



“Por un Desarrollo
Agrario
Integral y Sostenible”

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMIA

Trabajo de Tesis

Estudio de tres niveles de humedad en cultivos maíz (*Zea mays* L.), tomate (*Solanum lycopersicum* L.), camote (*Ipomoea batatas* L.) bajo riego por goteo en la producción biointensivo, Totogalpa, Madriz, 2019

Autores

Br. Dimas Exequiel Mayorga Duarte

Br. Carlos Alfonso Gómez Medina

Asesores

Ing. M.Sc. Henry Alberto Duarte Canales

Dr. Óscar José Gómez Gutiérrez

Managua, Nicaragua
Diciembre, 2019



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA FACULTAD DE AGRONOMIA

Integral y Sostenible”

Trabajo de Tesis

Estudio de tres niveles de humedad en cultivos maíz (*Zea mays* L.), tomate (*Solanum Lycopersicum* L.), camote (*Ipomoea batatas* L.) bajo riego por goteo en la producción biointensivo, Totogalpa, Madriz, 2019

Autores

Br. Dimas Exequiel Mayorga Duarte Br. Carlos
Alfonso Gómez Medina

Asesores

Ing. MSc. Henry Alberto Duarte Canales
Dr. Óscar José Gómez Gutiérrez

Trabajo presentado a la consideración del honorable
tribunal examinador para optar al título de Ingeniero
Agrícola para el Desarrollo Sostenible

**Managua, Nicaragua
Diciembre, 2019**

Hoja de aprobación del Tribunal Examinador

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable Tribunal Examinador designado por el Decanato de la Facultad de Agronomía como requisito final para optar al título profesional de:

Ingeniero Agrícola para el Desarrollo Sostenible

Miembros del Tribunal Examinador

Ing. Norland Méndez Zelaya

Presidente

MSc. Hellen Ruth Ramírez

Secretario

Ing. Elvin Lagos Pineda

Vocal

Lugar y Fecha: _____

DEDICATORIA

Este trabajo es dedicado primeramente a Dios todo poderoso por darnos la vida, salud e iluminar nuestros caminos y por estar siempre con nosotros dándonos su apoyo en esta etapa de nuestras vidas para lograr culminar este trabajo

A nuestros padres por su apoyo incondicional tanto moral como financiero además por su comprensión en el momento que las situaciones se tornaron complicadas en la continuidad y desarrollo de nuestra carrera.

A nuestras familias por habernos inspirado a tomar el camino de nuestra formación como profesionales para garantizar un desarrollo más estable en el entorno social.

Br: Dimas Exequiel Mayorga Duarte

Br: Carlos Alfonso Gómez Medina

AGRADECIMIENTOS

Agradezco de manera muy especial a mi madre Vicenta del Socorro Duarte Canales y mi padre Rafael Antonio Mayorga Olivares por haberme dado la oportunidad de estudiar una carrera profesional y por su apoyo incondicional tanto moral como financiero.

A mi abuela Carmen Apolonia Pérez Olivares por sus consejos y apoyo moral en mi desarrollo para con la sociedad, por llevarme en sus oraciones además de sus dedicaciones para bendecir mi camino y trayectoria como un joven de bien y de buen provecho.

Agradezco de manera muy especial a mi abuela (que en paz descansa) Ventura Justa Canales Maradiaga quien en vida me apoyo con sus consejos, orientándome en el propósito correcta de la vida, por mostrarme lo más conveniente en la realidad y el peso de las malas decisiones que se toman en el transcurso y pasar del tiempo.

A nuestros Asesores Msc. Henry Alberto Duarte Canales y Dr. Oscar José Gómez por habernos dado la oportunidad de tomar un proyecto realizado por primera vez en Nicaragua como es el riego por goteo en la producción biointensivo y por ser nuestros guías en todo el trayecto del desarrollo del trabajo.

A mis hermanos y a toda mi familia en general por su cariño incondicional en todo momento con el círculo familiar por tomar en cuenta mis decisiones, por darle valor a mi esfuerzo para lograr culminar mis estudios profesionales.

Al proyecto Amigos de la Tierra por abrir un campo de investigación y desarrollo en consorcio con la Universidad Nacional Agraria para el interés de estudiantes egresados de las diferentes carreras agropecuarias.

Br: Dimas Exequiel Mayorga Duarte

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se lo dedico a Dios padre todo poderoso creador del cielo y de la tierra, por darme la vida llena de oportunidades y brindarme la fe el entendimiento para poder seguir adelante en todo momento.

A mi querida madre María Auxiliadora Medina Cruz por haber sido mi fortaleza, mi apoyo más grande, por su esfuerzo y sacrificio por seguir impulsándome en mi formación académica para que yo pudiera superarme vida. A pesar de todas las dificultades que se me presentaron en este recorrido de mi vida para lograr mis sueños. gracias por estar siempre conmigo a pesar de la distancia que nos ha separado por ofrecerme un futuro mejor

A nuestros Asesores Msc. Henry Alberto Duarte Canales y Dr. Oscar José Gómez por habernos dado la oportunidad de tomar un proyecto realizado por primera vez en Nicaragua como es el riego por goteo en la producción biointensivo y por ser nuestros guías en todo el trayecto del desarrollo del trabajo.

A mi padre Carlos Roberto Gómez Ponce por su apoyo y su compañía, por confiar y creer en mis expectativas por anhelar y desear siempre lo mejor de mi vida gracias por cada consejo por cada una de sus palabras que guiaron durante mi vida

A mis familiares, a mi tía Olivia Janeth Medina Cruz por darme su apoyo siempre que lo necesite, y por aconsejarme en los momentos más difíciles, A mi abuelita María candelaria Ayala Cruz que después de mis padres más se preocupaba por mi futuro. Gracias por todo

Br: Carlos Alfonso Gómez Medina

ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA	<i>i</i>
AGRADECIMIENTO	<i>ii</i>
ÍNDICE DE CUADROS	<i>iv</i>
ÍNDICE DE FIGURAS	<i>v</i>
ÍNDICE DE ANEXOS	<i>vi</i>
RESUMEN	<i>vii</i>
ABSTRACT	<i>viii</i>
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo general	3
2.3 Objetivos específicos	3
III MARCO DE REFERENCIA	4
3.1. Seguridad Alimentaria y nutricional	4
3.2. Sistema de producción biointensivo	5
3.2.1 Principios del método de cultivo biointensivo	5
3.2.2 Preparación de la cama del cultivo	6
3.3 Cultivos establecidos	6
3.3.1 Maíz	6
3.3.2 Tomate	7
3.3.3 Camote	7
3.4. Uso del agua	8
3.4.1 Impactos de la agricultura en los recursos hídricos	8
3.5 Sistema de riego por goteo	9
3.5.1 Componentes del sistema	9
3.5.2 Ventajas del riego por goteo	10
3.5.3 Desventajas del sistema de riego	10
IV. MATERIALES Y METODOS	11
4.1. Ubicación del área estudio	11
4.2 Diseño metodológico	12
4.2.1 Descripción de los tratamientos	12
4.3 Instalación del sistema de riego por goteo	13
4.4 Parámetros Hidrofísicos del suelo	13
4.4.1 Velocidad de infiltración del agua a través del suelo	13
4.4.2 Capacidad de campo (Cc)	14
4.4.3 Análisis de suelo	14

4.5	Parámetros de riego	15
4.5.1	Calculo de las láminas de riego	15
4.6	Aforo del sistema	16
4.7	Coefficiente de uniformidad del sistema de riego por goteo	17
4.7.1	Coefficiente de uniformidad de las presiones el sistema de riego	18
4.8	Volumen de agua utilizado en los 10 m ²	18
4.9	Rendimiento de los cultivo	18
4.10	Características de la fuente de agua INPRHU Totogalpa (2019)	19
4.11	Análisis de la información	19
V	RESULTADOS Y DISCUSIONES	20
5.1	Velocidad de infiltración de agua a través del suelo	20
5.2	Capacidad de campo (Cc)	21
5.3	Análisis de suelo	21
5.4	Láminas de riego	21
5.5	Coefficiente de uniformidad y presión en el sistema de riego por goteo	22
5.6	Volumen de agua utilizado en 0.001 ha ⁻¹	23
5.7	Volumen de agua total aplicado	23
5.8	Rendimiento kg ha ⁻¹	24
VI.	CONCLUSIONES	25
VII.	RECOMENDACIONES	26
VIII.	LITERETURA CITADA	27
IX	ANEXOS	29

INDICE DE CUADRO

CUADRO		PÁGINA
1	Descripción y manejo de los tratamientos, INPRHU, Totogalpa, 2019.	12
2	Indicadores del desempeño de los sistemas de riego.	17
3	Características hidrofísicas de las camas experimentales, INPRHU, Totogalpa, 2019.	21
4	Laminas y caudales con sus tiempos e intervalos de riego.	22
5	Lámina de agua aplicada en 10 m ² INPRHU, Totogalpa., 2019.	23
6	Calculo del volumen de agua aplicado en los tratamientos para todo el ciclo vegetativo INPRHU, Totogalpa, 2019.	23
7	Rendimiento en kg ha ⁻¹ de los cultivos establecidos, INPRHU, Totogalpa, 2019.	24

INDICE DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
1	Mapa de Totogalpa, Madriz 2019	11
2	Velocidad de infiltración e infiltración acumulada del suelo INPRHU, Totogalpa, 2019	20
3	Coefficiente de uniformidad y presión en el sistema de riego por goteo INPRHU 2019	22

INDICE DE ANEXOS

ANEXO		PÁGINA
1	Diseño del área experimental y de la instalación del sistema de riego por goteo INPRHU, Totogalpa, 2019.	30
2	Materiales utilizados en la instalación del Sistema de riego	31
3	Calculo de la velocidad de infiltración, INPRHU, Totogalpa, 2019	32
4	Cálculos de los parámetros de riego.	36
5	Cálculo de conversiones de las láminas de riego a volumen para 10 m ²	39
6	Calculo del coeficiente de uniformidad del sistema de riego por goteo	40
7	Resultados del coeficiente de uniformidad del sistema de riego por goteo	42
8	Instalación de la red de tubería secundaria para el sistema de riego por goteo.	43
9	Instalación del sistema de riego	44
10	Lavado y pruebas preliminares para el funcionamiento del sistema de riego.	45
11	Aforo de los caudales de los emisores del sistema de riego por goteo.	46
12	Siembra de los cultivos en las camas experimentales.	47
13	Funcionamiento del sistema de riego INPRHU, Totogalpa, 2019	48
14	Cosecha y rendimiento de los cultivos	49
15	Estación de bombeo INPRHU, Totogalpa, 2019	50
16	Imágenes de los cultivos establecidos en el ensayo	51

RESUMEN

El modelo de huertos biointensivo surge como una necesidad para dar respuesta a la demanda de alimentos sanos para una población que está en crecimiento, así como una solución al problema de pérdida y deterioro del suelo. Este estudio se llevó a cabo con el objetivo de evaluar parámetros de riego y tres niveles de humedad, T₁ (22.98 mm), T₂ (34.92 mm) y T₃ (40.11 mm) para conocer los efectos sobre el rendimiento de los cultivos, maíz (*Zea mays*, L), tomate (*Solanum Lycopersicum*, L.) y camote (*Ipomea batata*, L) realizado en el Instituto de Promoción Humana (INPRHU) ubicado en el municipio de Tototalpa, Madriz, a 13°29'02.07" LN y 86°35'03.44" LO, a una elevación 702 msnm y un rango de temperaturas medias que oscilan entre 22.5 a 23.6° C en el periodo 2018 – 2019, la unidad experimental contó con nueve camas, con dimensiones de 1.25 m de ancho y 8 m de longitud. El ensayo se estableció bajo un diseño experimental en parcelas apareadas, a todas las variables se les realizó el ANDEVA y separación de medias según LSD ($\alpha = 0.05$). La variable rendimiento no mostraron diferencias significativas con medias T₁ (maíz, 0.98 kg ha⁻¹, tomate 38.38 kg ha⁻¹ y camote 14.69 kg ha⁻¹) T₂ (maíz 0.61 kg ha⁻¹, tomate 34.09 kg ha⁻¹ camote 57.70 kg ha⁻¹) y T₃ (maíz 0.21 kg ha⁻¹, tomate 42.23 kg ha⁻¹ y camote con 26.20 kg ha⁻¹) estos rendimientos están dentro de un rango de producción en una cama de 10 m². El coeficiente de uniformidad promedio para los caudales fue de > 90% y un coeficiente de uniformidad de presiones > 90% considerado excelente.

Palabra Clave: producción biointensivo, niveles de humedad, rendimiento

ABSTRACT

The biointensive orchard model emerges as a need to respond to the demand for healthy food for a growing population, as well as a solution to the problem of soil loss and deterioration. This study was carried out with the objective of evaluating irrigation parameters and three humidity levels, T₁ (22.98 mm), T₂ (34.92 mm) and T₃ (40.11 mm) to know the effects on crop yield, corn (*Zea mays*, L), tomato (*Lycopersicon solanum*, L) and sweet potato (*Ipomoea batata*, L) made at the Institute for Human Promotion (INPRHU) located in the municipality of Totogalpa, Madriz, at 13 ° 29'02.07 "LN and 86 ° 35'03.44 "LO, at an elevation of 702 meters above sea level and a range of average temperatures ranging from 22.5 to 23.6 ° C in the period 2018 - 2019, the experimental unit had nine beds, with dimensions of 1.25 m wide and 8 m in length The trial was established with an experimental design in paired plots, all the variables were performed with an ANDEVA and separation of means according to LSD ($\alpha = 0.05$). The yield variable did not show significant differences with T₁ means (corn, 0.98 kg ha⁻¹, tomato 38.38 kg ha⁻¹ and sweet potato 14.690 kg ha⁻¹) T₂ (corn 0.61 kg ha⁻¹, tomato 34.09 kg ha⁻¹ and sweet potato 57.70 kg ha⁻¹) and T₃ (corn 0.21 kg ha⁻¹, tomato 42.23 kg ha⁻¹ and sweet potato with 26.20 kg ha⁻¹) these yields are within a production range in a 10 m² bed. The average uniformity coefficient for flow rates was > 90% and a pressure uniformity coefficient > 90% considered excellent.

Keyword: biointensive production, humidity levels, performance

I. INTRODUCCIÓN

El método Biointensivo es un método de agricultura ecológica sustentable de pequeña escala enfocado al autoconsumo y a la mini-comercialización. Aprovecha la naturaleza para obtener altos rendimientos de producción en poco espacio con bajo consumo de agua. Utilizando semillas criollas y solamente unos pocos fertilizantes orgánicos, el método es totalmente sustentable (CII-ASDENIC, 2016).

El modelo de huertos biointensivo surge como una necesidad para dar respuesta a la demanda de alimentos sanos para una población que está en crecimiento y como una manera de solucionar el problema de la pérdida y deterioro del suelo. Los huertos biointensivos tienen sus orígenes en el grupo de Ecology Action, de John Jeavons en California, Estados Unidos, hace más de 30 años. Es un sistema de producción basado en la utilización de insumos locales, sin maquinaria ni fertilizantes o insecticidas sintéticos para evitar daños al ambiente y la salud (SEMARNAT, 2013).

La agricultura familiar es una forma de producción agrícola a pequeña escala que tiene un importante papel socioeconómico, ambiental y cultural; realizada con la participación de hombres y mujeres pertenecientes a una familia. La agricultura familiar rescata los alimentos tradicionales contribuyendo a una dieta equilibrada para la seguridad alimentaria de la familia, a la protección del medio ambiente y uso sostenible de recursos. También representa una oportunidad para dinamizar las economías locales (FAO, 2014).

Los impactos del cambio climático están multiplicándose, la frecuencia e intensidad de las sequías en muchas regiones. han provocado que el agua y la seguridad alimentaria se encuentran interconectados. Los proyectos de infraestructura de riego elevan considerablemente la producción agrícola y la estabilizan, creando empleo, mejorando los ingresos de los agricultores y contribuyendo de manera importante a la seguridad alimentaria, especialmente en el caso de la agricultura de subsistencia (FAO, 2014).

Agricultura de regadío, consiste en el suministro de importantes cantidades de agua a los cultivos a través de diversos métodos artificiales de riego. Este tipo de agricultura requiere grandes inversiones económicas y una cuidada infraestructura hídrica, canales, acequias, aspersores, albercas, que exige, a su vez, un desarrollo técnico avanzado. Entre los cultivos típicamente de regadío destacan los frutales, el arroz, el algodón, las hortalizas y la remolacha (FAO, 2014).

Está sobradamente comprobado que el goteo es el riego más eficiente en las últimas décadas su implantación ha sido global pero todavía está asociado a determinados tipos de cultivos. Hemos visto como el goteo se ha ido instalando en frutales, y en muchos cultivos agrícolas y en nuestros jardines, quedando patente que el desarrollo de las plantas y calidad no ha sido afectado por el sistema de riego (AGRICULTURERS, 2016).

Para el agricultor el uso de un sistema de riego provoca una mayor producción en las cosechas, sin embargo, estos sistemas de riego pueden ser aún más eficientes en cuanto al uso del agua en la producción agrícola. Es por eso que consideramos que con la ejecución de esta investigación lograremos poner a disposición de los productores una alternativa de riego por goteo para el aprovechamiento y optimización del recurso hídrico y reducción de costos por manipulación del riego en este sistema de producción biointensivo.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Evaluar tres niveles de humedad en los cultivos maíz (*Zea mays* L.), tomate (*Solanum lycopersicum* L.), camote (*Ipomoea batatas* L.) y parámetros de riego por goteo en la producción biointensivo, Tototalpa, Matriz.

2.2. Objetivos específicos

- Determinar el efecto de tres niveles de humedad sobre el rendimiento de los cultivos maíz (*Zea mays* L.), tomate (*Solanum lycopersicum* L.), camote (*Ipomea batatas* L.) en las camas biointensivas.
- Evaluar parámetros de riego que influyen en la uniformidad del riego en las camas biointensivas.

III. MARCO DE REFERENCIA

3.1 Seguridad Alimentaria y Nutricional

El concepto de Seguridad Alimentaria surge en la década del 70, basado en la producción y disponibilidad alimentaria a nivel global y nacional. En los años 80, se añadió la idea del acceso, tanto económico como físico. En la década del 90, se llegó al concepto actual que incorpora la inocuidad y las preferencias culturales, y se reafirma la Seguridad Alimentaria como un derecho humano (PESA, 2011).

Según el Instituto de Nutrición para Centroamérica y Panamá (INCAP), la Seguridad Alimentaria Nutricional es un estado en el cual todas las personas gozan, en forma oportuna y permanente, de acceso físico, económico y social a los alimentos que necesitan, en cantidad y calidad, para su adecuado consumo y utilización biológica, garantizándoles un estado de bienestar general que coadyuve al logro de su desarrollo” citado por PESA, (2011).

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), desde la Cumbre mundial de la Alimentación (C A) de 1996, la Seguridad Alimentaria a nivel de individuo, hogar, nación y global, se consigue cuando todas las personas, en todo momento, tienen acceso físico y económico a suficiente alimento, seguro y nutritivo, para satisfacer sus necesidades alimenticias y sus preferencias, con el objeto de llevar una vida activa y sana” citado por PESA, (2011).

Existe inseguridad alimentaria cuando a nivel de un país o un hogar, la población carece de acceso seguro a cantidades suficientes de alimentos nutritivos para el crecimiento y desarrollo normal de una vida activa. Puede ser causada por la falta de alimentos, la insuficiencia de poder adquisitivo o la distribución o utilización inapropiada de los alimentos en el hogar (MINED, 2007).

Nicaragua a pesar del gran potencial productivo, es el segundo país más pobre en América Latina, después de Haití, pero es también el segundo país de América con mayor igualdad, solo superado por Canadá. Nicaragua es un país de tradición eminentemente agrícola y ganadera. Posee un total de 3,6 millones de hectáreas de gran fertilidad, de las que el 70 % no están siendo labradas, por lo que existe un importante potencial de crecimiento (ICEX, 2017).

El 50 % de este sector corresponde a las actividades agrícolas, de las cuales destacan especialmente la producción de granos básicos, café y azúcar, aunque también son importantes la producción de banano, soja, maní, ajonjolí y tabaco. Los cultivos destinados a la exportación son: el café, la carne, el azúcar, maní, banano y tabaco en rama (MAEC, 2018).

3.2 Sistema de producción biointensivo

El método de cultivo biointensivo es un método de agricultura ecológica sustentable a pequeña escala enfocado al autoconsumo y a la mini-comercialización. Aprovecha la naturaleza para obtener altos rendimientos de producción en poco espacio con un bajo consumo de agua. Utilizando semillas de polinización abierta y unos pocos fertilizantes orgánicos, el método es casi totalmente sustentable (CII-ASDENIC, 2016).

El método brinda una solución a la seguridad alimentaria familiar frente a los grandes problemas que amenazan a los pueblos del mundo: la contaminación y destrucción del medioambiente, el agotamiento de los recursos naturales y el cambio climático. Con este énfasis, el método se ha desarrollado para poder cultivar todos los alimentos para una dieta completa y nutritiva en el espacio más reducido posible (UCM, marzo, 2019).

3.2.1 Principios del método de cultivo biointensivo

1. Preparación Profunda del suelo
2. Uso de la Composta
3. Uso de Semilleros
4. Siembra Cercana
5. Asociación de Cultivos
6. Rotación de Cultivos
7. Cultivo de Composta
8. Cultivo de Calorías
9. Uso de Semillas de Polinización Abierta
10. Integración de Todos los Principios

3.2.2 Preparación de la cama de cultivo

La cama de cultivo (también conocida como cantero, camellón, tablón o melga) es el área donde vamos a trasplantar o plantar. El paso más importante en el método biointensivo es su preparación. Se necesita crear una estructura de suelo ideal y los nutrientes apropiados para que las plantas crezcan sanas y constantemente (SEMARNAT, 2013).

La tierra mullida y fértil permite que las raíces penetren con facilidad y que continuamente circulen nutrientes hacia el tallo y las hojas. Por tanto, una planta de almácigo trasplantada en un suelo aireado, húmedo, con materia orgánica y nutrientes naturales se desarrollará muy fuerte y resistente a las plagas y enfermedades (SEMARNAT, 2013).

Las dimensiones ideales de la cama son 6.5 metros de largo, 1.5 metros de ancho y 60 centímetros de profundidad. Los pasillos deben medir entre 50 y 40 centímetros. En todo caso, el largo de la cama depende del terreno adecuado disponible. Se recomienda empezar con una cama para desarrollar habilidades y después aumentar el número en los años siguientes hasta cumplir nuestra meta (SEMARNAT, 2013).

3.3 Cultivos establecidos

3.3.1 Maíz

Maíz, palabra de origen indio caribeño, significa literalmente “lo que sustenta la vida”. El maíz, que es junto con el trigo y el arroz uno de los cereales más importantes del mundo, suministra elementos nutritivos a los seres humanos y a los animales y es una materia prima básica de la industria de transformación, con la que se producen almidón, aceite y proteínas, bebidas alcohólicas, edulcorantes alimenticios y, desde hace poco, combustible (Socorro y Martín 1989)

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los granos alimenticios más antiguos que se conocen. Perteneció a la familia de las Poáceas (Gramíneas), tribu Maydeas, y es la única especie cultivada de este género. Otras especies del género *Zea*, comúnmente llamadas teocintle y las del género *Tripsacum*, conocidas como arrocillo o maicillo, son formas salvajes parientes de *Zea mays*. Son clasificadas como del nuevo mundo, porque su centro de origen está en América. En un primer momento, los taxónomos clasificaron los géneros *Zea* y *Euchlaena* al cual pertenecía el teocintle- como dos separados (Rosa Acosta, 2009).

Variedad olotillo amarillo: Se caracteriza por sus mazorcas alargadas de olote delgado y flexible, grano dentado a semiharinoso con numerosas variantes en color. Con adaptación a trópico húmedo y seco, produce bajo condiciones edáficas limitantes, suelos someros, y bajo uso de insumos, por lo que es un componente importante en los sistemas de milpa de las zonas tropicales del país (CONABIO 2010, 2011, Bellon y Risopolous 2001, Wellhausen *et al.* 1951).

3.3.2 Tomate

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

En Nicaragua, se inició su cultivo en 1940 en el municipio de Tisma, Masaya (Rayo, 2001). Los principales municipios que producen tomate en Nicaragua son: Jinotega, La Concordia, Estelí, La Trinidad, Pueblo Nuevo, Condega, Sébaco, Darío, Terrabona, San Isidro, Ticuantepe, El Crucero, San Rafael del Sur, Jalapa, El Júcaro, Quilali, Tisma y Masatepe; reportándose el establecimiento de 1775.12 ha⁻¹, de estas 430.78 ha⁻¹ departamento de Jinotega, 370.34 ha⁻¹ en Matagalpa, 356.99 ha⁻¹ en Estelí, Managua 260.72 ha⁻¹, Nueva Segovia 197.47 ha⁻¹ y Masaya 158.82 ha⁻¹. (MAGFOR, 2012b; citado por Gómez y Herrera, 2014).

3.3.3 Camote

El camote (*Ipomea batatas* L.) es un cultivo valioso, ampliamente sembrado en los países en vías de desarrollo, es cultivado en más de 100 países y en términos monetarios es el quinto cultivo en valor alimenticio (Achata *et al.*, 1990). Como producto alimenticio va adquiriendo mayor importancia por su alto potencial de rendimiento y su rusticidad, que hacen de este un alimento barato. Tiene mucho valor energético debido a su contenido de almidón, también es una fuente importante de otros elementos nutritivos como vitamina A y C, así como de elementos minerales y algunos aminoácidos (Domínguez *et al.*, 1991). Además, las posibilidades de industrialización para la alimentación humana y pecuaria son excelentes (Fonseca *et al.*, 1993).

Según Achata et al (1990), el bajo consumo de las raíces y tubérculos con relación a los cereales ha sido perjudicial para la salud humana. La dieta basada en arroz elaborado y harina refinada, ha incidido actualmente en la proliferación de enfermedades cardiovasculares, diabetes y anemia.

En Nicaragua la batata o camote representa una alternativa de mucho valor en suelos marginales por fertilidad y áreas de precipitación pluvial errática. La producción de camote en forma comercial se caracteriza por requerir pocos insumos, lo que hace que el producto obtenido sea a bajo costo (Herrera, 1983).

Varia INTA morado: Obtenida por selección individual en la EEA-INTA-San Pedro, Buenos Aires, a partir de la variedad Tucumana Morada de la Facultad de Agronomía y Zootecnia de la Universidad Nacional de Tucumán (UNT). Es una planta de porte erguido en forma de mata y con guías inferiores a dos metros. Las hojas son recortadas y forman por lo común cinco lóbulos por lo que se la llama con el nombre vulgar de Pata de Rana. Las raíces tuberosas son de piel roja, la pulpa es de color amarillo cremoso con manchas de color anaranjado. Es de ciclo largo, superior a los 150 días (INTA, 2013).

3.4 Uso del agua

Según un inventario global realizado por Hydrology and Earth System Sciences en el año 2010; la agricultura es el mayor usuario de agua dulce, usando un promedio global del 70 % de todos los suministros hídricos superficiales. El uso industrial que es de alrededor el 20 % (incluye generación de energía el cual regresa aproximadamente el 95 % del agua que utiliza) y un 10 % uso doméstico (FAO - AQUAST, 2008).

3.4.1 Impactos de la agricultura en los recursos hídricos

En algunos países esta necesidad se ha traducido en expansión hacia tierras marginales y están asociadas a una agricultura de subsistencia. En cambio, las medidas tomadas por otros países, ante la necesidad de producción de alimentos, han sido la expansión de riego y aumento de uso de fertilizantes y pesticidas para obtener y mantener altos rendimientos (FAO - AQUAST,2008).

Cabe decir que la agricultura es, la principal causa de degradación de los recursos hídricos superficiales y subterráneos mediante la erosión y residuos agroquímicos y anegamiento de cultivos de regadío y víctima debido al uso de agua residual, superficial y subterránea

contaminada, obliga a tomar medidas de remediación, afecta cultivos y transmite enfermedades a los consumidores y agricultores (FAO - AQUAST- 2008).

3.4.2 Sistema de riego por goteo

El riego por goteo es uno de los sistemas más eficientes en la actualidad, el suministro de agua es constante y uniforme, gota a gota, que permite mantener el agua de la zona radicular en condiciones de baja tensión. El agua aplicada por los goteros forma un humedecimiento en forma de cebolla en el interior del suelo, al que comúnmente se le denomina “bulbo húmedo”. Éste bulbo normalmente alcanza su máximo diámetro a una profundidad de 30 cm aproximadamente y su forma está condicionada fuertemente por las características del suelo, en particular la textura (INTAGRI S.C, 2016).

3.4.3 Componentes del sistema

- Tubería de conducción.
- Válvulas reguladoras de presión.
- Llaves de pase
- Tubería secundaria de distribución.
- Conectores.
- Cinta o tubin de riego.
- Accesorios varios.

El sistema de riego por goteo, ha sido introducido en el agro y fue adoptado debido a su alto grado de eficiencia, con un sistema que logra minimizar las perdidas por infiltración profundas y lo más importante se reduce el escurrimiento superficial. El agua aplicada es solamente la que le cultivo requiere para su crecimiento y producción. Con este sistema solo se humedece una parte del suelo, de donde la planta podrá obtener el agua y los nutrientes que necesita he implica riesgo más continuo. Esta característica de riego nos da uno serie de ventajas tanto agronómicas como económicas(silva,1987).

El riego por goteo se ha utilizado en el sistema de producción biointensivo debido a algunas ventajas en comparación con otros métodos tales como la alta uniformidad de aplicación del agua, una mayor eficiencia operativa, el ahorro de agua y una menor necesidad de mano de obra. Este sistema puede reducir el problema de la escasez (Rodas y Cisnero, 2000).

La elección de sistema más adecuado depende de varios factores, que pueden resaltar el tipo de topografía y el suelo, suministro de agua (ubicación, flujo y la calidad) el sistema de la plantación de la plantación y el costo del equipo y su funcionamiento (Rodas y Cisnero, 2000).

3.4.4 Ventajas del riego por goteo

- La cantidad de agua que se aplica se ajusta en cantidad y oportunidad a la evapotranspiración de los cultivos
- La eficiencia de riego es muy alta (90 – 95 %) en goteo
- Reduce de manera importante la evaporación del agua en el suelo.
- Permite automatizar completamente el sistema de riego, con los consiguientes ahorros en mano de obra. El control de las dosis de aplicación es más fácil y completo.
- Debido al mantenimiento de humedades altas en el bulbo realizado por los emisores, permite el uso de aguas más salinas para el riego que los sistemas de irrigación por superficie y por aspersion.
- Tiene una adaptación más fácil en terrenos irregulares, rocosos o con fuertes pendientes.
- Reduce la proliferación de malas hierbas en las zonas no regadas
- Permite el aporte controlado de nutrientes con el agua de riego sin pérdidas por lixiviación con posibilidad de modificarlos en cualquier momento del cultivo, es decir es el sistema más adaptado a la fertirrigación.

3.4.5 Desventajas del sistema de riego

- Costo elevado de adquisición e instalación.
- La principal desventaja de este método es la facilidad con que los orificios de los goteros se obstruyen, principalmente cuando se utiliza agua de mala calidad y no se hace un filtrado adecuado de la misma.
- Necesita una buena supervisión del riego, pues cuando los goteros se obstruyen no se puede apreciar desde lejos y al taparse un gotero se produce un crecimiento desuniforme del cultivo
- Antes de realizar la inversión se debe analizar los costos y beneficios. Se debe considerar la producción, calidad y precio. Los cultivos con rentabilidad suficiente justifican su empleo.

IV MATERIALES Y METODOS

4.1 Ubicación del área de estudio

El estudio se realizó en el Instituto de Promoción Humana (INPRHU) ubicado en el municipio de Tototalpa, Madriz, a $13^{\circ}29'02.07''$ LN y $86^{\circ}35'03.44''$ LO, con una elevación 702 msnm y temperaturas medias que oscilan 22.5 a 23.6 °C. El tipo de clima está clasificado en la categoría de sabana tropical de altura y se caracteriza por ser húmedo montañoso en las partes altas y seca en las partes bajas. La precipitación anual oscila entre los 800 y 1,000 mm (INETER, 2013; Figura 1)

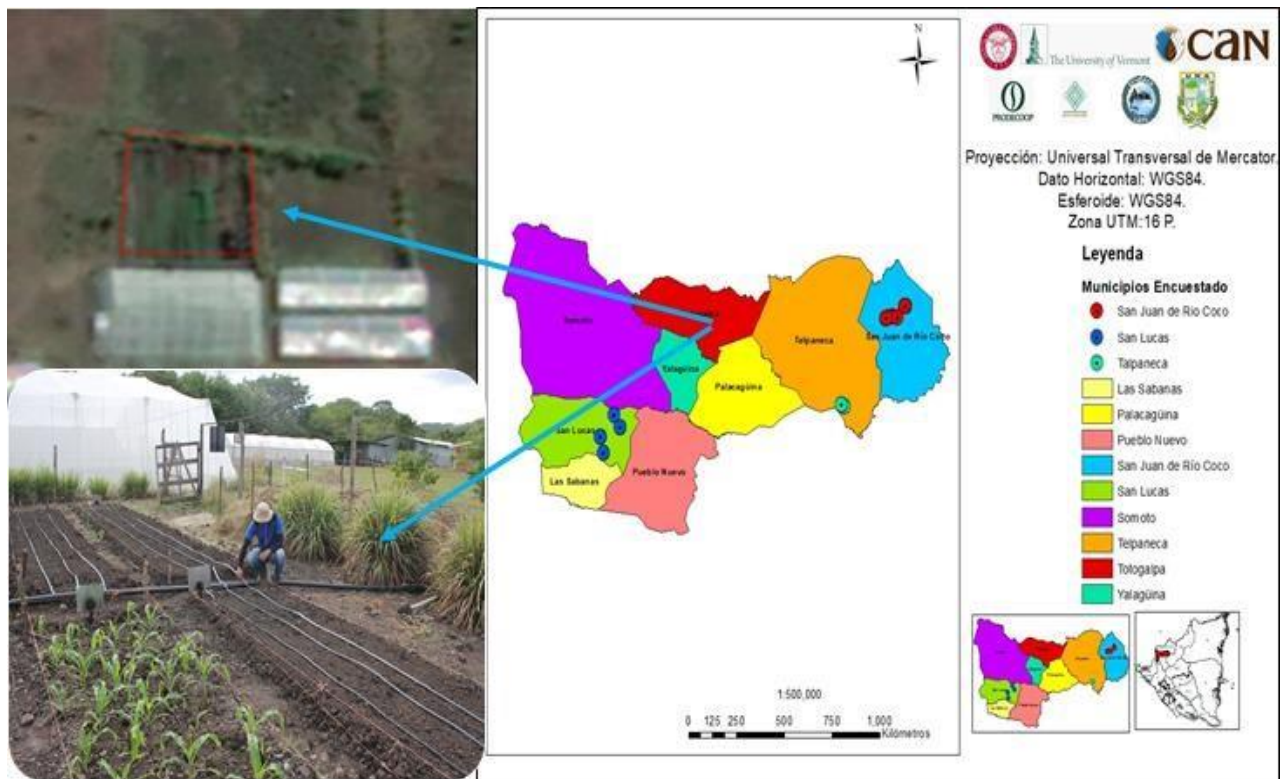


Figura 1. Mapa de Tototalpa, Madriz 2019

4.2 Diseño metodológico

Los tratamientos se distribuyeron en un diseño de parcelas apareadas, conformado con nueve camas, cuyas dimensiones fueron de 1.25 m x 8 m (10 m²), para un total de (90 m²) en todo el experimento de campo, en tres camas se manejaron tres niveles de humedades 20, 30 y 40 cm , cada cama conformada por los tres cultivos sembrados con el método a tres bolillos, el maíz fue trasplantado a una distancia de 90 cm entre plantas con 11 plantas por cama, el tomate con distancias de 45 cm entre plantas con un total de 22 plantas por cama y el camote se estableció con un espaciamiento de 22.5 cm entre cada esqueje con un total de 46 plantas por cama.

Cultivos establecidos

- Maíz (*Zea mays* L.), Variedad olotillo amarillo
- Tomate (*Solanum lycopersicum* L.), Variedad INTA - L5
- Camote (*Ipomea batatas* L.), Variedad INTA morado

4.2.1 Descripción de los tratamientos

Según la distribución de los tratamientos el riego se manejó a partir de niveles de humedad establecidos a diferentes profundidades en el suelo.

Cada nivel de humedad estuvo dado en función de la variación de la capa activa. Cabe mencionar que al inicio del experimento se estableció un nivel de humedad uniforme de 10 cm para las nueve camas debido a que en la primera etapa de los cultivos su profundidad radicular fluctúa en los primeros 10 cm de profundidad.

- El primer nivel de humedad se estableció a los 20 cm de profundidad
- El segundo nivel fue establecido a los 30 cm de profundidad
- El tercer nivel de humedad fue establecido a los 40 cm profundidad

Cuadro 1. Descripción y manejo de los tratamientos, INPRHU, Totogalpa, 2019

Tratamiento en estudio	
Niveles de humedad A	Arreglos B
T ₁ . 22.98 mm	Maíz, Camote, Tomate,
T ₂ . 34.92 mm	Maíz, Camote, Tomate,
T ₃ . 40.11 mm	Maíz, Camote, Tomate,

4.3 Instalación del sistema de riego por goteo

La instalación del sistema de riego se realizó haciendo una conexión de la tubería de conducción principal con una manguera de polietileno de 2 pulgadas diámetro para conducir el agua hasta las camas experimentales, Perforando la manguera con una broca de 5/8 realizando la conexión de empaques y conectores en las cintas de riego de 16 mm de diámetro.

Para la distribución de la cinta en cada cama se tomaron en consideración las características de su diseño como: el caudal de cada emisor y el traslape de la humedad generado en un determinado tiempo. Instalando tres citas de riego por cama con un espaciamiento entre cinta de 30 cm y entre cada emisor de 20 cm, con un caudal de 0.75 litro por hora con una presión de trabajo de 10 PSI.

Una vez calculadas las láminas de riego de cada nivel a evaluar se fraccionaron en función de 10 m² área de las camas. Por condiciones de disponibilidad de tiempo del técnico de campo se decidió manejar con un intervalo de riego de dos días

4.4 Parámetros Hidrofísicos del suelo

4.4.1 Velocidad de infiltración del agua a través del suelo

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

La prueba de infiltración se realizó en tres camas de la unidad experimental con el método de doble anillos concéntricos colocando los cilindros de forma vertical, dicho cilindro exterior utilizado para garantizar el efecto de pared al agua infiltrada con 30 cm diámetro y el cilindro interior con 15 cm de diámetro y una altura de 10 cm, para determinar el volumen de agua infiltrada utilizando una regla y cronómetro para medir el tiempo en que el agua se infiltra en el perfil de suelo

Materiales utilizados para efectuar la prueba de infiltración:

- 1) trozos de maderas

- 2) doble anillos metálicos
- 3) bidón de 20 litros
- 4) regla graduada en cm y mm
- 5) bolsa plástica
- 6) cronómetro
- 7) pala
- 8) mazo
- 9) hoja de registro y lapicero

Una vez colocados los cilindros se vertió agua de manera que sin que hiciera contacto directo al suelo. Establecido el sistema se recopilaron los datos correspondientes como la profundidad de agua en el cilindro interno haciendo lecturas con una regla graduada en cm con intervalos de cuatro lecturas de un 1 minutos, dos lecturas de 2 minutos, tres lecturas de 3 minutos y tres lecturas de 5, minutos, finalizando cuando el proceso fue acercándose a la saturación del suelo.

Esta prueba fue realizada en un periodo de tiempo de 40 minutos ya que por las características de los suelos arcillosos la saturación de los medios porosos se da en un corto tiempo y la retención de agua es alta.

4.4.2 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 matricio (Ψ_m) y el potencial gravitatorio (Ψ_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.

Obteniendo este parámetro a través del método de la Olla de Richard en el Laboratorio de Suelo y Agua (LABSA, 2019), de la Universidad Nacional Agraria.

4.4.3 Análisis de suelo

Se tomaron muestras de suelo en cada cama experimental en las diferentes profundidades evaluadas (20, 30 y 40 cm) para su posterior análisis en el laboratorio de suelo y agua (LABSA, 2019), de la Universidad Nacional Agraria.

4.5 Parámetros de riego

4.5.1 Cálculo de láminas de riego

El cálculo de las láminas de riego se realizó en función de las tres profundidades de suelo 20, 30 y 40 cm. En la primera fase del cultivo 0 a 30 días se aplicó una lámina de riego para los 10 cm de profundidad con 16.87 mm en todos los niveles, aplicándose a esta profundidad tomando en cuenta que el desarrollo radicular de los cultivos oscilaba menor a los 15 cm posteriormente se aplicaron para las profundidades de 20 cm con una lámina de riego a aplicar de 22.98 mm, para el segundo nivel a los 30 cm de profundidad una lámina de riego de 34.92 mm y al tercer nivel hasta los 40 cm de profundidad con una lámina de riego de 40.11 mm (Anexo 14).

Lámina neta

Es la cantidad de agua que debe ser aplicada durante el riego con el fin de cubrir el agua que ha sido utilizada por el cultivo durante la evapotranspiración. expresada en $m^3 ha^{-1}$

$$Ln = 100 * \Delta H * Da * (Cc - lp)$$

Donde:

Ln Lamina neta ($m^3 ha^{-1}$)

ΔH : variación de capa activa (cm)

Da: Densidad aparente ($gr cm^3$)

Cc: Capacidad de campo (%)

Lp: limite productivo (%)

Lámina bruta

Lámina Bruta (Lb). se define entonces como la lámina neta afectada por la eficiencia de riego y se expresa mediante la siguiente ecuación (Castro, 2009).

$$Lb = Ln/Ea$$

Donde

Lb: Lamina bruta ($mm ha^{-1}$)

Ln: Lamina neta (mm)

Ea: Eficiencia de aplicación (%)

Intensidad de aplicación

Es un término que se refiere específicamente a como el agua se relaciona con el suelo, hace referencia al momento del primer contacto del agua con el suelo. Lo cual se expresa en mm h

$$Ia = \frac{QA}{A}$$

Donde:

Ia: Intensidad de aplicación (mm hora)

QA: Caudal del emisor (m³ hora)

A: Área (m²)

Intervalo de riego

No es más el tiempo que necesitamos para aplicar y cada cuanto tiempo (IR) debemos practicar la operación de riego para restituir la humedad en el suelo y esto se realiza mediante la siguiente formula.

$$Ir = \frac{Lb}{Evatp/día}$$

Donde:

IR: Intervalo de riego (días) **Lb:**

Lámina Bruta (mm ha⁻¹)

Evatpa/ día: Evapotranspiración (mm días)

Tiempo de riego

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

$$Tr = \frac{Lb}{Ia}$$

Dónde:

Tr: Tiempo de riego. (hora)

Lb: Lámina bruta (mm ha⁻¹)

Ia: Intensidad de aplicación. (mm hora)

4.6 Aforo del sistema

El aforo se realizó en tres puntos correspondiente al tratamiento establecidos en campo, se hizo en tres momentos al inicio, medio y al final de las camas para realizarlo usamos cronómetro, vasos de poroplast y una probeta milimetrada para este cálculo nos apoyamos de la siguiente formula:

$$Q = \frac{v}{t}$$

Donde:

Q = Caudal (m³ hora) **v**

= Volumen (m³)

t = Tiempo (minuto)

4.7 Coeficiente de uniformidad del sistema de riego por goteo

Para evaluar la eficiencia del sistema de riego por goteo se calcularon caudales promedios que entregaban los emisores en tres puntos referente seleccionados al inicio, medio y final de las camas. Aplicando la metodología del cuarto menor (INIA-URURI, 2010).

Para calificar la uniformidad del sistema de riego en una propiedad se utilizó la metodología desarrollada por Merriam y Keller (1978), citada por Fernando Pizarro Cabello (1996), la metodología de la Sociedad Americana de Ingenieros Agrícolas de USA, a través de sus estándares (ASAE EP-438, 2003).

Cuadro 2. Indicadores del desempeño de los sistemas de riego.

Clasificación	ASAE (2003)		Merriam and Keller (1978)	IRYDA (1983)
	US	CU	CU	CU
Excelente	100 – 95	100 – 94	> 90	>94
Bueno	90 – 85	87 – 81	80 – 90	94 – 86
Regular	80 – 75	75 – 68	70 – 80	80 – 86
Pobre	70 – 65	62 – 56	< 70	70 – 80
Inaceptable	< 60	< 50		< 70

Fuente (ASAE EP-438, 2003)

A tal efecto, se toma el área de la subunidad o sector que domina cada válvula de una secuencia y un número mínimo de 4 laterales. De ellas se mide el caudal en el inicio, a 1/3, 2/3 y al final de línea lateral. Esto se realiza en el primer lateral, también el que se encuentra a 1/3 del largo de la subunidad, se repite para el que se encuentra a 2/3 y el último de los laterales

$$CUC = \frac{q_{25\%}}{qn} * 100$$

Donde:

CUC: Coeficiente de Uniformidad del Caudal (%).

q_{25%}: Caudal promedio (1 h) **qn:**

Caudal de todos los emisores (1 h)

4.7.1 Coeficiente de uniformidad de las presiones del sistema de riego

La presión de trabajo es un factor muy importante a considerar cuando hablamos de las capacidades de trabajo de los materiales que hemos instalado en el sistema, teniendo en cuenta esto fue necesario realizar medidas y monitoreo de la presión en el sistema.

Las presiones fueron evaluadas en función de cada uno de los tratamientos aplicados en las diferentes camas, observando la variabilidad cuando en el sistema se realizaban cambios de funcionamiento con respecto al tiempo de duración de los niveles. Para su evaluación nos apoyamos del método cuarto menor determinando la uniformidad en las presiones.

Para ello se utilizó un manómetro con escala de medida de 50 - 60 PSI y realizando medidas al inicio en el sistema completo cuando las nueve camas estaban en funcionamiento, al terminar el tiempo del primer tratamiento con solamente seis camas y al terminar el segundo tratamiento teniendo en funcionamiento solamente el ultimo tratamiento que correspondía a tres camas, utilizando la siguiente ecuación.

$$Cup = \frac{cp_{25}}{pn} \times 100$$

Donde

Cup: coeficiente de uniformidad de las presiones (%)

Cp25: promedio de las presiones

Pn: promedio total de las presiones

4.8 Volumen de agua utilizado en los 10 m²

El gasto de agua se calculó en función del número de riegos aplicados en las diferentes etapas de desarrollo de los cultivos con el intervalo establecidos en los diferentes niveles de humedades evaluados en el área experimental.

4.9 Rendimiento de los cultivos

El factor rendimiento es considerado tanto en las unidades productivas como en la agricultura un parámetro de gran importancia siendo el objetivo principal de los agricultores obtener un crecimiento en la cantidad y calidad de sus cosechas, determinando este el efecto que causan los tratamientos respecto al uso y adopción de nuevas técnicas, así como la factibilidad del uso de

nuevas tecnologías. Para obtener esta variable se pesaron y se sumaron los rendimientos por cama en cada uno de los cultivos en estudio.

4.10 Características de la fuente de agua INPRHU Totogalpa (2019)

La institución cuenta con una fuente de abastecimiento (pozo) de 40 m de profundidad y una estación de bombeo sumergible con capacidad de 5 HP y una tubería principal de 2 pulgada con una distancia de 174 m de la bomba a la parcela experimental.

4.11 Análisis de la información

La información fue procesada primeramente con hojas electrónico (Excel 2016) para su posterior análisis en el programa estadístico JMP. se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) según LSD ($\alpha = 0.05$) sobre variables de riego y de rendimiento descrita en el siguiente Modelo Aditivo Lineal.

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon(ij)$$

Donde: $i = 3$ niveles de
humedad $j = 3$ camas

Donde:

Y_{ij} = el valor medio de las observaciones medidas en los distintos tratamientos

μ = Es el efecto de la media muestral sobre el modelo τ_i = Es el efecto del k -

ésimo nivel de humedad β_j = Es el efecto de la j -*ésima* parcela ε_{ij} = Es el error

de A $(\alpha\beta)_{ij}$

V RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Velocidad de infiltración de agua a través del suelo

La infiltración del agua en el suelo es el proceso a través del cual el riego o agua de lluvia, ingresa al suelo de la superficie hacia sus capas inferiores en forma vertical y horizontal mediante el desplazamiento de las partículas del agua a través del medio poroso del suelo (CITRA, 2017).

En la Figura 2 se observa que la infiltración básica para la textura de suelo en el experimento fue de 1.29 cm hora y una velocidad de infiltración de 6.80 cm hora, clasificándola como rápida. En relación con la intensidad de aplicación del gotero de la cinta de riego utilizada que fue de 10.56 mm hora. esto indica que se puede utilizar este emisor y no causara encharcamiento ni escorrentía superficial por la aplicación de riego ya que el suelo puede soportar una intensidad de 68 mm horas.

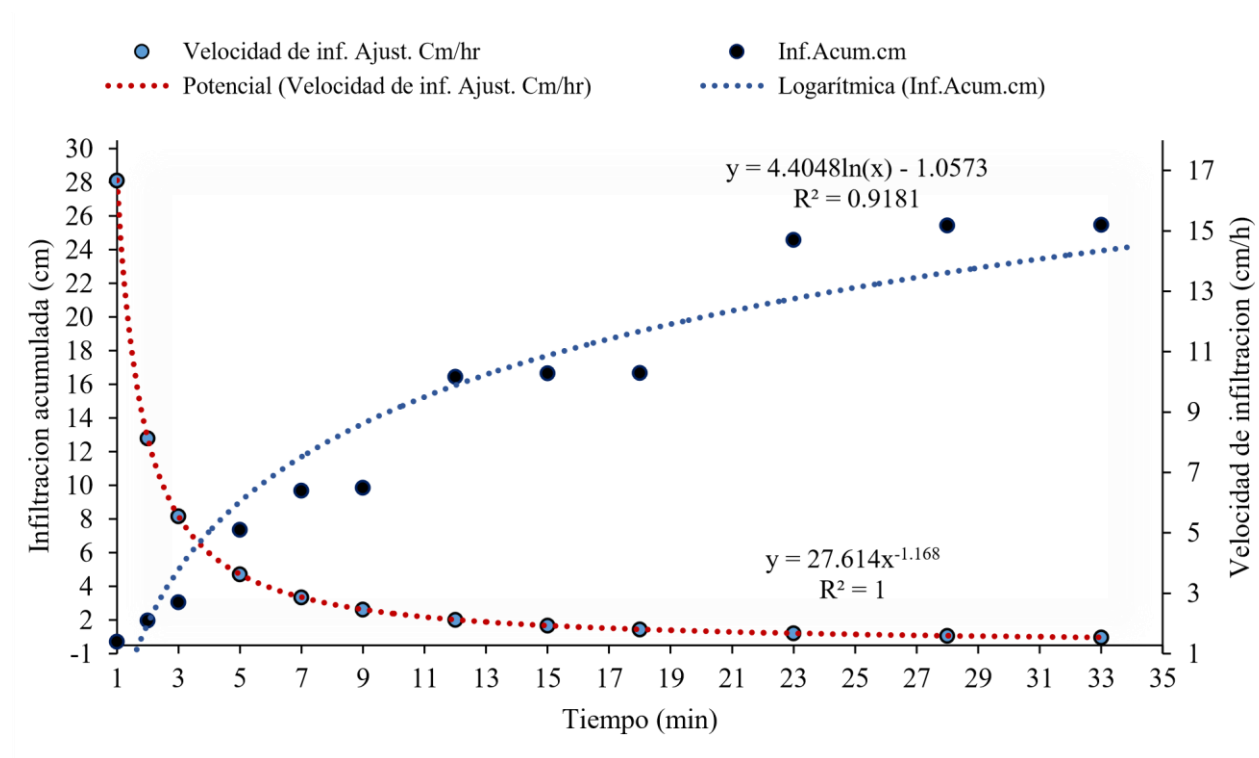


Figura 2. Velocidad de infiltración e infiltración acumulada del suelo INPRHU, Totogalpa, 2019

La velocidad de infiltración sirve para conocer el tiempo que demora en infiltrar la lámina de agua que debemos reponer en el riego y para seleccionar caudales adecuados para disminuir pérdidas por escurrimiento superficial. (anexo 13)

5.2 Capacidad de campo (Cc)

Los resultados obtenidos del análisis físico del suelo del laboratorio de suelos y aguas (LABSA, 2019) de la universidad Nacional Agraria, muestra que la capacidad de campo (Cc) para las diferentes profundidades evaluadas son de 28.38 %, para 20 cm, 30.27 % para los 30 cm y una (Cc) de campo de 24.94 % para los 40 cm Israelsen y Hansen (1979) establecen un rango para la (Cc) para suelos Arcillo arenosos de 27 y 35 % según esa consideración nuestro suelo presento en las diferentes profundidades una retención de humedad moderadamente alta.

5.3 Análisis de suelo

A partir de los resultados del análisis de las propiedades hidrofísicas de suelo en el laboratorio de suelos y agua (LABSA) de la Universidad Nacional Agraria, como se puede observar en el cuadro 3 el área experimental tiene una textura de un suelo Franco arcilloso arenoso en las diferentes profundidades, un límite productivo a los 20 cm (21.86 %), 30 cm (23.32 %) y 40 cm (19.21 %).

Cuadro 3. Características hidrofísicas de las camas experimentales INPRHU Totogalpa (2019)

Profundidad (g cm³)	Da (%)	Dr (%)	CC (%)	Lp (%)	PMP (%)	Arena Limo (%)	Arcilla (m)	(g cm³)
0.20	1.41	2.64	28.38	21.86	15.34	49	20	31
0.30	1.34	2.64	30.27	23.32	16.36	49	20	31
0.40	1.40	2.67	24.94	19.21	13.48	45	24	31

5.4 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 para el desarrollo de flores y producción de los frutos, reestableciendo las láminas iniciales en la etapa final del cultivo.

Cuadro 4. Láminas calculadas con sus Tiempos e intervalos de riego

Profundidad (m)	Tiempo de riego (horas)	Intervalo de riego (días)	Lámina bruta (mm)
0.10	1:00	2	16.87
0.20	2:30	3	22.98
0.30	3:30	5	34.92
0.40	4:00	6	40.11

5.5 Coeficiente de uniformidad y presión en el sistema de riego por goteo

Comúnmente la programación del riego se realiza con el caudal nominal de cada emisor de 0.75 litros por hora definida por el fabricante, sin embargo, el caudal puede variar por efectos de la presión, temperatura, obturaciones (físicas, biológicas o químicas) y por fallas en el diseño de los sistemas de riego, por lo que normalmente el caudal real, difiere del caudal nominal (CDTEC, 2016).

Según los datos para el coeficiente de uniformidad de nuestro sistema de riego se obtuvo como resultado un 91.28 a un 98% para los caudales. Según Merriam y Keller (1978), la clasificación de los valores de CU entre el rango de 90 a 100 % se consideran excelentes. Ubicando nuestro sistema de riego con un coeficiente dentro de la ponderación. De igual forma con el comportamiento de las presiones, se obtuvieron excelentes resultados con una uniformidad de presión en las subunidades de riego, encontrándose por encima de 90 %. En un promedio del 96.4 % para el CUP. (Anexo 15)

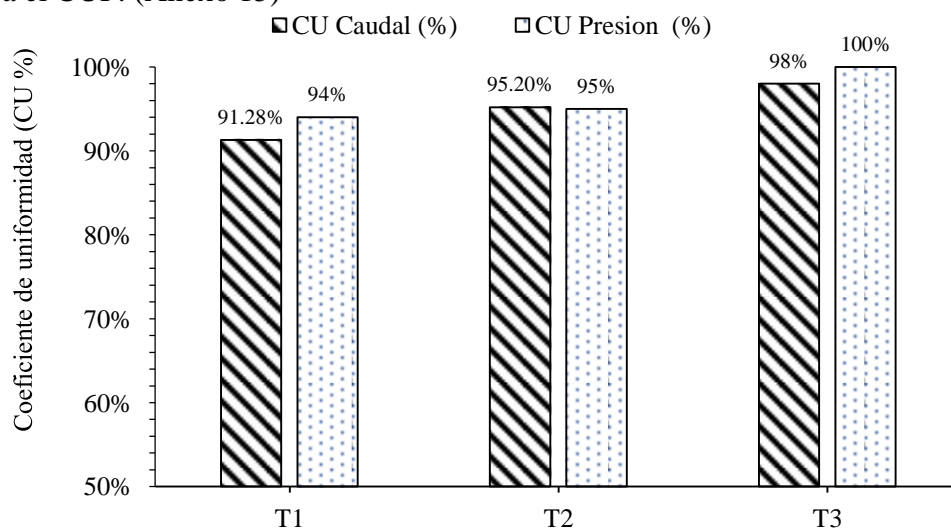


Figura 3. Coeficiente de uniformidad y presión en el sistema de riego por goteo INPRHU 2019

5.6 Láminas de agua aplicadas en los 0.001 ha⁻¹

En el cuadro 5 se muestran las láminas de riegos aplicadas a los cultivos en las camas biointensivo, en la fase inicial de los 0 a 30 días se aplicó una lámina 16.87 mm correspondiente a la profundidad de 0.10 m para todas las camas tomando en cuenta el sistema radicular de los cultivos, posteriormente se incrementó la lámina de los 30 – 90 días con 22.98 mm (0.20 m), 34.92 mm (0.30 m) y 40.11 mm (0.40 m), en la etapa final se aplicó la lámina inicial con 16.87 mm en todos los tratamientos.

Cuadro 5. Láminas de agua aplicada en 0.001 ha¹ INPRHU 2019

Profundidad (m)	Lámina inicial (mm) 0 – 30	Lámina (mm) 30- 90 días	Lámina final (mm) 90-120 días
0.20	16.87	22.98	16.87
0.30	16.87	34.92	16.87
0.40	16.87	40.11	16.87

Nota * el nivel de humedad de 0.10 m se aplicó en todo el tratamiento en estudios con una lámina de 16.87 mm.

5.7 Volumen de agua total aplicado

En la etapa inicial se calculó una lámina a los 0.10 m aplicando un volumen de 2.5 m³ por los tres tratamientos en los 30 días serían 7.5 m³ utilizados, en la etapa media se hizo un cambio de 0.20 m (4.6 m³), 0.30 m (4.2 m³) y 0.40 (4.0 m³) con un gasto en esta etapa de 12.8 m³, generándose un gasto total en todo el ciclo de 9.6, 9.2 y 9.0 m³ respectivamente para cada nivel y un gasto general de 27.8 m³.

Este volumen de agua fue calculado con el número de riegos aplicado en un mes y por el gasto general en todo el ciclo de cuatro meses expresados en mm o m³. con un volumen total aplicado de 27.8 m³ en todo el ciclo vegetativo.

Cuadro 6. Calculo del volumen de agua aplicado en los tratamientos para todo el ciclo vegetativo INPRHU, Totogalpa, 2019

Profundidad (m)	Etapla inicial 0 - 30 (m ³) 0.001 ha ⁻¹	Etapla media 30 - 90 (m ³) 0.001 ha ⁻¹	Etapla 90 – 120 Final (m ³) 0.001 ha ⁻¹	Q total (m ³) 0.001 ha ⁻¹
0.20	2.5	4.6	2.5	9.6
0.30	2.5	4.2	2.5	9.2
0.40	2.5	4.0	2.5	9.0
Total	7.5	12.8	7.5	27.8

En el cuadro 6 se observan los volúmenes de agua total aplicado en cada una de las etapas fenológicas de los cultivos estos resultados se obtuvieron al convertir las láminas de riego (mm) a $m^3 \cdot ha^{-1}$. Luego en función de los $10 m^2$ área de las camas y al multiplicarse por el número de riegos aplicados en el ciclo vegetativo (días) Anexo 16.

5.8 Rendimiento $kg \cdot ha^{-1}$

En el cuadro 7 se observan los resultados del rendimiento de los cultivos en estudio, no se encontraron diferencias estadísticas en los tratamientos ($Pr > 0.05$), el rendimiento de maíz está por debajo del rendimiento promedio de biointensivo que va de 6 a 12 kg, el mayor rendimiento se obtuvo con el T₁ con 0.98 kg en $10 m^2$, en el cultivo de tomate el nivel de humedad que presentó el mayor rendimiento fue el T₃ con una media de 42.23 kg, este rendimiento está en rango de la producción biointensivo que oscila de 12 a 50 kg y en el de camote el T₁ fue el que presentó el mayor promedio con 14.69 kg de igual manera este rendimiento supera el promedio de producción con una media de 4 kg.

Cuadro 7. Rendimiento $kg \cdot ha^{-1}$ de los cultivos establecidos, INPRHU, Totogalpa, 2019

Tratamiento	Q en el ciclo (m^3) ha^{-1}	Maíz (kg) ha^{-1}	Tomate (kg) ha^{-1}	Camote (kg) ha^{-1}
T ₁	9.6	0.98	38.38	14.69
T ₂	9.2	0.61	34.09	57.70
T ₃	9.0	0.21	42.23	26.20
Pr > F		0.8996	0.4363	0.2430

La relación entre el gasto de agua y los rendimientos están sujetos al requerimiento hídrico de cada cultivo y al contenido de agua almacenada en el suelo como podemos observar en el cuadro 7 en el T₁ el maíz presenta mejores rendimientos con el mayor consumo de agua, el cultivo de tomate por características fenológicas consume mayor volumen de agua en comparación con los demás cultivos mostrando mejor rendimientos en el T₃ y el camote por tener una demanda hídrica baja presentó mayores rendimientos con el menor volumen de agua aplicado en el T₁.

VI CONCLUSIONES

- Según los resultados obtenidos en la producción biointensiva los niveles de humedades no mostraron diferencias significativas, los mayores rendimientos se obtuvieron en T₁ (maíz, 0.98 kg ha⁻¹, tomate 38.38 kg ha⁻¹ y camote 14.69 kg ha⁻¹), T₂ (maíz 0.61 kg ha⁻¹, tomate 34.09 kg ha⁻¹ camote 57.70 kg ha⁻¹) y T₃ (maíz 0.21 kg ha⁻¹, tomate 42.23 kg ha⁻¹ y camote con 26.20 kg ha⁻¹).
- El funcionamiento del sistema de riego no se vio interrumpido por obstrucciones de emisores ni variación de la presión y buen comportamiento durante las aplicaciones de las l minas de riego en todo el ciclo de los cultivos presentando un coeficiente de uniformidad > 90 % y un coeficiente de presión > 90%.

VII RECOMENDACIONES

Dar seguimiento al estudio del método de cultivo biointensivo con la utilización de láminas de riego controlado.

Para mayor eficiencia en el riego contar con filtros para evitar posibles obstrucciones y garantizar un buen funcionamiento en el sistema.

Realizar una revisión periódica al sistema de riego, midiendo el volumen de descarga de los emisores, para que de esta manera poder determinar si es que nuestro sistema está funcionando correctamente.

Según el estudio realizado en este tipo de producción biointensivo realizar ensayos con otros cultivos que se asocian en este método biointensivo

VIII LITERATURA CITADA

- Asociación de Desarrollo Social de Nicaragua (CII-ASDENIC, 2008) Manual de Campo del Método de Cultivo Biointensivo, primera versión, junio de 2008. NI 29 pp
- Ciancaglini, N. (2001). Guía para la determinación de textura de suelos por método organoléptico. 2 pp.
- Cuadra Aguilera, F., & Garcia Ramos, D. U. (2016). Evaluación de tres láminas de riego por goteo y dosis de biofertilizante EM-5 (Sutocho) sobre el crecimiento, desarrollo y producción de tomate (*Solanum lycopersicum* Mill) cv. Shanty, UNA, 2016 22 pp.
- Duarte, H., & Ruiz, M. (2010). Efecto de tres láminas de riego y tres dosis de aplicación de biofertilizantes en el cultivo orgánico de fresa (*Fragaria* spp.) cv, Festival en el Castillito, Las Sabanas, Madriz 18 – 22 pp.
- Educación con Base en la Agricultura Sustentable y Ecológica (EcoBASE, 2008). manual de campo del método de cultivo biointensivo Hidalgo, MX. 26 pp.
- Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria (FONTRAGRO, 2017). Proyecto cultivo biointensivo para familias rurales del corredor seco. Managua. NI. 13 pp.
- Herrera Centeno, Y. A., & Ruiz López, E. M. (2012). Determinación de los coeficientes de cultivo Kc y rendimiento Ky en pipián (*Curcúbita Argyrosperma* Huber) en la hacienda las Mercedes, Managua. 2011 21 pp.
- Ingenieros y Arquitectos. (CFIA, 2003). Artículo técnico ¿Cómo hacer pruebas de infiltración? Elías rosales, E. Holanda. 30 pp.
- Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER, 2013). Dirección General de Meteorología. Resumen de temperatura media y precipitación diaria, Managua, NI.
- Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA) Manual de capacitación riego por goteo 1ª ed. Edición especial Managua Ni 2015 22pp.
- Instituto para la Innovación Tecnológica en Agricultura (INTAGRI S.C.) Agua y riego México
- Kolmans, E y Vásquez, D. (1996). Manual de Agricultura Ecológica, Habana, CU. 163 pp.
- Manual de apoyo técnico para maestros de educación preescolar y primaria en Seguridad Alimentaria y Nutricional (MINED) Managua, Ni. junio 2007. 198 pp.
- Marrero, E. (2006). Régimen de riego. Managua, Ni. Universidad Nacional Agraria. 183 pp.
- Maza, N., & del Pilar, S. (2019). Determinación del consumo de agua de riego empleando el método del riego por goteo en el cultivo de vid. Variedades Crimson y Superior (Seedless Sugraone).

Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales (MARENA, 2001). Dirección de Calidad Ambiental (DGA). Informe Final: “Estado de PCB (Bifenil Policlorinado) en Nicaragua. Managua, NI. 44 pp.

Ordoñez, B., Ventura, H., & Alejandro, J. (2015). Evaluación técnica de tres laterales de riego por goteo a baja presión en un huerto biointensivo. 5 – 16 pp.

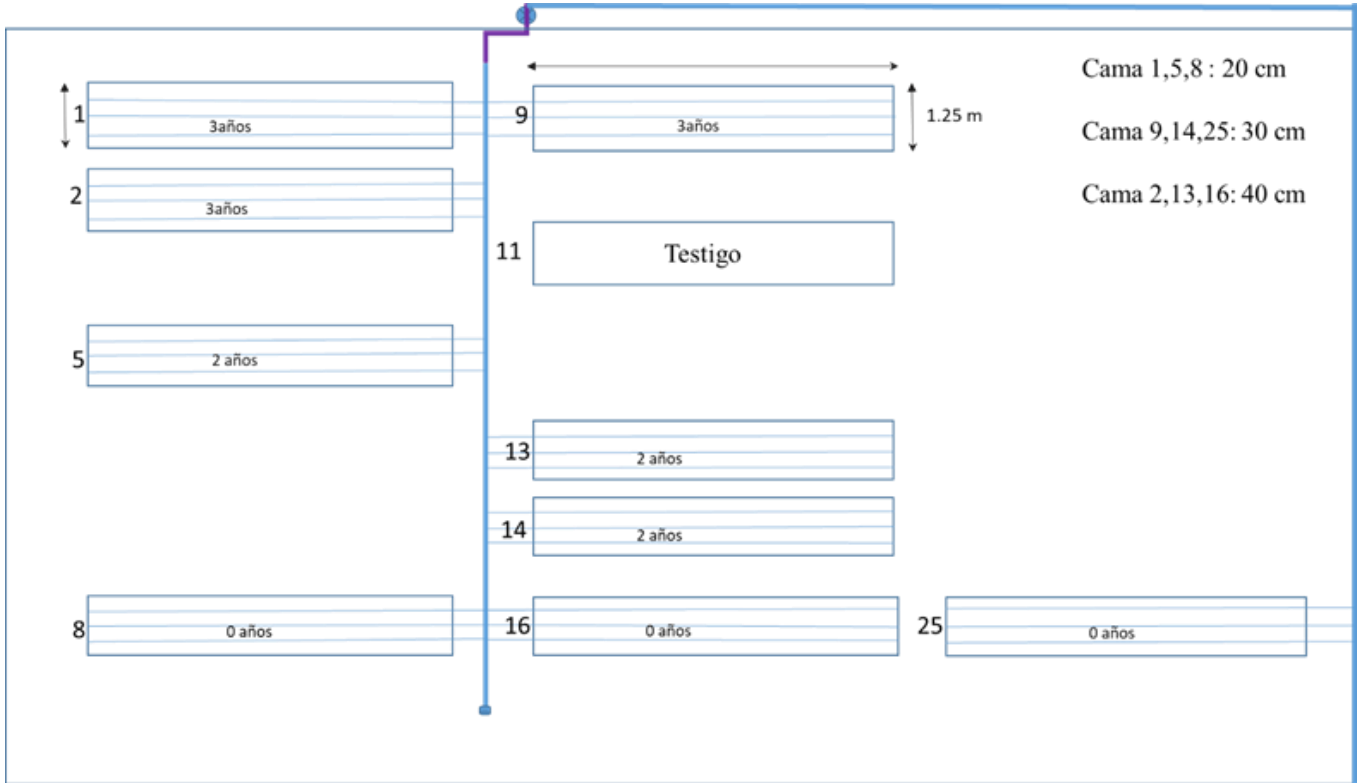
Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2014). Hacia una Agricultura Familiar más fuerte. RO. 39 pp.

Silva, N. (1987). Riego por goteo del Coffea Arábica. Resultados preliminares, Rev., 100 Y Ttec, Agri, 9: 35-45. pp

Sistema de información global sobre el agua (FAO– AQUAST- 2008) Uso del Agua en la Agricultura y el Medio Rural de la FAO 2- 66 pp

IX ANEXOS

Anexo 1. Diseño del área experimental y de la instalación del sistema de riego por goteo INPRHU, Tototalpa, 2019.



Anexo 2. Materiales utilizados en la instalación del Sistema de riego

Material	Cantidad	Unidad
Cinta métrica	1	m
Manómetro 0 – 60 PSI/K.PA/BAR	1	PSI
Probeta 100 mm	1	ml
Vasos de poroplast	25	-
Tensiómetro K.PA/C, BAR	1	C. BAR
Cinta de riego por goteo 0.75 lt/h ⁻¹	216	m
Conectores 13 mm D- BAR x ø 16”	27	-
Empaques	27	-
Manguera de polietileno 2”	20	m
Tubo PVC 2”	6	m
T PVC 2”	1	pulg
Llave de pace 2”	1	pulg
Codo PVC 2”	1	pulg
Tapón PVC 2”	1	pulg

Anexo 3. Calculo de la velocidad de infiltración, INPRHU, Totogalpa, 2019

Intervalo Entre Lectura min	Tiempo acumulado en min	Lecturas en cm	Diferencia entre lectura	Infiltracion. Acumulada .cm	Infiltracion. Calculada. Cm/hr.
	-	4	-	-	
1	1	2.6	1.4	1.4	84.00
1	2	1.9	0.7	2.1	21.00
1	3	1.3	0.6	2.7	12.00
2	5	2.6	2.4	5.1	28.80
2	7	1.3	1.3	6.4	11.14
2	9	1.2	0.1	6.5	0.67
3	12	1.63	3.67	10.17	18.35
3	15	1.51	0.12	10.29	0.48
3	18	1.5	0.01	10.3	0.03
5	23	1.6	4.4	14.7	11.48
5	28	1.12	0.48	15.18	1.03
5	33	1.1	0.02	15.2	0.04

$$I = k t^n$$

Método de regresión lineal simple

Necesitamos linealizar la ecuación aplicando logaritmo a ambos términos

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

Que correspondería a una ecuación del tipo de una recta

$$Y = b_0 + b_1 X$$

Donde

$$Y = \text{Log } I$$

$$b_0 = \text{Log } k$$

$$b_1 = n$$

b₁ se calcula como

$$b_1 = \frac{\sum X_i Y_i - \frac{\sum X_i \sum Y_i}{n}}{\sum X_i^2 - \frac{(\sum X_i)^2}{n}}$$

$$b_1 = \frac{1.06 - \frac{((11.11)(5.76))}{13}}{12.81 - \frac{(11.11)^2}{13}} = -1.17$$

Calculo para obtener el modelo de velocidad de infiltración

tiempo acumulado en min	inf. Calc. Cm/hr.	log t Xi	log I Yi	Xi ²	Yi ²	Xi Yi
-						
1	84.00	0.00	1.92	0.00	3.70	0.00
2	21.00	0.30	1.32	0.09	1.75	0.40
3	12.00	0.48	1.08	0.23	1.16	0.51
5	28.80	0.70	1.46	0.49	2.13	1.02
7	11.14	0.85	1.05	0.71	1.10	0.88
9	0.67	0.95	-0.18	0.91	0.03	-0.17
12	18.35	1.08	1.26	1.16	1.60	1.36
15	0.48	1.18	-0.32	1.38	0.10	-0.37
18	0.03	1.26	-1.48	1.58	2.18	-1.85
23	11.48	1.36	1.06	1.85	1.12	1.44
28	1.03	1.45	0.01	2.09	0.00	0.02
33	0.04	1.52	-1.44	2.31	2.07	-2.19

Aplicación

Se tiene la ecuación

$$\bar{Y} = b_0 + b_1 X$$

$$b_0 = \bar{Y} - b_1 X$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum Y_i}{n} \quad \bar{Y} = \frac{5.76}{13} = 0.44$$

$$X = \frac{\sum X_i}{n} \quad X = \frac{11.11}{13} = 0.85$$

$$b_0 = (0.44) - (-1.17)(0.85) = 1.44$$

$$K = \text{antilog } b_0$$

$$\log l = \log K + n \log t$$

$$bo = \log K$$

$$K = \text{antlog } bo$$

$$K = \text{antlog } (1.44)$$

$$K = 27.61$$

$$b1 = n$$

Calculo de la Infiltración básica.

$$Ib = K \left(\frac{n * K}{0.1} \right)^{\frac{-n}{n+1}}$$

$$Ib = 27.61 \left(\frac{1.17 * 27.61}{0.1} \right)^{\frac{-1.17}{1.17+1}}$$

$$Ib = 27.61 (323.037)^{-0.5391}$$

$$Ib = 1.292 \text{ cm/h} \cong 12.92 \text{ mm/h}$$

Para determinar el coeficiente de correlación (r)

$$r = \frac{\sum X_i Y_i - \frac{(\sum X_i)(\sum Y_i)}{n}}{\sqrt{\left(\sum X_i^2 - \frac{(\sum X_i)^2}{n} \right) \left(\sum Y_i^2 - \frac{(\sum Y_i)^2}{n} \right)}}$$
$$r = \frac{1.06 - \frac{(11.11)(5.76)}{13}}{\sqrt{\left[(12.81)^2 - \frac{(11.11)^2}{13} \right] \left[(16.95)^2 - \frac{(5.76)^2}{13} \right]}}$$

$$r = -0.56$$

$$r^2 = 0.31$$

Coeficiente de determinación (r^2) que está relacionado con (r) y significa que la variación de (y) es explicado por el modelo lineal propuesto (r^2).

$$I = (27.61) t^{-1.17}$$

tiempo acumulado en min	infiltración. Ajustada. Cm/hora.
-	
1	27.61
2	12.29
3	7.66
5	4.22
7	2.85
9	2.12
12	1.52
15	1.17
18	0.94
23	0.71
28	0.56
33	0.47

Anexo 4. Cálculos de los parámetros de riego

Calculo para los 10 cm de profundidad

$$L_n = 100 \times \Delta h \times Da \times (Cc - Lp)$$

$$L_n = 100 \times 0.10 \times 1.49 \times (21.46 - 11.84)$$

$$L_n = 143.34 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$$

$$L_n = 143.34 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \div 10$$

$$L_n = 14.33 \text{ mm}$$

$$L_b = 16.85 \text{ mm}$$

$$L_b = \frac{L_n}{E_{fc}}$$

$$L_b = \frac{14.33 \text{ mm}}{0.85}$$

$$L_b = 16.85 \text{ mm}$$

$$Q = 0.75 \text{ lt} \cdot \text{hora} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ Lt}}$$

$$Q = 0.00075 \text{ m}^3 \text{ hora}$$

$$A = \pi (0.10)^2$$
$$A = 0.0314 \text{ m}^2$$

$$i_a = \frac{0.00075 \text{ m}^3 \text{ hora}}{0.0314 \text{ m}^2}$$

$$i_a = 0.0238 \text{ m hora} \times \frac{1000 \text{ mm}}{1 \text{ m}}$$

$$i_a = 23.8 \text{ mm hora}$$

$$I_r = \frac{L_b}{E_{vtp}}$$

$$I_r = \frac{16.85 \text{ mm}}{7 \text{ mm día}}$$

$$I_r = 2.40 \text{ día} \cong 2 \text{ día}$$

$$T_r = \frac{L_b}{i_a}$$

$$T_r = \frac{16.85 \text{ mm}}{23.8 \text{ mm hora}}$$

$$T_r = 0.70 \text{ hora}$$

$$T_r \cong 1 \text{ hora}$$

Lámina neta

$$L_n = 100 \cdot \Delta h \cdot D_a (\text{CC-LP})$$

$$L_n = 100 \cdot 0.20 \cdot 1.41 (28.38 - 21.86)$$

$$L_n = 183.864 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} \div 10$$

$$L_n = 18.3864 \text{ mm}$$

Lámina bruta

$$L_b = \frac{L_n}{A_0} =$$

$$L_b = \frac{18.3864 \text{ mm}}{0.80}$$

$$L_b = 22.983 \text{ mm}$$

$$\text{Intensidad de aplicación IA} = \frac{q}{A}$$

$$\text{IA} = \frac{0.00075 \text{ m}^3 \text{ h}}{0.07068 \text{ m}^2}$$

$$\text{IA} = 0.01058 \text{ m.h} \left(\frac{1000 \text{ mm}}{1 \text{ m}} \right)$$

$$\text{Ia} = 10.58 \text{ mm.h}$$

$$Q = 0.75 \frac{l}{\text{horas}} \left(\frac{1 \text{ m}^3}{1000 l} \right) = 0.00075 \text{ m}^3$$

$$A = \pi r^2 (\text{área humedecida})$$

$$A = \pi (0.15)^2$$

$$A = 0.07068 \text{ m}^2$$

Tiempo de riego

$$\text{Tr} = \frac{l_b}{i_a}$$

$$\text{Tr} = \frac{22.983 \text{ mm}}{10.58 \text{ mm.h}}$$

$$\text{Tr} = 2.17 \text{ horas}$$

Intervalo de riego

$$I_r = \frac{l_b}{\text{evtp}}$$

$$I_r = \frac{22.983 \text{ mm}}{7 \text{ mm.día}} = 3 \text{ días}$$

Tratamiento 2

Lámina neta

$$L_n = 100 * \Delta h * D_a \text{ (CC-LP)}$$

$$L_n = 100 * 0.30 * 1.34 \text{ (30.27-23.32)}$$

$$L_n = 279.39 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} \div 10$$

$$L_n = 27.939 \text{ mm}$$

Lámina bruta

$$L_b = \frac{L_n}{A_0}$$

$$L_b = 27.939 \text{ mm} \div 0.80$$

$$L_b = 34.92 \text{ mm}$$

Tiempo de riego

$$T_r = \frac{l_b}{i_a}$$

$$T_r = \frac{34.92 \text{ mm}}{10.58 \text{ mm.h}}$$

$$T_r = 3.30 \text{ horas}$$

Intervalo de riego

$$I_r = \frac{l_b}{e v t p}$$

$$I_r = \frac{34.92 \text{ mm}}{7 \text{ mm.día}} = 5 \text{ día}$$

Tratamiento 3

Lámina neta

$$L_n = 100 * \Delta h * D_a \text{ (CC-LP)}$$

$$L_n = 100 * 0.40 * 1.40 \text{ (24.94-19.21)}$$

$$L_n = 320.88 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} \div 10$$

$$L_n = 32.088\text{mm}$$

Lámina bruta

$$L_b = \frac{L_n}{A_0}$$

$$L_b = 32.088\text{mm} \div 0.80$$

$$L_b = 40.11\text{mm}$$

➤ **Tiempo de riego**

$$Tr = \frac{L_b}{i_a}$$

$$Tr = \frac{40.11\text{mm}}{10.58\text{mm.h}}$$

$$Tr = 4 \text{ horas}$$

➤ **Intervalo de riego**

$$I_r = \frac{L_b}{evtp}$$

$$I_r = \frac{40.11\text{mm}}{7\text{mm.día}} = 6 \text{ día}$$

Anexo 5 Cálculo de conversiones de las láminas de riego a volumen para 10 m^2

Para la lámina calculada a los 0.10 m de profundidad

$$1 \text{ mm} = 10 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$$

$$16.87 \text{ mm} = 168.7 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$$

$$168.7 \text{ m}^3 \rightarrow 10,000 \text{ m}^2$$

$$x \rightarrow 10 \text{ m}^2$$

$$x = \frac{168.7 \text{ m}^3 * 10 \text{ m}^2}{10000 \text{ m}^2} = 0.1687 \text{ m}^3$$

$$0.1687 \text{ m}^3 * 15 \text{ riegos} \cdot \text{mes} = \mathbf{2.5 \text{ m}^3 \cdot \text{mes}}$$

➤ **Lámina aplicada a los 0.20 m**

$$22.98 \text{ mm} = 229.8 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$$

$$229.8 \text{ m}^3 \rightarrow 10,000 \text{ m}^2$$

$$x \rightarrow 10 \text{ m}^2$$

$$x = \frac{229.8 \text{ m}^3 * 10 \text{ m}^2}{10000 \text{ m}^2} = 0.2298 \text{ m}^3$$

$$0.2298 \text{ m}^3 * 20 \text{ riegos mes} = \mathbf{4.6 \text{ m}^3}$$

➤ **Lámina aplicada a los 0.30 m**

$$34.92 \text{ mm} = 349.2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$$

$$349.2 \text{ m}^3 \rightarrow 10000 \text{ m}^2$$

$$x \rightarrow 10 \text{ m}^2$$

$$x = \frac{349.2 \text{ m}^3 \times 10 \text{ m}^2}{10000 \text{ m}^2} = 0.3492 \text{ m}^3$$

$$0.3492 \text{ m}^3 * 12 \text{ riegos} = \mathbf{4.2 \text{ m}^3}$$

➤ **Lámina aplicada a los 0.40 m**

$$40.11 \text{ mm} = 401.1 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$$

$$401.1 \text{ m}^3 \rightarrow 10,000 \text{ m}^2$$

$$x \rightarrow 10 \text{ m}^2$$

$$x = \frac{401.1 \text{ m}^3 * 10 \text{ m}^2}{10000 \text{ m}^2} = 0.40 \text{ m}^3$$

$$0.4011 \text{ m}^3 * 10 \text{ riegos} = \mathbf{4.0 \text{ m}^3}$$

Anexo 6. Cálculo del coeficiente de uniformidad del sistema de riego por goteo

Promedios de las presiones a sistema completo.

N° Cama	Tratamiento	Presión (PSI)
8	T ₁	10
5	T ₁	10
2	T ₃	10
1	T ₁	10
9	T ₂	11
13	T ₃	11
14	T ₂	11
16	T ₃	11
25	T ₂	12

$$Cup = \frac{10}{10.7} \times 100 = 94 \%$$

Promedio de la presión con dos niveles de humedades.

N° Cama	Tratamiento	Presión (PSI)
2	T ₃	11
9	T ₂	12
13	T ₃	12
14	T ₂	11
16	T ₃	12
25	T ₂	12

$$Cup = \frac{11}{11.66} = 95 \%$$

Promedios de la presión con solo un nivel de humedad abierto.

N° Cama	Tratamiento	Presión (PSI)
16	T ₃	13
13	T ₃	13
2	T ₃	13

$$Cup = 100 \%$$

Promedio de los caudales a sistema completo INPHRU 2019

Cama	Emisor inicio(ml)	Emisor medio(ml)	Emisor final(ml)
01	125	138	125
05	125	118	128
08	131	133	129
09	100	120	135
14	135	129	128
25	170	175	180
02	155	154	155
13	148	133	143
16	132	130	135

$$CUC = \frac{125.33}{137.29} * 100$$

$$CUC = 91.28\%$$

Promedio de los caudales con dos niveles funcionando

Cama	Emisor inicial (ml)	Emisor medio (ml)	Emisor final (ml)
25	170	175	180
14	140	143	141
09	145	144	139
02	155	158	157
16	148	150	149
13	139	143	148

$$CUC = \frac{144.08}{151.033} * 100$$

$$CUC=95.20 \%$$

Promedio de los caudales con un nivel en funcionamiento

Cama	Emisor Inicial (ml)	Emisor Central (ml)	Emisor Final (ml)
2	196	198	200
16	194	192	199
13	193	196	198

$$CUC = \frac{193.5}{196.11} * 100$$

$$CUC = 98 \%$$

Anexo 7. Resultados del coeficiente de uniformidad del sistema de riego por goteo

Profundidad (m)	CU Caudal (%)	CU Presión (%)
0.20	91.28%	94%
0.30	95.20%	95%
0.40	98%	100%

Anexos 8. Instalación de la red de tubería secundaria para el sistema de riego por goteo.



Anexo 9. Instalación del sistema de riego.



Anexos 10. Lavado y pruebas preliminares para el funcionamiento del sistema de riego.



Anexos 11. Aforo de los caudales de los emisores del sistema de riego por goteo.



Anexos 12. Siembra de los cultivos en las camas experimentales.



Anexos 13. Funcionamiento del sistema de riego INPRHU, Tototalpa, 2019



Anexos 14. Cosecha y rendimiento de los cultivos.



Anexos 15. Estación de bombeo INPRHU, Totogalpa, 2019



Anexo 16. Imágenes de los cultivos establecidos en el ensayo

Maíz (*Zea mays* L.), Variedad olotillo amarillo



Camote (*Ipomea batatas* L.), Variedad INTA morado



Tomate (*Solanum lycopersicum* L.), Variedad INTA - L5

