climáticos proporcionados por INETER y la evapotranspiración máxima del cultivo por medio de la fórmula:

$$Ky = \left(1 - \frac{Yr}{Ym}\right) = Ky \left(1 - \frac{EVTPr}{EVTPm}\right) \text{ Calculando “Ky” obtenemos}$$

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

Donde:

Yr: rendimiento real de la cosecha

Ym: rendimiento máximo

EVTPm: evapotranspiración máxima

EVTPr: evapotranspiración referencial.

### 3.9. Propiedades físicas de suelo

#### 3.9.1. Densidad aparente (Da), densidad real (Dr)

Estas variables se determinaron mediante los muestreos y textura del suelo. En el laboratorio de suelo y agua de la Universidad Nacional Agraria, las ecuaciones para la determinación son las siguientes:

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

Dónde:

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

G: Es el peso de la parte sólida del suelo (g)

Vs: Volumen ocupado únicamente por el sólido (sin incluir los poros) (cm<sup>3</sup>)

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

Dónde:

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

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

Vt: Volumen ocupado por el sólido más los poros (cm<sup>3</sup>)

**3.9.2. Porosidad del suelo:** Esta variable se determinó mediante de la fórmula, una vez obtenida la densidad aparente y la real:

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

Dónde:

**P:** Porosidad total (%)

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

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

### **3.9.3. Infiltración de agua a través del suelo**

Se determinó por medio de los dobles cilindros, se tomó 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 se efectuaron en varios puntos del terreno en estudio, los cilindros tenían las siguientes dimensiones de 60 cm de diámetro y 30 cm de altura cilindro externo e interno respectivamente 30 cm de altura, los que se instalaron en forma concéntrica cuidadosamente; en el cilindro interior se efectuaron las mediciones mientras que el cilindro exterior tuvo como objetivo evitar el flujo radial del agua durante la prueba de infiltración.

Los materiales utilizados para efectuar las pruebas de infiltración: un trozo de madera, un balde, una regla graduada en cm y mm, cronómetro, pala, balde, un trozo de plástico 80 cm<sup>2</sup> y la hoja de registro. Una vez colocado se vertió 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, luego con una regla graduada en cm se tomaron datos de la profundidad que el nivel del agua alcanza en el anillo interno con intervalos de lecturas de 5 lecturas cada 1, 5, 10, 20 y 30 min, hasta que el suelo ésta saturado.

### **3.9.4. Capacidad de campo (Cc)**

Según Marrero (2006) un suelo se encuentra en capacidad de campo (Cc) cuando se experimenta un equilibrio temporal entre el potencial mátrico ( $\Psi_m$ ) y el potencial gravitatorio ( $\Psi_g$ ). También 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. Esta variable

se determinó mediante el método de la olla de Richard en el Laboratorio de Suelos y Agua (LABSA), de la Universidad Nacional Agraria.

### 3.10. Variables evaluadas

Desde la etapa inicial del cultivo se evaluaron las variables de crecimiento (diámetro y altura), en 15 plantas por tratamiento, variables del fruto (número de racimos por planta, número de tomates por racimo y por planta, volumen de fruto, diámetro polar, ecuatorial y rendimiento), variables de suelo (densidad aparente (Da) y densidad real (Dr), porosidad del suelo, infiltración del agua en el suelo, capacidad de campo), y las variables de riego (coeficiente de uniformidad, volumen total de agua aplicada, coeficiente de rendimiento del cultivo Ky). En el Cuadro 5 se describen las variables evaluadas.

**Cuadro 5.** Criterios de diagnóstico y variables de estudio, Managua, Nicaragua

N°	Criterio de diagnóstico	Variables	Método empleado
1	Variables de crecimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Altura de las plantas (cm)</li> <li>• Diámetro de las plantas (mm)</li> </ul>	Mediante mediciones directas en la planta
2	Variables del fruto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de racimos de tomate por planta</li> <li>• Número de tomates por racimo y por planta</li> <li>• Volumen del tomate</li> <li>• Diámetro polar y ecuatorial</li> <li>• Grados Brix</li> <li>• Rendimiento por hectárea (kg ha<sup>-1</sup>)</li> </ul>	Mediante mediciones directas en la planta

#### 3.10.1. Variables de crecimiento

**3.10.1.1. Altura de plantas:** Se tomó en centímetros (cm), empleando una cinta métrica, la medición se efectuó desde el nivel del suelo hasta el punto más alto de la planta. Se realizaron la toma de datos cada 7 días, dando inicio 15 días después del trasplante en el campo.

**3.10.1.2. Diámetro de plantas:** Medida en cm, haciendo uso de un vernier, colocándose en la parte media del tallo de la planta. Se realizó la toma de datos cada 7 días, dando inicio 15 días después del trasplante en el campo.

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

Para la medición de estas variables de frutos y rendimiento se utilizaron, balanzas, Beaker, baldes y bolsas.

**3.10.2.1. Número de racimos de tomate por planta:** Se contabilizaron el número de racimos de tomates por planta de cada uno de los tratamientos en la parcela útil. Al realizar un conteo cada 7 días previo a su cosecha.

**3.10.2.2. Número de tomates por racimo y por planta:** Se realizó un conteo del número de frutos por cada racimo en las plantas cada 7 días previo a su cosecha.

**3.10.2.3. Volumen del fruto:** Fueron medidos en centímetros cúbicos ( $\text{cm}^3$ ) por medio de un beaker de 100 ml donde se sumergieron 15 frutos seleccionados al azar de la parcela útil y se registró el agua desplazada. Para cada una de las cosechas realizadas al cultivo.

**3.10.2.4. Diámetro polar y ecuatorial del fruto:** Se midió en milímetros (mm), utilizando un vernier en el radio polar y ecuatorial a un total de 15 frutos por tratamientos. En cada cosecha efectuada.

**3.10.2.5. Grados Brix:** Se tomaron cinco frutos maduros por parcela experimental, se extrajo el jugo, empleando un refractómetro, cuantificando el porcentaje de sólidos solubles. Para cada una de las cosechas realizadas al cultivo.

**3.10.2.6. Rendimiento:** Se contabilizó y se realizó el pesado de todos los frutos por parcela útil, para luego uniformarlos en  $\text{kg ha}^{-1}$ . Para cada cosecha realizada al cultivo de tomate.

### 3.11. Análisis de la información

Los datos obtenidos de las variables estudiadas, se manejaron en hojas electrónicas Excel para su posterior análisis con SAS (v 9.1). Se realizó un ANDEVA y agrupación de valores medios a través de la Mínima Diferencia Significativa de Fisher (LSD  $\alpha=0.05$ ). Sobre variables agronómicas y rendimiento, estableciendo el siguiente modelo aditivo lineal.

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

k= 1, 2,3 bloque (réplicas)

i = 1, 2 y 3 láminas de riego

j = 1, 2 y 3 distancia de siembra

De donde:

$Y_{ijk}$	Es el valor medio de las observaciones medidas en los distintos tratamientos de cada bloque conformado
$\mu$	Es el efecto de la media muestral sobre el modelo
$\beta_k$	Es el efecto del <i>k-ésimo</i> bloque (réplicas)
$\tau_i$	Es el efecto de la <i>i-ésima</i> lámina de riego
$\varepsilon_{(a)}$	Es el error para evaluar el factor A
$\alpha_j$	Es el efecto de la <i>j-ésima</i> distancia de siembra
$\varepsilon_{(b)}$	Es el error para evaluar el factor B
$(\tau\alpha)_{ij}$	Es el efecto del <i>i-ésima</i> lámina de riego, de la <i>j-ésima</i> distancia de siembra
$\varepsilon_{(ab)}$	Es el error para evaluar la interacción (AB)

### 3.12. Análisis Económico

Fue utilizada la herramienta de análisis económico denominada “Metodología de Presupuestos Parciales” desarrollada por CIMMYT (1988). Este es un método que se utiliza para organizar los datos experimentales con el fin de obtener los costos y beneficios de los tratamientos alternativos. El presupuesto parcial comprende los siguientes elementos:

**Rendimiento medio ( $\text{kg ha}^{-1}$ ):** Es el promedio de los rendimientos para cada uno de los tratamientos.

**Rendimiento ajustado ( $\text{kg ha}^{-1}$ ):** El rendimiento ajustado de cada tratamiento es el rendimiento medio reducido en un cierto porcentaje con el fin de reflejar la diferencia entre el rendimiento experimental y el que el agricultor podría lograr con ese tratamiento. Para el presente caso fue considerando el 10%.

**Costos variables:** Es el total de los costos que varían para cada tratamiento.

**Beneficio bruto:** El beneficio bruto de campo de cada tratamiento se calcula multiplicando el precio de campo por el rendimiento ajustado.

**Beneficios netos:** Estos se calculan restando el total de los costos que varían de los beneficios brutos de campo.

**Relación beneficio costo:** Se obtiene al dividir los beneficios netos entre los costos que varían del tratamiento alternativo y el testigo.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.4. Variables de crecimiento

#### 3.4.1. Altura de la planta

La altura de la planta no mostró diferencias estadísticas ( $Pr > 0.05$ ) en los factores evaluados. Los mayores promedios obtenidos en la lámina de riego de  $1.0 \text{ l planta}^{-1} \text{ día}^{-1}$  con 88.71 cm y las distancias de siembra se obtuvieron valores similares que superan los 0.80 m (Cuadro 9). Estos resultados se encuentran por debajo a los repostados por Andrades y Loáisiga (2015) quienes obtuvieron promedios de 212.87 cm a 183.93 cm de altura de planta.

#### 3.4.2. Diámetro de la planta

En diámetro de las plantas no se encontraron diferencias estadísticas en cuanto los factores estudiados. En donde se obtuvieron promedios de 1.24 a 1.31 cm de diámetro en el tallo (Cuadro 9). Los resultados obtenidos son similares a los presentados por Andrades y Loáisiga (2015) donde muestra diámetros de 1 a 1.5 cm.

**Cuadro 7.** Comparación de los valores medios para las variables de crecimiento en el cultivar de tomate UC-82 Managua, Nicaragua, 2015

Factores	Niveles	Altura Planta (cm)	Diámetro Planta (cm)
Riego $1 \text{ planta}^{-1} \text{ día}^{-1}$	a <sub>3</sub>	86.20 a	1.31 a
	a <sub>2</sub>	85.19 a	1.27 a
	a <sub>1</sub>	88.71 a	1.22 a
Distancias (m)	b <sub>1</sub>	88.46 a	1.29 a
	b <sub>2</sub>	86.03 a	1.27 a
	b <sub>3</sub>	85.61 a	1.24 a
	R <sup>2</sup>	0.61	0.61
	CV	5.97	6.48

Nota: Promedios con igual letra no difieren estadísticamente ( $LSD_{\infty} = 0.05$ ).

### **3.5. Variables del fruto**

#### **3.5.1. Número de racimos por planta**

En número de racimos de tomates por planta presentaron diferencias estadísticas ( $Pr > 0.05$ ) en cuanto a la lámina de riego. Según la separación de medias LSD ( $\alpha = 0.05$ ), se obtuvo dos categorías estadísticas, al ser mayor la lámina de riego de 1.5 l planta<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> con un promedio de 5.48 racimos, seguido por la lámina de riego de 1.2 l planta<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> con un promedio de 5.42 racimos y en último lugar la lámina de riego de 1.0 l planta<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> con un promedio de 4.35 racimos siendo ésta última la segunda categoría estadística (Cuadro 10).

#### **3.5.2. Número de tomates por racimo y por planta**

El número de tomates por cada racimo se detectaron diferencias estadísticas ( $Pr > 0.05$ ) en promedios 2 a 2.4 tomates por racimos al analizar las distancias de siembra, no así en las láminas evaluadas. Se obtuvieron tres categorías estadísticamente diferentes, siendo la mayor la distancia de siembra de 0.6 m con una densidad poblacional de 20 833 plantas ha<sup>-1</sup> la que obtuvo el mayor promedio (2.57 frutos), seguido por la distancia de siembra de 0.8 m con 15 625 plantas ha<sup>-1</sup> con un promedio de 2.27 frutos y en último lugar la distancia de siembra de 0.7 m con la menor densidad poblacional 17 857 plantas ha<sup>-1</sup> (2.27 frutos) esta última la tercera categoría estadística (Cuadro 10).

La cantidad de frutos por planta se obtuvieron dos categorías estadísticamente en donde la lámina de riego de 1.5 y 1.2 l planta<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> obtuvieron los mayores valores promedio (13.50 frutos), seguido por la lámina de riego de 1.0 l planta<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> (10.50 frutos), siendo esta última la segunda categoría estadística (Cuadro 10). Estos resultados son similares a los reportados por Andrades y Loáisiga (2015) quien obtuvo promedios de 17.97 a 17.1 de frutos.

#### **3.5.3. Volumen del tomate**

La lámina de riego de 1.5 l/planta/día con 51.17 cm<sup>3</sup> registró los frutos con los mayores volúmenes, seguido por la lámina de riego de 1.2 l planta<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> (40.78 cm<sup>3</sup>) y por último la lámina de riego de 1.0 l planta<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> (28.39 cm<sup>3</sup>) respectivamente (Cuadro 10).

#### **3.5.4. Diámetro polar**

El diámetro polar del fruto determina el tamaño y la forma del mismo (Gómez y Herrera, 2014). Para esta variable se encontró diferencias estadísticas ( $Pr > 0.05$ ) en las láminas de riego en la lámina de riego de 1.5 l planta<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> (3.01 cm), seguido por la lámina de riego de 1.2 l planta<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> (2.67cm) y los menores diámetros en la lámina de riego de 1.0 l planta<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> (2.24 cm). Estos resultados son inferiores a los valores reportados por Gómez y Herrera, (2014), quienes presentaron medias de 6.68 a 4.32 cm, y Olivas y Salgado, (2013) el cual obtuvo medias que variaron entre 6.36 cm a 3.81 cm.

#### **3.5.5. Diámetro ecuatorial**

Se obtuvieron diferencias estadísticas ( $Pr > 0.05$ ) en cuanto a las láminas de riego reflejando tres categorías estadísticamente, la lámina de riego de 1.5 l planta<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> el tratamiento en donde encontramos los mayores diámetros (2.90 cm), seguido por la lámina de riego de 1.2 l planta<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> (2.55 cm) y los de menor diámetro ecuatorial contenidos en la lámina de riego de 1.0 l planta<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> (2.08 cm). Las distancias de siembra no mostraron diferencias estadísticas ( $Pr > 0.05$ ). Estos valores son inferiores a los obtenidos por Gómez y Herrera, (2014), donde presentó medias de 5.60 a 3.69 cm, y Olivas y Salgado, (2013), obtuvo medias entre 4.89 a 2.72 cm.

Gómez y Herrera (2014) mencionan que los frutos pueden clasificarse como frutos grandes cuando sus calibres son mayores a 8 cm, medianos entre 8 a 5.7 cm y pequeños los inferiores o iguales a 5.6 cm. De acuerdo a esta información, el cultivar evaluado puede clasificarse como frutos pequeños.

#### **3.5.6. Grados brix**

Arvensis Agro S.A. (2014) los grados brixs son el porcentaje de sólidos solubles presentes en alguna sustancia. En frutas, este valor indica la cantidad de azúcar (sacarosa) presente en el fruto. (Duarte y Rodríguez, 2010) aseveran que el contenido nutritivo y grados brixs del fruto varían según la variedad, la fertilidad los suelos y condiciones climatológicas principalmente, en base a esta información se considera que los factores evaluados no afectan el porcentaje de grados brixs en el tomate.

Los valores promedios mostrados en el Cuadro 10, no superaron a los reportados por Gómez y Herrera (2014) y Olivas y Salgado (2013) quienes consideran que de 4.5-7° Brix son valores deseados en cuanto a calidad para los frutos de tomate, en base a esta información se considera que el cultivar evaluado se encuentra por debajo de los niveles esperados de calidad.

**Cuadro 8.** Comparación de los valores medios para las variables de fruto en los tratamientos evaluados en el cultivar de tomate UC-82, Managua, Nicaragua, 2015.

Factores	Niveles	Rac. Pla	Tom. Rac	Tom. Pla	Dia. Pol (cm)	Dia. Ecu (cm)	Vol. Fru (cm <sup>3</sup> )	G. brixs (°)
Riego	a <sub>3</sub>	5.48 a	2.47 a	13.50 a	3.01 a	2.90 a	51.17 a	3.71 a
L planta <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup>	a <sub>2</sub>	5.42 a	2.45 a	13.50 a	2.67 a	2.55 b	40.78 b	3.67 a
	a <sub>1</sub>	4.35 b	2.39 a	10.50 b	2.24 b	2.08 c	28.39 c	3.60 a
	b <sub>1</sub>	4.73 a	2.57 a	12.16 a	2.75 a	2.59 a	40.63 a	3.82 a
Distancias (m)	b <sub>2</sub>	4.95 a	2.27 b	11.56 a	2.64 a	2.51 a	38.96 a	3.67 a
	b <sub>3</sub>	5.57 a	2.27	13.78 a	2.53 a	2.44 a	40.76 a	3.50 a
			ab					
	R <sup>2</sup>	0.756	0.635	0.681	0.601	0.601	0.756	0.585
	CV	14.19	9.88	17.86	5.97	6.48	14.19	9.88

Nota: Rac. Pla= Racimos por planta. Tom. Rac= Tomates por racimo. Tom. Pla= Tomates por planta. Dia. Pol=diámetro polar. Dia. Ecu=diámetro ecuatorial. Vol. Fru=volumen de fruto. G. Brixs=grados brixs. Promedios con igual letra no difieren estadísticamente (LSD  $\alpha=0.05$ ).

### 3.6. Rendimientos mensuales y totales

Se registraron diferencias estadísticas en las láminas de riego y distancias de siembra. Los mejores rendimientos obtenidos durante el periodo de evaluación corresponden a las láminas de riego de 1.5 l planta<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> (11 181.0 kg ha<sup>-1</sup>).

En cuanto a las distancias de siembra, los mejores resultados fue la 0.6 m (9 725.0 kg ha<sup>-1</sup>). Superaron a los rendimientos reportados por Gutiérrez *et al.*, (2009) quien reporta rendimientos de 5 062.5 kg ha<sup>-1</sup> para la variedad UC- 82. El MAGFOR (2007), reporta producción de tomate en Nicaragua para el año 2006 de 9 849.13 kg ha<sup>-1</sup> y la FAO (2013) con una producción de 14 633.96 kg ha<sup>-1</sup>. En cuanto a la producción mensual el mes de febrero, obtuvo los mayores rendimientos durante la segunda cosecha, siendo la menor cosecha la primera realizada en el mes de enero (Cuadro 11).

**Cuadro 9.** Comparación de los valores medios en el rendimiento para el cultivar de tomate UC-82, Managua, Nicaragua, 2015.

Factores	Niveles	Enero			Febrero		Total kg ha <sup>-1</sup>
		Cosecha 1	Cosecha 2	Cosecha 1	Cosecha 2	Cosecha 3	
Riego 1 planta <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup>	a <sub>3</sub>	334.8 a	473.6 a	1644.2 a	6355.8 a	2372.80 a	11181.0 a
	a <sub>2</sub>	142.8 ab	338.5 a	1251.2 ab	5721.6 a	2457.60 a	9912.0 a
	a <sub>1</sub>	115.9 b	48.6 b	956.1 b	3303.5 b	640.40 b	5056.0 b
Distancia (m)	b <sub>1</sub>	389.0 a	481.9 a	1442.5 a	5558.0 a	1941.0 a	9725.0 a
	b <sub>2</sub>	204.0 ab	320.2 a	1376.8 ab	5013 ab	1854.2 ab	8590.0 ab
	b <sub>3</sub>	100.0 b	58.0 b	1032.2 b	4810.0 b	1675.7 b	7942.0 b
	R <sup>2</sup>	0.782	0.717	0.510	0.830	0.770	0.847
	CV	33.44	32.00	38.00	12.80	19.52	11.85

Nota: Promedios con igual letra no difieren estadísticamente (LSD  $\infty=0.05$ )

**Cuadro 10.** Comparación de los valores medios de la interacción de rendimiento total kg ha<sup>-1</sup> para el cultivar de tomate UC-82, Managua, Nicaragua, 2015.

Niveles	Rendimiento total en kg ha <sup>-1</sup>		
	a <sub>3</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>1</sub>
b <sub>1</sub>	13 560.62 a	9 495.14 c	6 120.41 e
b <sub>2</sub>	11 638.68 b	8 947.14 cd	5 184.17 ef
b <sub>3</sub>	8 344.06 d	11 293.16 bc	3 889.06 f

Nota: Promedios con igual letra no difieren estadísticamente (LSD  $\infty=0.05$ )

Según la separación de medias LSD ( $\alpha = 0.05$ ), se obtuvo que todos los rendimientos son estadísticamente diferentes entre sí al presentarse nueve categorías estadísticas. Donde el mejor tratamiento de la interacción lámina de riego, distancia de siembra, fue la combinación lámina de riego de 1.5 l planta<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> y la distancia de siembra de 0.6 m con 13 560.62 kg ha<sup>-1</sup> (Cuadro 12).

### **3.7. Análisis económico**

#### **3.7.1. Presupuesto parcial**

Los pioneros en el uso de presupuestos parciales para el análisis de experimentos agrícolas fueron los miembros del Programa de Economía Agrícola del CIMMYT (1988), publicaron el primer manual de esta metodología Perrin y Winkelman (1976). Doce años después, luego de ensayar nuevas maneras de exponer este enfoque y afinarle algunos aspectos, los miembros de este programa publicaron una nueva versión de este texto (CIMMYT, 1988).

Haciendo la aplicación de la presente metodología de análisis propuesta por CIMMYT (1988), Cuadro 12 muestra los elementos que comprenden el análisis de presupuesto parcial para cada uno de los tratamientos evaluados, Considerando que, en la Universidad Nacional Agraria, Departamento de Managua, Nicaragua, donde se realizó el ensayo contaba con un manejo con alto nivel de insumos, se utilizó un 10 % para calcular el rendimiento ajustado.

**Cuadro 11.** Análisis de presupuesto parcial para los tratamientos evaluados, Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua, 2015.

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>	6 120.41	5 184.17	3 889.06	9 495.14	8 947.14	11 293.2	13 560.62	11 638.68	8 344.06
<b>Ajustado 10%</b>	612.04	518.41	388.90	949.51	894.71	1 129.32	1 356.06	1 163.86	834.40
<b>Rendimiento ajustado</b>	5 508.36	4 665.75	3 500.15	8 545.63	8 052.43	10 163.8	12 204.55	10 474.81	7 509.65
<b>Precio venta (\$ kg)</b>	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
<b>Beneficio bruto campo</b>	6 059.20	5 132.32	3 850.16	9 400.19	8 857.67	11 180.2	13 425.01	11 522.29	8 260.61
<b>Costos Variables</b>									
<b>Costo de riego (\$)</b>	3 089.82	3 089.82	3 089.82	3 089.82	3 089.82	3 089.82	3 703.64	3 703.64	3 703.64
<b>Costo de semilla (\$ kg ha<sup>-1</sup>)</b>	15	7.5	7.5	15	7.5	7.5	15	7.5	7.5
<b>Costo de bandejas (\$ ha)</b>	215	190	165	215	190	165	215	190	165
<b>Costo de bolsas (\$ ha)</b>	225.75	199.5	173.25	225.75	199.5	173.25	225.75	199.5	173.25
<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>	3 663.97	3 605.22	3 553.97	3 663.97	3 605.22	3 553.97	4 277.79	4 219.04	4 167.79
<b>Beneficio Neto</b>	2 395.23	1 527.10	296.19	5 736.22	5 252.45	7 626.26	9 147.22	7 303.25	4 092.82

El precio de venta que se utilizó fue el emitido por el Banco Central de Nicaragua en el año 2015, en este caso se vendió el kilogramo en U\$ 1.1. Con una tasa de cambio oficial del dólar de C\$ 28.

En los tratamientos se invierte en materiales que son los mismos para todos al igual que la mano de obra para el establecimiento del sistema, pero difieren en los costos del tanque, cada lámina tiene un volumen de agua y el costo del tanque está determinado por el volumen de agua correspondiente a cada lámina, así como los costos de la compra de las semillas para las diferentes distancias de siembra, costos de bandejas y costos de bolsas de polietileno.

No se consideraron los costos de producción en los que incurría la finca en fertilización, control de malezas, manejo de plagas y enfermedades, pues según CIMMYT (1988), al considerar los costos relacionados con cada tratamiento, sólo se consideran aquellos que difieren entre los tratamientos, es decir, los costos que varían.

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

### **3.7.2. Relación beneficio costo**

En el cuadro 13 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 2015.

**Cuadro 12.** Análisis de utilidades y relación beneficio costo Managua, Nicaragua, 2015.

<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>a1b1</b>	5 508.369	1.1	6 059.20	3 663.97	2 395.23	0.65
<b>a1b2</b>	4 665.753	1.1	5 132.32	3 605.22	1 527.10	0.42
<b>a1b3</b>	3 500.154	1.1	3 850.16	3 553.97	296.19	0.08
<b>a2b1</b>	8 545.626	1.1	9 400.18	3 663.97	5 736.21	1.57
<b>a2b2</b>	8 052.426	1.1	8 857.66	3 605.22	5 252.44	1.46
<b>a2b3</b>	10 163.844	1.1	11 180.22	3 553.97	7 626.25	2.15
<b>a3b1</b>	12 204.558	1.1	13 425.01	4 277.79	9 147.22	2.14
<b>a3b2</b>	10 474.812	1.1	11 522.29	4 219.04	7 303.25	1.73
<b>a3b3</b>	7 509.654	1.1	8 260.6194	4 167.79	4 092.82	0.98

En el análisis relación beneficio costo se puede observar que para todos los tratamientos evaluados se obtuvo resultados positivos, es decir el productor recuperó el capital invertido. Los tratamientos a<sub>2b3</sub> y a<sub>3b1</sub> evaluados obtuvieron mejores utilidades y relación beneficio costo que los demás tratamientos, con relaciones beneficio costo de 2.15 y 2.14.

Desde el punto de vista del productor la mejor opción es el tratamiento a<sub>2b3</sub> compuesto por la lámina de riego de 1.2 l planta<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> y la distancia de siembra de 0.80 m, debido a que la inversión en cuanto al costo del tanque y semilla serían menores que el tratamiento a<sub>3b1</sub> compuesto por la lámina de riego de 1.5 l planta<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> y la distancia de siembra de 0.60 m. Al tener una relación beneficio costo de 2.15, es decir que el productor por cada dólar invertido recuperó lo invertido más U\$ 2.15.

### **3.8. Parámetros hidrofísicos de suelo**

#### **3.8.1. Coeficiente de uniformidad**

Mediante el método del cuarto menor se encontró que este fue de 98.28 %. De acuerdo con Pizarro (1996) que, para climas áridos, terrenos con pendiente uniforme menor a 2 %, en cultivos anuales oscila en 90 % a 80 %. Demostrando que el sistema de riego distribuye de manera uniforme el agua en toda el área experimental para cada una de las láminas evaluadas.

### 3.8.2. Volumen total de agua aplicada

El volumen total de agua aplicado en todo el ciclo del cultivo se dividió entre las diferentes láminas de riego utilizadas, en 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 de agua aplicada en campo fue de 83.03 m<sup>3</sup>.

**Cuadro 13.** Volumen total de agua aplicada para cada una de las láminas de riego evaluadas en el cultivar de tomate UC-82, Managua, Nicaragua, 2015.

Láminas de riego	Etapa inicial (0-45 ddt)	Etapa media (45-105 ddt)	Etapa final (105-120 ddt)	Total de agua aplicada m <sup>3</sup>
	l	l	l	
<b>a<sub>1</sub></b>	8 415	11 220	2 805	22.44
<b>a<sub>2</sub></b>	10 098	13 464	3 366	26.93
<b>a<sub>3</sub></b>	12 622.5	16 830	4 207.5	33.66
Total				83.03

Nota: ddt=días después del trasplante. l=litros

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

El Ky es el factor de rendimiento que expresa el efecto del suministro de agua sobre el rendimiento de los cultivos. La aplicación del factor del efecto 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 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).

Teniendo en cuenta lo anterior la lámina de riego con menor pérdida en el rendimiento fue la de 1.5 l planta<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> con un valor de 2.51 y la de mayor pérdida fue la lámina de 1 l planta<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> con un valor de 4.77. Esta diferencia se debe a la cantidad de agua aplicada en las diferentes láminas.

**Cuadro 14.** Coeficiente de rendimiento ( $K_y$ ) obtenidos en la parcela experimental Managua, Nicaragua, 2015

<b>Láminas de riego</b>	<b><math>K_y</math></b>
<b>a<sub>1</sub></b>	4.77
<b>a<sub>2</sub></b>	2.98
<b>a<sub>3</sub></b>	2.51

### **3.9. Propiedades físicas de suelo**

#### **3.9.1. Densidad aparente ( $D_a$ ) y Densidad real ( $D_r$ )**

La densidad aparente del suelo (peso seco del suelo/ volumen) depende de varios factores tales como: la densidad de las partículas del suelo mineral, la cantidad de materia orgánica, la compactación del suelo, las actividades de animales que excavan en la tierra, tales como las lombrices y la abundancia de las raíces de las plantas (Martínez y Meza, 2011). Según los resultados de las muestras analizadas en el laboratorio de suelo y agua la densidad aparente es de  $1.16 \text{ g cm}^{-3}$ , densidad real de  $2.43 \text{ g cm}^{-3}$ . Estando 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).

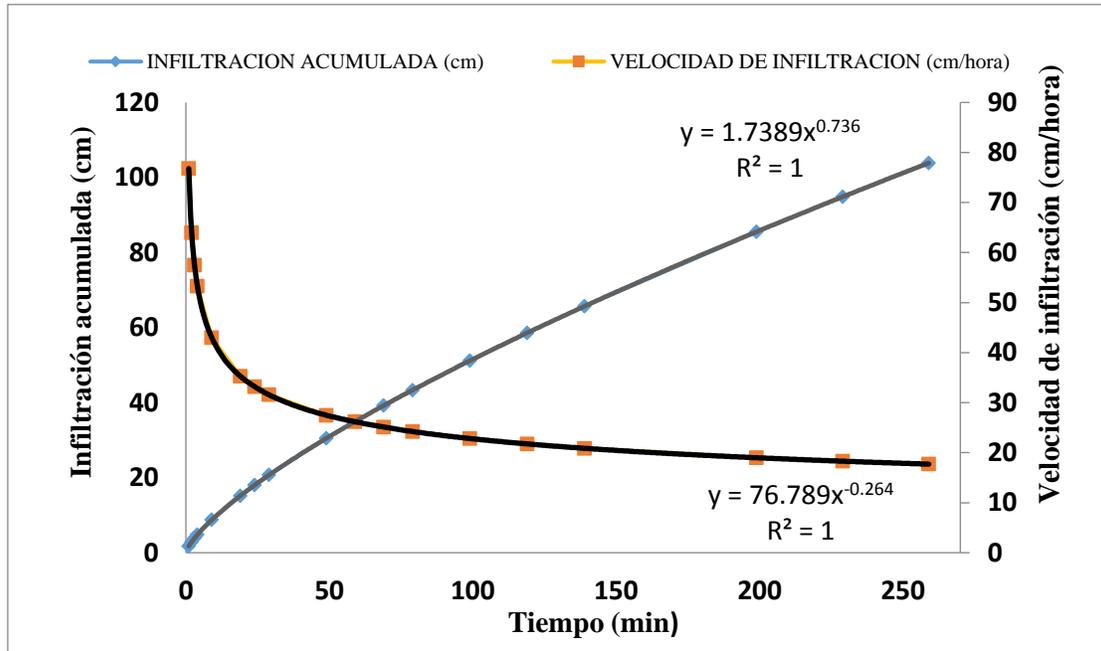
#### **3.9.2. Porosidad de suelo**

De acuerdo a Marrero (2006), el volumen total del suelo es la parte ocupada por las partículas de suelo y el agua, los resultados obtenidos en el análisis de suelo determinado por el Laboratorio de Suelo y Agua de la UNA, se determinó en un 52.26 % la porosidad. Este valor indica que habrá una buena circulación de agua en el suelo, por lo tanto, la definición de la circulación del agua a través del espacio poroso no puede ser considerada un factor negativo para el desarrollo del cultivo.

#### **3.9.3. 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 y Vélez, 2002).

La infiltración acumulada del suelo fue de 34.96 cm y la velocidad de infiltración del suelo es 42.99 cm por hora, esto quiere decir que es un suelo con un buen drenaje que puede soportar una intensidad de lluvia de 42.99 cm en una hora para que pueda saturarse. Esto se debe a que la clase textural del suelo es un franco arenoso (Figura 3).



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

Este ensayo se realizó en el área experimental de la facultad de agronomía por medio del método del doble cilindro, para el mes de octubre del 2014. Donde el comportamiento de los datos obtenidos nos indica que la velocidad de infiltración es alta con respecto al tiempo, para posteriormente disminuir y hacerse constante una vez que el suelo alcanzado la saturación.

### 3.9.4. Capacidad de campo

Los resultados obtenidos del suelo donde se estableció el experimento muestran que la capacidad de campo (Cc) es de 23.2 %, lo que nos indica que la capacidad de retención de agua del suelo es moderadamente baja. 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 moderadamente baja retención de humedad.

## V. CONCLUSIONES

La Universidad Nacional Agraria presenta característica de suelo con clase textural franco arenoso, con una velocidad de infiltración rápida, a la vez presenta una capacidad de campo moderadamente baja de 23.2 %, la retención de humedad del suelo es baja, con un buen drenaje. Se concluye que el suelo no favorece el crecimiento del cultivo de tomate debido a su baja retención de humedad.

Las distancias de siembra no mostraron efecto sobre el crecimiento vegetativo en el cultivo de tomate. Únicamente en el rendimiento donde la distancia de 0.6 m entre planta obtuvo el mejor resultado con un rendimiento de 9 725 kg ha<sup>-1</sup> para el rendimiento.

Las láminas de riego no mostraron efecto en cuanto al crecimiento vegetativo de la planta de tomate, pero tuvieron efecto sobre las variables del fruto y el rendimiento, la lámina de riego de 1.5 l planta<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> la que mostró los mayores resultados. Al analizar la combinación del riego y la distancia de siembra; la lámina de 1.5 l planta<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> y la distancia de siembra de 0.6 m mostró el mayor rendimiento con 13 560.62 kg ha<sup>-1</sup>.

El análisis económico de los tratamientos evaluados indica que el tratamiento a<sub>2</sub>b<sub>3</sub> compuesto por la lámina de riego de 1.2 l planta<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> y la distancia de siembra de 0.80 m obtuvo los mayores beneficios netos y la mejor relación beneficio costo, al obtener US\$ 2.15 por cada dólar invertido, destacando que esto se realizó para un año.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Continuar las investigaciones con diferentes cultivares de tomate, con los mismos tratamientos en varios ciclos agrícolas en diferentes zonas del país, para realizar recomendaciones más confiables a los productores.
- Realizar estudios para la obtención de datos sobre el coeficiente del cultivo  $K_c$  en el país, para el cultivo del tomate ya que son de mucha utilidad en el riego.
- Experimentar con otros sistemas de riego, así como otras láminas de riego y menores distancias de siembra para evaluar el comportamiento de la planta en su crecimiento, desarrollo y rendimiento.

## VII. LITERATURA CITADA

**Andrades Chavarría, DD; Loáisiga Jarquín, FA. 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. Tesis. Ing. Agronómico. Managua, NI. UNA. 38p.

**Arvensis Agro S.A. 2014.** ¿Qué importancia tienen los grados brix en las frutas? ¿Y que son los grados brix? (en línea). Zaragoza, ES. Consultado 11 Mar. 2016. Disponible en: <http://www.arvensis.com/blog/que-importancia-tienen-los-grados-brix-en-la-fruta-y-que-son-los-grados-brix/>

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

**Catastro e Inventario de Recursos Naturales. 1971.** Geología y Levantamiento de Suelos de la Región Pacífica de Nicaragua. V.II Parte 1, Características Generales, Uso y Manejo de Suelos. Managua. 273 p.

**Chemonics International, Inc. 2008.** Programa de diversificación hortícola proyecto de desarrollo de la cadena de valor y conglomerado agrícola. Cultivo del Tomate (*Lycopersicum esculentum* ó *Solanum lycopersicum*). (en línea). Nicaragua 34p. (Contrato No. CRM/DG/DAF/LI/C/0208/00661). Consultado 27 abr 2016. Disponible en <http://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENF01CH517t.pdf>

**CIMMYT 1988.** La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. Edición completamente revisada. México D.F., México: CIMMYT.

**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, HA; 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. Managua, NI. UNA. 59 p.

**Escalona, V.; Alvarado, P.; Monardes, H.; Urbina, C.; Martín, A. s.f.** Cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.). (en línea). Chile. Nodo Hortícola VI región. 12p. (Boletín informativo no.1). Consultado 12 oct. 2015. Disponible en [http://www.cepoc.uchile.cl/pdf/Boletin\\_cultivo\\_tomate.pdf](http://www.cepoc.uchile.cl/pdf/Boletin_cultivo_tomate.pdf)

**FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2006.** Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. (en línea). Roma. IT. Consultado 25 sept 2015. Disponible en <ftp://ftp.fao.org/agl/aglw/docs/idp56s.pdf>. 323p. (Riego y Drenaje No 56)

\_\_\_\_\_. **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 Fuentes, 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. Tesis Ing. Agronómica. Managua, NI. UNA. 53p.

**González Meza, A; Hernández Leos, B. 2000.** Estimación de las necesidades hídricas del tomate. Tesis. Ing. Culiacán, Sinaloa, México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 50p.

**Gutiérrez Sandoval, WA; González Madrigal, CA. 2009.** Evaluación de cuatro variedades de tomate industrial (*Lycopersicum esculentum*, Mill) en el rendimiento y tolerancia al complejo mosca blanca (*Bemisia Tabaci* Gennadius) – Geminivirus. Tesis Ing. Sistemas de Protección Agrícola y Forestal. Managua, NI. UNA. 43p.

**Gutiérrez, C; Laguna, T; Sarria, M; Molina, J; Cano, E; Castillo, P; Monterrey, J; Padilla, D; Rojas, A; Jiménez, E. 2004.** Manejo Integrado de Plagas. Ed, JF Pavón y KN Altamirano. 1 ed. Managua, NI. La Prensa. 63p

**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, E; Gutiérrez, W; González, C. 2008.** Evaluación de cuatro variedades de tomate industrial (*Lycopersicum esculentum*, Mill) en el rendimiento y tolerancia al complejo mosca blanca (*Bemisia tabaci* gennadius) – geminivirus. (En línea). La Calera. Consultado el 25 de enero 2015. Disponible en: [lcalera.una.edu.ni/index.php/calera/article/view/147](http://lcalera.una.edu.ni/index.php/calera/article/view/147)

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

**Laboratorio de suelos y agua. UNA. 2014.** Análisis físico y químico de suelo del área experimental de la Facultad de Agronomía (Universidad Nacional agraria). Managua. 2 pp.

**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.

**Martínez Núñez, A.D.; Meza Granados, NA. 2011.** Evaluación de riego y biofertilizante sobre seis poblaciones de tomate silvestre (*Lycopersicum* spp.) colectado en la reserva de recursos genéticos 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>

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

**Pérez, J; Hurtado, G; Aparicio, V; Argueta, Q; Larin, M. 2012.** Guía Técnica cultivo de tomate. (En línea). Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria Y Forestal. Consultado el 25 de ene. 2015. Disponible en: [www.centa.gob.sv/docs/guias/hortalizas/Guia%20Tomate.pdf](http://www.centa.gob.sv/docs/guias/hortalizas/Guia%20Tomate.pdf)

- Perrin, R., Winkelman, R. 1976.** Formulación de Recomendaciones a partir de Datos Agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. Folleto de Información No. 27. México, CIMMYT.
- Pizarro F. 1996.** Riegos localizados de alta frecuencia. Goteo Microaspersión y exudación. Editorial, Mundi – Prensa libros. 471p,
- Rodas Ruiz, H; Cisneros de Ramírez, P; 2000;** Principios de riego por goteo. San Salvados, SV. Ministerio de agricultura y ganadería (MAG). 13p
- 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 30 abr. 2016. Disponible en <http://repositorio.una.edu.ni/2206/1/tnf04r696a.pdf>
- Rodríguez, V.; 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 (*Bemisia tabaci*, gennadius)-geminivirus y su efecto en el rendimiento, en el municipio de Tisma, Masaya. Tesis. Ing. Managua, NI. UNA. 91p.
- 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.
- 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.** Instalación del sistema de riego por goteo en la parcelas experimentales UNA, Managua.



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



**Anexo 3.** Tutoreo de plantas de tomate UNA, Managua.



**Anexo 4.** Floración de plantas de tomate UNA, Managua.



**Anexo 5.** Foto de la cosecha de tomate, UNA, Managua

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

Tiempo	Intervalo entre lecturas (min)	Tiempo acumulado (min)	Lectura (cm)	Diferencia entre lecturas	Infiltración calculada (cm/hora)
02:47	0	0	13.5	0	0
02:48	1	1	11.9	1.6	96
02:49	1	2	10.3	1.6	96
02:50	1	3	9.4	0.9	54
02:51	1	4	8.8	0.6	36
02:56	5	9	6.4	2.4	28.8
03:01	5	14	15.2	0	
03:06	5	19	12.6	2.6	31.2
03:11	5	24	10.2	2.4	28.8
03:16	5	29	5	5.2	62.4
03:26	10	39	14.4	0	
03:36	10	49	9.7	4.7	28.2
03:46	10	59	6.4	3.3	19.8
03:56	10	69	2.8	3.6	21.6
03:56			13	0	
04:06	10	79	9.9	3.1	18.6
04:26	20	99	3.8	6.1	18.3
04:26			15	0	
04:46	20	119	4.9	10.1	30.3
04:46			15	0	
05:10	20	139	7.7	7.3	21.9
05:40	30	169	14.8	0	
06:10	30	199	5	9.8	19.6
06:10			14.8	0	
06:40	30	229	4.8	10	20
06:40			14.8	0	
07:10	30	259	4	10.8	21.6

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

Tiempo acumulado (min) t	Velocidad de infiltración (cm/hora) i	Log t Xi	Log I Yi	Xi <sup>2</sup>	Yi <sup>2</sup>	Xi Yi
1	96	0	1.9823	0	3.9294	0
2	96	0.3010	1.9823	0.0906	3.9294	0.5967
3	54	0.4771	1.7324	0.2276	3.0012	0.8266
4	36	0.6021	1.5563	0.3625	2.4221	0.9370
9	28.8	0.9542	1.4594	0.9106	2.1298	1.3926
19	31.2	1.2788	1.4942	1.6352	2.2325	1.9107
24	28.8	1.3802	1.4594	1.9050	2.1298	2.0143
29	62.4	1.4624	1.7952	2.1386	3.2227	2.6253
49	28.2	1.6902	1.4502	2.8568	2.1032	2.4512
59	19.8	1.7709	1.2967	3.1359	1.6813	2.2962
69	21.6	1.8388	1.3345	3.3814	1.7808	2.4539
79	18.6	1.8976	1.2695	3.6010	1.6117	2.4091
99	18.3	1.9956	1.2625	3.9826	1.5938	2.5194
119	30.3	2.0755	1.4814	4.3079	2.1947	3.0748
139	21.9	2.1430	1.3404	4.5925	1.7968	2.8726
199	19.6	2.2989	1.2923	5.2847	1.6699	2.9707
229	20	2.3598	1.3010	5.5688	1.6927	3.0702
259	21.6	2.4133	1.3345	5.8240	1.7808	3.2204
	653.1	26.9395	26.8243	49.8057	40.9025	37.6416

**Anexo 8.** Cálculo de la velocidad de infiltración usando el método de Kostiakov.

<b>Tiempo acumulado (min)</b>	<b>Infiltración acumulada (cm)</b>	<b>Velocidad de infiltración (cm/hora)</b>
1	1.7389	76.7892
2	2.8962	63.9482
3	3.9033	57.4566
4	4.8238	53.2545
9	8.7619	42.9913
19	15.1858	35.2947
24	18.0347	33.1837
29	20.7300	31.5665
49	30.4971	27.4845
59	34.9640	26.1695
69	39.2344	25.1098
79	43.3439	24.2285
99	51.1755	22.8272
119	58.5972	21.7448
139	65.6952	20.8710
199	85.5521	18.9847
229	94.8666	18.2938
259	103.8636	17.7088

**Anexo 9.** Cálculos de las necesidades hídricas del tomate

- Calculo de la evapotranspiración

$$ETc = Eo \times Kc$$

$$ETc = 7 \times 0.9$$

$$ETc = 6.3 \text{ mm. } d^{-1}$$

Donde:

ETc: Evapotranspiración

Eo: Evaporación, proporcionado por INETER (2015)

Kc: Coeficiente del cultivo, Fuente FAO Riego y Drenaje 56

• **Cuadro de las necesidades hídricas a través del programa Cropwat (v 8.0)**

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
<b>Déficit de Precipitación</b>												
<b>1. Tomate</b>	150.7	169.6	138.90	0	0	0	0	0	0	0	1.4	50.5
<b>Req. Netos sistema</b>												
<b>mm/día</b>	4.9	6.1	4.5	0	0	0	0	0	0	0	0	1.6
<b>mm/mes</b>	150.7	169.6	138.90	0	0	0	0	0	0	0	1.4	50.5
<b>l/s/h</b>	0.56	0.7	0.52	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0.19
<b>Área Irrigada</b>	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	100	100
<b>Req. de riego área real</b>												
<b>(l/s/h)</b>	0.56	0.7	0.52	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0.19

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

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

Dónde:

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

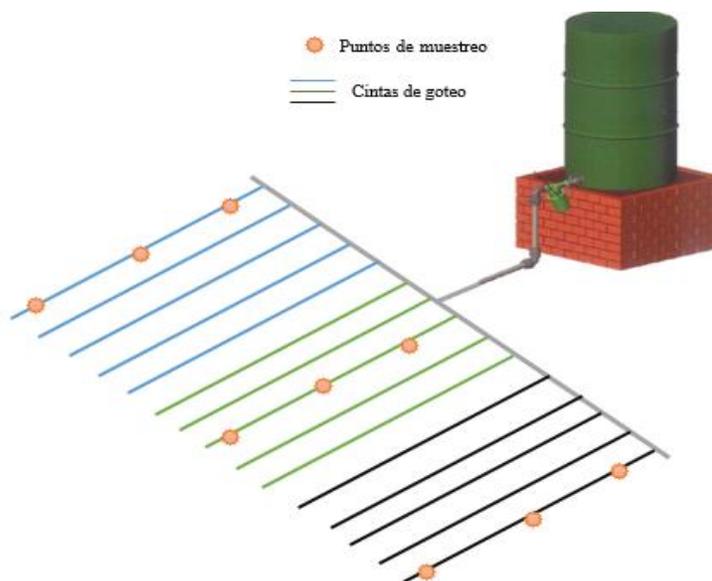
**Dosis:** Lamina de riego

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

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

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

**Anexo 11.** Puntos del sistema de riego muestreados para el coeficiente de uniformidad.



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

EVTPm: 6.3 mm.d<sup>-1</sup>

EVTPm en la decena: 6.3 mm.d<sup>-1</sup> x 10 días = 63 mm.dec<sup>-1</sup>

EVTPm en la decena: 63 mm.dec<sup>-1</sup> x 10 = 630 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>

Yr: 18 ton.ha<sup>-1</sup> MAGFOR (2007)

Evtpm = 630 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>

Evtpr = 535 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>

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

$$ky_{a1} = \frac{\left(1 - \frac{5.056}{18}\right)}{\left(1 - \frac{535}{630}\right)} = \frac{0.7191}{0.1507} = 4.77$$

$$ky_{a2} = \frac{\left(1 - \frac{9.912}{18}\right)}{\left(1 - \frac{535}{630}\right)} = \frac{0.4493}{0.1507} = 2.98$$

$$ky_{a3} = \frac{\left(1 - \frac{11.181}{18}\right)}{\left(1 - \frac{535}{630}\right)} = \frac{0.3788}{0.1507} = 2.51$$