



“Por un Desarrollo  
Agrario  
Integral y Sostenible”

# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

## FACULTAD DE AGRONOMÍA

### Trabajo de Tesis

Niveles de humedad en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.), tomate (*Solanum lycopersicum* L.), y camote (*Ipomoea batatas* L.), en producción biointensivo, finca el Plantel, Masaya 2019

#### Autores

Br. Jannier Steven Laguna González  
Br. Jemmy David Laguna Mendoza

#### Asesores

Ing. Henry Alberto Duarte Canales MSc.  
Ing. Elvin Lagos Pineda  
Ing. Javier Ignacio Silva Rivera

**Managua, Nicaragua**  
**Marzo, 2020**





“Por un Desarrollo  
Agrario  
Integral y Sostenible”

# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

## FACULTAD DE AGRONOMÍA

### Trabajo de Tesis

Niveles de humedad en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.), tomate (*Solanum lycopersicum* L.), y camote (*Ipomoea batatas* L.), en producción biointensivo, finca el Plantel, Masaya 2019

Autores

Br. Jannier Steven Laguna González  
Br. Jemmy David Laguna Mendoza

Asesores

Ing. Henry Alberto Duarte Canales MSc.  
Ing. Elvin Lagos Pineda  
Ing. Javier Ignacio Silva Rivera

Presentado a la consideración del honorable tribunal  
examinador como requisito final para optar al grado  
de Ingeniero Agrónomo

**Managua, Nicaragua**  
**Marzo, 2020**

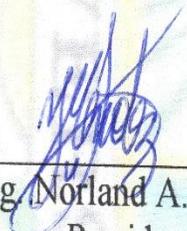
Hoja de aprobación del Tribunal Examinador

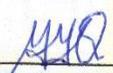
Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable Tribunal Examinador designado por el Decanatura de la Facultad de Agronomía como requisito parcial para optar al título profesional de:

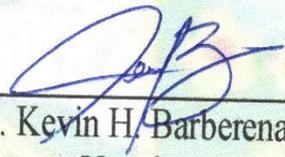
*Ingeniero Agrónomo*

---

Miembros del Tribunal Examinador

  
Ing. Norland A. Méndez  
Presidente

  
Ing. Martha Moraga  
Secretario

  
Ing. Kevin H. Barberena  
Vocal

Lugar y Fecha: Sala Magna Facultad de Agronomía, 30 de marzo del 2020

## **DEDICATORIA**

Dedico este éxito alcanzado:

A Dios por concederme la vida, salud, sabiduría y todo lo necesario para culminar mi carrera, haciéndome capaz para enfrentar los diversos retos que se presentaron en el transcurso de la misma.

A mi Padre Sr. Santos Laguna Aguirre por el apoyo incondicional, educación, valores y deseo de superación que me ha enseñado en los diferentes aspectos de mi vida personal y académicamente.

A mi Madre Sra. Eusebia González Laguna por sus sabios consejos, por el amor verdadero que me brinda y sus infinitas oraciones a Dios nuestro señor todo poderoso, para que este éxito fuese posible.

A mis hermanos Abraham Laguna, Xiomara Laguna, William Laguna, Darwin Laguna, Adonis Laguna, y Danny Laguna por su apoyo sincero, cercanía e interés permanente por mi éxito en la vida.

A mi novia Bilibeth Laguna, a mis abuelos, tíos, sobrinos, primos, amigos, y profesores que de alguna manera me brindaron su apoyo sincero, que fue fundamental en mi trayectoria para adquirir una buena formación profesional.

***” Todo lo puedo en Cristo, que me fortalece.”***

***Filipenses 4:13***

*Br. Jannier Steven Laguna González*

## **DEDICATORIA**

A Dios sobre todas las cosas, por la vida que me ha regalado.

A mi madre Blanca Iris Rayo Avilés, por su ejemplo de esfuerzo y constancia. Por su apoyo en todas las etapas de mi vida. Por enseñarme que la responsabilidad, la honestidad y la disciplina tienen siempre su recompensa.

A mis hermanos: Richard Jamil Laguna Mendoza, Jenkelin Josué Laguna Mendoza, Wendy Nayelis Laguna Rayo y Onier David Laguna Rayo: por sus apoyo, compañía y cariño; por compartir conmigo tantos momentos, que como este, me hacen dar gracias por tenerlos como mi familia.

A mis abuelos, tíos, primos y amigos que de alguna forma influyeron para que este logro que hoy alcance con mucho éxito fuera sido posible.

*“-Clama a mí y yo te responderé y te enseñaré cosas grandes y ocultas que tu no conoces.”*

***Jeremías 33:3***

*Br. Jemmy David Laguna Mendoza*

## AGRADECIMIENTO

A Dios en especial, a nuestros padres, hermanos y a nuestros asesores Ing. MSc. Henry Alberto Duarte Canales, Ing. Elvin Lagos Pineda, Ing. Javier Ignacio Silva Rivera, por confiarnos este trabajo y por brindarnos sus valiosas sugerencias y aportes requeridos para la culminación de este proyecto de investigación.

Al personal que labora en la finca El Plantel, Masaya, específicamente en el área del Biointensivo, por su disponibilidad y generosidad al brindarnos toda la información necesaria para llevar a cabo esta investigación.

A todos los hermanos (a) de la iglesia Filadelfia en la comunidad de San Francisco-Municipio La Trinidad-Dpto. Estelí, que siempre demostraron su amor, hermandad, generosidad y nos presentaron en oración a Dios.

A todos nuestros compañeros y amigos con quienes pude compartir momentos muy agradables en la universidad, por su amistad y por sus aportes.

A la Universidad Nacional Agraria (UNA), a la Facultad de Agronomía (FAGRO) por apoyarnos y facilitarnos este espacio de superación y culminación del proyecto de nuestra carrera de Ingeniería Agronómica.

*Br. Jannier Steven Laguna González*  
*Br. Jemmy David Laguna Mendoza*

## INDICE DE CONTENIDO

<b>SECCION</b>	<b>PÁGINA</b>
<b>DEDICATORIA</b>	i
<b>AGRDECIMIENTO</b>	ii
<b>INDICE DE CUADROS</b>	iii
<b>INDICE DE FIGURAS</b>	iv
<b>INDICE DE ANEXOS</b>	v
<b>RESUMEN</b>	vi
<b>ABSTRACT</b>	vii
<b>I INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>II OBJETIVOS</b>	3
2.1    Objetivo general	3
2.2    Objetivos específicos	3
<b>III MARCO DE REFERENCIA</b>	4
3.1    Seguridad Alimentaria y Nutricional	4
3.2    Sistema de Producción Biointensivo	4
3.2.1.  Principios del método de cultivo Biointensivo	5
3.3    Principios Ecológicos	6
3.4    Preparación de la cama de cultivo	6
3.5    Uso del agua	7
3.6    Impactos de la agricultura en los recursos hídricos	7
3.7    Sistema de riego por goteo	8
3.8    Componentes del Sistema	8
3.8.1  Ventajas del riego por goteo	9
3.8.2  Desventajas del sistema de riego	9
<b>IV MATERIALES Y MÉTODOS</b>	10
4.1    Ubicación del estudio	10
4.1.1  Suelo	10
4.1.2  Clima	11
4.2    Diseño metodológico	12
4.3    Cultivos establecidos	12
4.3.1  Maíz	12
4.3.2  Tomate	13
4.3.3  Camote	13
4.4    Descripción de los tratamientos	14
4.5    Preparación del área experimental	15
4.6    Instalación del sistema de riego por goteo	15
4.7    Parámetros de riego	16
4.7.1  Contenido de humedad en el suelo	16
4.7.2  Cálculo de láminas de riego	16
4.7.3  Lámina neta	16
4.7.4  Lámina bruta	17
4.7.5  Intensidad de aplicación	17
4.7.6  Intervalo de riego	18

4.7.7	Tiempo de riego	18
4.7.8	Aforo del sistema	18
4.7.9	Coefficiente de uniformidad	19
4.7.10	Coefficiente de uniformidad del sistema de riego por goteo	19
4.7.11	Coefficiente de uniformidad de la presión en el sistema de riego	20
4.8	Propiedades físicas de suelo	22
4.8.1	Textura	22
4.8.2	Densidad Aparente	22
4.8.3	Densidad real	23
4.9	Propiedades Hídricas del suelo	23
4.9.1	Capacidad de campo (CC)	24
4.9.2	Punto de marchitez permanente (PMP)	24
4.10	Volumen de agua utilizado en los 10 m <sup>2</sup>	24
4.11	Distribución del agua al área experimental	25
4.12	Análisis de la información	25
4.12	Descripción del M.A.L. Para el Experimento	25
<b>V</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	26
5.1	Capacidad de campo (Cc)	26
5.2	Densidad aparente y real	26
5.3	Láminas de riego	27
5.4	Láminas de agua aplicadas en los 0.001 ha-1	27
5.5	Volumen de agua total aplicado	28
5.6	Coefficiente de uniformidad y presión en el sistema de riego por goteo	29
5.7	Rendimiento kg ha <sup>-1</sup>	29
<b>VI</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	31
<b>VII</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	32
<b>VIII</b>	<b>LITERATURA CITADA</b>	33
<b>IV</b>	<b>ANEXOS</b>	35

---

## INDICE DE CUADROS

<b>CUADRO</b>		<b>PAGINA</b>
1	Características químicas de las camas experimentales finca El Plantel, Masaya 2019	11
2	Descripción y manejo de los tratamientos, finca El Plantel, Masaya 2019	15
3	Coefficiente de uniformidad del sistema de riego por goteo	20
4	Valores de la presión al sistema completo, finca El Plantel, Masaya 2019	21
5	Características hidrofísicas de las camas experimentales finca El Plantel, Masaya 2019.	27
6	Láminas calculadas con sus tiempos e intervalos de riego	27
7	Láminas de agua aplicada en $0.001 \text{ ha}^{-1}$ finca El Plantel, Masaya 2019.	28
8	Cálculo del volumen de agua aplicado en los tratamientos para todo el ciclo vegetativo, finca El Plantel, Masaya 2019.	28
9	Coefficiente de uniformidad y presión en el sistema de riego por goteo finca El Plantel, Masaya 2019.	29
10	Rendimiento kg de los cultivos biointensivos finca El Plantel, Masaya 2019.	30

## INDICE DE FIGURAS

<b>FIGURAS</b>		<b>PAGINA</b>
1	Mapa de la finca El Plantel, Masaya 2019	10
2	Precipitaciones acumuladas mensuales en la finca El Plantel, Masaya 2019, (Enero-Diciembre)	11

## INDICE DE ANEXOS

<b>ANEXOS</b>	<b>PAGINA</b>	
1	Plano de campo MTC (Maíz, Tomate Camote).	35
2	Cálculos de parámetros de riego	36
3	Cálculos de conversiones de las láminas de riego a volumen para 10 m <sup>2</sup>	40
4	Cálculos de coeficiente de uniformidad del sistema de riego	41
5	Establecimiento de semillero y doble trasplante	42
6	Limpieza y preparación de las camas	43
7	Prueba e instalación del riego	44
8	Extracción de muestras de suelo	45
9	Cosecha de los cultivos	46
10	Integrantes de la investigación	47
11	Criterios de clasificación del coeficiente de uniformidad de caudales y presiones	48

## RESUMEN

Los huertos familiares o cultivos biointensivos surgen como una emergencia para poder satisfacer la necesidad de la población que día a día se incrementa en número de habitantes que demandan inocuidad y sanidad en los alimentos, así como una solución al deterioro y pérdida del suelo. Esta investigación se llevó a cabo con el propósito de evaluar tres niveles de humedad, T<sub>1</sub> (29.42 mm), T<sub>2</sub> (56.36 mm) y T<sub>3</sub> (82.31 mm) a través del sistema de riego por goteo para conocer los efectos sobre el rendimiento de los cultivos, maíz (*Zea mays* L), tomate (*Solanum lycopersicum* L), y camote (*Ipomea batatas* L) y parámetros de riego en el año 2019, la unidad experimental contaba con nueve camas, con dimensiones de 1.50 m de ancho y 6.66 m de longitud. El experimento se efectuó en la unidad de producción e investigación El Plantel, propiedad de la Universidad Nacional Agraria, ubicada en el km 30 de la carretera Tipitapa – Masaya, en las coordenadas 12°07'02" Latitud Norte y 86°05'33" Longitud Oeste, a una altura de 114 metros sobre el nivel del mar. Las temperaturas en promedio fueron: la máxima de 36 °C, la media de 28 °C y la mínima de 22 °C. El ensayo fue establecido con un diseño experimental BCA unifactorial, a todas las variables se les realizó un ANDEVA y separación de medias según LSD ( $\alpha = 0.05$ ). La variable rendimiento no mostró diferencia significativa con las medias T<sub>1</sub> (maíz, 0.71 kg, tomate 0.37 kg y camote 0.94 kg), T<sub>2</sub> (maíz 0.68 kg, tomate 0.44 kg camote 0.58 kg), T<sub>3</sub> (maíz 0.35 kg, tomate 0.33 kg y camote con 0.54 kg) y T<sub>4</sub> que es el testigo (maíz 0.48 kg, tomate 0.50 kg y camote con 0.61 kg). Los rendimientos están intrínsecamente comprendidos en un rango de producción de 10 m<sup>2</sup>, que equivale a una cama. La estimación del coeficiente de uniformidad del sistema de riego fue de 47 % considerado como inaceptable y un 22 % de uniformidad de presiones del sistema considerado inaceptable.

**Palabras clave:** Rendimiento, cultivos biointensivos, experimento, producción, niveles de humedad.

## ABSTRACT

Family orchards or biointensive crops arise as an emergency to meet the need of the population that is increasing day by day in the number of inhabitants who demand food safety and health, as well as a solution to soil deterioration and loss. This investigation was carried out with the purpose of evaluating three levels of humidity, T<sub>1</sub> (29.42 mm), T<sub>2</sub> (56.36 mm) and T<sub>3</sub> (82.31 mm) through the drip irrigation system to know the effects on the performance of the crops, corn (*Zea mays* L), tomato (*Solanum lycopersicum* L), and sweet potato (*Ipomea sweet potatoes* L) and irrigation parameters in 2019, the experimental unit had nine beds, with dimensions of 1.50 m wide and 6.66 m long. The experiment was carried out in the El Plantel production and research unit, owned by the National Agrarian University, located at km 30 of the Tipitapa - Masaya road, at coordinates 12 ° 07'02 " Latitude North and 86 ° 05 ' 33 " West Length, at a height of 114 meters above sea level. Temperatures on average were: the maximum of 36 ° C, the average of 28 ° C and the minimum of 22 ° C. The trial was established with an experimental design in BCA unifactorial, all variables were performed with an ANDEVA and separation of means according to LSD ( $\alpha = 0.05$ ). The yield variable did not show a significant difference with T<sub>1</sub> means (corn, 0.71kg, tomato 0.37 kg and sweet potato 0.94 kg), T<sub>2</sub> (corn 0.68 kg, tomato 0.44 kg and sweet potato 0.58 kg), T<sub>3</sub> (corn 0.35 kg, tomato 0.33 kg and sweet potato with 0.54 kg) and T<sub>4</sub> what is the witness (corn 0.48 kg, tomato 0.50 kg and sweet potato with 0.61 kg). The yields are intrinsically included in a production range of 10 m<sup>2</sup>, which is equivalent to a bed. The estimate of the uniformity coefficient of the irrigation system was 47% considered unacceptable and a 22% uniformity of system pressures considered unacceptable.

**Keywords:** Yield, biointensive crops, experiment, production, humidity levels

## I. INTRODUCCIÓN

La agricultura biointensiva u orgánica es un sistema productivo que propone evitar e incluso excluir totalmente los fertilizantes y pesticidas sintéticos de la producción agrícola. En lo posible, reemplaza las fuentes externas tales como sustancias químicas y combustibles adquiridos comercialmente por recursos que se obtienen dentro del mismo predio o en sus alrededores. Dichos recursos internos incluyen la energía solar y eólica, el control biológico de plagas, el nitrógeno fijado biológicamente y otros nutrientes que se liberan a partir de la materia orgánica o de las reservas del suelo (Avelares, Cuadra y Salmerón, 2003).

Los huertos son espacios abiertos que pueden cumplir una gran diversidad de funciones como la siembra de hortalizas y su obtención a bajo costo, una producción limpia de químicos y contaminantes; de las cuales destacan su función productiva de autoconsumo familiar, función ambiental y función social (Hernández, 2014).

Para superar la herencia de la actual crisis de la agricultura convencional, hay que imprimir un nuevo paradigma, una nueva visión y un nuevo comportamiento, bajo este contexto surge la agroecología, que como ciencia provee la sólida base científica para gestionar holísticamente sistemas de producción agropecuarios bajo un enfoque de sostenibilidad que permita satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de satisfacer las necesidades de las generaciones futuras (Altieri 2000).

La agricultura orgánica se puede decir que son sistemas agrícolas que se apoyan hasta donde es posible en: rotaciones de cultivos, aprovechamiento de residuos de cosechas, abonos animales, leguminosas, desechos orgánicos de afuera del predio labranza mecanizada, roca mineral (fosfórica), suministro de nutrientes, control biológico de plagas (insectos, enfermedades, arvenses, nematodos, etc.) y manejo orgánico del cultivo. Como resultado de ello, los sistemas de agricultura orgánica se pueden diferenciar considerablemente unos de otros, puesto que cada uno se adapta a sus prácticas para satisfacer necesidades ambientales y económicas específicas (Avelares, Cuadra y Salmerón, 2003).

Sin embargo, hoy en día se acepta ampliamente que la agricultura orgánica no representa un retorno a los métodos previos a la revolución industrial, sino más bien combina las técnicas agrícolas conservacionistas tradicionales con tecnologías modernas; es una forma de producir que se adapta al principio de "pensar globalmente y actuar localmente". Los agricultores que aplican este sistema usan equipos modernos, semillas certificadas, prácticas de conservación de suelos y aguas (Avelares, Cuadra y Salmerón, 2003).

En las técnicas de producción más eficiente se encuentra el riego por goteo. Está comprobado que en las últimas décadas el riego por goteo es más eficiente, su implantación ha sido global pero todavía está asociado a determinados tipos de cultivos. Se ha presenciado cómo el riego por goteo se ha implementado en plantaciones frutales, en muchos cultivos agrícolas y en los jardines, subsistiendo con evidencia que el desarrollo y calidad de las plantas no ha sido afectado por el sistema de riego (AGRICULTURERS, 2016).

El riego por goteo contribuye a tener una mayor producción en las cosechas, no obstante, este sistema de riego puede ser aún más eficiente en cuanto al uso del agua en la producción agrícola. El sistema de riego por goteo difiere mucho de los otros sistemas de riego, por lo que se debe administrar correctamente para aprovechar al máximo sus beneficios y evitar problemas (INTAGRI, 2015).

La utilización de un sistema de riego permite que la producción de los cultivos se incremente y los agricultores obtengan cosechas satisfactorias. No obstante, los sistemas de riego serían más eficientes si se tomara en cuenta el uso racional del agua en las labores referentes a la producción agrícola; al efectuar este estudio se pretende contribuir con los agricultores que trabajan en la producción biointensiva, poniendo a plena disposición estrategias de riego que pueden proporcionar un aporte en cuanto al aprovechamiento y buen manejo del agua, reduciendo los gastos en la producción de cultivos biointensivos.

## II. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo general

Evaluar tres niveles de humedad en los cultivos de maíz (*Zea mays* L.), tomate (*Solanum lycopersicum* L.), camote (*Ipomoea batatas* L.), en la producción biointensivo, en la finca El Plantel, Masaya 2019.

### 2.1. Objetivos específicos

- Comparar el efecto de tres niveles de humedad sobre el rendimiento en cultivos biointensivos.
- Estimar los parámetros que influyen en la uniformidad del sistema de riego por goteo instalado en las camas biointensivo.

### **III. MARCO DE REFERENCIA**

#### **3.1 Seguridad Alimentaria y Nutricional**

La seguridad alimentaria constituye, en principio, un impulso casi instintivo de los grupos humanos por asegurar su sobrevivencia frente a la escasez. El variable tiempo asociados con las expectativas inciertas de la relación producción disponibilidad, representa un factor de primer orden a partir del cual se conforman las reservas alimentarias necesarias para conservar el equilibrio social, puesto en peligro por una carencia no prevista de alimentos (Hernández, 2014).

En la cumbre mundial sobre la alimentación realizada en 1996, los Jefes de estado y de gobierno definieron a la seguridad alimentaria como aquella situación en la que “Todas las personas tienen en todo momento acceso físico y económico a suficientes alimentos inocuos y nutritivos para satisfacer sus necesidades alimenticias y sus preferencias en cuanto a los alimentos, a fin de llevar una vida activa y sana” (López, 2007).

La educación en seguridad alimentaria y nutricional es uno de los retos más pertinentes en el proceso enseñanza aprendizaje porque juega un papel fundamental en la salud física y mental de los pueblos, y por ende en el mejoramiento de la calidad de vida (MINED, 2007).

La seguridad alimentaria de un hogar significa que todos sus miembros tienen acceso en todo momento a suficientes alimentos nutritivos para una vida activa y saludable. La seguridad alimentaria incluye al menos la inmediata disponibilidad de alimentos nutritivos adecuados y seguros, la habilidad asegurada para disponer de dichos alimentos en una forma sostenida y de manera socialmente aceptable. La seguridad alimentaria existe cuando todas las personas tienen acceso en todo momento (físico, social y económico) a alimentos suficientes seguros y nutritivos para cubrir sus necesidades nutricionales y las preferencias culturales para una vida sana y activa (USDA, 2014).

#### **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 (EcoBASE -UNA-CCID, 2008).

Los elementos más comunes de los sistemas de cultivo orgánico son los siguientes (Avelares, Cuadra y Salmerón, 2003).

- La acumulación de materia orgánica en el suelo.
- La eliminación de productos químicos potencialmente tóxicos como insecticidas, herbicidas y fertilizantes.
- El uso de leguminosas como principal fuente de nitrógeno
- La aplicación de fertilizantes naturales.
- El uso de la rotación de cultivos para reducir al mínimo el daño producido por insectos y arvenses.
- La incorporación de una diversa gama de cultivos con el fin de alcanzar mayor estabilidad.
- La integración del cultivo arbóreo con la explotación ganadera para lograr un sistema natural equilibrado.
- El almacenamiento del agua con el objeto de utilizar las precipitaciones y evitar así el escurrimiento innecesario.

El método brinda una solución a la seguridad alimentaria familiar frente a los grandes problemas que amenazan a los pueblos de todo el mundo: la contaminación y destrucción del ambiente, 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 (EcoBASE -UNA-CCID, 2008).

### **3.2.1. Principios del método de cultivo biointensivo**

El método biointensivo está estructurado por principios particulares, que para provocar un efecto positivo deben estar dinámicamente en una interacción simultánea. Entre ellos tenemos:

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.

### **3.3. Principios ecológicos**

Los principios ecológicos se consideran completamente cruciales por que habilitan la dinámica en el medio natural y permiten lograr con éxito un equilibrio en el ecosistema. Entre estos están los siguientes:

- Aumentar el reciclaje de biomasa y optimizar la disponibilidad y el flujo balanceado de nutrientes.
- Asegurar condiciones del suelo favorables para el crecimiento de las plantas, particularmente a través del manejo de la materia orgánica y aumentando la actividad biótica del suelo.
- Minimizar las pérdidas debidas a flujos de radiación solar, aire y agua mediante el manejo del microclima, captación de agua y el manejo de suelo a través del aumento en la cobertura.
- Diversificar específica y genéticamente el agroecosistema en el tiempo y el espacio.
- Aumentar las interacciones biológicas y los sinergismos entre los componentes de la biodiversidad promoviendo procesos y servicios ecológicos claves.

### **3.4. Preparación de la cama de cultivo**

La cama de cultivo es el área donde vamos a trasplantar o plantar nuestros cultivos. El paso más importante en el método biointensivo, es la preparación de la cama. Se necesita crear una estructura de suelo ideal y los nutrientes apropiados que hagan que la planta tenga un crecimiento sano y constante (SEMARNAT, 2013).

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

Las camas se deben trazar de Norte-Sur para el mejor aprovechamiento del sol, a menos que estén en una ladera donde lo mejor es seguir la línea de contorno de las camas, para evitar pérdidas de suelo por erosión. Es necesario buena iluminación del sol (ADAR, 2007).

El ancho de las camas debería de ser como máximo dos veces el largo de su brazo para tener facilidad de trabajo, esto puede ser desde 1 m hasta 1.5 m ancho y el largo no es de gran relevancia, pero si lo deja demasiado largo, va a impedir el acceso al huerto se sugiere 1.25 m por 8 m para tener un área de 10 m<sup>2</sup> (facilita los cálculos de planeación y registro de rendimientos). Igual podría ser 1m x 10 m o 1.5 m x 6.6 m (ADAR, 2007).

### **3.5. Uso del agua**

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).

### **3.6. 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 mencionar, que la agricultura es la principal causa de degradación de los recursos hídricos superficiales y subterráneos mediante la erosión, residuos agroquímicos, anegamiento de cultivos de regadío, víctima debido al uso de agua residual, superficial y subterránea contaminada, obliga a tomar medidas de remediación, afecta cultivos, transmite enfermedades a los consumidores (FAO - AQUAST- 2008).

### **3.7. Sistema de riego por goteo**

Es un método eficaz de riego, caracterizado por ser una fuente eficiente de ahorro de agua. Consiste en proporcionar la cantidad de agua justa a cada planta en la zona de influencia de las raíces, por medio de un sistema de válvulas, tuberías y mangueras con emisores. También puede

utilizarse de manera subterránea, consiguiendo ahorrar hasta un 40 % o más de agua, en comparación a otros sistemas convencionales. El riego por goteo ofrece soluciones para todos los cultivos agrícolas en todo el mundo (Somarriba, 2017).

El agua suministrada por los goteros forma un humedecimiento en forma de cebolla en el interior del suelo, al que usualmente 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, sf).

La descarga de los emisores fluctúa en el rango de un litro / hora por cada gotero. El riego por goteo suministra a intervalos frecuentes pequeñas cantidades de humedad a la raíz de cada planta por medio de delgados tubos de plástico. Este método es utilizado con gran éxito en muchos países, y garantiza una mínima pérdida de agua por evaporación o filtración (PREDES, 2005).

### **3.8. Componentes del sistema de riego**

Para implementar un sistema de riego se necesitan materiales y accesorios para llevar a cabo la elaboración de la estructura y posteriormente ponerlo en funcionamiento. Entre los componentes están:

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

#### **3.8.1. Ventajas del riego por goteo**

- Se puede aplicar en terrenos con pendiente, no causa erosión.
- La planta aprovecha mejor el agua que se aplica, porque la recibe en la zona donde crecen las raíces, que es donde se necesita.

- Hay un buen control de la cantidad de agua que se aplica.
- Se reduce el crecimiento de malezas en las calles porque solamente se riega el cultivo.
- Se reduce el ataque de plagas y de enfermedades causadas por hongos, porque no hay exceso de humedad.
- Ahorro de mano de obra, porque hay poco control de malezas y no hay que estar moviendo tuberías ni mangueras.
- Los materiales son livianos y flexibles, fáciles de transportar.

### **3.8.2. Desventajas del sistema de riego**

- La manguera es muy delgada y delicada, por lo que la vida útil es corta (unos dos años más o menos).
- La distancia de siembra entre plantas está en dependencia de la manguera, no podemos decidir otra distancia.
- El costo de instalación podría ser alto, principalmente en grandes extensiones.
- Limita algunas labores, como el aporque, porque hay que tener cuidado de no romper las mangueras.
- Costo elevado de adquisición e instalación.

## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1. Ubicación del estudio

El experimento se realizó en la unidad de producción e investigación El Plantel, propiedad de la Universidad Nacional Agraria, ubicada en el km 30 de la carretera Tipitapa – Masaya, en las coordenadas 12°07'02'' Latitud Norte y 86°05'33'' Longitud Oeste, a una altura de 114 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.).

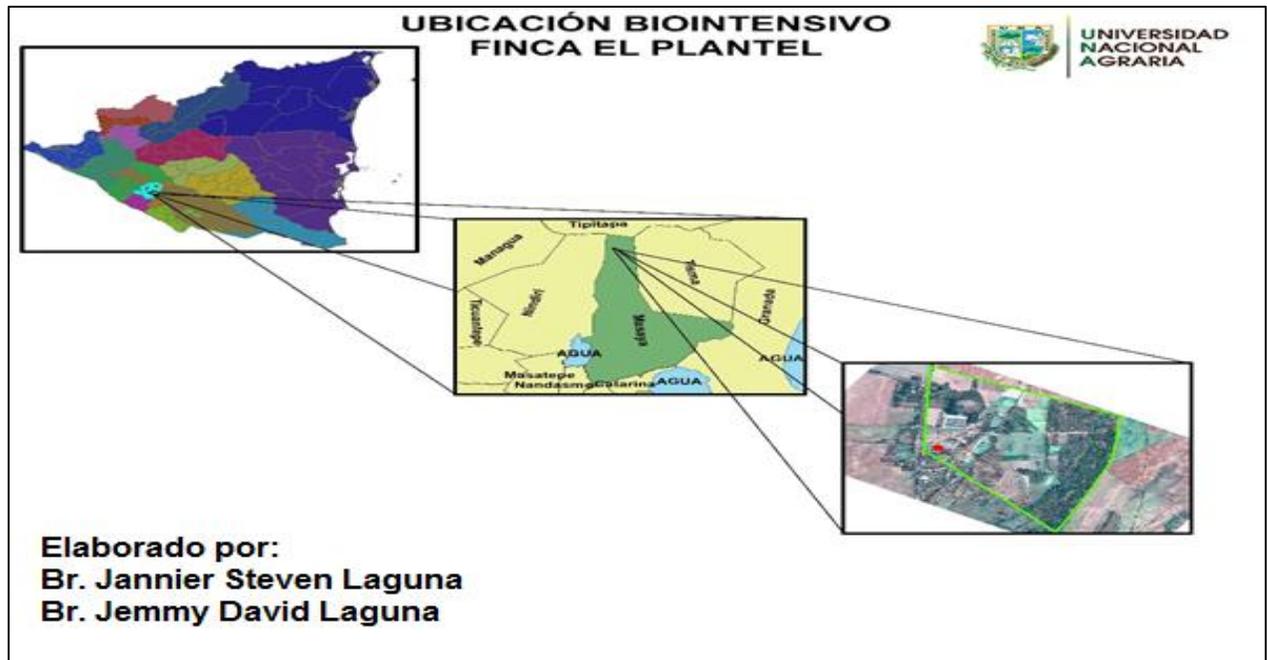


Figura 1. Mapa de la finca El Plantel, Masaya 2019

#### 4.1.1. Suelo

Los terrenos de la unidad de producción son ondulados, con una pendiente que varía entre 1 y 15 %, con muy poca cobertura de suelo. La textura del suelo de las camas es franco arcilloso, con un pH de 7.25 muy ligeramente alcalino, materia orgánica 2.36 % en un rango medio, N de 0.12 % en clase media, P-disp 2.11 ppm en un nivel pobre, K de 1.11 meq/100g de suelo en un rango alto, Ca 28.97 meq/100g de suelo estimado en una categoría alta, y Mg 6.53 meq/100g de suelo en una clase alta.

Cuadro 1. Características químicas de las camas experimentales finca El Plantel, Masaya 2019

Profundidad (cm)	pH	MO %	N %	P-disp Ppm	K meq/100 g suelo	Ca meq/100 g suelo	Mg meq/100 g suelo
20	7.36	2.59	0.13	2.64	1.30	23.54	6.28
30	7.18	2.22	0.11	1.90	1.01	23.84	8.06
40	7.21	2.27	0.11	1.78	1.03	39.53	5.26
<b>Media</b>	7.25	2.36	0.12	2.11	1.11	28.97	6.53

#### 4.1.2. Clima

Durante el tiempo de estudio en el lugar del experimento las precipitaciones acumuladas en el año fueron de 321 mm y los meses que presentaron precipitaciones mínimas fueron enero (0 mm) y abril (0.8 mm), los meses con mayor presencia de lluvias fueron mayo (75 mm) y octubre (121.6 mm). Cabe recalcar que nuestro estudio se estableció entre los meses de julio a diciembre y por las bajas precipitaciones se manejó un riego complementario. Las temperaturas mínimas fueron de 22.1 °C y temperatura máxima de 36.2 °C, con una humedad relativa promedio de 71 % y viento mínimo de 7.2 km hora y viento máximo de 41.4 km hora. (INETER, 2019).

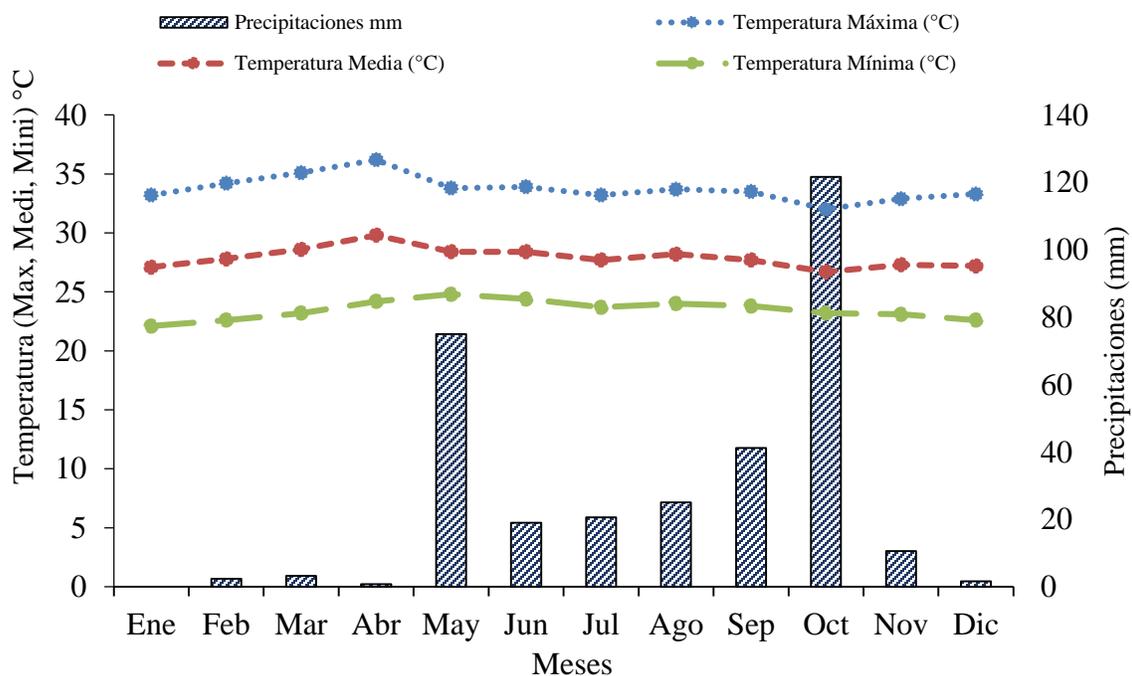


Figura 2. Precipitaciones acumuladas mensuales en la finca El Plantel, Masaya 2019, (Enero-Diciembre)

## **4.2. Diseño metodológico**

Los tratamientos se distribuyeron en un diseño de bloques completamente al azar (BCA unifactorial), el estudio constó de 12 camas, cuyas dimensiones fueron 1.50 m x 6.66 m (10 m<sup>2</sup>), para un total de (120 m<sup>2</sup>) en todo el experimento de campo, y tres de las 12 camas fueron testigos (manejada por el técnico de campo); en cada cama se establecieron los tres cultivos utilizando el método tres bolillos, el maíz fue trasplantado a una distancia de 135 cm entre plantas con 6 plantas por cama, el tomate con distancias de 67.5 cm entre plantas con un total de 14 plantas por cama y el camote se estableció con un espaciamiento de 33.75 cm entre cada esqueje con un total de 16 plantas por cama.

## **4.3. Cultivos establecidos**

- Maíz (*Zea mays* L.), Variedad NB-6
- Tomate (*Solanum lycopersicum* L.), INTA L7 Valle Sebaco
- Camote (*Ipomea batatas* L.), Clon 199062.1

### **4.3.1. Maíz**

El maíz (*Zea mays* L.) es una gramínea anual, robusta, de crecimiento determinado, de 1 a 5 m de altura, un solo tallo dominante, puede producir hijos fértiles, sus hojas alternas son pubescentes en la parte superior y glabra (sin pelos o bellos, hojas lisas) en la parte inferior. Es una planta monocotiledónea que pertenece a la familia gramíneas (Poaceae), Tribu Mayda, con dos géneros: *Zea* (2n=20) y *Tripsacum* (2n=36). El género *Zea* tiene además de la especie *Z. mays* (maíz común), cuatro especies conocidas como Teosintes (*Z. mexicana*, *Z. luxurians*, *Z. diploperennis* y *Z. perennis*) ceniza (INTA, 2010).

El maíz (*Zea mays* L.), es un cultivo que se puede sembrar todo el año, en cinco épocas de siembra: primera (mayo-junio), postrerón (julio), postrera (agosto-septiembre), apante (noviembre-febrero) y riego (noviembre-febrero). Es el cereal nutritivo básico en la alimentación humana, debido al aporte en calorías y proteínas. El grano de maíz está constituido: 77% almidón, 2% azúcares, 9% proteínas, 5% aceites, 5% pentosanas y 2% ceniza (INTA, 2010).

### ***Variedad NB6***

Es una variedad intermedia de 110 días, apta para las siembras de primera y postrera, por su buen potencial de rendimiento y tolerancia al achaparramiento. La variedad se recomienda para toda la zona del pacífico y en ambientes húmedos e intermedios de los departamentos de Jinotega, Matagalpa, Nueva Segovia, Estelí, Masaya, León y Chinandega. La variedad NB6 tiene un rendimiento promedio de 60 a 70 qq por mz, buen tamaño de mazorca (16 a 20 cm), la semilla puede ser utilizada en tres ciclos de siembra, posee excelente vigor y aspecto de mazorca, la textura del grano es semicristalino, y tolera el daño ocasionado por gorgojos, (INTA, 2010).

### **4.3.2. Tomate**

El tomate (*Solanum lycopersicum*) es una planta originaria de la planicie costera occidental de América del Sur. Fue introducido por primera vez en Europa a mediados del siglo XVI; a principios del siglo XIX se comenzó a cultivar comercialmente, se inició su industrialización y la diferenciación de las variedades para mesa y para industria. La planta de tomate es anual, de porte arbustivo. Se desarrolla de forma rastrera, semierecta o erecta, dependiendo de la variedad. El crecimiento es limitado en las variedades determinadas e ilimitadas en las indeterminadas, (CENTA, 2012).

El tomate es la hortaliza más cultivada en todo el mundo y la de mayor valor económico. Su demanda aumenta continuamente y con ella su cultivo, producción y comercio. El incremento anual de la producción en los últimos años se debe principalmente al aumento en el rendimiento, y en menor proporción al aumento de la superficie (Monardes, H).

### **4.3.3. Camote**

El cultivo de camote correspondiente al grupo de raíces y tubérculos, es un producto utilizado para la alimentación humana como para la fabricación de concentrado animal, es de crecimiento rastrero, sus frutos los produce en el interior del suelo, su material de siembra resulta de fragmentar las guías en trozos de tres a cuatro yemas, así como la emisión de yemas de los tubérculos una vez inducido por efectos de calor y humedad (Bonilla, J).

### ***Cultivo de camote, Clon 199062.1***

Fonseca, *et al.*, (2002), Camote amarillo tipo "apichu" de color de piel naranja y pulpa naranja clara, periodo vegetativo de cinco meses, contenido de materia seca 32%, que facilita su comercialización a zonas alejadas, adecuado para consumo fresco y procesamiento (producción de harina y almidón), rendimiento de raíces tuberosas que va de 30 a 35 t ha<sup>-1</sup>, resistente al ataque de nematodos. Este clon fue seleccionado en ensayos de observación y avanzados, realizados en los valles de Chincha, Cañete y Huaral; y de cruza realizadas por el Departamento de genética y mejoramiento del CIP.

#### **4.4. 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 fue dado en función de la profundidad radicular del cultivo de acuerdo al tiempo de haberlos establecido. Cabe mencionar que al principio del experimento se aplicaron los tres niveles de humedad porque los cultivos se trasplantaron en las camas en un tiempo mayor al que normalmente serían trasplantado, debido a circunstancias adversas que se presentaron en el proceso de semillero y doble trasplante; por tanto, las plántulas de tomate y maíz ya estaban grandes, con un mayor desarrollo de capa activa y demandaban mayor cantidad de agua. Secuencialmente, se continuaron aplicando los tres niveles de humedad, en la etapa media y en la etapa final se aplicó el T<sub>1</sub>. Las camas testigo fueron manejadas con una lámina de agua que el operador del área del biointensivo utiliza para regar sus cultivos.

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

Cuadro 2: Descripción y manejo de los tratamientos, finca El Plantel, Masaya 2019

<b>Tratamientos en estudio</b>	
<b>Niveles de humedad A</b>	<b>Arreglos B</b>
T <sub>1</sub> . 29.42 mm	Maíz, Tomate, Camote
T <sub>2</sub> . 56.36 mm	Maíz, Tomate, Camote
T <sub>3</sub> . 82.31 mm	Maíz, Tomate, Camote
T <sub>4</sub> . 30.80 mm	Maíz, Tomate, Camote

#### **4.5. Preparación del área experimental**

Para dar apertura a la investigación experimental fue indispensable la preparación de las camas, la instalación del sistema de riego por goteo, la ubicación de las cintas en las camas correspondientes, la realización del cálculo de las láminas de agua a aplicar y el trasplante de los cultivos maíz (*Zea mays* L.), tomate (*Solanum lycopersicum* L.), camote (*Ipomoea batatas* L.).

#### **4.6. Instalación del sistema de riego por goteo**

Para llevar a cabo esta actividad se realizó una sustitución de materiales debido a que ya existía un sistema de riego en el área donde estaba el experimento, haciendo una renovación en la tubería de conducción principal, se hizo cambio de cintas, conectores, etc. Para conducir el agua hasta las camas experimentales sin ninguna dificultad.

Al momento de hacer la distribución de la cinta en cada cama se tomaron en cuenta 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 15 cm, con un caudal de 1 litro por hora con una presión de trabajo de 2 PSI.

Después de haber realizado los cálculos de las láminas de riego de cada nivel a evaluar se fragmentaron en función de 10 m<sup>2</sup> área de las camas. Por circunstancias de disponibilidad de tiempo del técnico de campo del área del biointensivo se dispuso manejar con un intervalo de riego de 4 días y un tiempo de riego de 1:20 hora para la lámina de 20 cm (Tratamiento 1), 1:15

horas para la lámina de 30 cm (Tratamiento 2), y 1:15 horas para la lámina de 40 cm (Tratamiento 3).

#### **4.7. Parámetros de riego**

##### **4.7.1. Contenido de humedad en el suelo**

En este caso la humedad contenida en el suelo fue proporcionada en función al suministro de los emisores de la cinta de goteo, instalando en el área experimental un tensiómetro a una profundidad de 40 cm, que fue la profundidad mayor que constituimos para el mayor nivel de humedad, esto con el propósito de llevar un registro del comportamiento de la humedad en el suelo y de esta manera garantizar la disponibilidad de agua en todo tiempo en las diversas profundidades.

##### **4.7.2. Cálculo de láminas de riego**

Para realizar los cálculos de las láminas de riego se tomaron en cuenta las tres profundidades de suelo en las que se llevó el experimento, 20, 30 y 40 cm. Se aplicaron en distribución los tres tratamientos, a profundidad de 20 cm con una lámina a aplicar de 29.42 mm, luego un segundo nivel de 30 cm de profundidad con una lámina de 56.36 mm y un tercer nivel hasta los 40 cm de profundidad con una lámina de riego de 82.31 mm.

##### **4.7.3. 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  $m^3 ha^{-1}$  y está dada por la siguiente ecuación.

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

**Donde:**

**Ln:** Lámina neta en (mm).

**$\Delta H$ :** Variación de capa activa en cm.

**Da:** Densidad aparente en  $g/cm^3$ .

**Cc:** Capacidad de campo en mm/m.

**PMP:** Punto de marchitez permanente.

#### **4.7.4. Lámina bruta**

Lámina Bruta (Lb) Es el suministro de agua al cultivo, debe incluir adicionalmente a las necesidades netas de la planta. La lámina bruta 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:** Lámina bruta en (mm).

**Ln:** Lámina neta en (mm).

**Ea:** Eficiencia de aplicación %.

#### **4.7.5. Intensidad de aplicación**

Es un término que se refiere específicamente a cómo el agua se relaciona con el suelo, hace referencia al momento del primer contacto. Lo cual se expresa en mm/h (TRAXCO, 2017)

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

**Donde:**

**Ia:** Intensidad de aplicación (mm. h<sup>-1</sup>).

**QA:** Caudal del emisor en l. h<sup>-1</sup>.

**A:** Área (m<sup>2</sup>)

#### 4.7.6. Intervalo de riego

No es más que el tiempo que se necesita para aplicar y cada cuánto tiempo (IR) se debe practicar la operación de riego para restituir la humedad en el suelo y esto se realiza mediante la siguiente fórmula.

$$Ir = \frac{Lb}{Evatp/dia}$$

**Donde:**

**IR:** Intervalo de riego por días.

**Lb:** Lamina Bruta en *mm*.

**Evatp:**  $\frac{mm}{dia}$

#### 4.7.7. Tiempo de riego

Se utilizó 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:** Lamina bruta en *mm*.

**Ia:** Intensidad de aplicación en (*mm.h<sup>-1</sup>*).

#### 4.7.8. Aforo del sistema

Esta actividad del aforo se efectuó en tres puntos haciendo referencia a la particularidad de cada tratamiento establecidos en campo, se realizó en tres puntos de cada cama, al inicio, medio y al final, para llevar un mejor control de la actividad y obtener un aforo asertivo; usamos un cronómetro, una probeta milimetrada y vasos de poroplast; para ejecutar este cálculo nos ajustamos de la siguiente fórmula:

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

**Donde:**

**Q:** Caudal en  $l. h^{-1}$

**v:** Volumen

**t:** Tiempo (hora)

#### **4.7.9. Coeficiente de uniformidad**

Son parámetros que nos indican el grado de igualdad o caudal de agua entregada por los emisores del sistema. Sus valores indican el porcentaje de emisores que están entregando al suelo. En el sistema de riego localizado el coeficiente de uniformidad se estima en valores superiores al 90%. Su determinación resulta ser en campo, mediante procedimientos validados técnicamente (Roblero y Mejía, 2016).

#### **4.7.10. Coeficiente de uniformidad del sistema de riego por goteo**

Al momento de hacer el cálculo para conocer la eficiencia del sistema de riego por goteo fue preciso llevar un registro de los caudales promedios que cedían los emisores en tres puntos relativos seleccionados al inicio, medio y final de cada cama. Empleando la metodología del cuarto menor.

Para poder lograr la evaluación de la uniformidad del sistema de riego en una propiedad se utilizó la metodología desarrollada por Merriam y Keller (1978), y la metodología de la Sociedad Americana de Ingenieros Agrícolas de USA, a través de sus estándares (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.

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

**Donde:**

**CUC:** Coeficiente de Uniformidad del Caudal (%).

**q25%:** Caudal promedio (1 h)

**qn:** Caudal de todos los emisores (1 h)

Cuadro 3. Coeficiente de uniformidad del sistema de riego por goteo

Tratamientos	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>
q25%	28.00	53.14	96.86
qn	114.89	136.22	125.44
CUC %	24.37	39.01	77.21

#### 4.7.11. Coeficiente de uniformidad de la presión en el sistema de riego

Cuando hablamos de la presión de trabajo nos referimos a un componente crucial a tomar en cuenta, las capacidades de trabajo de los materiales que se instalaron en el sistema, considerando esto fue obligatorio ejecutar medidas y monitoreo de la presión en el sistema de riego.

La evaluación de la presión a la que trabaja el sistema de riego fue efectuada en función de cada uno de los tratamientos aplicados en las diferentes camas, presenciando la uniformidad cuando en el sistema se realizaban cambios de funcionamiento con respecto al tiempo de duración de los niveles.

Para llevar a cabo esta evaluación utilizamos un manómetro con escala de medida de 50 - 60 PSI y haciendo medidas al inicio en todo el sistema cuando estaba en pleno funcionamiento en las nueve camas experimentales, después de culminar el tiempo del primer tratamiento se continuó la evaluación para el segundo tratamiento con solamente seis camas y al terminar el segundo tratamiento el sistema de riego se tuvo solamente en funcionamiento en las tres camas que correspondían al tercer tratamiento. Para ésto se utilizó 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

En el cuadro 4 se percibe que la presión fue de 2 PSI en el T<sub>1</sub>, fue uniforme en el T<sub>2</sub>, y de igual manera en el T<sub>3</sub>, se observa una uniformidad en la presión de trabajo del sistema de riego con 2 PSI, esto ocurrió debido a que la distancia del tanque al que estaba conectado el sistema de riego era aproximadamente de 10 metros de longitud lo que se consideró una distancia mínima, además la pendiente a la que se encontraba el tanque que abastecía con el agua a los cultivos tenía una pendiente casi horizontal, por tanto, se considera que estas fueron las causas por las cuales la presión de trabajo del sistemas de riego fue muy baja.

Cuadro 4. Valores de la presión al sistema completo, finca El Plantel, Masaya 2019

Nº Camas	Tratamientos	Presión (PSI)
48	T <sub>1</sub>	2
52	T <sub>1</sub>	2
58	T <sub>1</sub>	2
49	T <sub>2</sub>	2
53	T <sub>2</sub>	2
59	T <sub>2</sub>	2
50	T <sub>3</sub>	2
54	T <sub>3</sub>	2
60	T <sub>3</sub>	2

#### 4.8. Propiedades físicas de suelo

Las propiedades físicas de los suelos, determinan en gran medida, la capacidad de muchos de los usos a los que el hombre los sujeta. La condición física de un suelo, determina, la rigidez y la fuerza de sostenimiento, la facilidad para la penetración de las raíces, la aireación, la capacidad de drenaje y de almacenamiento de agua, la plasticidad y la retención de nutrientes. Es de mucha importancia para un buen manejo del riego, conocer las propiedades físicas del suelo, para entender en qué medida y cómo influyen en el crecimiento de las plantas, en qué medida y cómo la actividad humana puede llegar a modificarlas, así como también para comprender la importancia de mantener las mejores condiciones físicas del suelo posibles.

Entre las propiedades físicas que se utilizaron en el estudio están:

#### 4.8.1. Textura

La textura en todos los sentidos, es una de las propiedades más importantes del suelo y que incide en muchas otras características o propiedades del mismo. En el riego, la textura juega un papel fundamental, en el cálculo de láminas de riego, en el lavado de sales y en el drenaje. La textura se vincula con las proporciones porcentuales de las agrupaciones por tamaños de los granos individuales en una masa de suelo. Se refiere específicamente a los porcentajes de arcilla, de limo y de arena de menos de 2 mm de diámetro (Roblero y Mejía, 2016).

#### 4.8.2. Densidad aparente

La densidad aparente (también llamada peso específico aparente) es una medida de la porosidad de un suelo. Se determina dividiendo el peso de suelo seco entre el volumen total, de modo que un mayor valor de densidad aparente significará menor porosidad. La densidad aparente es importante porque determina la compactación y la facilidad de circulación de agua y aire. A efectos de riego, conocer su valor es esencial porque caracteriza la capacidad de almacenaje de agua en el suelo (Roblero y Mejía, 2016).

La fórmula que se utilizó para calcular la densidad aparente es la siguiente:

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

**Dónde:**

$D_a$ : Densidad aparente, (g/cm<sup>3</sup>)

$P_{ss}$ : Peso del suelo seco, (g)

$V_t$ : Es el volumen total ocupado por el suelo (cm<sup>3</sup>).

#### 4.8.3. Densidad real

Es la densidad de las partículas sólidas del suelo. En otras palabras, es la relación que existe entre el peso de éste, en seco ( $P_{ss}$ ) y el volumen real o sea el volumen de sus partículas ( $V_p$ ). Usualmente se expresa en g/cm<sup>3</sup> (Roblero y Mejía, 2016).

La fórmula que se utilizó para calcular la densidad real es la siguiente:

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

**Dónde:**

$D_r$ : Densidad real, (g/cm<sup>3</sup>)

$P_{ss}$ : Peso del suelo seco, (g)

$V_p$ : Volumen de las partículas sólidas, (cm<sup>3</sup>).

**4.9. Propiedades Hídricas del suelo**

La caracterización hídrica de los suelos es el estudio de los parámetros que relacionan el suelo y el agua. El estudio corresponde a la determinación de las características de retención de agua y a sus propiedades de infiltración durante el riego. Una vez determinados estos dos conjuntos de características, es posible tener una visión clara de los problemas de frecuencia de riego, respondiendo a tres preguntas fundamentales, "cuándo", "cómo" y "durante cuánto tiempo" regar (Roblero y Mejía, 2016).

Entre las propiedades hidrofísicas que se utilizaron en el estudio están:

**4.9.1. Capacidad de campo (CC)**

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 (Marrero, 2006).

La capacidad de campo de un suelo representa el contenido de humedad que se alcanza cuando el suelo está completamente humedecido y se deja drenar libremente durante uno o varios días. Puesto que la gran mayoría de suelos no drenan hasta que tienen retenida una determinada cantidad de agua y luego la mantienen indefinidamente (Roblero y Mejía, 2016).

**4.9.2. Punto de marchitez permanente (PMP)**

Es el contenido de humedad bajo el cual se marchita una planta en crecimiento (Roblero y Mejía, 2016).

Al igual que la capacidad de campo, no es una constante del suelo ni sólo depende de él. No hay un valor único del contenido de agua para el que las plantas dejan de extraerla. Por ejemplo, una planta sometida a una baja demanda de evaporación puede extraer más agua de un suelo que si la demanda es mayor, porque dispone de más tiempo para absorber el agua. Cuando la humedad disminuye acercándose al PMP, las plantas se afectan, se obstaculiza su desarrollo y al final disminuye mucho el rendimiento. Por ello, si se desea que las plantas se desarrollen normalmente, se debe mantener la humedad del suelo por encima del PMP (Roblero y Mejía, 2016).

#### **4.10. Volumen de agua utilizado en los 10 m<sup>2</sup>**

El consumo de agua se calculó en función de la cantidad de riegos suministrados con los intervalos establecidos en los diferentes niveles de humedad evaluados en el área de estudio.

#### **4.11. Distribución del agua al área experimental**

La finca El Plantel, cuenta con un pozo artesiano y una bomba que es la encargada de impulsar el agua por presión a todas las áreas de la finca, cuyo recurso es imprescindible en las diversas actividades agropecuarias que se realizan a diario.

En el caso del área biointensivo el agua llega de la siguiente manera: del punto donde está ubicado el pozo y la bomba, a una longitud aproximada de 500 m se encuentra un tanque con una capacidad de almacenamiento de 2,500 litros, en este punto está una pequeña bomba eléctrica de 1.5 pulgadas que es la que impulsa el agua a través de tubería PVC al tanque que están en el área donde se llevó a cabo la investigación. Los tanques tienen una capacidad de almacenamiento de 1,800 litros; uno de ellos estaba a una distancia de 10 m del área experimental, al cual se conectó la tubería del sistema de riego utilizado en el experimento.

#### **4.12. Análisis de la información**

Primeramente, la información fue procesada con hojas electrónicas (Excel 2016), posteriormente para realizar el análisis en el programa estadístico JMP, se hizo un análisis de

varianza (ANDEVA) según LSD ( $\alpha = 0.05$ ) referente a variables de riego y de rendimiento, representadas en el siguiente Modelo Aditivo Lineal.

#### 4.13. Descripción del M.A.L. Para el Experimento

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

Donde:

$i$  = 3 niveles de humedad

$j$  = 3 camas

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

$\mu$  = Es el efecto de la media muestral sobre el modelo

$\tau_i$  = Es el efecto del  $i$ -ésimo nivel de humedad

$\beta_j$  = Es el efecto de la  $j$ -ésima cama

$\epsilon_{ij}$  = Estima la variación aleatoria generada en el experimento

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1. 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 30.92 %, para 20 cm, 37.84 % para los 30 cm y una (CC) de campo de 35.70 % para los 40 cm. Para la capacidad de campo en suelos Arcillo-Arenosos se establecen rangos de 27 y 35 % según esa consideración el suelo presente en las diferentes profundidades una retención de humedad moderadamente alta (Israelsen y Hansen ,1979).

### 5.2. Densidad aparente y real

A través de la densidad aparente podemos conocer el grado de dureza del suelo. La densidad aparente en las tres profundidades evaluadas fueron 0.20 m  $0.88 \text{ g cm}^{-3}$ , 0.30 m  $0.92 \text{ g cm}^{-3}$  y a los a.40 m  $0.97 \text{ g cm}^{-3}$  catalogada una densidad aparente muy baja. Los suelos orgánicos presentan una densidad aparente ( $0.7$  a  $1 \text{ g cm}^{-3}$ ), y a medida que los suelos se compactan disminuye la porosidad y aumenta la densidad aparente (Pritchett, 1990).

La densidad real que presentaron las tres profundidades; se consideran bajo ( $2.53$ ,  $2.57$  y  $2.58 \text{ g cm}^{-3}$ ), debido a que las arcillas minerales contienen o están revestida por finas capas con óxido de hierro y aluminio. Se considera que los suelos arcillosos presentan una densidad real de  $1.2$  a  $2.6 \text{ g cm}^{-3}$  (Cairo, 1995).

En el cuadro 5 se observan los resultados obtenidos del análisis de las propiedades hidrofísicas de suelo de las camas biointensivas, establecidas en el área experimental, ya que, posee una textura de un suelo Franco arcilloso en las diferentes profundidades y un punto de marchitez permanente a los 20 cm (16.71 %), 30 cm (20.48 %) y 40 cm (17.67 %).

Cuadro 5. Características hidrofísicas de las camas experimentales finca El Plantel, Masaya 2019.

<b>Profundidad (m)</b>	<b>Da g cm<sup>-3</sup></b>	<b>Dr g cm<sup>3</sup></b>	<b>CC %</b>	<b>PMP %</b>	<b>Arcilla</b>	<b>Limo (%)</b>	<b>Arena</b>
0.20	0.88	2.53	30.92	16.71	35.6	34	30.4
0.30	0.92	2.57	37.84	20.48	35.6	34	30.4
0.40	0.97	2.58	35.70	17.67	35.6	34	30.4

### 5.3. Láminas de riego

El manejo de las láminas se realizó de acorde a la etapa fenológica de los cultivos establecidos, duplicándose la cantidad de agua por cada lámina en la etapa media (30 y 90 dds), debido a que las plantas en esa etapa demandan el agua en mayor cantidad para el desarrollo de flores y producción de los frutos, reintegrando la lámina de 20 cm en la etapa final del cultivo.

Cuadro 6. Láminas calculadas con sus tiempos e intervalos de riego

<b>Tratamientos</b>	<b>Tiempo de riego (horas)</b>	<b>Intervalo de riego (días)</b>	<b>Lámina bruta (mm)</b>
T1	1:20	4	29.42
T2	2:30	8	56.36
T3	3:40	12	82.31
T4	4:00	2	30.80

Nota. Cabe mencionar, que la lámina del T<sub>2</sub> se fraccionó en dos secciones y la lámina del T<sub>3</sub> se fraccionó en tres secciones para regar sobre un mismo intervalo de riego de 4 días. Dicho fraccionamiento se llevó a cabo por la disponibilidad del operador del área del biointensivo.

### 5.4. Láminas de agua aplicadas en los 0.001 ha<sup>-1</sup>

En el cuadro 7 se muestran las láminas de riegos que se aplicaron a los cultivos en las camas experimentales, en la fase inicial de los 0 a 30 días se hizo la distribución de las láminas por su respectivo tratamiento, razón por la cual la planta del cultivo de maíz se trasplantó a las camas con un tamaño estimado de 20 cm estando alrededor de 15 días en semillero en caso del cultivo de tomate ya tenía aproximadamente 40 días entre la etapa de semillero y doble trasplante es por ello que se aplicaron los tres tratamientos desde la etapa inicial. Posteriormente, se aplicaron recurrentemente las láminas de los 30 – 90 días (etapa media) con 29.42 mm (0.20 m), 56.36 mm (0.30 m) y 82.31 mm (0.40 m); en la etapa final se aplicó la lámina de 0.20 m con 29.42 mm en todos los tratamientos.

Cuadro 7. Láminas de agua aplicada en 0.001 ha<sup>-1</sup> finca El Plantel, Masaya 2019.

<b>Profundidad (m)</b>	<b>Lámina inicial (mm) 0 – 30</b>	<b>Lámina (mm) 30-90 días</b>	<b>Lámina final (mm) 90-150 días</b>
0.20	29.42	29.42	29.42
0.30	56.36	56.36	29.42
0.40	82.31	82.31	29.42
<b>Testigos</b>	30.80	30.80	30.80

### 5.5. Volumen de agua total aplicado

En la etapa inicial de los 0 a 30 días los cultivos dependieron del suministro de agua de las láminas en estudio de 0.20 m (2.4 m<sup>3</sup>), 0.30 m (2.3 m<sup>3</sup>), 0.40 m (2.5 m<sup>3</sup>) y el testigo que fue de 4 m<sup>3</sup> alcanzando un gasto de (11.2 m<sup>3</sup>) en la etapa media de los 30-90 días las láminas de agua se duplicaron con resultados de 0.20 m (4.8 m<sup>3</sup>), 0.30 m (4.6 m<sup>3</sup>), 0.40 m (5 m<sup>3</sup>) y el testigo que fue de 6.8 m<sup>3</sup> con un gasto en esta etapa de 21.2 m<sup>3</sup>, generándose un gasto total de agua en todo el ciclo de 12, 11.7, 12.3 y 15.4 m<sup>3</sup> correspondientemente para cada nivel y un gasto general de 51.4 m<sup>3</sup>.

El volumen de agua se calculó con el número de riegos aplicado en un mes y por el gasto general en todo el ciclo de 5 meses expresados en m<sup>3</sup> con un volumen total aplicado de 51.4 m<sup>3</sup> en todo el ciclo de los cultivos.

Cuadro 8. Cálculo del volumen de agua aplicado en los tratamientos para todo el ciclo vegetativo, finca El Plantel, Masaya 2019.

<b>Profundidad (m)</b>	<b>Lámina inicial (m<sup>3</sup>) 0 – 30</b>	<b>Etapa media 30 - 90 (m<sup>3</sup>) 0.001 ha<sup>-1</sup></b>	<b>Etapa 90 – 150 Final (m<sup>3</sup>) 0.001 ha<sup>-1</sup></b>	<b>Q total (m<sup>3</sup>) 0.001 ha<sup>-1</sup></b>
0.20	2.4	4.8	4.8	12
0.30	2.3	4.6	4.8	11.7
0.40	2.5	5	4.8	12.3
<b>Testigos</b>	4	6.8	4.6	15.4
<b>Total</b>	11.2	21.2	19	51.4

En el cuadro 8 se perciben los volúmenes de agua total que fueron aplicados en cada etapa fenológica de los cultivos estos resultados se consiguieron al convertir las láminas de riego (mm) a m<sup>3</sup>. ha<sup>-1</sup>. Luego en función de los 10 m<sup>2</sup> área de las camas y al multiplicarse por el número de riegos aplicados en el ciclo de los cultivos.

## 5.6. Coeficiente de uniformidad y presión en el sistema de riego por goteo

Generalmente, la programación del riego se establece con el caudal nominal de cada emisor de un litro por hora definida por el fabricante, no obstante, puede ocurrir una variación en el caudal por efectos de la presión, temperatura, obstrucciones (físicas, biológicas o químicas) y por imperfecciones en el diseño de los sistemas de riego, por lo que normalmente el caudal real, difiere del caudal nominal (CDTEC, 2016).

Los datos que se pudieron adquirir como resultado para el coeficiente de uniformidad de sistema de riego utilizado alcanzan un promedio de 47 %. La clasificación de los valores de CU entre el rango de 80 a 86 % se consideran aceptables. Ubicando el sistema de riego con un coeficiente fuera del intervalo.

De igual manera con el comportamiento de las presiones, se obtuvieron resultados no satisfactorios con una uniformidad de presión en las subunidades de riego, encontrándose inferior al 70 %. En un promedio del 22.22 % para el CUP.

Cuadro 9. Coeficiente de uniformidad y presión en el sistema de riego por goteo finca El Plantel, Masaya 2019.

Tratamientos	CU Sistema	CU Presión
T1	24.37 %	22.22 %
T2	39.01 %	22.22 %
T3	77.21 %	22.22 %
<b>Media</b>	47 %	22.22%

## 5.7. Rendimiento kg ha<sup>-1</sup>

En el cuadro 10 se perciben los rendimientos que se obtuvieron de los cultivos en estudio en un área de 10 m<sup>2</sup>, no se encontró diferencia estadística en los tratamientos ( $Pr > 0.05$ ), el mayor rendimiento se consiguió con el T<sub>1</sub> con 0.71 kg y el menor promedio con 0.35 kg correspondientes al T<sub>3</sub>. En el método biointensivo el rendimiento promedio por cama (10 m<sup>2</sup>) en el cultivo de maíz es de 7.7 kilogramos, presentando un rendimiento mínimo de 5 kilogramos.

En cambio, en el cultivo de tomate el mayor rendimiento se obtuvo el T<sub>4</sub> con una media de 0.50 kg, y el menor rendimiento con 0.33 kg correspondiente al T<sub>3</sub>. Este rendimiento no está en el rango de la producción biointensivo que oscila entre 12 a 50 kg y por último, en el cultivo de camote el mayor rendimiento se obtuvo con el T<sub>1</sub> con una cantidad de 0.94 kg. Cabe mencionar, que el rendimiento de este cultivo se evaluó en biomasa debido a que no hubo desarrollo en el fruto subterráneo sin embargo la biomasa es utilizado para composta en las camas.

Cuadro 10. Rendimiento kg de los cultivos biointensivos finca El Plantel, Masaya 2019

<b>Tratamientos</b>	<b>Maíz</b>	<b>Tomate</b> <b>Kg 0.001 ha<sup>-1</sup></b>	<b>Camote</b>	<b>Q total m<sup>3</sup></b>
<b>T<sub>1</sub></b>	0.71 a	0.37 a	0.94 a	12
<b>T<sub>2</sub></b>	0.68 a	0.44 a	0.58 a	11.7
<b>T<sub>3</sub></b>	0.35 a	0.33 a	0.54 a	12.3
<b>T<sub>4</sub></b>	0.48 a	0.50 a	0.61 a	15.4
<b>Pr &gt; F</b>	0.43	0.03	0.10	

En concordancia con el gasto de agua y los rendimientos de los cultivos se aprecia que están sometidos a la demanda hídrica de cada cultivo y al contenido de agua almacenada en el suelo. En los resultados se puede observar que el maíz presentó mayores rendimientos con el menor volumen de agua aplicado en el T<sub>1</sub>, el cultivo de tomate por atributos de fenología demanda mayor cantidad de agua que los demás cultivos manifestando mejor rendimiento en el T<sub>4</sub> y el camote es un cultivo que tiene un menor requerimiento hídrico y demostró mayores rendimientos con el T<sub>1</sub>.

## VI. CONCLUSIONES

- En la producción biointensiva los niveles de humedad de riego no presentaron diferencias significativas, los promedios en T<sub>1</sub> (maíz, 0.71 kg, tomate 0.37 kg y camote 0.94 kg), T<sub>2</sub> (maíz 0.68 kg, tomate 0.44 kg camote 0.58 kg), T<sub>3</sub> (maíz 0.35 kg, tomate 0.33 kg y camote con 0.54 kg) y T<sub>4</sub> que es el testigo (maíz 0.48 kg, tomate 0.50 kg y camote con 0.61 kg). Los volúmenes de agua aplicado en los tratamientos se aproximan a los gastos aplicados en la producción de biointensivo, 12 a 15.4 m<sup>3</sup> con riego por goteo.
- La actividad del sistema de riego durante el ciclo de los cultivos se vio interrumpida por obstrucciones en los emisores y deficiencias en la presión de trabajo del sistema, teniendo un bajo funcionamiento durante el suministro de las láminas de riego; demostrando un coeficiente de uniformidad de 47 % y un coeficiente de presión de 22 %.

## VII. RECOMENDACIONES

Continuar realizando estudios científicos tomando en cuenta el principio de asocio de cultivos biointensivo con la aplicación de láminas de agua, mediante la implementación de un sistema de riego por goteo.

Para contar con un sistema de riego eficiente se deben utilizar filtros con el objetivo de impedir por obstrucciones en los emisores y de esta manera proporcionar un buen funcionamiento en el sistema.

Para incrementar la presión de trabajo del sistema de riego se sugiere ubicar el tanque que suministra el agua, a una mayor altura, partiendo del lugar en que ya se encuentra.

Supervisar con más frecuencia el sistema de riego, calculando el volumen de agua que entregan los emisores, para poder comprobar si nuestro sistema está funcionando con normalidad.

En base a los resultados obtenidos en la investigación se recomienda asociar el cultivo de maíz con el cultivo de tomate en la producción biointensivo, no es recomendable asociar cultivos rastreros como el camote con solanáceas como el tomate y gramíneas como el maíz porque la demanda de agua varía en comparación con ambos cultivos y presentan un sistema radical diferente. Es decir, se recomienda asociar cultivos que compartan una demanda de agua y capa activa similar.

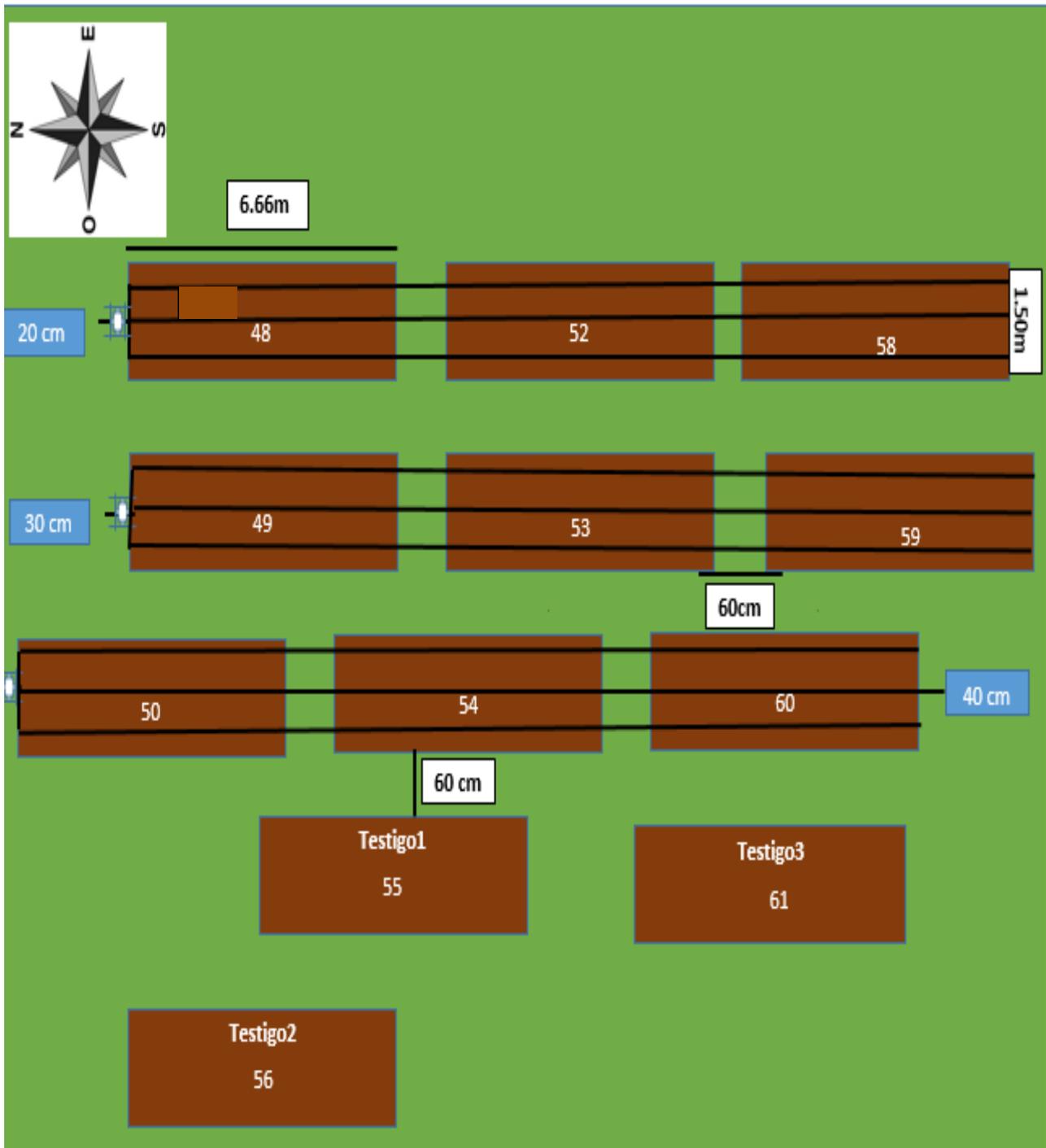
## VIII. LITERATURA CITADA

- AGRICULTURERS. (2016). Riego tecnificado, sustentabilidad y desarrollo. México.
- Altieri, M. (2000). *Diseño de sistemas sostenibles*. Primera Edición. Madrid, España. Editorial Mundi-Prensa.
- Asociación Para el Desarrollo Agroecológico Regional, ADAR. (2007). *Agroecología práctica para el trópico*. El Salvador.
- Avelares, J; Cuadra, M y Salmerón, F. (2003). *Texto básico de agroecología*. Segunda Edición. Managua, Nicaragua. Pág. 61.
- Bonilla, J. (2009). *MANUAL DEL CULTIVO DE CAMOTE*. León Nicaragua.
- Cairo P. (1995). La Fertilidad Física de suelo y la Agricultura Orgánica en el Trópico. UNA - Managua, Nicaragua
- Centro de estudios y prevención de desastres, PREDES. (2005). *Operación y mantenimiento de un sistema de riego por goteo*. Lima, Perú.
- Centro Nacional De Tecnología Agropecuaria y Forestal, CENTA. (2012). *Guía técnica cultivo de tomate*. San Salvador, El Salvador.
- Educación con Base en la Agricultura Sustentable y Ecológica, EcoBASE-UNA-CCID. (2008). *Manual de campo del método de cultivo Biointensivo*. Hidalgo, México.
- Fonseca, C., Zuger, R., Walker, T., y Molina, J. (2002). *Estudio de impacto de la adopción de las nuevas variedades de camote liberadas por el INIA, en la costa central, Perú. Caso del valle de Cañete*. Lima, Perú. Centro Internacional de la Papa (CIP). Recuperado de <http://cipotato.org/wp-content/uploads/2014/09/SW63967.pdf>
- Hernández, A.G. (2014). *Huertos familiares una estrategia para la seguridad alimentaria: aplicado en la comunidad de santa maría del monte*. Universidad del estado de México. Zinacantepec, Estado de México.

- Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales, INETER. (2019). *Resumen de temperatura máxima, media, mínima y precipitación diaria, Managua, NI*. Dirección General de Meteorología.
- Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria, INTA. (2010). *CULTIVO DEL MAÍZ GUÍA TECNOLÓGICA PARA LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ (Zea mays L.)*. 2da Edición. Managua Nicaragua.
- Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura, INTAGRI. (2015). *Agua y riego México*.
- López Pérez, F. (2007). *CONTRIBUCIÓN DE LOS HUERTOS FAMILIARES BIOINTENSIVOS AL DESARROLLO SOSTENIBLE DE LAS FAMILIAS RURALES Y PERIURBANAS*. (Tesis de posgrado). Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Marrero, E. (2006). *Régimen de riego*. Managua, Ni. Universidad Nacional Agraria. 183 pp.
- Ministerio de educación, MINED. (2007). *Manual de apoyo técnico para maestros de educación preescolar y primaria en Seguridad Alimentaria y Nutricional*. Managua, Ni. 198 pp.
- Monardes, H. (2009). *MANUAL DE CULTIVO DE TOMATE (Lycopersicon esculentum Mill.)*.
- Pritchett, W. (1990). Suelos forestales, editorial Limusa, México D.F. Pag.364.
- SAMARNAT. (2013). *Huerto Familiar Biointensivo*. Gobierno de Aguas calientes. México.
- Roblero, R; Mejía, C. (2016). *EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO EN EL CULTIVO DE SANDÍA DE EXPORTACIÓN (CITRULLUS LANATUS (THUNB.)) EN LA FINCA “EL RODEO”, UBICADA EN LA COMUNIDAD DE SAN BENITO, MUNICIPIO DE TIPITAPA*.
- SAMARNAT. (2013). *Huerto Familiar Biointensivo*. Primera reedición. México.
- Sistema de información global sobre el agua, FAO– AQUAST. (2008). *Uso del Agua en la Agricultura y el Medio Rural*. 2- 66 pp
- Somarriba, C. (2017). *Riego y drenaje*. Universidad Nacional Agraria.

## IX. ANEXOS

Anexo 1. Plano de campo MTC (Maíz, Tomate Camote).



## Anexo 2. Cálculos de parámetros de riego

### Capa Activa 20 cm (T<sub>i</sub>)

#### Lámina neta

$$L_n = 100 * \Delta H * D_a * (CC - PMP)$$

$$L_n = 100 * 0.20 \text{ m} * 0.88 \quad (30.92 - 16.71)$$

$$L_n = 17.60 \quad (14.21)$$

$$L_n = 250.10 \text{ m}^3/\text{ha}$$

$$L_n = 25.01 \text{ mm}$$

#### Lámina bruta

- $L_b = L_n / E_o$

$$L_b = 25.01 \text{ mm} / 0.85$$

$$L_b = 29.42 \text{ mm}$$

#### Intensidad de aplicación

$$Q = \frac{1L}{1H} \left( \frac{\text{m}^3}{1000 \text{ litros}} \right) = 0.001 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$A = \text{Largo} * \text{Ancho} \quad (\text{área humedecida})$$

$$A = 0.15 \text{ m} * 0.30 \text{ m}$$

$$A = 0.045 \text{ m}^2$$

- $I_a = Q \cdot \text{Emisor} / \text{Área}$

$$I_a = 0.001 \text{ m}^3/\text{h} / 0.045 \text{ m}^2$$

$$I_a = 0.02 \text{ m/h} * 1000 \text{ mm} / 1 \text{ m}$$

$$I_a = 22.22 \text{ mm} / \text{h}$$

### **Tiempo de riego**

- $Tr = Lb / Ia$   
 $Tr = 29.42 \text{ mm} / 22.22 \text{ mm} / \text{h}$   
 $Tr = 1.32 \text{ h} \approx 1:20 \text{ h}$

### **Intervalo de riego**

- $Ir = Lb / E_{vp}$   
 $Ir = 29.42 \text{ mm} / 7 \text{ mm} / \text{día}$   
 $Ir = 4.20 \text{ día} \approx 4 \text{ días}$

### **Capa activa de 30 cm ( $T_2$ )**

### **Lámina neta**

- $Ln = 100 * \Delta H * Da * (CC - PMP)$   
 $Ln = 100 * 0.30 \text{ m} * 0.92 (37.84 - 20.48)$   
 $Ln = 27.60 (17.36)$   
 $Ln = 479.14 \text{ m}^3/\text{ha}$   
 $Ln = 47.91 \text{ mm}$

### **Lámina bruta**

- $Lb = Ln / E_o$   
 $Lb = 47.91 \text{ mm} / 0.85 = 56.36 \text{ mm}$

### **Intensidad de aplicación**

$$Q = \frac{1L}{1H} \left( \frac{\text{m}^3}{1000 \text{ litros}} \right) = 0.001 \text{ m}^3/\text{h}$$

$A = \text{Largo} * \text{Ancho} \text{ (área humedecida)}$

$$A = 0.15 \text{ m} * 0.30 \text{ m}$$

$$A = 0.045 \text{ m}^2$$

- $Ia = Q \cdot \text{Emisor} / \text{Área}$   
 $Ia = 0.001 \text{ m}^3 / \text{h} / 0.045 \text{ m}^2$   
 $Ia = 0.02 \text{ m/h} * 1000 \text{ mm} / 1\text{m}$   
 $Ia = 22.22 \text{ mm} / \text{h}$

### Tiempo de riego

- $Tr = Lb / Ia$   
 $Tr = 56.36 \text{ mm} / 22.22 \text{ mm} / \text{h}$   
 $Tr = 2.54 \text{ h} \approx 2:30 \text{ horas}$

### Intervalo de riego

- $Ir = Lb / E_{vp}$   
 $Ir = 56.36 \text{ mm} / 7 \text{ mm} / \text{día}$   
 $Ir = 8.05 \text{ día} \approx 8 \text{ días}$

## Capa Activa de 40 cm (T<sub>3</sub>)

### Lámina neta

$$Ln = 100 * \Delta H * Da * (CC - PMP)$$

$$Ln = 100 * 0.40\text{m} * 0.97 (35.70 - 17.67)$$

$$Ln = 38.80 (18.03)$$

$$Ln = 699.56 \text{ m}^3 / \text{ha}$$

$$Ln = 69.96 \text{ mm}$$

### Lámina bruta

- $Lb = Ln / E_o$   
 $Lb = 69.96 \text{ mm} / 0.85 = 82.31 \text{ mm}$

### Intensidad de aplicación

$$Q = \frac{1L}{1H} \left( \frac{\text{m}^3}{1000 \text{ litros}} \right) = 0.001 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$A = \text{Largo} * \text{Ancho}$  (área humedecida)

$$A = 0.15 \text{ m} * 0.30 \text{ m}$$

$$A = 0.045 \text{ m}^2$$

- $Ia = Q.Emisor / \text{Área}$

$$Ia = 0.001 \text{ m}^3 / \text{h} / 0.045 \text{ m}^2$$

$$Ia = 0.02 \text{ m/h} * 1000 \text{ mm} / 1\text{m}$$

$$Ia = 22.22 \text{ mm} / \text{h}$$

### **Tiempo de riego**

- $Tr = Lb / Ia$

$$Tr = 82.31 \text{ mm} / 22.22 \text{ mm} / \text{h}$$

$$Tr = 3.70 \text{ h} \approx 3:40 \text{ horas}$$

### **Intervalo de riego**

- $Ir = Lb / Evp$

$$Ir = 82.31 \text{ mm} / 7 \text{ mm} / \text{día}$$

$$Ir = 11.76 \text{ día} \approx 12 \text{ días}$$

### Anexo 3. Cálculo de conversiones de las láminas de riego a volumen para 10 m<sup>2</sup>

#### ➤ Lámina aplicada a los 0.20 m

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

$$29.42 \text{ mm} = 294.2 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$$

$$294.2 \text{ m}^3 \rightarrow 10,000 \text{ m}^2$$

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

$$x = \frac{294.2 \text{ m}^3 * 10 \text{ m}^2}{10000 \text{ m}^2} = 0.2942 \text{ m}^3$$

$$0.2942 \text{ m}^3 * 8 \text{ riegos mes} = \mathbf{2.4 \text{ m}^3}$$

#### ➤ Lámina aplicada a los 0.30 m

$$56.36 \text{ mm} = 563.6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$$

$$563.6 \text{ m}^3 \rightarrow 10000 \text{ m}^2$$

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

$$x = \frac{563.6 \text{ m}^3 * 10 \text{ m}^2}{10000 \text{ m}^2} = 0.5636 \text{ m}^3$$

$$0.5636 \text{ m}^3 * 4 \text{ riegos mes} = \mathbf{2.3 \text{ m}^3}$$

#### ➤ Lámina aplicada a los 0.40 m

$$82.31 \text{ mm} = 823.1 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$$

$$823.1 \text{ m}^3 \rightarrow 10,000 \text{ m}^2$$

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

$$x = \frac{823.1 \text{ m}^3 * 10 \text{ m}^2}{10000 \text{ m}^2} = 0.8231 \text{ m}^3$$

$$0.8231 \text{ m}^3 * 3 \text{ riegos mes} = \mathbf{2.5 \text{ m}^3}$$

#### ➤ Lámina del testigo

$$30.80 \text{ mm} = 308 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$$

$$308 \text{ m}^3 \rightarrow 10,000 \text{ m}^2$$

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

$$x = \frac{308 \text{ m}^3 * 10 \text{ m}^2}{10000 \text{ m}^2} = 0.308 \text{ m}^3$$

$$0.308 \text{ m}^3 * 50 \text{ riegos/ciclo} = \mathbf{15.4 \text{ m}^3}$$

Anexo 4. Cálculos de coeficiente de uniformidad del sistema de riego

T1	T2	T3										
157	161	155			<b>TRATAMIENTO 1</b>							
215	260	193			<b>CAMA 1 (No. 48)</b>		<b>CAMA 2 (No. 52)</b>			<b>CAMA 3 (No. 55)</b>		
187	220	154			139	126	T1: 160	130	40	T1: 167	9	156
176	188	152			25	154	55	171	176	156	159	162
171	182	145			39	122	67	187	87	215	11	32
167	177	141										
162	176	140										
160	176	140			<b>TRATAMIENTO 2</b>							
160	173	135			<b>CAMA 1 (No. 49)</b>		<b>CAMA 2 (No. 53)</b>			<b>CAMA 3 (No. 61)</b>		
159	167	134			176	167	T1: 93	142	182	T1: 220	134	10
156	167	131			176	155	188	260	162	177	61	89
156	165	130			167	62	62	46	162	43	88	173
154	162	126										
139	162	125										
130	157	123			<b>TRATAMIENTO 3</b>							
126	155	122			<b>CAMA 1 (No. 50)</b>		<b>CAMA 2 (No. 54)</b>			<b>CAMA 3 (No. 60)</b>		
122	142	121			110	121	T1: 193	123	154	T1: 114	135	130
87	134	118			98	118	102	140	93	103	152	125
67	93	114			145	131	140	126	134	141	97	122
55	89	110										
40	88	103			<b>Tratamientos</b>							
40	62	102			T1	T2	T3					
39	62	102			40	88	103					
32	61	98			40	62	102					
25	46	97			39	62	102					
11	43	93			32	61	98					
9	10	83			25	46	97					
114.888889	136.222222	125.444444			11	43	93					
					9	10	83					
					q25	28.00	53.14	96.86				
					qm	114.89	136.22	125.44				
					Tratamiento:	T1	T2	T3				
					CU	24.37	39.01	77.21				
					Prom.T1,T2,T3							
					CU..Prom.	46.86						

Anexo 5. Establecimiento de semillero y doble trasplante



Anexo 6. Limpieza y preparación de las camas



Anexo 7. Prueba e instalación del riego



Anexo 8. Extracción de muestras de suelo



Anexo 9. Cosecha de los cultivos



Anexo 10. Integrantes de la investigación



Anexo 11. Criterio de clasificación del coeficiente de uniformidad de caudales y presiones

<b>Clasificación</b>	<b>Coeficiente de uniformidad</b>
Excelente	>94%
Buena	86% - 94%
Aceptable	80% - 86%
Pobre	70% - 80%
Inaceptable	<70%

(Roblero y Mejía, 2016).