



*“Por un Desarrollo  
Agrario  
Integral y Sostenible”*

# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

## FACULTAD DE AGRONOMÍA

### Trabajo de Tesis

Documentación de las condiciones  
edafoclimáticas y evaluación del sistema de  
riego por aspersión, finca El Plantel 2020-2021

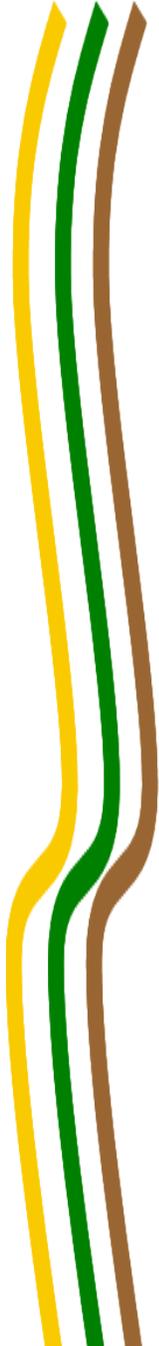
#### Autores

Br. Kellyne Daniela Membreño Castillo  
Br. Bryan José Arauz Martínez

#### Asesores

MSc. Henry Alberto Duarte Canales  
MSc. Gerardo Ulises Murillo Malespín

Managua, Nicaragua  
Septiembre, 2022





*“Por un Desarrollo  
Agrario  
Integral y Sostenible”*

# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

## FACULTAD DE AGRONOMÍA

### Trabajo de Tesis

Documentación de las condiciones  
edafoclimaticas y evaluación del sistema de  
riego por aspersión, finca El Plantel 2020-2021

#### Autores

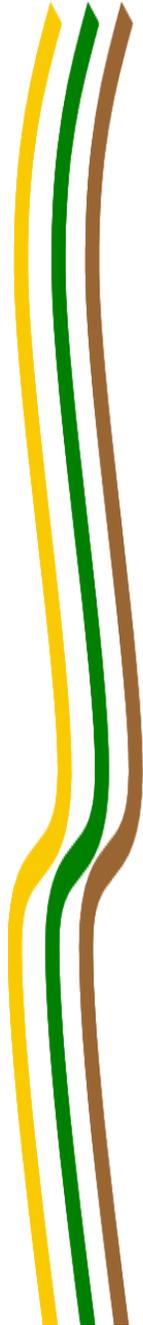
Br. Kellyne Daniela Membreño Castillo  
Br. Bryan José Arauz Martínez

#### Asesores

MSc. Henry Alberto Duarte Canales  
MSc. Gerardo Ulises Murillo Malespín

Presentado a la consideración del honorable comité  
evaluador como requisito final para optar al grado de  
Ingeniero Agrícola

Managua, Nicaragua  
Septiembre 2022



## Hoja de aprobación del Comité Evaluador

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

***Ingeniero Agrícola***

---

Miembros del Comité Evaluador

---

MSc. Rebeca González Godínez  
Presidente

---

MSc. Martha Moraga Quezada  
Secretario

---

Ing. Luis Enrique Obando Ruiz  
Vocal

Lugar y Fecha: Sala Magna FAGRO, 20 de septiembre 2022

## **DEDICATORIA**

A:

Dedico este trabajo primeramente a Dios, creador del cielo y la tierra, por haberme guiado por el camino de la sabiduría, esfuerzo, salud y por la dedicación de permitirme culminar exitosamente mis estudios superiores.

A mi madre Maruja Martínez Rodríguez, a mi papá Bayardo Arauz Úbeda y a mis Hermanos por todo su apoyo incondicional, por inculcar en mí, valores y principios que permitieron con el paso de los años, mi formación como persona y hoy en día como un profesional.

A mi abuelita Victoria Úbeda (q.e.p.d.), que con todo su amor fijó en mí su confianza, seguridad y apoyo para seguir adelante con esta profesión.

A una persona muy especial Kellyne Daniela Membreño por apoyarme siempre y salir adelante los dos en este proyecto.

***Br. Bryan José Arauz Martínez***

## **DEDICATORIA**

A Dios, por darme la vida y otorgarme la sabiduría para permitirme culminar esta etapa importante.

A mi madre, Carolina Esther Castillo Arce, el pilar de mi vida quien siempre lo ha dado todo por mí y que, con su humildad, su gran corazón y los valores que inculco en mí.

A mis hermanos y seres queridos, quienes me han dado su apoyo incondicional a lo largo de este periodo.

A la memoria de mi tío, Luis Eliseo Arce Ordoñez (q.e.p.d), quien en vida desempeño un papel fundamental de mi crianza como mi segundo padre. Su inspiración, sus ansias de hacer un mundo mejor y su solidaridad vivirán en mi corazón por siempre.

A un gran amigo, Bryan José Arauz Martínez quien nunca me ha dejado sola y es un pilar fundamental en mi vida y espero lo sea por siempre.

***Br. Kellyne Daniela Membreño Castillo***

## **AGRADECIMIENTO**

Principalmente:

Agradezco a Dios por estar presente cada minuto de mi vida nunca dejarme solo siendo así poder salir adelante.

A mis asesores MSc Henry Alberto Duarte Canales y MSc. Gerardo Ulises Murillo Malespín por sus conocimientos, consejos, tiempo y confiar en nosotros al hacernos participe de este proyecto.

A la Universidad Nacional Agraria (UNA) y a los docentes que nos compartieron sus conocimientos, que con el paso del tiempo nos ayudaron a formarnos como profesionales y ser un estímulo a querer vivir y seguir aprendiendo cada día de sus aprendizajes.

*Br. Bryan José Arauz Martínez*

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por concederme el milagro de la vida y regalarme la sabiduría y con ella la guía para tomar el mejor camino.

A mi madre, Carolina Castillo Arce, quien desde mi niñez ha fomentado el deseo de superación en mí, con su ejemplo planto el anhelo de ser independiente y soñar por un futuro mejor cada día.

A mis hermanos, quienes nunca dejaron de creer en mí y siempre me han alentado y apoyado incondicionalmente en todas las fases de mi vida.

A mis asesores, MSc Henry Alberto Duarte Canales y MSc. Gerardo Ulises Murillo Malespín, por darme la oportunidad de trabajar en este proyecto, por su confianza en mí, sus consejos y regaños.

A los trabajadores de la finca El Plantel y practicantes quienes colaboraron con la mejor disposición para la realización de este proyecto.

*Br. Kellyne Daniela Membreño Castillo*

## INDICE DE CONTENIDO

<b>SECCIÓN</b>	<b>PÁGINA</b>
<b>DEDICATORIA</b>	i
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	iii
<b>INDICE DE CUADROS</b>	v
<b>INDICE DE FIGURAS</b>	vi
<b>INDICE DE ANEXOS</b>	vii
<b>RESUMEN</b>	viii
<b>ABSTRACT</b>	ix
<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.    Generalidades de la finca El plantel	4
3.2    Condiciones climáticas	5
3.2.1    Estacion Meteorologica (Davis Vantage Pro 2)	6
3.2.2    Importancia de los factores climáticos	6
3.3    Generalidades de los sistemas de riego	7
3.3.1    Riego por goteo	7
3.3.2    Riego por aspersión	7
3.3.3    Riego por micro aspersión	8
3.3.4    Importancia del riego para la producción agrícola	8
3.4.    Infiltración del agua en el suelo con infiltrometro de doble cilindro	9
3.5.    Descripción de perfiles del suelo	10
3.5.1    Clasificación agrologica	11
3.5.2    Sistema de clases agrologicas	12
<b>IV. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	13
4.1.    Ubicación de estudio	13
4.2.    Diseño metodológico	14

4.2.1	Fuente de abastecimiento para los sistemas de riego	15
4.3.	Parámetros climáticos	15
4.4	Parámetros de riego	17
4.5	Parámetros de suelo	19
4.6.	Recolección de datos	21
4.7.	Análisis de datos	21
<b>V.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>22</b>
5.1.	variables climáticas	22
5.1.1	Temperaturas máxima y mínimas	22
5.1.2	Precipitaciones	22
5.1.3	Humedad relativa	23
5.1.4	Índice de calor	24
5.1.5	Velocidad del viento	24
5.2.	Sistemas de riego	25
5.2.1	Delimitación de lotes del área agrícola de la UEVP	25
5.2.2	Estado actual del sistema de riego por aspersión en lotes 1,2 y 3	26
5.3	Caudales (g.p.m)	27
5.4	Presiones (PSI)	28
5.5	Coefficiente de uniformidad	28
5.5.1	Coefficiente de uniformidad en el lote 1	29
5.5.2	Coefficiente de uniformidad en el lote 2	29
5.5.3	Coefficiente de uniformidad en el lote 3	30
5.6	Características edáficas	31
5.6.1	Descripción de perfiles	31
5.6.2	Velocidad de infiltración e infiltración acumulada en los perfiles	31
5.6.3	Perfil 1 Departamento de protección agrícola y forestal	32
5.6.4	Velocidad de infiltración en el perfil 1	33
5.6.5	Perfil 2 Departamento de protección agrícola y forestal	34
5.6.6	Velocidad de infiltración en el perfil 2	35
5.6.7	Perfil 3 Área de producción de la finca	36
5.6.8	Velocidad de infiltración en el perfil 3	37

5.6.9	Perfil 4 Departamento de producción vegetal	37
5.6.10	Velocidad de infiltración en el perfil 4	38
5.6.11	Perfil 5 Departamento de producción vegetal	39
5.6.12	Velocidad de infiltración en el perfil 5	40
5.6.13	Perfil 6 Departamento de producción vegetal	41
5.6.14	Velocidad de infiltración en el perfil 6	42
<b>VI.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	44
<b>VII</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	45
<b>VIII</b>	<b>LITERATURA CITADA</b>	46
<b>IX.</b>	<b>ANEXOS</b>	49

---

## INDICE DE CUADROS

<b>CUADRO</b>		<b>PÁGINA</b>
1	Clasificación según el coeficiente de uniformidad.	18
2	Estado de sistemas de riego por aspersión 2020.	27
3	Estado actual de sistemas de riego por aspersión 20221	27
4	Resultado de caudales en lotes de aspersión	28
5	Resultado de presiones en lotes de aspersión	28
6	Descripción del perfil 1	32
7	Descripción del perfil 2	34
8	Descripción del perfil 3	36
9	Descripción del perfil 4	37
10	Descripción del perfil 5	39
11	Descripción del perfil 6	41

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
1	Elementos y factores del clima (D, Rivas. 2018)	6
2	Infiltrómetro de doble cilindro. (Enríquez y Orozco, 2011)	10
3	Mapa de ubicación de la zona de estudio (N. Méndez, 2017)	13
4	Climograma de la finca El Plantel, Masaya. Periodo 2020-2022	23
5	Relación de la humedad (%) e Índice de calor (°C), finca El Plantel, Masaya. Periodo 2020-2022.	24
6	Velocidad del viento (km/h) en la finca El Plantel, Masaya.	25
7	Lotes del área agrícola con sistemas de riego. UEVP (H. Duarte, 2020)	26
8	Esquema de prueba de pluviometría y medición de presiones, lote 1.	29
9	Esquema de prueba de pluviometría y medición de presiones, lote 2.	30
10	Esquema de prueba de pluviometría y medición de presiones, lote 3.	30
11	Ubicación de perfiles del suelo (H. Duarte, 2020)	31
12	Infiltración acumulada y velocidad de infiltración, perfil 1 Area DPAF	33
13	Curva de infiltración ajustada, perfil 2 área DPAF.	35
14	Velocidad de infiltración e infiltración acumulada, perfil 3. Area DPV	37
15	Infiltración acumulada y velocidad de infiltración, perfil 4, cultivo de mango	39
16	Infiltración acumulada y velocidad de infiltración, perfil 5, cultivo de aguacate	40
17	Infiltración acumulada y velocidad de infiltración perfil 6, cultivo de plátano	42

## INDICE DE ANEXOS

<b>ANEXOS</b>	<b>PÁGINA</b>
1 Promedio de datos climáticos 2020-2021	48
2 Datos de prueba de pluviometría en lotes de aspersión.	48
3 Cálculos del coeficiente de uniformidad	51
4 Cálculo del caudal del sistema	53
5 Datos de presión del sistema	54
6 Datos de pruebas de infiltración	54
7 Aspersores en lotes 1, 2 y 3	61
8 Prueba de pluviometría	62

## RESUMEN

La implementación y funcionamiento de sistemas de riego por aspersión para abastecer cultivos depende de muchos factores, entre ellos las condiciones edafoclimáticas, la topografía del terreno, la textura y capacidad de infiltración de suelo, etc. El estudio fue realizado en la Unidad de Experimentación y Validación finca El Plantel propiedad de la Universidad Nacional Agraria ubicada en el km 30 carretera Tipitapa- Masaya al sureste de la cabecera municipal de Tipitapa, departamento de Managua en el periodo de septiembre 2020 a septiembre 2022 con el propósito de analizar las condiciones edafoclimáticas y evaluar el sistema de riego por aspersión por medio del procesamiento de datos climáticos de la estación meteorológica Davis vintage pro 2, descripción de 6 perfiles de suelo y sus respectivas pruebas de infiltración distribuidos en el área y pruebas de pluviometría en tres lotes de aspersión. A partir de los datos climáticos la finca presenta las temperaturas más altas entre los meses de marzo a mayo entre los 31°C y los 34°C y la mayor presencia de precipitaciones desde mayo a noviembre desde los 150 mm hasta los 200 mm, la humedad relativa mayor de junio a noviembre entre los 80% y 85% y la mayor velocidad del viento en los meses de diciembre a marzo, con las pruebas de pluviometría el lote 1 obtuvo el mayor porcentaje con una uniformidad del 84.38% según el criterio de Christiansen, los tipos de suelo según la clasificación agrológica van desde el tipo III hasta el VIII siendo mayormente suelos para uso pecuario.

**Palabras clave:** Coeficiente de uniformidad, riego por aspersión, factores climáticos.

## ABSCTRACT

The implementation and operation of sprinkler irrigation systems to supply crops depends on many factors, including the edaphoclimatic conditions, the topography of the land, the texture and infiltration capacity of the soil, etc. The study was carried out at the El Plantel Farm Experimentation and Validation Unit owned by the National Agrarian University located at km 30 of the Tipitapa-Masaya highway southeast of the municipal seat of Tipitapa, department of Managua in the period from September 2020 to September 2022. with the purpose of analyzing the edaphoclimatic conditions and evaluating the sprinkler irrigation system through the processing of climatic data from the Davis vintage pro 2 weather station, description of 6 soil profiles and their respective infiltration tests distributed in the area and tests rainfall in three spray lots. From the climatic data, the farm presents the highest temperatures between the months of March to May between 31°C and 34°C and the greatest presence of rainfall from May to November from 150 mm to 200 mm, the higher relative humidity from June to November between 80% and 85% and the highest wind speed in the months of December to March, with the pluviometry tests, lot 1 obtained the highest percentage with a uniformity of 84.38% according to the criterion of Christiansen, the types of soil according to the agrolological classification range from type III to VIII, being mostly soils for livestock use.

**Keywords:** Uniformity coefficient, sprinkler irrigation, climatic factors.

## I. INTRODUCCIÓN

La Unidad de Experimentación y Validación el Plantel propiedad de la Universidad Nacional Agraria (UNA) cuenta con sistemas de riego por aspersión, microaspersión y goteo de botones, en un área estimada de 42.38 ha actualmente, Durante su instalación en el año 2014 a la fecha ha sido de interés el conocer el proceso de operación y mantenimiento de los sistemas con el fin de establecer un plan que permita obtener la mayor eficiencia de los sistemas tanto en operatividad como en el suministro eficiente del agua a los cultivo en los diferentes lotes.

Los factores ambientales que más afectan la fisiología de la planta son el agua, la radiación solar, la temperatura y los nutrientes del suelo. La cantidad de agua disponible para las plantas depende de dos factores: meteorológicos (lluvia y evapotranspiración) y factores del suelo, como contenido hídrico, potencial hídrico y conductividad eléctrica (Suazo, 2000. Pág. 9)

La temperatura, radiación solar, humedad relativa, velocidad del viento y precipitación varían no solamente entre temporadas o entre año también, que varían día tras día, los efectos de la variación pueden ser tanto negativos como positivos dependiendo del cultivo y de la naturaleza de la variación (Suazo, 2000. Pág. 10)

Según Diaz y Herrera (2019) explican que:

El proceso de aplicación de agua en riego por aspersión estacionario depende de un conjunto de factores que pueden agruparse en tres aspectos fundamentales: Presión, caudal y diámetros de humedecimiento. La distribución del agua de riego generada por un aspersor está influida por factores externos como el viento, temperatura, evapotranspiración y topografía (Pág. 1)

Los sistemas de riego son una técnica para distribuir el agua necesaria de manera adecuada sobre un determinado cultivo, su apropiado diseño y elección depende de una serie de información previa como: textura de suelo, topografía, clima de la zona, cultivo, cantidad y calidad del agua (Pérez, 2018. Pág. 2)

Playan (2000) expresa que:

En todos los sistemas de riego, una elevada uniformidad permite hacer un uso más eficiente del agua disponible, maximizar la producción y limitar las pérdidas de agua por percolación profunda. Las evaluaciones de riego en campo sirven al propósito para determinar la distribución del agua del riego en la parcela. Esto permite diagnosticar la uniformidad del riego estableciendo niveles cuantitativos. Los sistemas de riego por aspersión requieren un valor mínimo de uniformidad para ser considerados aceptables. (pág. 3)

El movimiento del agua al interior del suelo, la naturaleza de los poros y el contenido del agua que determinan la parte de la precipitación que penetra al terreno y la que se escurra sobre el mismo. Por lo tanto, las tasas elevadas de infiltración no solo aumentan la cantidad de agua que se almacena en el suelo para uso de las plantas sino también reducen los riesgos de inundación y de erosión que son consecuencia de los escurrimientos. La baja conductividad hidráulica puede también contribuir notablemente a elevar el grado de erosión al aumentar las aguas de escorrentía por una disminución de la permeabilidad de los suelos (Enríquez y Orozco ,2011. Pág. 6)

El principal objetivo de esta investigación es proporcionar información básica sobre los factores edafoclimáticos y del riego por aspersión en la finca El Plantel para poder tomar decisiones sobre las fechas de establecimientos de cultivos, especies que se puedan adaptar y horas que se deben regar, para esto se realizó un análisis de la información como: caracterización del clima, documentación de las propiedades del suelo de la finca a partir de descripciones de perfiles de suelo y pruebas de infiltración por el método de anillos concéntricos además de la evaluación del sistema de riego por aspersión.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general**

Analizar las condiciones edafoclimáticas y evaluar el sistema de riego por aspersión, finca El Plantel 2020 – 2021

### **2.2. Objetivos específicos**

- Describir las condiciones climáticas de la finca El plantel con los datos de la estación meteorológica El Plantel-UNA.
- Determinar el estado actual y el coeficiente de uniformidad de los sistemas de riego por aspersión en la finca el plantel durante el período 2020-2021
- Analizar las características edáficas de la finca El Plantel a partir de la descripción de perfiles y pruebas de infiltración.

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

#### **3.1. Generalidades de la finca El plantel**

La finca El Plantel es una unidad de experimentación y validación, propiedad de la Universidad Nacional Agraria, situada en el kilómetro 30 carretera Tipitapa-Masaya, en el municipio de Nindiri, departamento de Masaya, contiguo a la empresa Avícola Estrella. Cuenta con un área de 163 ha (Flores y Morales, 2013. Pág. 3)

Según (Flores y Morales, 2013) detalla que:

El área donde está localizada la finca corresponde a una transición entre el bosque tropical, moderadamente denso y seco, y bosque tropical sub húmedo. Los factores formadores de los suelos son vulcanismo y tectonismo, los procesos formadores que han modelado son la erosión y la sedimentación. La textura varía desde arenosa a franco en términos generales se considera que los suelos son bien drenados con fertilidad aceptable (Pág. 3)

A partir del año 2020 se han realizado diversos estudios en colaboración con los estudiantes en las practicas preprofesionales (PPP) y prácticas de familiarización con el entorno laboral (PRAFAMEL) en el periodo intersemestral, dando como resultado levantamientos altimétricos y planimétricos de la finca, inventarios del área de riego así mismo la restauración de los diferentes sistemas de riego.

Actualmente la delimitación del área agrícola de la unidad de experimentación y validación (UEVP) está dividida en 14 lotes con sistemas de riego y cultivo establecidos, los 14 lotes fueron georreferenciados y registrados con el uso actual desde cultivos anuales, semiperennes y perennes. El área agrícola actual representa un 26 % del área total equivalente a 163 ha del plantel.

### **3.2. Condiciones climáticas**

Cuando se aborda el estudio del clima, nos encontramos con que hay que distinguir sus factores, que son características geofísicas que condicionan de un modo preponderante el clima de cada lugar; latitud, altitud, continentalidad, orientación, naturaleza del suelo y vegetación. Hay que distinguir también lo que son elementos del clima, que vienen a ser aquellos componentes en que, para su estudio, suele dividirse el clima, tales como humedad, visibilidad, radiación solar, temperatura, precipitación, viento, presión, nubosidad y otros. Sin embargo, el estudio del clima no puede ser la enumeración de unos cuantos valores que puedan tomar sus elementos (Escardó, 2010. pág. 3).

Cualquier definición de clima, debería contemplar básicamente el hecho de que la fisonomía de la atmósfera, sus características físicas, su variación estacional, y los valores de parámetros tales como la temperatura, la precipitación, la nubosidad y el viento, por citar algunos, deben ser resultantes de las interacciones del sistema atmósfera, suelo y mares, sistema alimentado por la radiación solar. En la medida en que evaluemos esas interacciones, estudiemos la descripción de los procesos físicos involucrados, y mejor si podemos modelizarlos, estaremos desarrollando la Climatología (Pág. 4).

Existen desde hace un buen tiempo debido a su condición de “relativa permanencia” el clima puede ser definido como el promedio de los tiempos atmosféricos, es decir para establecer el clima de un determinado lugar tienen que realizarse observaciones por varios periodos para luego establecer promedios de temperatura, humedad y precipitaciones (Rivas, 2018. pág. 23)

Además, Rivas (2018) agrega que:

Es factible afirmar que el clima cambia, a gran escala, la tierra experimenta oscilaciones climáticas globales donde, debido a diversos factores, se alternan periodos fríos y cálidos, de avance y retroceso de las masas glaciares. Sin embargo, como el cambio es muy lento no se pueden realizar pronósticos al igual que el tiempo, aunque dada la importancia del clima con relación a las actividades humanas, en la actualidad se hacen estudios y se construyen modelos climáticos para lapsos de 25 o más años. (Pág. 17)

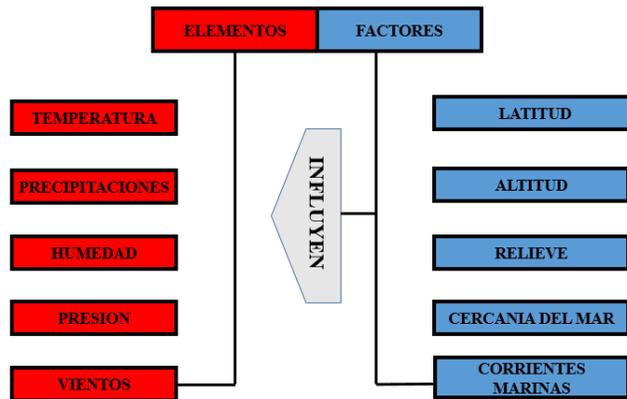


Figura 1. Elementos y factores del clima (D, Rivas. 2018)

### 3.2.1. Estación Meteorológica (DAVIS VANTAGE PRO.2)

Una estación meteorológica es una instalación de dispositivos que captan los distintos cambios del medio ambiente, está destinada a medir, registrar y enviar con regularidad los datos censados a servidor de base de datos. Las bases de datos generados por estos equipos se utilizan para hacer estudios climáticos, así como para la elaboración de predicciones meteorológicas a partir de modelos numéricos (Villalta y Sorto, 2013 Pág. 6)

Una estación debe estar equipada con los principales instrumentos de medición, entre los que se encuentran los siguientes:

- Anemómetro (que mide la velocidad del viento en  $\text{Km.h}^{-1}$ )
- Veleta (que señala la dirección del viento)
- Barómetro (que mide la presión atmosférica en hectopascal)
- Higrómetro (que mide la humedad)
- Piranómetro (que mide la radiación solar en nanómetros o nm).
- Pluviómetro (que mide el agua caída en mm)
- Termómetro (que mide la temperatura en  $^{\circ}\text{C}$ )

### 3.2.2. Importancia de los factores climáticos

El aumento de las temperaturas termina por reducir la producción de los cultivos deseados, a la vez que provoca la proliferación de malas hierbas y pestes. Los cambios en los regímenes de lluvias aumentan las probabilidades de fracaso de las cosechas a corto plazo y de reducción

de la producción a largo plazo. Aunque algunos cultivos en ciertas regiones del mundo puedan beneficiarse, en general se espera que los impactos del cambio climático sean negativos para la agricultura, amenazando la seguridad alimentaria mundial (Nelson, 2020. Pág. 7)

### **3.3. Generalidades de los sistemas de riego**

Según Calderón y López (2009) mencionan que:

Una parte considerable de los recursos hídricos disponibles en el mundo se emplean en la producción agrícola en especial en las zonas áridas y semiáridas, donde el uso agrario (supone más del 50 %). En estas circunstancias es muy importante conseguir un uso eficiente del agua de riego, no solo desde el punto de vista de la producción de las empresas agropecuarias, sino también desde la perspectiva de los pequeños agricultores en el uso técnico y racional del agua.

Según Espinosa (2016) considera que los sistemas de riego utilizados con mayor frecuencia en Nicaragua son:

Riego por goteo, gravedad, y aspersión o bien con manguera, de éstos, el más accesible económicamente para pequeños y medianos productores es el sistema por goteo.

#### **3.3.1. Riego por goteo**

El riego por goteo consiste en la aplicación de agua sobre la superficie del suelo o bajo éste, utilizando para ello tuberías a presión y emisores de diversas formas, de manera que sólo se moja una parte del suelo, la más próxima a la planta. El agua aplicada por cada emisor moja un volumen de suelo que se denomina bulbo húmedo. Las dimensiones y forma del bulbo dependen básicamente del tipo de suelo, del volumen de agua aplicado y del caudal del emisor (Espinoza ,2016. Pág. 17).

#### **3.3.2. Riego por aspersión**

Cenicaña (2015) menciona que:

El riego por aspersión consiste en la aplicación de agua al cultivo en forma de llovizna. Con este método se alcanzan eficiencias de aplicación del sistema entre 80 y 85 % pero se requiere una alta inversión inicial de capital en los sistemas de distribución y aplicación más el costo de la mano de obra y el mantenimiento de los equipos. En este método de riego es importante suministrar la cantidad precisa de agua que requiere la motobomba y bifurcar las líneas laterales para balancear las presiones de los aspersores (Pág. 3)

### **3.3.3. Riego por microaspersión**

El riego por microaspersión ha mostrado su utilidad, tras 20 años de uso a escala comercial, en diversas zonas áridas de todo el mundo, permitiendo obtener un importante incremento en la eficiencia del riego. También el objetivo fundamental del riego por microaspersión artesanal consiste en proporcionar al suelo en forma artificial el déficit de evaporación y para el crecimiento de las plantas (Calderón y López, 2009. Pág. 12)

### **3.3.4. Importancia del riego para la producción agrícola**

Ortega (2021) define el agua como:

Un recurso fundamental y de suma utilidad para las actividades agropecuarias. No obstante, se requiere de un aprovechamiento óptimo, considerando su escasez en algunas zonas del país. Actualmente, con la introducción de diversas tecnologías y mediante la creación de prototipos, los sistemas de riego y de almacenamiento posibilitan el uso efectivo de vital líquido no solo para consumo, sino también para asegurar la producción de calidad, tanto a nivel de pequeños como de grandes productores.

El agua juega un papel importante para las plantas por sus efectos sobre fenómenos físicos diversos, como el transporte de nutrientes, la transpiración y la reducción de la temperatura de las hojas, el transporte de metabolitos, la fotosíntesis y la respiración. En efecto, es un hecho conocido que cuando los estomas se cierran por un déficit hídrico, los intercambios

gaseosos entre la hoja y el aire disminuyen. Se observa así mismo una estrecha relación entre la absorción de agua por la planta y el desarrollo de su biomasa (Hernández, 2017 Pág. 7).

Por lo tanto, como conclusión práctica, se puede afirmar que la forma más sencilla de mejorar la productividad es proporcionar un aporte de agua en compensaciones correctas. Es precisamente en los cultivos protegidos donde se puede percibir mejor la importancia del aporte de agua por medio del riego, ya que la pluviometría es nula. (Hernández, 2017 Pág. 8).

### **3.4. Infiltración de agua en el suelo con Infiltrómetro de doble cilindro**

A partir de su estudio Enríquez y Orozco (2011) expresan que:

Los anillos infiltrómetro consisten en un juego de dos anillos de 25 cm de alto. El exterior de 55 cm. y el interior de 35 cm. de diámetro; una boya con una escala graduada en cm o mm para realizar las mediciones. Un método ampliamente usado para determinar la infiltración de un suelo es el del cilindro infiltrómetro, el cuales adecuado para métodos de riego que permiten mojar directamente una gran superficie de suelo (bordes, regueros en contorno, aspersión) (Pág. 4).

La limitación más seria para el uso de cilindros infiltrómetros es que su emplazamiento en el suelo provoca un cierto grado de alteración de sus condiciones naturales (destrucción de la estructura o compactación produciendo cierta variación en la cantidad de agua que penetra en el suelo (Pág. 4).

Además, la interfase entre el suelo y el lado del cilindro metálico puede causar una entrada anormal de agua, resultando un mayor volumen de agua que se infiltra en un tiempo dado. Otra de las limitaciones que presenta el uso de cilindros es el problema del aire atrapado al interior de la columna de suelo. La incapacidad del aire para escapar desde el suelo bajo condiciones de flujo saturado generalmente crea un cojín interno de aire que resulta en un impedimento para el movimiento vertical del agua, resultando velocidades de infiltración menores (Pág. 4).

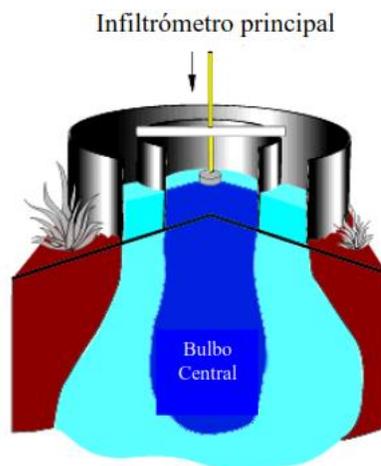


Figura 2. Infiltrómetro de doble cilindro (Enríquez y Orozco, 2011)

Es aplicable también para determinar la conductividad hidráulica saturada en la superficie del suelo y consiste en un juego de cilindros uno interno y otro externo insertado en la capa superficial del suelo, cada cilindro es suplido por un potencial hidráulico constante. La conductividad hidráulica puede ser estimada una vez que el flujo de agua en el cilindro interno se ha estabilizado. (Enríquez y Orozco, 2011. Pág.19)

La aplicación de agua a un área conocida en el cual el rango de infiltración es determinado por la acumulación de agua infiltrada en el suelo por unidad de superficie en una unidad de tiempo la infiltración puede ser medida en ambos cilindros siendo preferente hacer las lecturas en el cilindro interno ya que el cilindro externo ayuda a reducir el error que puede resultar por efecto del flujo lateral del agua en suelo. El cilindro externo virtualmente torna el flujo tridimensional a un flujo unidimensional al permitir que el agua que se encuentra en el cilindro interno fluya casi estrictamente de forma vertical.(Enríquez y Orozco, 2011. Pág. 19)

### 3.5. Descripción de perfiles de suelo

En cada sitio donde se realizaron la descripción de los perfiles de suelo se utilizó la guía de descripción de perfil de suelo de la FAO, 2000.

Las excavaciones de las calicatas para la descripción del perfil de suelo tendrán las siguientes dimensiones 1m x 1m x 1.20 m, orientada de Este a Oeste teniendo la cara a describir opuesta

al sol sea ya por la mañana o bien por la tarde, realizando la descripción en condiciones aceptables de luz solar.

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2000), considera importante que:

La descripción del suelo sea hecha exhaustivamente; esto sirve como base para la clasificación del suelo y la evaluación del sitio, así como para realizar interpretaciones sobre la génesis y funciones medioambientales del suelo. Una buena descripción de suelos y el conocimiento derivado en cuanto a la génesis del mismo son también herramientas útiles para guiar, ayudar en la explicación y regular el costoso trabajo de laboratorio. Asimismo, puede prevenir errores en el esquema de muestreo.

Los suelos son afectados por las actividades humanas, como la industrial, la municipal y la agrícola, que a menudo resulta en la degradación del suelo y pérdida o reducción de sus funciones. Para prevenir la degradación de suelos y rehabilitar el potencial de los suelos degradados, se requiere como prerrequisito datos edáficos confiables, como insumo para el diseño de sistemas de uso de la tierra y prácticas de manejo de los suelos apropiados, así como para lograr un mejor entendimiento del medio ambiente.

### **3.5.1. Clasificación Agrologica**

La metodología usada para la clasificación agrologica postulado por The Soil Conservation Service of USA, dicha metodología en un principio evalúa las características del suelo estableciendo 8 clases. Este sistema presenta indudables ventajas, aunque no carece de inconvenientes (muy fácil y rápida; requiere pocos datos). Las clases son definidas con criterios muy generales, sencillos y fáciles de comprender y adaptar a regiones muy diversas, pero resulta difícil de aplicar con criterios objetivos. Todos los caracteres que configuran la capacidad agrológica tienen idéntico peso. Una misma clase engloba a suelos muy diferentes al ser un sólo parámetro (el máximo factor limitante) el que clasifica al suelo dentro de una determinada clase (en una misma clase podemos encontrar a un suelo que le falla el espesor junto a otro cuyo factor limitante es la salinidad). Con este sistema se obtiene una clasificación muy general de la capacidad del suelo, ya que a veces se prescinde de numerosas

características de los suelos de indudable interés, pero tiene la ventaja de que no es necesario tener un conocimiento profundo del suelo. (López Trigal, 2015. Pág. 9).

### 3.5.2. Sistema de clases agrologicas

Espinoza y Zambrano (2015), explican la clasificación agrologica:

Las clases de capacidad se definen VIII clases con limitaciones de utilización crecientes desde la I definida como la ideal a la VIII como la menos productiva.

- **Laboreo permanente:** Para cualquier tipo de explotación Clase I, suelos ideales; clase II, suelos buenos, pero con algunas limitaciones; clase III, suelos aceptables, pero con severas limitaciones.
- **Laboreo ocasional:** pastos, bosques, o reservas naturales, Clase IV.
- **No laboreo:** solo pastos o bosques (o reservas naturales) no recomendable un uso agrícola por presentar muy severas limitaciones y/o requerir un cuidadoso manejo; clases V, VI y VII).
- **Reservas naturales** (clase VIII).

## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1. Ubicación del estudio

Según el Instituto Nicaragüense de Estudios Territorial (2017):

La finca el plantel se encuentra ubicada en el 30 km carretera Tipitapa- Masaya al sureste de la cabecera municipal de Tipitapa, departamento de Managua, con las coordenadas 86°05'25" longitud Oeste y 12°07'11" latitud Norte, altitud de 108 msnm, limitando con las siguientes comunidades, al Norte con Zambrano, al Sur con Guana Castillo, al Este con Zambrano y al Oeste con Cofradía.

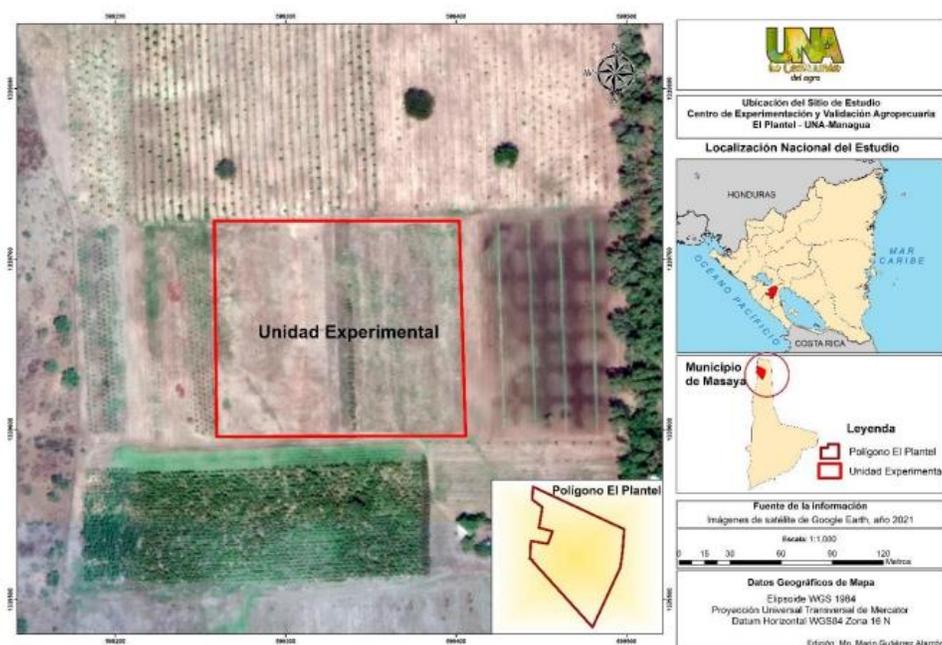


Figura 3. Mapa de ubicación de la zona de estudio (N. Méndez, 2017)

### *Condiciones climatológicas*

La estación meteorológica ubicada en la finca El plantel describe el clima de la zona de estudio como clima tropical seco. El registro de precipitación anual es de 900 mm con valores mensuales de Temperaturas y Humedad Relativa medias.

## 4.2. Diseño Metodológico

El estudio que se realizó es mixto es decir cualitativo y cuantitativo ya que esta incluye las características de ambos enfoques, estos emplean procedimientos cuidadosos, metódicos y empíricos en su esfuerzo para generar conocimiento. Para ambos enfoques se aplican cinco estrategias similares y relacionadas entre sí, las cuales son:

- a) Llevan a cabo la observación y evaluación de fenómenos
- b) Establecen suposiciones o ideas como consecuencia de la observación y evaluación realizadas
- c) Demuestran el grado en que las suposiciones o ideas tienen fundamento
- d) Revisan tales suposiciones o ideas sobre la base de las pruebas o del análisis
- e) Proponen nuevas observaciones y evaluaciones para esclarecer, modificar y fundamentar las suposiciones e ideas o incluso para generar otras.

La combinación de ambos métodos significara la aplicación de la deducción en la elaboración de hipótesis, y la aplicación de la inducción en los hallazgos. Inducción y deducción tienen mayor objetividad cuando son consideradas como probabilísticas.

Considerando las características de ambos enfoques, por una parte el enfoque cuantitativo al utilizar la recolección y el análisis de datos para contestar preguntas de investigación y probar hipótesis establecidas previamente y al confiar en la medición numérica, el conteo y la estadística para establecer con exactitud patrones de comportamiento en una población, y por otra parte, el enfoque cualitativo, al utilizarse primero en descubrir y refinar preguntas de investigación y al basarse en métodos de recolección de datos sin medición numérica, como las descripciones y las observaciones y por su flexibilidad se mueve entre los eventos y su interpretación, entre las respuestas y el desarrollo de la teoría.

#### **4.2.1. Fuente de abastecimiento para los sistemas de riego**

Cruz y Alvarado (2016) documentan que:

Se contrataron los servicios de la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado Sanitario (ENACAL) para la perforación del pozo, bajo la Dirección de la gerencia de construcción a cargo del Ing. Jorge Antonio Gutiérrez Flores. Para garantizar la calidad de perforación y constatar el volumen de obras a ejecutarse se contrataron los servicios del técnico electromecánico José Beltrán Montiel Pérez. (Pág. 14)

Durante la etapa de perforación del pozo se utilizó un equipo de perforación marca “Bucyrus-Erie” por el método de percusión y tipo de broca “California” con diámetro de 13 pulgadas para la perforación inicial y 17 ½ pulgadas para la ampliación del mismo. (Pág. 14)

Se encontró el nivel estático del agua (NEA), manto acuífero a los 170 pies (51.8 m) y 175 pies (53.3 m) de profundidad (ENACAL, 2012). Se inició la Perforación del Pozo el día 18 de enero - febrero 2012; teniendo un periodo de 35 días, acumulando un total de 420 horas máquina- hombres para una perforación total de 500 pies (152.5 m) de profundidad. (Pág. 15)

En la ejecución de la perforación no se presentaron limitaciones ya que las condiciones del sitio fueron adecuadas; el equipo de perforación no presentó desperfectos mecánicos y las dificultades con las formaciones geológicas rocosas inestables fueron superadas por la experiencia del operador – perforador Sr. Mauricio Vallecillo. (ENACAL, 2012 .Pág. 10):

#### **4.3. Parámetros climáticos**

Las variables que se analizaron en el estudio se obtuvieron de la nueva estación meteorológica Davis Vintage pro 2 de la finca la cual inicio la toma de datos el día 11 de mayo del 2020. La ubicación geográfica de la estación El plantel es 12°11'87'' N, 86°09'23'' O y 118 m de elevación.

### ***Temperatura***

Es la cantidad de energía calorífica que posee el aire en un momento determinado. Se mide mediante termómetros, habitualmente en grados Celsius (°C) y determina las sensaciones de calor y frío. La temperatura es medida con el termómetro de mercurio, instalado de tal forma que adopte la temperatura del aire, por lo que es necesario protegerlo de la radiación, tanto solar como del reflejo.

### ***Precipitaciones***

Es la cantidad de lluvia caída en un territorio y en un periodo. En un análisis detallado se suele diferenciar entre precipitaciones en forma de lluvia, nieve, granizo, tormenta y precipitaciones y precipitaciones inapreciables (inferiores a 0,1 mm.) Las precipitaciones son medidas con pluviómetros o pluviógrafos y se miden en mm.

### ***Índice de calor***

El índice de calor, también conocido como la temperatura aparente y dada en grados celsius o Fahrenheit, según los países, es una medida de cómo realmente se siente cuando se combina la humedad relativa con la temperatura real del aire.

### ***Humedad relativa***

La humedad relativa (HR) es la medida del contenido de vapor de agua en el aire. Más explícitamente, es la cantidad de vapor de agua presente en el aire expresada como un porcentaje de la cantidad necesaria para lograr la saturación a esa temperatura.

La humedad relativa es fuertemente proporcional a la temperatura y altamente sensible a sus cambios. Esto significa que, si tiene una temperatura estable en su sistema, su humedad relativa también lo será. Además de la temperatura, la humedad relativa también depende de la presión del sistema en cuestión.

### ***Velocidad del viento***

Es el movimiento del aire en la atmósfera, que se desplaza desde las zonas de altas presiones a las de bajas presiones. Aunque este movimiento tiene lugar en las tres dimensiones del espacio, en meteorología se mide sólo la velocidad y dirección de su componente en el plano horizontal. La velocidad la mide el anemómetro, en  $\text{km.h}^{-1}$ . La dirección se mide mediante

una veleta, en grados desde el norte, y nos indica de dónde viene el viento: del norte, del noroeste, del este.

#### **4.4. Parámetros de riego**

##### *Estado de los sistemas*

El estado actual de los sistemas evaluados se realizó mediante un inventario de los accesorios del sistema desde elevadores, aspersores y boquillas.

##### *Coficiente de uniformidad*

Playan (2000) expresa que:

En todos los sistemas de riego, una elevada uniformidad permite hacer un uso más eficiente del agua disponible, maximizar la producción y limitar las pérdidas de agua por percolación profunda. Las evaluaciones de riego en campo sirven al propósito para determinar la distribución del agua del riego en la parcela. Los sistemas de riego por aspersión requieren un valor mínimo de uniformidad para ser considerados aceptables los rangos de uniformidad del sistema de riego por aspersión pueden situarse entre el 70 y el 85 %. Para los sistemas de cobertura fija, Keller y Bliesner (1990), consideran la uniformidad de riego baja cuando el coeficiente de Uniformidad de Christiansen (CU) es inferior al 84 %. Este criterio se usará en este trabajo para distinguir valores altos y bajos del CU (Pág. 4)

Se realizó una prueba de pluviometría en cada lote, se seleccionaron 6 aspersores para la evaluación tomando en cuenta el diseño del sistema y el Ea y El se colocaron los pluviómetros cada 2 y 3.5 m en el lote 1, 2 y 3 respectivamente para encender el sistema durante un rango de 1 a 1.5 horas.

Para calcular el coeficiente de uniformidad utilizaremos en procedimiento de Christiansen con la siguiente ecuación

$$CU = 100 \left( 1 - \sum \left| \frac{I_i - I_m}{n \times I_m} \right| \right)$$

Donde:

CU = coeficiente de uniformidad expresado generalmente en (%)

$I_i$  = Intensidad medida en cada pluviómetro, en ( $mm h^{-1}$ )

$I_m$  = Intensidad media de todas las observaciones, en ( $mm h^{-1}$ )

n = Cantidad de observaciones

El criterio de evaluación que utilizaremos es el propuesto por Christiansen en 1942 que se muestra en el cuadro 1.

Cuadro 1. Clasificación según el coeficiente de uniformidad.

<b>Porcentaje de Cu</b>	<b>Clasificación</b>
$Cu= 100 - 75 \%$	BUENA
$Cu=75 - 55 \%$	REGULAR
$Cu= < 55\%$	MALA

### ***Presión***

Definida como la fuerza ejercida sobre una superficie determinada en referencia al agua, es aquella que circula en la tubería; es decir la presión es la fuerza que ejerce el agua sobre las paredes y distintos elementos que componen los sistemas de riego, desde la fuente de abastecimiento hasta la zona donde se desea regar (Díaz y Herrera, 2019. Pág.11)

Para medir las presiones se utilizó un manómetro con unidades de medida en (PSI), se sujetó el aspersor para evitar el golpeteo que provoca el movimiento circular y se colocó el manómetro en el orificio de descarga, la prueba fue realizada en 9 aspersores en el lote 1, en 7 aspersores en el lote 2 y en 6 aspersores en el lote 3 siguiendo la diagonal de presión.

### ***Caudal (g.p.m)***

Se realizó un aforo volumétrico al aspersor, utilizando una manguera de 1/2 pulgadas, un balde de 20 litros y un cronómetro. Se registró el tiempo de llenado del recipiente, determinándose el caudal. La prueba se realizó en todos los aspersores en cada lote con cuatro repeticiones en cada aspersor, siguiendo la diagonal de presión.

El caudal de cada aspersor, en galones por minuto se calculará mediante la fórmula:

$$Qa = \frac{Vr}{T} \times 15.85$$

Dónde:

Qa: Caudal del aspersor (g.p.m)

Vr: volumen recogido (l)

T: tiempo de llenado (s)

15.85: factor de conversión

#### 4.5. Parámetros de suelo

##### *Velocidad de infiltración*

Alvarado y Serapio (2016) definen que:

La infiltración es el proceso de entrada de agua al suelo, generalmente a través de la superficie y verticalmente hacia el interior del suelo. Cuando se realiza un riego, la velocidad con la cual el agua entra al suelo disminuye con el tiempo, hasta que se llega a una situación en la cual la velocidad de infiltración no varía con el tiempo, denominándose esta como velocidad de infiltración estabilizada o infiltración básica.

La velocidad de infiltración y la infiltración acumulada se puede estimar por medio de dos métodos: cilindros infiltrómetros y entradas y salidas. Los datos obtenidos se utilizan en el desarrollo de las ecuaciones empíricas, como las de Horton y Kostiakov-Lewis. (Pág.10) Cuya fórmula es la siguiente:

$$I = K \times t^{-n}$$

Dónde:

I = Infiltración instantánea en mm h o cm h

K = Velocidad de infiltración durante el intervalo inicial (t = 1)

t = Tiempo en minutos

n = Exponente a dimensional negativo, entre 0 y -1. Corresponde a la pendiente de la curva e indica como la velocidad de infiltración disminuye con el tiempo.

##### *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 de los suelos. En el riego y el drenaje, la textura juega un papel fundamental, en el cálculo de láminas de riego, de lavado, en el

proyecto y diseño de sistemas de riego y de drenaje. Por esta razón haremos una descripción amplia de la misma (Cisneros, 2003. Pág.9)

Además, Cisneros agrega que la textura se refiere a:

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, limo y de las arenas de menos de 2 mm de diámetro. Si las partículas mayores de 2 mm están presentes en cantidades significativas, al nombre de la textura se le agregará el adjetivo de gravoso o pedregoso según sea el caso.

### ***Estructura***

Desde el punto de vista morfológico, es el grado, forma o modo en que las partículas integrantes de un suelo se asocian entre sí, formando en forma natural grupos unidos sin la intervención del hombre. Los agregados son unidades secundarias o gránulos de muchas partículas de suelo enlazadas o cementadas por sustancias orgánicas, óxidos de hierro, carbonatos, arcillas o sílice (Cisneros, 2003. Pág.9)

Los agregados naturales se denominan peds (granos) y varían su estabilidad en el agua; los terrones son masas coherentes de suelo, de cualquier forma, que se han quebrado por un medio artificial como la labranza. La estructura afecta la penetración del agua, el drenaje, la aireación y el desarrollo de las raíces, incidiendo así en la productividad del suelo y las facilidades de la labranza. (Cisneros, 2003. Pág.10)

Los diferentes tipos de estructuras más comunes pueden ser:

- Granular
- Migajosa
- Laminar
- Bloques angulares
- Bloques sub angulares
- Prismáticas
- Columnar

## ***Porosidad***

Según Cisneros (2003) el espacio poroso es:

La porción de suelo no ocupado por partículas sólidas (minerales u orgánicas). Los espacios porosos están ocupados por aire y agua. El arreglo de las partículas sólidas del suelo determina la cantidad de espacio poroso. La relación de la textura con la porosidad es alta; en suelos arenosos, se tienen poros grandes y continuos, en suelos arcillosos, se tienen poros muy pequeños, pero más abundantes, por lo mismo, los suelos arcillosos tienen una mayor porosidad total. (Pág.7)

La porosidad se define como el porcentaje del volumen total de suelo que está ocupado por los poros:

$$Pt = \frac{V \times 100}{Vt}$$

donde:

Pt = porosidad, %

V = volumen de vacíos, cm<sup>3</sup>

Vt = volumen total, cm<sup>3</sup>

### **4.6.Recolección de datos**

Los datos fueron recolectados de la estación metrológica DAVIS VANTAGE PRO-2 y las pruebas de infiltración por el método de anillos concéntricos, calicatas y pruebas de pluviometría

### **4.7.Análisis de datos**

Una vez recopilada la información de campo se procedió a la organización, revisión y digitalización de la información de campo. Asimismo, el procesamiento conllevará al uso de herramientas de programas como: Excel y ArcGIS. En la hoja de cálculo Excel se plasmarán los datos de caudales, presiones y uniformidad, la velocidad de infiltración se corregirá a partir de método de Kostecov-Lewis.

## **V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **5.1. Variables Climáticas**

#### **5.1.1. Temperaturas máximas y mínimas**

Según Rivas (2018) la temperatura es:

La temperatura es un indicador del grado de calentamiento del aire, (a mayor calentamiento del aire, mayor agitación molecular, es decir, mayor temperatura). Por su influencia en la vida, hay temperaturas favorables y desfavorables (pág. 27)

Los valores máximos de temperatura se encuentran en los meses de marzo a mayo entre los 30°C y 34°C, .por otro lado los valores mínimos se encuentran desde noviembre hasta enero en un rango de los 20°C y 23°C (Fig.4)

La temperatura media varía entre los 26°C y los 29°C a lo largo del año, es decir que no presenta una amplitud de variación superior a los 4°C lo cual podemos definir como relativamente pequeña.

#### **5.1.2. Precipitaciones**

Se definen como la caída de agua procedente de las nubes, en forma de gotitas o de partículas sólidas. Las pequeñas gotitas de las nubes (de 10 a 30 micras de diámetro) se unen y forman gotas más grandes (de 2000 micras de diámetro), que vencen la resistencia del aire y caen (Rivas, 2018. Pág. 30)

Las mayores precipitaciones se muestran en los meses de mayo hasta noviembre entre los 100 mm y 200 mm como se observa en la figura 4. Por otro lado, de diciembre a abril no hay presencia considerable de lluvia debido a esto se utiliza los diferentes sistemas de riego para abastecer las necesidades de los cultivos establecidos en los lotes de riego.

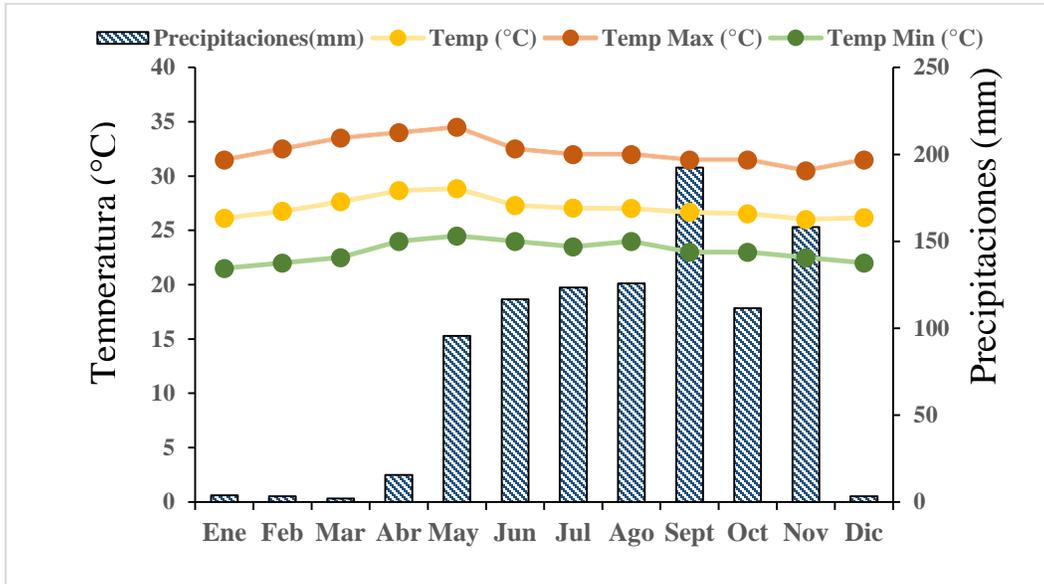


Figura 4. Climograma de la finca El Plantel, Masaya. Periodo 2020-2022

### 5.1.3. Humedad relativa

Es la humedad que contiene una masa de aire, en relación con la máxima humedad absoluta que podría admitir sin producirse condensación, conservando las mismas condiciones de temperatura y presión atmosférica. Esta es la forma más habitual de expresar la humedad ambiental. Se expresa en tanto por ciento. % donde es la presión parcial de vapor de agua en la mezcla de aire; es la presión de saturación de vapor de agua a la temperatura en la mezcla de aire; y es la humedad relativa de la mezcla de aire que se está considerando (Romero ,2014. pág. 421)

La humedad relativa es mayor en los meses de junio a noviembre en un rango desde el 81% hasta el 87% en los cuales se debe dar un mayor seguimiento a los cultivos establecidos por el aumento de patógenos como hongos que pueden afectar las plantas. Por otro lado, los menores porcentajes ocurre en los meses de diciembre a abril oscilan de 69% al 71%.

#### 5.1.4. Índice de calor

El índice de calor es la combinación de la temperatura del aire y la humedad que proporciona una descripción de la manera en que se percibe la temperatura. Expresado en grados Celsius o Fahrenheit indica el nivel del calor que se siente cuando la humedad relativa se suma a la temperatura real (Barcia ,2020. Pág. 1)

Los meses en los que el índice de calor es mayor son de abril hasta octubre entre los 30°C y 34°C como se muestra en la figura 5. Los valores menores se encuentran en los meses de noviembre a mayo con un índice entre los 28°C y 29°C.

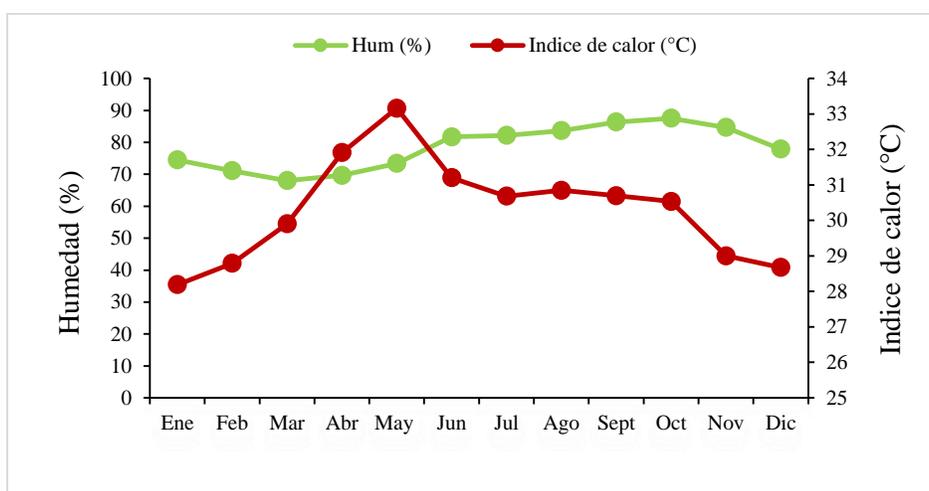


Figura 5. Relación de la humedad (%) e Índice de calor (°C), finca El Plantel. Periodo 2020-2022.

#### 5.1.5. Velocidad del viento

La velocidad básica del viento corresponde a un valor de referencia internacional definida en las normas de las acciones del viento, y se determina a partir de los registros históricos de las velocidades máximas diarias, mensual, anual y promedio medidas en las estaciones que conformen la red meteorológica y climatológica (García, 2017. Pág. 5).

El comportamiento de los vientos en El plantel presenta valores desde 2.1 km.h<sup>-1</sup> en el mes de octubre hasta los 7.5 km.h<sup>-1</sup> en el mes de marzo. La ascendencia de los valores inicia desde el mes de enero hasta marzo, disminuyendo desde el mes de abril a octubre donde tiene un

ascenso hasta el mes de diciembre. Conocer la velocidad del viento a lo largo del año es fundamental para la selección del cultivo a establecer y los turnos de riego.

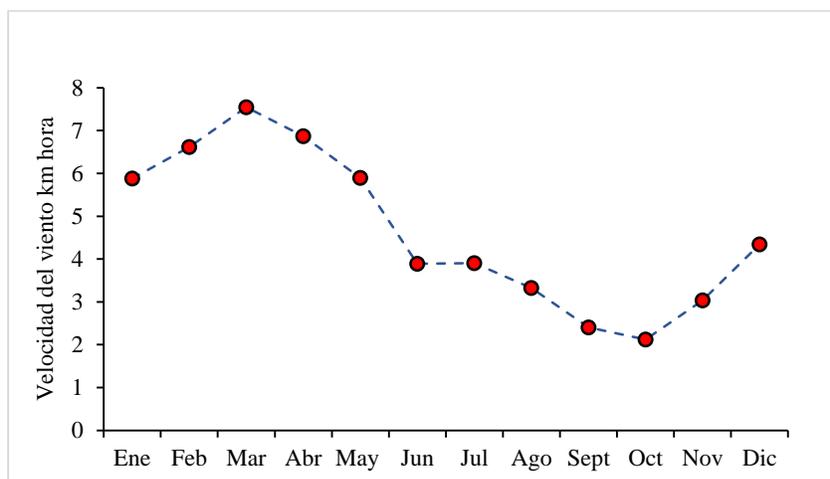


Figura 6. Velocidad del viento (km.h<sup>-1</sup>) en la finca El Plantel, Masaya.

## 5.2. Sistemas de riego

### 5.2.1. Delimitación de lotes del área agrícola de la UEVP.

La delimitación del área de uso agrícola de la UEVP fue dividida en lotes figura 7, con sistemas de riego y cultivo establecidos, los 14 lotes fueron georreferenciados y registrados con el uso actual desde cultivos anuales, semiperennes y perennes. El área agrícola actual representa un 26 % del área total equivalente a 163 hectáreas del plantel.

La georreferenciación de cada lote contiene la siguiente información: Identificados (ID), estado y condición de los aspersores, modelo, caudal, presión, elevación, uso actual de la tierra y responsable inmediato en el manejo de los diferentes sistemas (FAGRO), Biointensivo, áreas de pastos, ubicación de bomba y cada uno de los laterales que componen los sistemas de riego por aspersión.

Proyección: Universal Transversal de Mercator.  
 Dato Horizontal: WGS84.  
 Esferoide: WGS84.  
 Zona UTM: 16 P.

Mapa de Lotes con Sistemas de Riego en la finca El Plantel. 2020

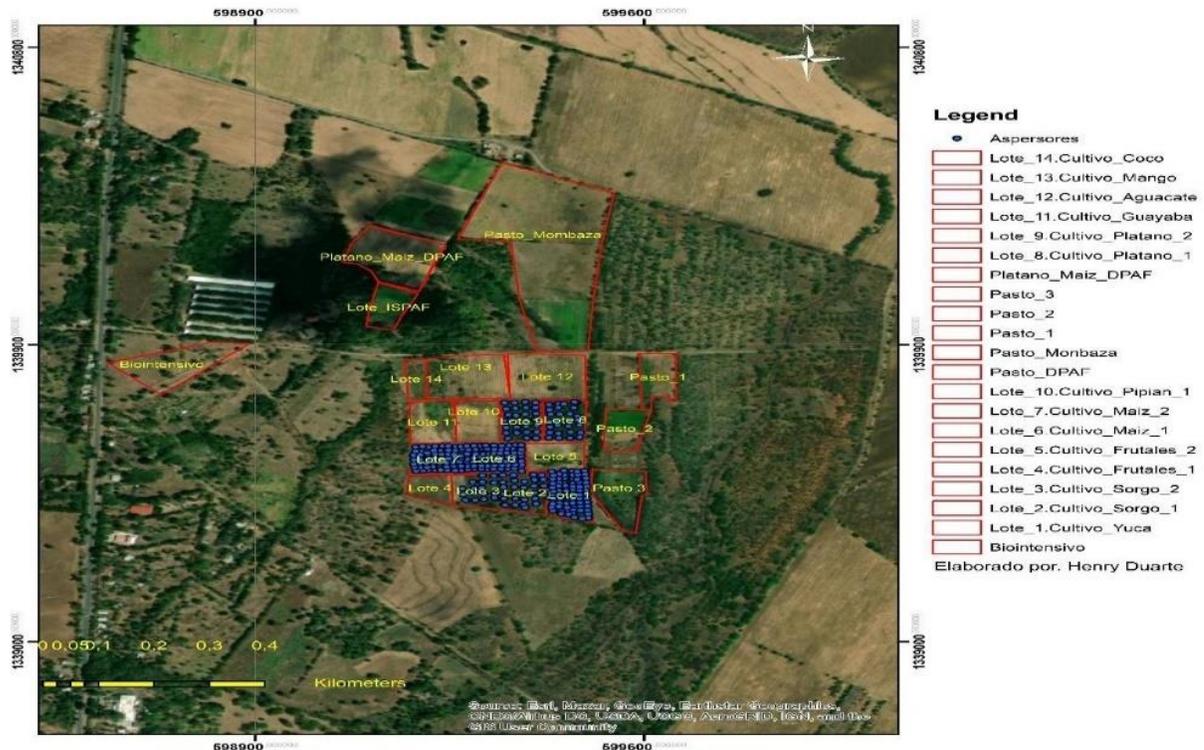


Figura 7. Lote del área agrícola con sistemas de riego UEVP. (Duarte, 2020)

### 5.2.2. Estado actual del sistema de riego por aspersión Lote 1, 2 y 3

La carrera de Ingeniería Agrícola tiene como bases las disciplinas de hidráulica, edafología, topografía, maquinaria, riego y drenaje. El riego al ser uno de los eslabones más importantes para la producción de cultivos agrícolas, ya que el riego compensa la pérdida de agua por evapotranspiración cuando las precipitaciones son insuficientes. En base a lo anterior es necesario realizar diagnósticos del funcionamiento de sistemas de riego, estado de los aspersores, válvulas, tuberías y bomba.

En el año 2020 durante el periodo intersemestral de PRAFAMEL Y PPP los estudiantes del 3er y 4to año de la carrera de Ing. Agrícola realizaron un inventario de los sistemas de riego en los lotes 1, 2 y 3 en el cual el porcentaje de aspersores funcionales se encontraba en un rango del 70 % al 80 % esto debido a factores como la alta radiación solar, el mal manejo y

deterioro del sistema, debido a estos valores el sistema no estaba obteniendo la productividad deseada.

Cuadro 2. Estado de sistemas de riego por aspersión 2020

Lote	Modelo de Aspersor	Cantidad Total	Aspersores en buen estado	Aspersores en mal estado
1	Smoot Drive	70.00	55.00	15.00
2	Senninger4023-2	28.00	15.00	13.00
3	Senninger4023-2	30.00	18.00	12.00

Actualmente los sistemas de riego de los lotes 1, 2 y 3 se encuentran con un 100 % de aspersores funcionales a como se muestra en el cuadro 3, La restauración de estos sistemas fue realizada en el año 2021 por estudiantes del 3er y 4to año de la carrera de ingeniería agrícola.

Cuadro 3. Estado actual de sistemas de riego por aspersión 2022

Lote	Modelo de Aspersor	Cantidad Total	Aspersores en buen estado	Aspersores en mal estado
1	Senninger3023-2	70.00	70.00	0.00
2	Senninger4023-2	28.00	28.00	0.00
3	Rivulis S 6000	30.00	30.00	0.00

### 5.3. Caudales (g.p.m.)

En el cuadro 4 se muestran los resultados obtenidos en función de la prueba de aforo volumétrico, tomando datos por lote con 3 repeticiones en cada aspersor. En el lote 1 se obtuvieron caudales desde 2.8 g.p.m hasta 3 g.p.m con un caudal medio de 2.87 g.p.m, en el lote 2 el caudal medio fue de 6.35 g.p.m y un intervalo de caudales desde 6.08 g.p.m hasta los 6.56 g.p.m. por otro lado, el lote 3 el cual obtuvo los caudales mayores debido al modelo de aspersor obtuvo un caudal medio de 10.7 g.p.m con valores desde 10.19 g.p.m hasta 11.44 g.p.m. No existe una gran variabilidad entre la mayoría de los datos de esta variable por lote.

La variabilidad del caudal en los tres lotes evaluados es debido a que cada lote presenta un aspersor diferente esto debido al distanciamiento entre aspersor y lateral de riego establecido desde su diseño en el año 2014.

Cuadro 4. Resultado de caudales en lotes de aspersión

Lote	Aspersores evaluados	Caudal promedio	Caudal máximo	Caudal mínimo
1	60.00	2.87	3.00	2.80
2	28.00	6.35	6.56	6.08
3	30.00	10.70	11.44	10.19

#### 5.4. Presiones (PSI)

El cuadro 5 presenta los datos obtenidos de presión en 9, 7 y 6 aspersores en los lotes 1, 2 y 3 respectivamente siguiendo la diagonal de presión en cada uno. En el lote 1 se obtuvo una variabilidad de presión que van desde los 30 PSI hasta los 38 PSI a partir de la unidad media de 34 PSI. El lote 2 se midieron presiones desde los 52 PSI hasta los 58 PSI y una media de 54.7 PSI. Por otro lado, el lote 3 el intervalo de presiones es desde 24 PSI hasta los 30 PSI y presión media de 25.6 PSI, siendo estos dos últimos los lotes con un menor rango de variabilidad de 6 PSI. Aun así, la variabilidad no es muy significativa debido a que las presiones de menores valores son de los aspersores ubicados a mayor distancia de la fuente de abastecimiento.

Cuadro 5. Resultado de presiones en lotes de aspersión

Lote	Aspersores evaluados	Presión promedio (PSI)	Presión máxima (PSI)	Presión mínima (PSI)
1	60.00	34.00	38.00	30.00
2	28.00	54.70	58.00	52.00
3	30.00	25.60	30.00	24.00

#### 5.5. Coeficiente de uniformidad

De la Cruz (2015), refiere que:

El coeficiente de uniformidad fue desarrollado por Cristianasen (1942), el cual es una representación estadística de uniformidad, utilizado principalmente en los sistemas de riego por aspersión; es el parámetro de uniformidad de uso más generalizado. En sistemas de riego por aspersión estacionario, se recomienda valores de CU mayores de 80%, aunque depende de la velocidad del viento. (Pág. 31)

### 5.5.1. Coeficiente de uniformidad en el lote 1

El efecto del viento sobre la uniformidad del riego en los sistemas de riego por aspersión ha sido estudiado por diversos autores y desde distintas perspectivas, Sin embargo, existen menores trabajos acerca del efecto del viento sobre el rendimiento de los cultivos (a través de su influencia sobre la uniformidad del riego). Este aspecto resulta muy importante para el diseño, manejo y evaluación económica de un sistema de riego (De la Cruz,2015. Pág. 33)

Según los datos de los estudios el coeficiente de uniformidad del sistema en el lote 1 se obtuvo resultado un 84.38% para los caudales. Según Merria, y Keller (1978), la clasificación de los valores de CU entre el rango de 75 a 100 % se consideran buenos. Ubicando este lote de sistema de riego dentro de la ponderación.

La velocidad del viento registrada en la prueba fue de  $3 \text{ km.h}^{-1}$  Así mismo, en comportamiento de las presiones fue uniforme. En la figura 8 se muestra el esquema de la prueba de pluviometría y mediciones de presión realizadas en este sistema. El diseño del sistema de riego y la selección de los aspersores son aspectos sumamente importantes debido a que si se desea obtener altos valores de uniformidad el espaciamiento entre aspersor y lateral debe ser adecuado al rango de cobertura del aspersor.

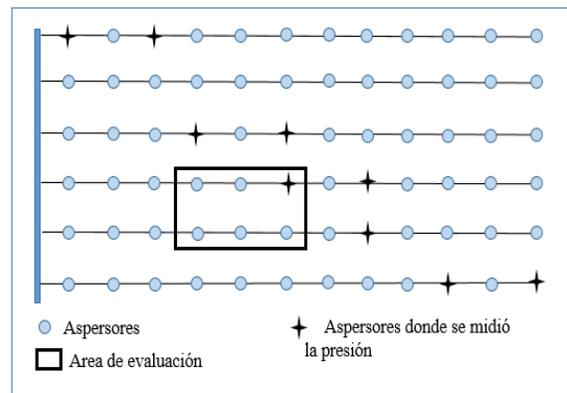


Figura 8. Esquema de prueba de pluviometría y medición de presiones, lote 1.

### 5.5.2. Coeficiente de uniformidad en el lote 2

La uniformidad en la distribución tiene importancia por los efectos y pérdidas de agua que se produce, teniendo una gran repercusión en la eficiencia del riego. La separación entre aspersores debe permitir un recubrimiento de las áreas mojadas. Buscando una buena uniformidad. Sí el recubrimiento es total y la separación entre aspersores igual al radio mojado, la uniformidad será muy buena. Pero existe el inconveniente que la pluviometría sea alta y que se aumente mucho el material necesario para el riego. Por estas razones, el solape

de aspersores es una cuestión muy debatida y los diferentes investigadores, ya autores, no se ponen de acuerdo en cuál es la separación óptima. Una baja uniformidad en un sistema de riego por aspersión implica la existencia de zonas del suelo con exceso de agua y otras con escasez; o bien la necesidad de aplicar agua en exceso para que las zonas que reciben menos cantidad estén suficientemente abastecidas (De la Cruz,2015. Pág. 27)

En la figura 15 se observa el esquema de la prueba de pluviometría y medición de presiones realizadas en el lote 2. A partir de los datos de los estudios el coeficiente de uniformidad del sistema en el lote se obtuvo resultado un 54.22 % para los caudales. Según Merria, y Keller (1978), la clasificación de los valores de CU < 55% como una mala. Ubicando este lote de sistema de riego fuera de la ponderación.

Algunos aspectos que influyen en la uniformidad del riego del sistema son: la topografía del terreno, el espaciamiento y la velocidad del viento. En la prueba de pluviometría se observó que los principales factores por los que este lote presento una menor uniformidad son las medidas de espaciamiento entre aspersores y laterales de riego (20 m x 18 m) y el hecho que los aspersores esten elevados a 1.5 m por lo cual el efecto del viento es mayor.

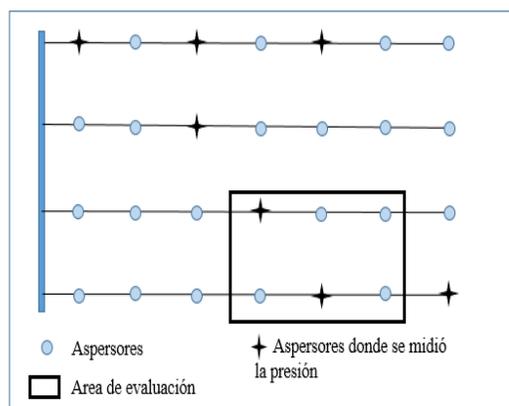


Figura 9. Esquema de prueba de pluviometría y medición de presiones, lote 2.

### 5.5.3. Coeficiente de uniformidad en el lote 3

Según los datos de los estudios el coeficiente de uniformidad del sistema en el lote 3 se obtuvo un coeficiente de uniformidad de 76.32 % Según Merria, y Keller (1978), la clasificación de los valores de CU entre el rango de 75 a 100 % se consideran este valor como aceptable. Ubicando este lote de sistema de riego dentro de la ponderación. Así mismo, el

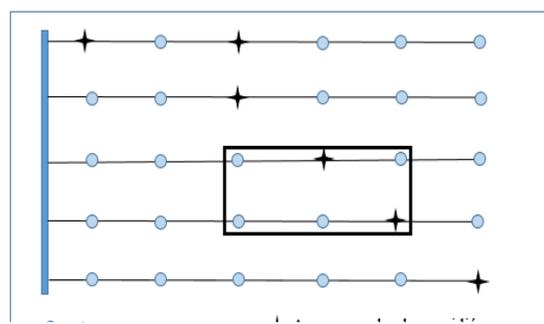


Figura 10. Esquema de prueba de pluviometría y medición de presiones, lote 3.

comportamiento de las presiones se obtuvieron buenos resultados en la uniformidad de esta. En la figura 10 se muestra el esquema de la prueba de pluviometría y mediciones de presión realizadas en este sistema.

## 5.6. Características Edáficas

### 5.6.1. Descripción de perfiles

En la figura 11 se muestran la ubicación de los siete perfiles de suelos descrito en base a la guía de descripción de perfil de suelo (FAO, 2000). En este proceso se logró identificar la ubicación de cada perfil tomado como criterios: Color, textura y cultivo establecido. Con el fin que la información permita en el futuro tomar las mejores decisiones en cuanto al manejo del suelo y manejo agronómico de los cultivos.

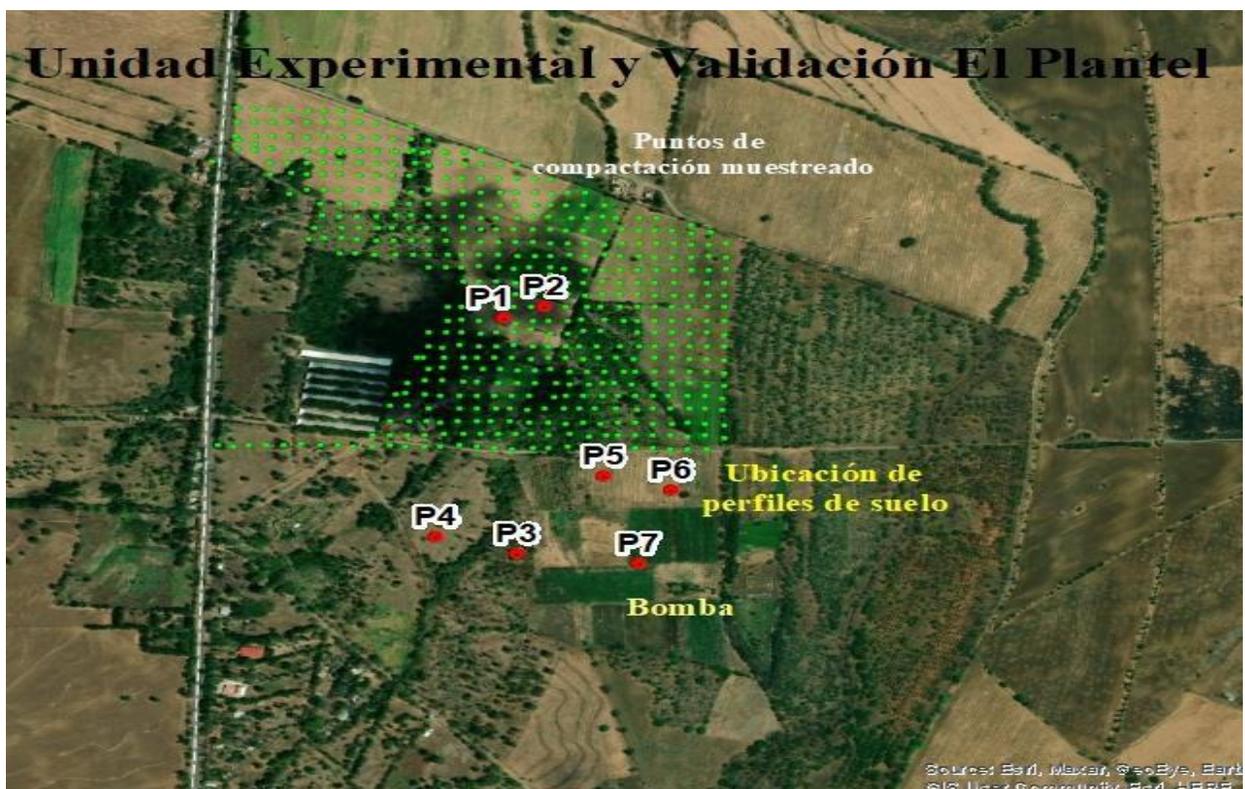


Figura 11. Ubicación de perfiles del suelo (Duarte, 2020)

### 5.6.2. Velocidad de Infiltración e infiltración acumulada en los perfiles de suelo

Mayorga y Gómez (2019) definen que:

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 (Pág.8)

Al realizar las calicatas para la descripción de perfiles de suelo simultáneamente en costado se realizó una prueba de infiltración para conocer las características de infiltración del suelo.

### 5.6.3. Perfil 1 departamento de protección agrícola y forestal

Cuadro 6. Descripción del perfil 1.

Ubicación: DPAF*	Fecha: 29 Sept. 2020	Autores: Kellyne D. Membreño, Gerardo U. Murillo M.		Calicata N.1
Localización: Finca el Plantel UTM: 0599124, 1340182, altitud 108		Capacidad uso de la tierra: Clase III	Drenaje: Bien drenado	Posición: parte baja
Forma del terreno: Plano	Profundidad del manto freático: 162 pies	Vegetación y uso de la tierra: cultivo de plátano y el uso es agrícola		

Horizonte A: 0 – 26 cm (10 YR 3/3) color marrón oscuro húmedo con una textura arcillo arenosa, de estructura en bloque angulares de medio (10 - 20 mm) a grueso (20 – 30 mm), estructura en bloques subangulares de fino, medio y grueso (5 - 50 mm), la consistencia en seco es firme y en húmedo plástico y adherente, abundante poros finos y macros poros, actividad biológica de hormigas y lombrices de tierra, el límite entre horizontes diagnóstico, no hay presencia de carbonato de calcio. Horizonte

A2: 26 - 60 cm (10 YR 2/2) marrón muy oscuro en húmedo, la textura al tacto es arenoso, la estructura de bloque angulares de medio a grueso (20 – 50 mm) con pocos micros poros hasta los 45 cm, mostrándose una capa endurecida por la actividad agrícola con implemento pesado (piso de arado Bm), se muestran pocas raíces finas y no hay presencia de carbonato de calcio. Horizonte



A3: 60 cm – 100 cm (10YR 6/4) tiene un color marrón amarillento claro con arena volcánica mostrando un espesor de los 60 cm – 67 cm una capa de arena y ceniza volcánica suelta

En el cuadro 6 podemos observar que en el perfil 1 realizado en el área de plátano del DPAF el suelo es de clase III ya que después del piso de arado tiene cierta ventaja en retener los minerales del suelo evitando la lixiviación de ellos a capas más profundas, ante esto es importante preparar el terreno dejando un delgado espesor del piso de arado para evitar el proceso de lixiviación de los minerales en la estación lluviosa o de riego excesivo características: Terreno moderadamente bueno con limitantes importantes en suelo, pendiente o drenaje, los usos que se puede utilizar este tipo de suelo es para la agricultura, pastura y cuenca colectora. Las medidas de conservar este tipo de suelos son labranza en contorno, cultivo en franjas, vías fluviales, terrazas.

#### 5.6.4. Velocidad de infiltración en el perfil 1

En la figura 12 se observa que los resultados de la prueba de infiltración realizada en el área del DPAF la infiltración básica promedio  $1.3 \text{ cm h}^{-1}$  de acuerdo con este resultado se clasifica como una velocidad de infiltración lenta, la infiltración acumulada es de  $15 \text{ cm h}^{-1}$  alcanzada en un tiempo de 5.7 hora, influyo de manera importante que dichas pruebas fueron realizadas en la estación de invierno a consecuencia de esto el movimiento del agua en el suelo tuvo mayor afluencia.(USDA, 1993)

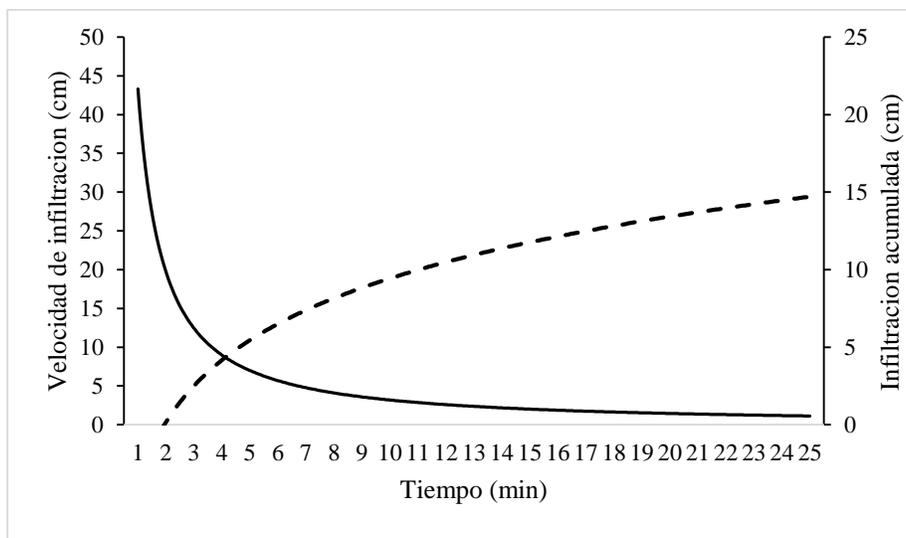


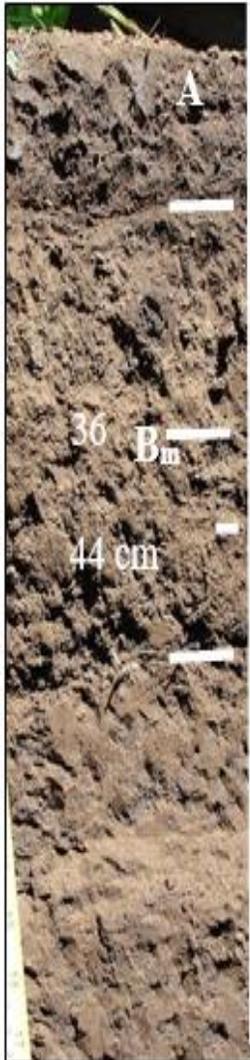
Figura 12. Infiltración acumulada y velocidad de infiltración, perfil 1 Área DPAF.

### 5.6.5. Perfil 2 Departamento de protección agrícola y forestal

Cuadro 7. Descripción del perfil 2

Ubicación: DPAF*	Fecha: 29 sept. 2020	Autores: Gerardo U. Murillo M., Berman J. Meza M., Osmar J. Aguirre C., Fernando J. Hernández		Calicata N. 2
Localización: Finca Plante UTM: 0599126 L 1340488 altitud: 105		Capacidad uso de la tierra: Clase III	Drenaje: Bien Drenado	Posición: parte baja
Forma del terreno: Plano	Profundidad del manto freático: 162 pies	Vegetación y uso de la tierra: cultivo de plátano con uso es agrícola		

\*DPAF Departamento de protección agrícola y forestal



Horizonte A: 0 - 29 cm 10 (YR 4/4) color marrón amarillento oscuro, de textura franco arcillo al tacto, consistencia es frágil, plástico y adherente en húmedo, estructura de bloque angulares finos (5 - 10 mm), medianos (10 - 20 mm) y grueso (20 - 50 mm). Se encontró abundantes raíces finas, gruesas más de dos por decímetro cuadrado y abundantes raíces medias. La actividad microbiana del horizonte es abundante con lombriz de tierra (Lumbricidae), mil pies (Diplopoda), con relación a la porosidad son abundante la presencia de micro, meso y macroporos.

Horizonte B: 29 – 113 cm (10 YR 2/2) en húmedo, marrón muy oscuro, con textura franco arenoso al tacto, consistencia firme, y plástico y adherente en mojado, estructura encontrada de bloques angulares y subangulares de mediano a gruesos (10 - 20 mm y 20-50mm respectivamente), se encontró abundantes raíces finas. La actividad microbiana con lombriz de tierra y la presencia de poros finos y meso poros. Se muestra una capa endurecida entre los 36 a 44 cm dentro del horizonte B (piso de arado Bm).

Observación: el suelo es un depósito de sedimentos que a se ha acumulado a lo largo de décadas, dejando el suelo original sepultado debajo de este depósito. Con un buen drenaje y permeabilidad.

A como se muestra en el cuadro 7 este suelo es de clase III al igual que en el perfil N° 1 Las principales características de esos suelos son: terreno moderadamente bueno con limitantes importantes en suelo, pendiente o drenaje, los usos que se puede utilizar este tipo de suelo es para la agricultura, pastura y cuenca colectora. Las medidas de conservar este tipo de suelos son labranza en contorno, cultivo en franjas, vías fluviales, terrazas.

Estos suelos están actualmente siendo utilizados como suelos de clase I, en ellos siembran el cultivo de plátano, con un sistema de riego por aspersión móvil.

### 5.6.6. Velocidad de infiltración en el perfil 2

En la figura 13 se aprecia la velocidad de infiltración del suelo del perfil 2 en el cultivo de platano en el experimento fue de 12.5 cm h<sup>-1</sup> de acuerdo con este resultado se clasifica como una velocidad de infiltración rápida alcanzada la infiltración acumulada es de 69 cm h<sup>-1</sup> en un tiempo de 4.5 horas a como se muestra en la figura 13. Al igual que en el perfil 1 estos suelos presentan una buena capacidad de infiltración esto debido a las texturas de los horizontes donde principalmente presentan suelos limosos.

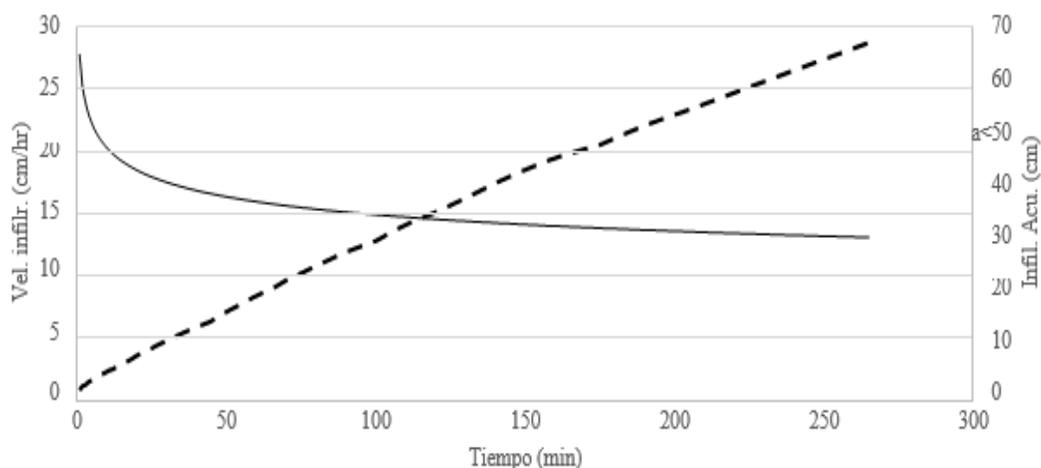


Figura 13. Curva de infiltración ajustada, perfil 2 área DPAF.

### 5.6.7. Perfil 3 área de producción de la finca

Cuadro 8. Descripción del perfil 3

Ubicación: Pastoreo	Fecha: 29 Sept. 2020	Autores: Kellyne D. Membreño, Gerardo U. Murillo M.		Calicata N. 3
Localización: Finca el Plantel UTM: 0599148 L 1339631		Capacidad uso de la tierra: Clase VIII	Drenaje: Moderadamente bien drenado	Posición: parte baja de la pendiente
Forma del terreno: Plano	Profundidad del manto freático: 162	Vegetación y uso de la tierra: pasto		



0 – 23 cm 10 YR3/2 color café muy oscuro con textura franco arenoso limoso y estructura de bloques subangulares de medio a grueso (20 – 50 mm), muestran abundantes macroporos de consistencia en frágil en húmedo, presenta buen drenaje.

23.3 – 43.6 10YR 3/3 café oscuro en condiciones de húmeda, la textura al tacto es franco limo arcilloso, la consistencia es frágil y plástico, y poco adherente, tiene buen drenaje, tiene abundantes micro y macroporos, se observaron abundantes raíces finas y gruesas

43.6 – 60 cm se encuentra una capa de talpetate endurecida (Bqm), poco permeable con presencia de magnesio y hierro la cual es una limitante para el desarrollo de las raíces a mayor profundidad

60 – 70 cm + se encuentra una capa probablemente el horizonte C de material de arena volcánica permeable, no hay presencia de raíces.

Observaciones: es un suelo suelto, con una limitante dentro del perfil como es el talpetate (t), endurecido por lo que la conservación del suelo es necesaria, con una rigurosa planificación del manejo del suelo.

Según las características y la clasificación agrologica de la FAO (2000) en el cuadro 8 se muestra que este suelo es de clase VIII, adecuada para pastos y silvicultura a causa de fuertes pendientes, leptosoles, carencia de agua o demasiada agua, el uso que le podemos dar a este tipo de suelo es Recreación, paisaje estético, vida silvestre, industria urbana Las medidas de conservación de suelo son no se usa para apacentamiento o tala. Actualmente esta área está siendo utilizada para pastoreo como clase IV.

#### 5.6.8. Velocidad de infiltración, Perfil 3

En el área de pasto donde se encuentran las observaciones de los perfiles 3 y se obtuvo una velocidad de infiltración de 6 cm h<sup>-1</sup> de acuerdo con este resultado se clasifica como una velocidad de infiltración moderada y una infiltración acumulada de 18 cm h<sup>-1</sup> en un tiempo

de 2.8 horas como se muestra en la Figura. Este suelo según las características descritas en el perfil 3 es moderadamente bien drenado.

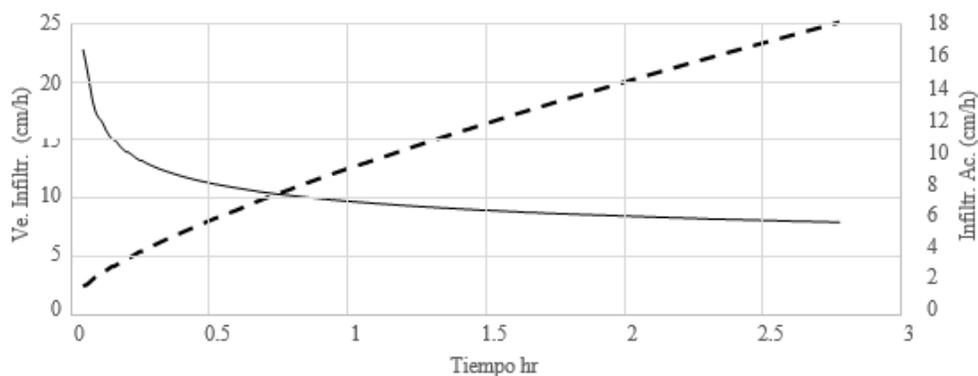


Figura 14. Velocidad de infiltración e infiltración acumulada, perfil 3. Area DPV

### 5.6.9. Perfil 4 departamento de protección vegetal

Cuadro 9. Descripción del perfil 4

Ubicación: DPV*	Fecha: 01/10/2020	Autores: Gerardo U. Murillo M., Joel Angulo., Mauricio Bofill., Gerald Reyes		Calicata N. 4
Localización: Finca el Plantel UTM: 599295; 1339813	Capacidad uso de la tierra: Clase VII	Drenaje: moderadamente bien drenado	Posición: media de la Pendiente	
Forma del terreno: Plano	Profundidad del manto freático: 162 pies	Vegetación y uso de la tierra: plantación de mango y el uso es agrícola con cultivo perenne		

\*DPV Departamento de producción vegetal

Horizonte A: 0 – 20 cm (10YR 3/3) marrón oscuro en húmedo y en seco 10 (YR 4/6) marrón amarillento oscuro, la textura al tacto es franco arenoso, estructura migajosa con presencia de bloque angulares de consistencia frágil, no es plástico, ni adherente, abundantes microporos y macro poros. El límite del horizonte es claro y ondulado.

Horizonte Cb: 20 – 50 cm (10 YR 4/2) se observa el horizonte Cb, grueso de más de 60 cm de color marrón grisáceo oscuro en húmedo, de consistencia dura, no es plástico ni



adherente con pocas raíces finas, con presencia de ceniza volcánica que a través del tiempo se ha sedimentado formando una capa impermeable conocida como toba.

Horizonte R: 50 -80 cm (10YR 5/2) material parental de color marrón grisáceo de consistencia dura en húmedo.

Este suelo muestra alto niveles de degradación hídrica, por lo que el horizonte A es de un espesor delgado con alguna mezcla con el horizonte, Para el manejo del suelo es importante mantenerlo en descanso y establecer un plan de conservación de suelo para los próximos 10 años para reducir al máximo la erosión hídrica.

En el cuadro 9 se determina un suelo de clase VII este suelo no es apto para cultivos ya que entre sus características encontramos limitaciones severas para pastos (ganadería) y silvicultura, el uso de este suelo es pastos, silvicultura, cuenca colectora, recreación, paisaje estético, vida silvestre. Las medidas de conservación del suelo son las siguientes pastos, silvicultura, cuenca colectora, recreación, paisaje estético, vida silvestre. Actualmente el uso de la tierra es plantaciones de mango y el uso es agrícola con cultivo perenne.

#### 5.6.10. Velocidad de infiltración en el Perfil 4

Indudablemente la textura del suelo muestra una marcada influencia en la velocidad de infiltración ya que son suelos que van de gravas, arena, arcillo, limos lo que influye en tener una velocidad de infiltración rápida en general quizás siendo en el perfil 4 en el cultivo de mango que el espesor del horizonte A es de 29 cm y después se encuentra la toba lo que limita drásticamente en el comportamiento de la infiltración.

En la figura 15 se muestra que en las tierras dedicada a cultivo permanente como el cultivo de mango y donde fue el perfil 4 se obtuvo una velocidad de infiltración de  $2.7 \text{ cm h}^{-1}$  de acuerdo con este resultado se clasifica como una velocidad de infiltración lenta con una infiltración acumulada de  $16.2 \text{ cm h}^{-1}$  en un periodo de 5.2 horas.

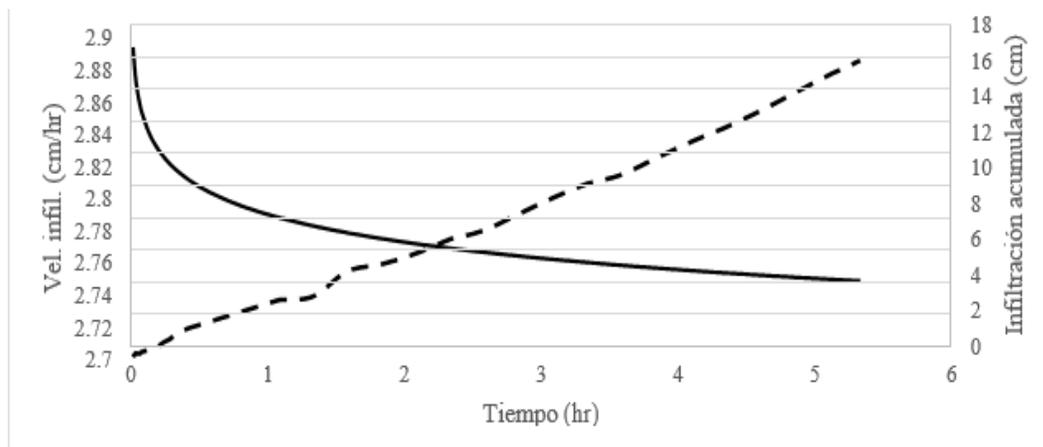


Figura 15. Infiltración acumulada y velocidad de infiltración, perfil 4, cultivo de mango

### 5.6.11. Perfil 5 departamento de producción vegetal

Cuadro 10 Descripción del perfil 5, departamento de producción vegetal.

Ubicación: DPV*	Fecha: 14/10/2020	Autores: Kellyne D. Membreño, Carmen Castillo		Calicata N. 5
Localización: el plantel UTM:	Capacidad uso de la tierra: Clase IV	Drenaje: drenado	Posición: baja	
Forma del terreno: Plano	Profundidad del manto freático: 162 pies	Vegetación y uso de la tierra: plantación de aguacate		

\*DPV: Departamento de producción vegeta



Horizonte A: 0 – 24 cm (7.5 YR3/4) color marrón oscuro húmedo con textura franco limoso, de estructura en bloque angulares de medio (10 – 20 mm) a grueso (20 - 30 mm) estructura en bloques subangulares de fino, y medio (5 - 30 mm), la consistencia en seco es blanda y en húmedo plástico y adherente, abundante poros finos y macros poros, actividad pocas, el límite del horizonte diagnóstico con relación al B es claro y uniforme.

Horizonte B: 24 - 33 cm (7.5YR 3/3) color marrón oscuro en húmedo con textura arcilloso, la estructura prismática fina de (10 – 20 mm) la consistencia en húmedo plástico, con pocos microporos hasta en 45 cm, mostrándose una capa endurecida por la actividad agrícola con 25 implemento pesado (piso de arado), se muestran pocas raíces finas y no hay presencia de carbonato de calcio.

Horizonte Bt: 33 cm + se observa el horizonte C delgado y el horizonte R

En el cuadro 10 y según la clasificación agrologica de la FAO (2000) este suelo es de clase IV, apto para cultivar con características como: tierra regular, limitaciones severas en suelo, pendiente o drenaje, los usos principales de este suelo es Pastura limitada, huertos, agricultura limitada, industria urbana. Las medidas de conservación son las labranzas en contorno, cultivo de franjas, vías fluviales, terrazas. Este suelo actualmente es utilizado para el cultivo de aguacate.

### 5.6.12. Velocidad de infiltración, Perfil 5

En el perfil 5 que es donde se encuentra el cultivo permanente de aguacate, se obtuvo una velocidad de infiltración de  $18 \text{ cm h}^{-1}$  de acuerdo con este resultado se clasifica como una velocidad de infiltración rápida con una infiltración acumulada de  $39 \text{ cm h}^{-1}$  en un tiempo de 6.1 horas a como se muestra en la figura 16, este suelo es bien drenado debido a la clasificación agrologica que pertenece. Este cultivo actualmente se encuentra trabajando con un sistema de riego por goteo de botones el cual abastece las necesidades hídricas que este requiere.

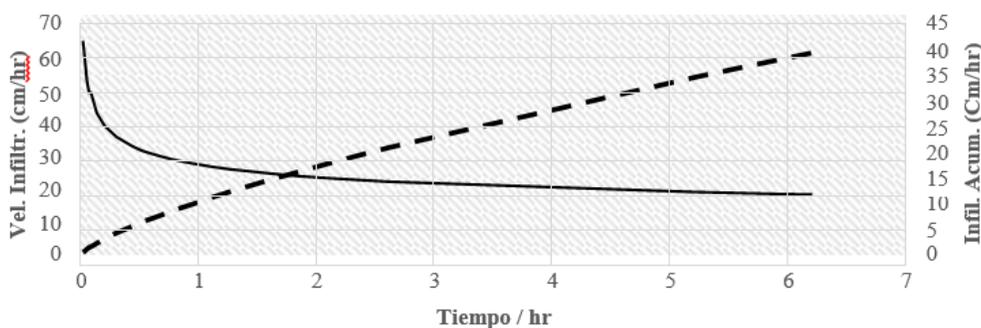


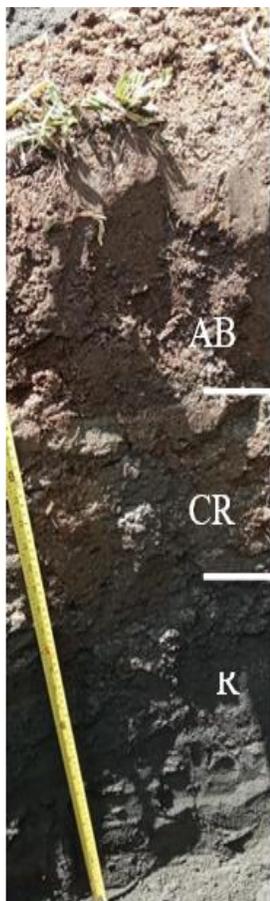
Figura 16. Infiltración acumulada y velocidad de infiltración perfil 5, cultivo de aguacate

### 5.6.13. Perfil 6 Departamento de producción vegetal

Cuadro 11. Descripción del perfil 6

Ubicación: DPV*	Fecha: 29-09-2020	Autores: Kellyne D. Membreño, Gerardo U. Murillo M.		Calicata N. 6
Localización: Finca el Plantel UTM: 0599120; 1340184		Clase de capacidad: IV	Drenaje: drenado	Posición: Media
Forma del terreno: Plano	Profundidad del manto freático: 162 pies	Vegetación y uso de la tierra: plantación de plátano próximo a la bomba y el uso de cultivo semi –perenne		

\*DPV: Departamento de producción vegetal



Horizonte Ab: 0 – 24 cm (10YR 4/4) color marrón amarillento oscuro de textura es franco limo arcilloso al tacto y estructura bloques subangulares muy fina (5 - 10mm), la consistencia es frágil en húmedo, la porosidad es macro y se observó pocas raíces finas y gruesas.

Horizonte Cr: 24 -36 cm (10YR 3/3) color marrón oscuro húmedo, la textura es arcillo arenoso al tacto, la consistencia en Mojado es Plástico, tiene buen drenaje tiene abundantes microporos, no se observaron raíces.

Horizonte R: 36cm + cm (10YR 5/2) de color marrón grisáceo de consistencia dura en húmedo.

Se pudo observar que este suelo poseen muy bajos niveles de fertilidad, alta acidez, altos de aluminio con alta capacidad de fijación de fósforo, deficiencia de nutrientes como calcio, magnesio, azufre, zinc y otros elementos esenciales para las plantas, esto se puede comprobar por medio de análisis de suelo en el laboratorio para tener algo más claro.

Como se muestra en el cuadro 11 este suelo es de clase IV, es apto para cultivos con características de tierra regular, limitaciones severas en suelo, pendiente o drenaje, los usos principales de este suelo es pastura limitada, huertos, agricultura limitada, industria urbana las medidas de conservación son las siguientes: labranzas en contorno, cultivo de franjas, vías fluviales, terrazas. En esta área se cultiva actualmente plátano.

#### 5.6.14. Velocidad de infiltración en el perfil 6

La velocidad de infiltración en el área de producción vegetal fue de  $4.0 \text{ cm h}^{-1}$  de acuerdo con este resultado se clasifica como una velocidad de infiltración moderada con una infiltración acumulada de  $14.8 \text{ cm h}^{-1}$  en un periodo de 4.2 horas. Así mismo, al relacionar la clase textural del suelo en donde el horizonte A es franco limoso, el horizonte AB es franco y el horizonte Bt es franco limoso.

La infiltración acumulada obtenida es de 105 cm en el cilindro 1, en el cilindro 2 de 12.6 cm y cilindro 3 de 44.6 cm, para tal caso en el sitio en estudio el volumen de agua promedio acumulado es de 54.1 cm durante 4.2 horas en que fue desarrollada la prueba.

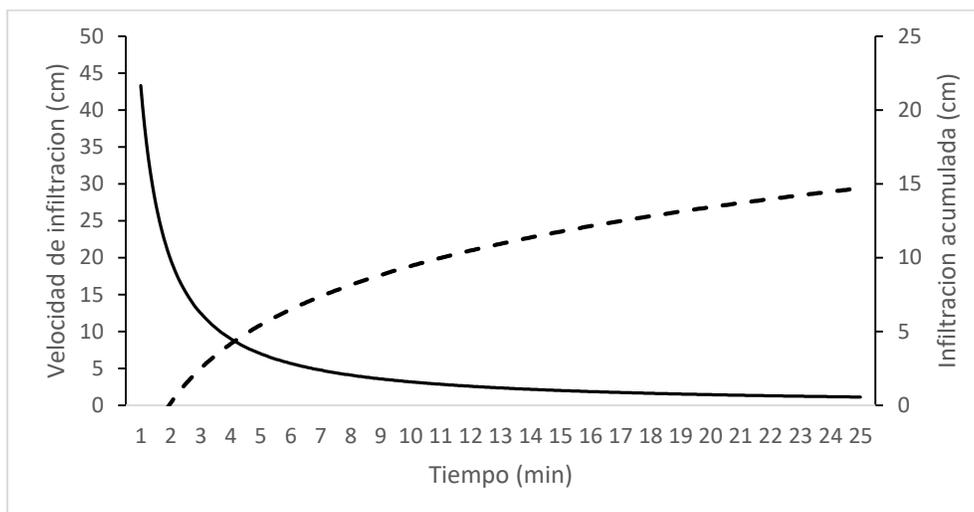


Figura 14. Infiltración acumulada y velocidad de infiltración perfil 6, cultivo de plátano

## VI. CONCLUSIONES

- Las condiciones climáticas de la UEVP presentan temperaturas altas en los meses más calurosos de abril y mayo, las precipitaciones mensuales promedio son de 80 mm con porcentaje de humedad desde el 70% en los meses de verano hasta un 88% en los meses de invierno con velocidades del viento entre los 2.1 km/h hasta los 7.5 km/h.
- Los sistemas de riego por aspersión de los lotes 1, 2 y 3 presentaron porcentajes diferidos de coeficientes de uniformidad siendo el lote 1 con mayor porcentaje de 84.38%, seguido del lote 3 76.32%. y lote 2 54.22% considerándolos según la clasificación de Christiansen, en este último fue más bajo debido a factores como el espaciamiento de los aspersores y factores climáticos como la velocidad del viento.
- Los suelos de la UEVP van desde la clase III hasta la clase VIII según la clasificación agrologica de la FAO, los suelos del área del DPAF siendo bien utilizados por el uso actual y los suelos del área del DPV están sobre utilizados ya que son suelos de uso pecuario y uso recreativo.

## **VII. RECOMENDACIONES**

- Considerar la clase de suelo para cada área con el fin de reestablecer el uso y cultivo adecuado de cada lote.
- Realizar un plan de mantenimiento e inspección de los sistemas de riego para obtener mayores valores de coeficiente de uniformidad.
- Realizar una clasificación agrologica del suelo por lote siguiendo la nomenclatura propuesta en el periodo intersemestral del año 2020.
- Adecuar el modelo de aspersor a partir de las medidas de espaciamento para cada lote.
- Establecer los cultivos estratégicamente en las fechas acorde a las condiciones climáticas en la finca
- Implementar las obras de conservación de suelo para que este recurso no sea completamente degradado.

## VIII. LITERATURA CITADA

- Apaza, G., Y López, C. (2017) *Evaluación de uniformidad del sistema presurizado de riego por goteo*. La paz, Bolivia. 2017.
- Barcia-Sardiñas, S., Otero-Martín, M., Hernández-González, D., Gómez-Díaz, D., & Gómez-Camacho, L. (2020). Comparación de diferentes índices bioclimáticos en Cuba. *Revista Cubana de Meteorología*, 26(3). Obtenido de: [http://ocw.upm.es/pluginfile.php/675/mod\\_label/intro/Indice-de-calor.pdf](http://ocw.upm.es/pluginfile.php/675/mod_label/intro/Indice-de-calor.pdf)
- Calderón, R., Y López, J. (2009) Evaluación del sistema de riego por micro aspersión artesanal fijo en el parque de ciencia Esteli mar, Esteli 2008. Obtenido de: <https://repositorio.una.edu.ni/2096/1/tnf06c146.pdf> 46 p
- Cenicaña (2015) Riego por aspersión <https://www.cenicana.org/riego-por-aspersion/>
- Cisneros, R., (2003) Apuntes de la materia de Riego y Drenaje, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Ingeniería. 164 p. Obtenido de: <http://www.ingenieria.uaslp.mx/Documents/Apuntes/Riego%20y%20Drenaje.pdf>
- Cruz, K., Y Alvarado, B. (2016) *Diseño e instalación de sistemas de riego localizado y aspersión en 15 hectáreas en la finca de la UNA El Plantel, Masaya, 2016*
- De la Cruz, J. (2015). Evaluación del coeficiente de uniformidad y eficiencia de aplicación en el sistema de riego por aspersión pacurisocos-Ayacucho. Obtenido de: [http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/1923/3/Tesis%20IAG56\\_Del.pdf](http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/1923/3/Tesis%20IAG56_Del.pdf)
- Díaz, V., Y Herrera, M. (2017) *Análisis de uniformidad de intensidad de aplicación del agua, del sistema de riego por aspersión, en la finca Experimental el Plantel, de la Universidad Nacional Agraria (UNA), Managua, 2016 -2017*. Tesis de Ing. Agrícola. Managua, NI. UNA, FAGRO. Obtenido de: <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf06d542.pdf>
- Enríquez, R., Y Orozco, O. (2011) Conductividad hidráulica en diferentes suelos del municipio de San José de los remates, Boaco 2009 Tesis de Ing. Agrícola. Managua, NI. UNA, FAGRO. 23 p Obtenido de: <https://repositorio.una.edu.ni/2173/1/tnp33e59c.pdf>
- Escardó, A. L. (2010). Clima y cambio climático. *Revista del Aficionado a la Meteorología*, 1. Obtenido de: <https://www.divulgameteo.es/fotos/lecturas/Clima-CC-Lin%C3%A9s.pdf>
- Espinosa, M. (2016) Situación del riego en Nicaragua <http://guiagrnicaragua.com/wp-content/uploads/2016/10/Situaci%C3%B3n-del-Riego-en-Nicargua-MLE-Edi2016.pdf>

- Flores, F. G. R., Morales, J. J. M., y Lovo, Y. A. C. (2013). Evaluación de variables dasométricas de rebrotes en *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, en la finca el Plantel, Nindiri, Masaya. *La Calera*,13(20), 39-45.Obtenido de: <https://doi.org/10.5377/calera.v13i20.1623>
- García, K. L., & Parnás, V. E. (2017). Análisis estadístico de velocidades de viento para el cálculo de estructuras. Obtenido de: [https://www.construccionenacero.com/sites/construccionenacero.com/files/u11/ci\\_20\\_20\\_anexo\\_2\\_velocidad\\_del\\_viento.pdf](https://www.construccionenacero.com/sites/construccionenacero.com/files/u11/ci_20_20_anexo_2_velocidad_del_viento.pdf)
- Hernández, B. A. C. U., (2017) DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL DE SISTEMAS DE RIEGO EN LA PRODUCCION AGRICOLA DEL MUNICIPIO DE ESTELÍ. Obtenido de: <https://core.ac.uk/download/pdf/336876928.pdf>
- INETER (2015) Dirección General de meteorología, datos de parámetros climatológicos, evaporación y temperaturas de la estación del aeropuerto internacional de Managua, Nicaragua.
- López Trigal, L. (2015). Diccionario de geografía aplicada y profesional: terminología de análisis, planificación y gestión del territorio. *Diccionario de geografía aplicada y profesional*, 1-677.
- MAGFOR (2008) “Sub programa desarrollo y reactivación del riego para contribuir a la seguridad alimentaria en Nicaragua”.
- Mayorga Duarte, D. E., & Gomez Medina, C. A. (2019). *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* Tesis de Ing. Agrícola NI. UNA, FAGRO. Obtenido de: <https://repositorio.una.edu.ni/4095/1/tnp33m473.pdf>
- Mendez, N., (2021) Estudio de la fertilización con biol y convencional en los cultivos de maíz (*Zea mays* L) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L), bajo dos manejos de arvenses, finca El Plantel, Masaya 2017 Tesis de Ing. Agrícola. Managua, NI. UNA, FAGRO. Obtenido de: <https://repositorio.una.edu.ni/4487/1/tnf04m538e.pdf>
- Nelson, G. C., Rosegrant, M. W., Koo, J., Robertson, R., Sulser, T., Zhu, T., ... & Lee, D. (2009). Cambio climático. *El impacto en la agricultura y los costos de adaptación. Política Alimentaria. International Food Policy Research Institute. Washington, DC, USA.* Obtenido de: [https://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/AGRO\\_Noticias/docs/costo%20adaptacion.pdf](https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/AGRO_Noticias/docs/costo%20adaptacion.pdf)
- Playan E. (2000) Evaluación del riego por aspersión en cobertura total en una parcela de maíz. Obtenido de

[:https://digital.csic.es/bitstream/10261/5709/1/PlayanE\\_Cong2001\\_Evaluaci%C3%B3nRiegoAspersi%C3%B3n.pdf](https://digital.csic.es/bitstream/10261/5709/1/PlayanE_Cong2001_Evaluaci%C3%B3nRiegoAspersi%C3%B3n.pdf).

- Pérez, E. (2017). *Evaluación de la fertilización orgánica (biológica) y sintética sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo del maíz (Zea Mays L.), cv. NB 9043, bajo riego complementario por goteo*, finca el plantel, Masaya 2017. Obtenido de: <https://repositorio.una.edu.ni/3674/1/tnf04p438e.pdf>
- Rivas, D. (2018). *El clima, caracteres, causas, clasificación, fenómenos y alteraciones climáticas. Aplicación didáctica*. Universidad Nacional de Educación. Lima, Perú. Obtenido de: <https://repositorio.une.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14039/4103/El%20clima%20C%20caracteres%20C%20causas%20C%20clasificaci%C3%B3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Romero, C. A. V., Jaimes, J. E. B., & González, D. C. P. (2014). Acople de sensores en la medición de variables ambientales usando tecnología ZigBee. *Scientia et Technica*, 19(4), 419-424. Obtenido de: <https://www.redalyc.org/pdf/849/84933912010.pdf>
- Suazo, R. (2000). *Evaluación del posible cambio climático sobre el rendimiento potencial del cultivo del maíz (Zea mays L.) en la región central de Nicaragua*. Tesis de ingeniería Universidad Nacional Agraria, UNA. Obtenido de: <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnp40r618.pdf>
- Ortega Amador, K. D. L. Á. (2021). *Riego por goteo convencional y automatizado en la producción de tomate (Solanum lycopersicum L.), a campo abierto, UNA, Managua, 2020-2021*. Tesis de ingeniería Universidad Nacional Agraria. Obtenido de <https://repositorio.una.edu.ni/4313/1/tnf06o77.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2009) Guía para descripción de suelos cuarta edición obtenido de: <https://www.fao.org/3/a0541s/a0541s.pdf>
- UNA (Universidad Nacional Agraria) (2019) *Guías y Normas Metodológicas de las formas de culminación de estudios*. Pág. 6,7 y 8.
- Viteri Espinoza, J. P., & Zambrano Alcívar, G. Y. (2016). Conflictos del uso de suelo, a través del sistema USDA-LCC mediante SIG como aporte a la sostenibilidad ambiental, microcuenca cañas (Bachelor's thesis, Calceta: ESPAM).
- Villalta, H y Sorto G. (2013) Implementación de una estación meteorológica. Universidad de El Salvador Tesis de Ingeniería obtenido de: <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/4372/1/Implementaci%C3%B3n%20de%20una%20estaci%C3%B3n%20meteorol%C3%B3gica.pdf>

## IX. ANEXOS

### Anexo 1. Promedio de datos climáticos 2020-2021

Meses	Temp (°C)	Temp Max (°C)	Temp Min (°C)	Lluvia (mm)	Hum (%)	Indice de calor (°C)	Velocidad del viento (km/h)
Ene	26.1	31.5	21.5	3.8	74.5	28.2	5.9
Feb	26.8	32.5	22.0	3.3	71.1	28.8	6.6
Mar	27.6	33.5	22.5	2.0	68.0	29.9	7.5
Abr	28.7	34.0	24.0	15.6	69.7	31.9	6.9
May	28.9	34.5	24.5	95.5	73.4	33.2	5.9
Jun	27.3	32.5	24.0	116.6	81.7	31.2	3.9
Jul	27.1	32.0	23.5	123.4	82.2	30.7	3.9
Ago	27.0	32.0	24.0	125.8	83.7	30.8	3.3
Sept	26.7	31.5	23.0	192.4	86.3	30.7	2.4
Oct	26.5	31.5	23.0	111.5	87.6	30.5	2.1
Nov	26.0	30.5	22.5	158.2	84.7	29.0	3.0
Dic	26.2	31.5	22.0	3.2	77.9	28.7	4.3

### Anexo 2. Datos de prueba de pluviometría en lotes de aspersión.

➤ Lote 1

n	li (mm · h-1)	li- Im	n	li (mm · h-1)	li- Im	N	li (mm · h-1)	li- Im
1	45	12.528	26	31	1.472	51	34	1.528
2	31	1.472	27	32	0.472	52	30	2.472
3	25	7.472	28	31	1.472	53	32	0.472
4	34	1.528	29	33	0.528	54	13	19.472
5	41	8.528	30	37	4.528	55	37	4.528
6	39	6.528	31	39	6.528	56	38	5.528
7	30	2.472	32	38	5.528	57	39	6.528
8	24	8.472	33	27	5.472	58	36	3.528
9	35	2.528	34	31	1.472	59	51	18.528
10	42	9.528	35	25	7.472	60	42	9.528
11	41	8.528	36	26	6.472	61	29	3.472

12	39	6.528	37	24	8.472	62	30	2.472
13	42	9.528	38	36	3.528	63	22	10.472
14	33	0.528	39	38	5.528	64	23	9.472
15	41	8.528	40	34	1.528	65	21	11.472
16	31	1.472	41	31	1.472	66	29	3.472
17	37	4.528	42	27	5.472	67	32	0.472
18	32	0.472	43	34	1.528	68	36	3.528
19	24	8.472	44	36	3.528	69	29	3.472
20	29	3.472	45	33	0.528	70	23	9.472
21	31	1.472	46	24	8.472	71	32	0.472
22	35	2.528	47	25	7.472	72	30	2.472
23	38	5.528	48	24	8.472			
24	34	1.528	49	33	0.528			
25	29	3.472	50	39	6.528			

➤ Lote 2

N	I <sub>i</sub> (mm · h-1)	I <sub>i</sub> - I <sub>m</sub>	n	I <sub>i</sub> (mm · h-1)	I <sub>i</sub> - I <sub>m</sub>	n	I <sub>i</sub> (mm · h-1)	I <sub>i</sub> - I <sub>m</sub>
1	25.33	11.3	23	34.665	8.065	45	32	5.4
2	27.33	0.73	24	22.665	3.935	46	16	10.6
3	16.66	9.95	25	14	12.6	47	6	20.6
4	34	7.4	26	26	0.6	48	8	18.6
5	48	21.4	27	33.33	6.73	49	20	6.6
6	20	6.6	28	34.665	8.065	50	28	1.4
7	36	9.4	29	31.33	4.73	51	14	12.6
8	12.665	13.935	30	9.33	17.27	52	5.33	21.27
9	16	10.6	31	13.33	13.27	53	9.33	9.33
10	26.665	0.065	32	18.665	7.935	54	17.33	9.27
11	14.665	11.935	33	84.665	58.065	55	34.665	8.065
12	29.33	2.73	34	25.33	1.27	56	32	5.4

13	34.665	8.065	35	15.33	11.27	57	30	3.4
14	20.665	5.935	36	6.665	6.665	58	15.33	11.27
15	41.33	14.73	37	12.665	12.665	59	16	10.6
16	36	9.4	38	27.33	0.73	60	29.33	2.73
17	38.665	12.065	39	21.33	5.27	61	35.33	8.73
18	40	13.4	40	14	12.6	62	24.665	1.935
19	20.665	5.935	41	1.665	24.935	63	14.665	11.935
20	19	7.6	42	10	16.6	64	15.33	11.27
21	25.33	1.27	43	18.665	7.935	65	26.665	0.065
22	20.665	5.935	44	217.33	190.73	66	39.33	12.73

➤ Lote 3

N	li (mm · h-1)	li- Im	n	li (mm · h-1)	li- Im	N	li (mm · h-1)	li- Im
1	48.66	16.58	23	36.665	4.58	45	40.665	8.58
2	39.33	7.245	24	34	1.915	46	23.33	8.755
3	32.665	0.58	25	33.33	1.245	47	11.33	20.755
4	26.665	5.42	26	30.665	1.42	48	14	18.085
5	45.33	13.245	27	36.665	4.58	49	22.665	9.42
6	42	9.915	28	34	1.915	50	33.33	1.245
7	41.33	9.245	29	33.33	1.245	51	24.665	7.42
8	40	7.915	30	30.665	1.42	52	14.665	17.42
9	24.665	7.42	31	34	1.915	53	14	18.085
10	32	0.085	32	32	0.085	54	39.33	7.245
11	33.33	1.245	33	30	2.085	55	46.665	14.58
12	48	15.915	34	36	3.915	56	31.33	0.755
13	39.33	7.245	35	22	10.085	57	30.665	30.665
14	41.33	9.245	36	13.33	18.755	58	27.33	27.33
15	34.665	2.58	37	20.665	11.42	59	32.665	0.58
16	39.33	7.245	38	28	4.085	60	36.665	4.58
17	31.33	0.755	39	28	4.085	61	34.665	2.58

18	41.33	9.245	40	34.665	2.58	62	32	0.085
19	46.665	14.58	41	20	12.085	63	28.665	3.42
20	32	0.085	42	16.665	15.42	64	33.33	1.245
21	30	2.085	43	26.665	26.665	65	41.33	9.245
22	30.665	1.42	44	34.665	2.58	66	38	5.915

### Anexo 3. Calculo del Coeficiente de Uniformidad

#### ➤ Lote 1

$$Cu = 100 \left( 1 - \frac{\sum |I_i - I_m|}{n I_m} \right)$$

Donde,

CU = coeficiente de uniformidad expresado generalmente en (%)

$I_i$  = Intensidad medida en cada pluviómetro, en ( $mm h^{-1}$ )

$I_m$  = Intensidad media de todas las observaciones, en ( $mm h^{-1}$ )

n = Cantidad de observaciones

Entonces tenemos que:

$$I_m = \frac{\sum I_i}{n} = \frac{2338}{72} = 32.47 \text{ mm} \cdot h$$

$$\sum |I_i - I_m| = 364.94 \text{ mm} \cdot h^{-1}$$

$$n I_m = 72 \times 32.47 = 2337.84 \text{ mm} \cdot h^{-1}$$

$$Cu = 100 \left( 1 - \frac{|364.94|}{2337.84} \right) = 0.8439 = 84\%$$

#### ➤ Lote 2

$$Cu = 100 \left( 1 - \frac{\sum |I_i - I_m|}{n I_m} \right)$$

Donde,

CU = coeficiente de uniformidad expresado generalmente en (%)

$I_i$  = Intensidad medida en cada pluviómetro, en ( $mm \ h^{-1}$ )

$I_m$  = Intensidad media de todas las observaciones, en ( $mm \ h^{-1}$ )

n = Cantidad de observaciones

Entonces tenemos que:

$$I_m = \frac{\sum I_i}{n} = \frac{1765.885}{66} = 26.75 \text{ mm} \cdot h$$

$$\sum |I_i - I_m| = 826.115 \text{ mm} \cdot h^{-1}$$

$$n I_m = 66 \times 26.75 = 1765.5 \text{ mm} \cdot h^{-1}$$

$$Cu = 100 \left( 1 - \frac{|826.115|}{1765.5} \right) = 0.5320 = 53.2\%$$

➤ Lote 3

$$Cu = 100 \left( 1 - \frac{\sum |I_i - I_m|}{n I_m} \right)$$

Donde,

CU = coeficiente de uniformidad expresado generalmente en (%)

$I_i$  = Intensidad medida en cada pluviómetro, en ( $mm \ h^{-1}$ )

$I_m$  = Intensidad media de todas las observaciones, en ( $mm \ h^{-1}$ )

n = Cantidad de observaciones

Entonces tenemos que:

$$I_m = \frac{\sum I_i}{n} = \frac{2117.65}{66} = 32.08 \text{ mm} \cdot h$$

$$\sum |I_i - I_m| = 501.365 \text{ mm} \cdot h^{-1}$$

$$n I_m = 66 \times 32.08 = 2117.28 \text{ mm} \cdot h^{-1}$$

$$C_u = 100 \left( 1 - \frac{|501.365|}{2117.28} \right) = 0.7633 = 76.32\%$$

#### Anexo 4. Calculo del caudal del sistema

##### ➤ Lote 1

Aspersor	Volumen (l)	tiempo (s)	Caudal (g.p.m)
1	20	112.33	2.822
2	20	105.66	3
3	20	112.33	2.822
4	20	113	2.8053
5	20	108	2.9351
6	20	110	2.8818

##### ➤ Lote 2

Aspersor	Volumen (l)	tiempo (s)	Caudal (g.p.m)
1	20	50.46	6.28222
2	20	48.26	6.5685
3	20	48.87	6.4865
4	20	49.07	6.4601
5	20	52.12	6.0821
6	20	50.74	6.2475

##### ➤ Lote 3

Aspersor	Volumen (l)	tiempo (s)	Caudal (g.p.m)
1	20	27.7	11.444
2	20	28.47	11.134
3	20	30.72	10.319
4	20	30.53	10.383
5	20	31.05	10.19
6	20	29.5	10.745

Anexo 5. Datos de presión del sistema

Lote 1		Lote 2		Lote 3	
Aspersor	Presión (PSI)	Aspersor	Presión (PSI)	Aspersor	Presión (PSI)
1	38	1	58	1	30
2	38	2	58	2	26
3	35	3	56	3	25
4	35	4	52	4	25
5	33	5	53	5	24
6	34	6	52	6	24
7	33	7	54		
8	30				
9	30				

Anexo 6. Datos de pruebas de infiltración

➤ Infiltración en cultivos de plátano del área DPAF

Prueba de infiltracion Perfil 1					Prueba de infiltracion Perfil 2			
		C1	C2	C3		C1	C2	C3
Tiempo		Lectura (cm)			Tiempo		Lectura (cm)	
09:51	1,0	7,7	9,8	7,5	09:54	16,7	16	17,0
09:52	1,0	6,9	9,2	7,0	09:55	15,3	15,2	15,3
09:53	1,0	6,2	8,9	6,4	09:56	13,5	14,8	15,0
09:54	1,0	5,5	8,5	6,2	09:57	13,0	14,5	14,6
09:55	1,0	4,9	8,4	5,5	09:58	12,7	14,3	14,3
09:56	1,0	4,4	8,3	5,2	09:59	12,0	14	14,0
		12,0	8,0	4,9		10,0	13,7	13,7
09:57	1,0	10,7	7,8	4,3	10:00	12,0	13,4	13,4
09:58	1,0	9,7	7,7	4,0	10:01	11,5	15	13,2
09:59	1,0	8,8	7,5	8,0	10:02	11,3	13,4	12,0
10:00	1,0	8,0	7,4	7,5	10:03	11,0	13	11,8
10:01	1,0	7,2	7,3	7,3	10:04	9,8	12,7	11,5
10:02	1,0	6,5	7,2	6,9	10:05	8,3	12	11,2
10:03	1,0	5,8	7,1	6,5	10:06	7,9	11,5	11,0
10:04	1,0	5,1	7,0	6,1	10:07	6,5	11	10,8
10:05	1,0	4,5	6,9	5,8	10:08	6,0	10,5	10,6
		12,0	6,8	5,5		5,4	10,3	10,0
10:06	1,0	11,2	6,7	5,1	10:09	12,0	10	9,6
10:07	1,0	10,4	6,6	4,8	10:10	11,2	9,8	9,5
10:08	1,0	9,5	6,5	4,4	10:11	10,4	9,4	9,4
10:09	1,0	8,8	6,4	4,1	10:12	9,5	15	9,3
10:10	1,0	8,0	6,3	8,0	10:13	8,8	13	9,2

10:11	1,0	7,4	6,2	7,8	10:14	8,0	12,4	9,0
10:12	1,0	6,6	6,1	7,5	10:15	7,4	12	8,8
10:13	1,0	6,0	6,0	7,2	10:16	6,6	11,6	8,7
10:14	1,0	5,4	5,9	6,8	10:17	6,0	11,4	8,6
10:15	1,0	4,7	5,8	6,4	10:18	5,4	11	8,4
10:16	1,0	4,1	5,7	6,0	10:19	5,2	11	8,2
		12,0	5,6	5,8		4,1	15	8,2
10:17	1,0	11,2	5,5	5,5	10:20	12,0	14	8,1
10:18	1,0	10,4	10,5	5,1	10:21	11,3	13,6	7,9
10:19	1,0	9,6	10,0	4,7	10:22	10,4	13,4	7,8
10:20	1,0	8,9	9,7	8,0	10:23	9,6	13,2	7,7
10:23	3,0	7,9	9,1	7,1	10:26	7,9	13	16,0
10:26	3,0	6,1	8,8	6,2	10:29	6,1	12,8	15,8
10:29	3,0	4,4	8,5	5,2		4,4	12,6	15,6
		12,0	8,2	4,4	10:32	12,0	12,3	15,4
10:32	3,0	9,7	8,0	8,0	10:35	9,7	12	15,3
10:35	3,0	7,7	7,8	7,2	10:38	7,7	11,5	15,1
10:35	3,0	6,0	7,6	6,7	10:41	6,3	15	14,7
10:38	3,0	4,4	7,5	5,4		5,0	14,3	14,5
		12,0	10,5	4,6	10:44	12,0	14	14,4
10:41	3,0	10,0	9,9	8,0	10:47	10,0	13,3	14,2
10:44	3,0	8,2	9,4	7,5	10:50	8,2	13	14,0
10:47	3,0	6,6	8,9	6,7	10:53	6,6	12,9	13,8
10:52	5,0	4,3	8,5	5,4		4,3	12,7	13,6
		12,0	8,1	4,2	10:58	12,0	12,5	13,4
10:57	5,0	9,2	7,9	8,0	11:03	9,2	12,2	13,2
11:02	5,0	5,5	7,5	6,9	11:08	8,8	15	13,0
11:07	5,0	3,6	7,4	5,5		4,6	14,5	12,7
		12,0	7,3	4,4	11:13	12,0	14,3	12,6
11:12	5,0	9,1	7,2	8,0	11:18	9,1	14	12,5
11:17	5,0	6,5	6,8	6,9	11:23	6,5	13,8	12,4
11:22	5,0	4,1	6,5	5,6		5,5	13,4	12,3
		12,0	6,0	4,5	11:28	12,0	13	12,1
11:27	5,0	9,1	5,7	8,0	11:33	9,1	12,7	11,8
11:32	5,0	6,7	5,5	7,0	11:38	8,2	12,5	11,6
11:37	5,0	4,4	10,5	6,0		6,5	12,3	11,4

11:37	5,0	4,4	10,5	6,0	11:43	12,0	12,1	11,3
		12,0	9,0	4,1	11:53	7,2	15	11,0
11:47	10,0	7,2	8,0	8,0		6,3	13,7	10,8
11:57	10,0	2,9	7,8	6,4	12:03	12,0	13,3	10,7
		12,0	7,5	4,4	12:13	7,5	13	10,6
12:07	10,0	7,5	7,0	8,0		6,1	12,6	10,4
12:17	10,0	3,5	6,8	6,3	12:23	12,0	12,3	10,0
		12,0	6,5	4,6	0.5229 2	7,7	12,1	9,8
12:27	10,0	7,7	6,1	8,0		6,7	15	9,7
0.5256 94	10,0	4,5	5,8	6,3	12:43	12,0	14,3	9,5
		12,0	5,3	4,7	12:53	8,4	14,2	
12:47	10,0	8,4	5,0	8,0		7,2	14,1	
12:57	10,0	5,2		6,3	0.5437 5	12,0	13,8	
		12,0		4,7	13:13	8,2	13,7	
0.5465 28	10,0	7,9		3,2		7,0	13,5	
13:17	10,0	4,6		8,0	13:23	12,0	13,4	
		12,0		5,7		9,8		
13:32	15,0	6,7		3,5	13:38	12,0		
		12,0		8,0		9,3		
0.5743 06	15,0	6,7		5,6	0.5784 7	12,0		
		12,0		3,8		10,5		
14:02	15,0	7,0		8,0	0.5888 9	12,0		
		12,0		4,1		11,0		
14:32	30,0	2,6		8,0	14:38	12,0		
		12,0		4,3		11,8		
15:02	30,0	2,3			15:08	12,0		
		12,0			0.6513 9	11,5		
15:32	30,0	2,2				9,0		

➤ Infiltración en cultivos de maíz y mango

Prueba de infiltracion Perfil 3				Prueba de infiltracion Perfil 4			
Tiempo	Lectura (cm)			Tiempo	Lectura (cm)		
	C1	C2	C3		C1	C2	C3
				09:37	11.5	16	18
09:42	9,6	11,9	11,0	09:38	10.5	15.5	17.5
09:43	9,4	11,6	10,8	09:39	9.5	14.6	16.9
09:44	9,3	11,5	10,7	09:40	9.1	13.5	16.5
09:45	9,3	11,4	10,6	09:41	8.6	12.8	16.3
09:46	9,2	11,4	10,5	09:42	8.5	10.6	16.2
09:47	9,1	11,4	10,5	09:43	7.5	10.5	16
09:48	9,1	11,3	10,4	09:44	7	10.4	15.9
09:49	9,0	11,3	10,3	09:45	6.8	10.3	15.8
09:50	9,0	9,0	10,3		15	10.2	15.8
09:51	9,0	9,0	10,3	09:47	14	10	15.7
09:52	9,0	9,0	10,3	09:48	13	9.9	15.4
09:53	9,0	9,0	10,3	09:49	12.5	9.8	15.4
09:54	9,0	9,0	10,2	09:50	12	9.8	15.3
09:55	8,9	8,9	10,1	09:51	11.5	9.7	15.2
09:56	8,9	8,9	10,1	09:52	11	9.7	15.1
09:59	8,9	8,9	10,1	09:53	10.5	9.6	15
10:02	8,8	8,8	16	09:54	10.4	9.5	14.9
10:05	8,7	8,7	15,9	09:55	10.3	9.5	14.9
10:08	8,7	8,7	15,9	09:56	9.7	9.4	14.8
10:11	8,6	8,6	15,9	09:57	9.5	9.4	14.7
	8,5	8,5	15,8	09:58	9.1	9.4	14.7
10:16	15	15,0	15,8	09:59	8.5	9.3	14.7
10:21	14,9	14,9	15,6	10:00	8.3	9.3	14.6
10:26	14,8	14,8	15,5	10:01	8	9.2	14.6
10:36	14,8	14,8	15,5	10:02	7.5	9.1	14.5
10:46	14,6	14,6	15,2	10:03	7.4	9.1	14.5
11:11	14,5	14,5	15,1	10:04	7.1	9	14.4
11:26	14,2	14,2	14,7	10:05	16.5	9	
11:56	14,0	14,0	14,5	10:06	14.5	8.9	14.4
12:26	13,7	13,7	14,0	10:07	13	12.5	14
	13,1	13,1	13,7	10:08	12.1	12.3	17
				10:13	11.3	12	16.8
				10:18	11	11.9	16.5

				10:23	10.7	11.6	16
				10:28	9.5	11.4	15.8
				10:33	8.5	10.8	15.5
					7.5	10.5	15.1
				10:38	16.5	10.2	14.9
				10:43	15	10	14.7
				10:48	13.6	9.8	14.4
				10:52	12.5	9.4	14.1
				10:57	12.2	9	13.9
				11:07	12	8.6	13.7
				11:17	10.5	8.2	13
				11:27	8.5	7.8	12.8
				11:37	8	7.4	12.7
					7.3	7.1	12
				11:47	16	6.9	11.9
				11:57	14	6.6	11.6
				12:07	12.2	4.1	11
				12:17	10.3	12.5	10.5
				12:27	8.7	11.1	17
				12:37	7	10.5	15
					6.2	9.5	14
				12:57	17	8.5	13
				13:17	12.2	12.5	12
					9.5		17
				13:27	6.6	12	
					17	11	
				13:47	9.5	12.5	
				14:07	6.6	10.5	
					17		
				14:27	10.6		
				14:47	6.3		

➤ Infiltración en cultivos de aguacate y mango

Prueba de infiltracion Perfil 3				Prueba de infiltracion Perfil 4			
Tiempo	Lectura (cm)			Tiempo	Lectura (cm)		
	C1	C2	C3		C1	C2	C3
	14	7	14				
10:08	9.8	6	13.6	09:59	6.5	10.5	16
10:09	9.4	5.2	13.2	10:00	4.3	9.08	15.1
10:10	9.3	4.4	13		3	9.02	14.4
10:11	8.9	9	12.8	10:01	6.5	8.69	13.6
10:12	8.5	8.4	12.5	10:02	5.8	8.5	12.8
10:15	7.8	7.7	12	10:02	5	8.4	12
10:18	6.9	5.4	11.5	10:03	4.5	8.3	11.2
10:21	6.3	3.6	11	10:04	4	8	10.4
10:24	5.6	9	10.6	10:05	3	7.8	9.5
10:27	5	7	10.2		6.5	7.7	8.8
10:32	4	5.2	9.5	10:06	6	7.5	8.3
	12	3.5	8.8	10:07	5.5	7.4	7.6
10:37	10.5	8	8.1	10:08	4.8	7.3	6.9
10:42	8.7	5.4	7.6	10:09	4.2	7.2	6
10:47	7.9	2.6	7.1	10:10	3.5	7	5.2
10:52	6.8	8	6.1	10:11	3	6.9	4.4
11:02	5.9	5.6	5.2		6.5	6.9	3.8
11:12	5	8	13.1	10:12	6	6.8	3
	11.9	5.6	11.7	10:13	4	6.7	16
11:22	9.1	3.4	10.6	10:14	3	6.6	15.3
11:32	6.7	8	10.2	10:15	2.5	6.5	14.8
11:42	4.5	3.8	9.1	10:16	2	6.4	14.2
	11.5	8	7.8		6.5	6.3	13.5
11:57	7.5	3.4	6.5	10:17	5.1	6.2	13.1
12:12	4	8	5.4	10:18	3.8	6.1	12.4
	11.8	4.1	12.6	10:19	2.8	6	11.9
12:27	7.9	8	11.1		6.5	5.9	11
12:42	5.2	2.5	9.7	10:20	5.5	5.8	10.5
	11	8	8.4	10:21	4	5.8	10
12:57	8	3.8	7	10:22	2.8	5.8	9.6
13:12	4.5	8	6.2		6.5	10.5	9.1
	11.8	2.6		10:23	4	10.2	8.8
13:27	8.3	8		10:24	2.5	10	8

13:42	4.4	2.4			6.5	9.7	7.4
	6.8	8		10:25	5	9.1	6.8
13:57	5.5	2.5		10:26	3	8.8	6.2
		8			6.5	8.5	5.5
		2.8		10:27	4.7	8.2	4.9
		8			6.5	8	4.2
		4.8		10:28	2.5	7.6	3.5
		4			6.5	7.5	2.9
		3.3		10:31	3.5	7	2.4
		3			6.5	10.5	16
		2.5		10:34	3.5	9.9	14.9
					6.5	9.4	14
				10:37	3.5	8.9	13.4
					6.5	8.5	12.7
				10:40	3.5	8.1	12
					9	7.9	11.4
				10:43	6.5	7.5	10.9
					9	7.3	10.3
				10:46	1.6	7.3	9.7
					9	6.8	9.2
				10:49	3.9	6.5	8.6
					9	6	8
				10:52	3.5	5.7	7.1
					9	5.5	6.4
				10:55	4	5	5.5
					9	9	4.7
				10:58	3	8	3.9
					9	7.5	3
				11:01	3	7	16
					9	7	14.8
				11:06	3	6.5	14
				11:11	2	6.1	13.1
				11:16	1	6.1	12.2
					9	6.1	11

				11:21	7.5		
				11:26	6.3		
				11:31	5.5		
				11:36	5		
				11:41	3.2		
				11:46	2.9		
				11:51	2.2		
					9		
				12:01	8.3		
				12:11	8.1		
				12:21	7.4		
				12:31	6.9		
				12:41	6.4		
				12:51	6.2		

Anexo 7. Aspersores en lotes 1, 2 y 3



Anexo 8. Prueba de pluviometría

