



“Por un Desarrollo  
Agrario  
Integral y Sostenible”

# **UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

## **FACULTAD DE AGRONOMÍA**

### **Trabajo de Tesis**

## **Efecto de las propiedades físicas del suelo en la infiltración del agua en la finca el plantel UNA 2020-2022**

### **Autores**

**Br. Scarleth Jubelka Rivera Gómez**  
**Br. Yader Moisés Dolmos Reyes**

### **Asesor**

**Ing. M.Sc. Gerardo Ulises Murillo Malespín**

**Managua, Nicaragua**  
**Junio, 2022**





“Por un Desarrollo  
Agrario  
Integral y Sostenible”

# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

## FACULTAD DE AGRONOMÍA

### Trabajo de Tesis

## Efecto de las propiedades físicas del suelo en la infiltración del agua en la finca el plantel una 2020-2022

### Autores

**Br. Scarleth Jubelka Rivera Gómez**  
**Br. Yader Moisés Dolmos Reyes**

### Asesor

**Ing. 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**  
**Junio, 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 final para optar al título profesional de:

*Ingeniero Agrícola*

---

Miembros del Comité Evaluador

---

Presidente (Grado académico y nombre)

Secretario (Grado académico y nombre)

Vocal (Grado académico y nombre)

Lugar y Fecha: \_\_\_\_\_

## **DEDICATORIA**

A Dios primeramente por el don de la vida y haberme dado fuerzas para culminar mis estudios

A mis padres, hermanos y familiares que están a mi lado.

A mis maestros y asesor Gerardo Ulises Murillo Malespín que me apoyaron para seguir adelante a pesar de los tropiezos que tuve.

**Br. Scarleth Jubelka Rivera Gómez**

## **DEDICATORIA**

A Dios nuestro señor por haberme brindado salud y permitido seguir adelante en mis estudios y poder culminar con éxito, esta nueva fase de mi vida profesional.

A mi familia especialmente a mis padres, a mis hermanos por su amor, comprensión y apoyo incondicional en la realización y cumplimiento de cada una de mis metas.

**Br. Yader Moisés Dolmos Reyes**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios primeramente por haberme regalado el don de la vida, y por las grandes cosas que ha hecho en mi vida además de haberme regalado la sabiduría y entendimiento de poder realizarme como profesional.

A mis padres y hermanos por el gran sacrificio y apoyo incondicional que han hecho por ayudarme en lo económico y emocionalmente para llegar al final de mi meta.

Y, por último, pero no menos importante a mis maestros y asesor Gerardo Ulises Murillo Malespín que me brindo el apoyo incondicional para apoyarme académicamente compartiendo su conocimiento conmigo y sin duda llegaron a formar valores éticos, profesionales que me hicieron valorar la importancia del estudio.

**Br. Scarleth Jubelka Rivera Gómez**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios primeramente por haberme regalado el don de la vida, y por las grandes cosas que ha hecho en mi vida además de haberme regalado la sabiduría y entendimiento de poder realizarme como profesional.

Y, por último, pero no menos importante a mis maestros y asesor Gerardo Ulises Murillo Malespín que me brindo el apoyo incondicional para apoyarme académicamente compartiendo su conocimiento conmigo y sin duda llegaron a formar en mi ética profesional y me hicieron valorar la importancia del estudio.

Agradezco de manera muy especial a mi madre Carolina Reyes y mi padre Juan Dolmos (q.e.p.d) quienes me apoyaron con sus consejos, orientándome en el propósito correcto de la vida, por mostrarme lo más conveniente en la realidad y el peso de las malas decisiones que se toman en el transcurso y pasar del tiempo.

**Br. Yader Moisés Dolmos Reyes**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>SECCIÓN</b>	<b>PAGINA</b>
<b>DEDICATORIA</b>	i
<b>AGRADECIMIENTO</b>	iii
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b>	v
<b>ÍNDICE 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. Infiltración	4
3.2. Evolución de la infiltración	4
3.2.1. Infiltrómetro de minidiscos	4
3.2.2. Método de doble cilindro	5
3.2.3. Surco Infiltrómetro	5
3.3. Ecuación de Kostiakov	5
3.4. Ecuación kostiakov- Lewis modificada (1979)	6
3.5. Factores que influyen en la infiltración	7
3.6. Método de doble cilindro	7
3.7. Uso y aplicación	8
3.8. Efecto de la MO en las propiedades físicas del suelo	8
3.9. Calidad del suelo	9
3.10. Propiedades físicas del suelo	9
3.10.1. Textura	9
3.10.2. Estructura	10
3.10.3. Permeabilidad	11
3.11. Manejo agronómico de los tratamientos en estudio	11

3.11.1. Cultivo de plátano	11
3.11.2. Cultivo de maíz	12
3.11.3. Cultivo de mango	12
3.11.4. Cultivo de aguacate	13
3.11.5. Cultivo de guayaba	13
3.11.6. Cultivo de pipián	14
<b>IV. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>15</b>
4.1. Ubicación del estudio	15
4.2. Diseño metodológico	16
4.2.1. Descripción de perfiles de suelo	16
4.2.2. Determinación de textura	17
4.2.3. Determinación de estructura	17
4.2.4. Determinación del color	17
4.2.5. Infiltrómetro de doble cilindro	18
4.3. Ecuación de Kostiakov	18
4.4. Método de regresión lineal simple	18
<b>V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>21</b>
5.1. Horizontes Perfiles de suelo 2020 – 2021	21
5.2. Descripción de los perfiles de suelo	22
5.2.1. Descripción perfil 1 (P1)	22
5.2.2. Descripción perfil 2 (P2)	22
5.2.3. Descripción perfil 3 (P3)	23
5.2.4. Descripción perfil 4 (P4)	23
5.2.5. Descripción perfil 5 (P5)	24
5.2.6. Descripción perfil 6 (P6)	24
5.2.7. Descripción perfil 7 (P7)	25
5.2.8. Descripción perfil 8 (P8)	25
5.2.9. Descripción perfil 9 (P9)	26
5.2.10. Descripción perfil 10 (P10)	26
5.2.11. Descripción perfil 11 (P11)	27
5.2.12. Descripción perfil 12 (P12)	28
5.2.13. Descripción perfil 13 (P13)	28

5.2.14. Descripción perfil 14 (P14)	29
5.3. Comportamiento curvas de infiltración 2020	35
5.3.1 Curva de infiltración ubicada en el Perfil 1, (P1), con uso de suelo plátano	35
5.3.2. Curva de infiltración ubicada en el perfil 2, (P2), con uso de suelo plátano	35
5.3.3. Curva de infiltración ubicada en el perfil 3, (P3), con uso de suelo maíz	36
5.3.4. Curva de infiltración ubicada en el perfil 5, (P5), con uso de suelo mango	36
5.3.5. Curva de infiltración ubicada en el perfil 6, (P6), con uso de suelo plátano	37
5.3.6. Curva de infiltración ubicada en el perfil 7, (P7), con uso de suelo aguacate	37
5.4. Comportamiento curvas de infiltración 2021	38
5.4.1. Curva de infiltración ubicada en el perfil 8, (P8), con uso de suelo guayaba	38
5.4.2. Curva de infiltración ubicada en el perfil 9, (P9), con uso de suelo pipián	38
5.4.3. Curva de infiltración ubicada en el perfil 10, (P10), con uso de suelo maíz	39
5.4.4. Curva de infiltración ubicada en el perfil 11, (P11), con uso de suelo pasto	39
5.4.5. Curva de infiltración ubicada en el perfil 12, (P12), con uso de suelo pasto	39
5.4.6. Curva de infiltración ubicada en el perfil 13, (P13), con uso de suelo pasto	40
5.4.7. Curva de infiltración ubicada en el perfil 14, (P14), con uso de suelo pasto	40
5.5. Interpretación de ANDEVA en INFOSTAT	43
<b>VI. CONCLUSIONES</b>	45
<b>VII. RECOMENDACIONES</b>	46
<b>VIII. LITERATURAS CITADAS</b>	47
<b>IX. ANEXOS</b>	51

---

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		PÁGINA
1	Clasificación de las texturas de suelo en la infiltración en mm/ h <sup>-1</sup> (Montenegro y Malagón 1990)	8
2	Clasificación de la velocidad de infiltración del suelo en mm/ h <sup>-1</sup> (Bustamante y Solórzano 1999)	8
3	Clasificación de las texturas (Sociedad internacional de la ciencia del suelo)	10
4	Análisis físicos de suelo laboratorio de suelos y agua	30
5	Análisis químicos de suelo laboratorio de suelos y agua	31
6	Comparación de la velocidad de infiltración y distribución de las partículas del suelo	42
7	Frecuencia infiltración instantánea promedio	44
8	Análisis de varianza según Tukey al 0.01% de confianza	44

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA</b>		<b>PÁGINA</b>
1	Infiltrómetro de doble cilindro	5
2	Ubicación del área de estudio	15
3	Horizontes de los 14 perfiles de suelos en la Unidad de Experimentación y Validación el Plantel 2020-2021	21
4	Curva de infiltración 1, plátano	32
5	Curva de infiltración 2, plátano	32
6	Curva de infiltración 3, maíz	32
7	Curva de infiltración 5, mango	32
8	Curva de infiltración 6, aguacate	32
9	Curva de infiltración 7, plátano	32
10	Curva de infiltración 8, guayaba	32
11	Curva de infiltración 9, pipián	32
12	Curva de infiltración 10, maíz	33
13	Curva de infiltración 11, pasto	33
14	Curva de infiltración 12, pasto	33
15	Curva de infiltración 13, pasto	34
16	Curva de infiltración 14, pasto	34
17	Infiltración promedio instantánea en cada uso de suelo	43

## INDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO</b>		<b>PÁGINA</b>
1	Formato de recolección de datos en campo	51
2	Pruebas de infiltración (P1), (P2) y (P3)	52
3	Pruebas de infiltración (P5), (P8) y (P7)	55
4	Pruebas de infiltración (P8), (P9) y (P10)	59
5	Pruebas de infiltración (P11), (P12) y (P13)	62
6	Prueba de infiltración (P14)	65

## RESUMEN

La infiltración del agua es un factor con mucha variabilidad que depende de muchos factores que influyen en su proceso. Considerándose la situación se decidió evaluar las propiedades físicas del suelo en la infiltración. la investigación fue realizada en la Unidad Experimentación y Validación finca el Plantel (UEVP) de la UNA en el periodo 2020-2022. La metodología utilizada fueron 14 puntos de observación donde se realizaron igual número de descripción de perfiles de suelo, 42 pruebas de infiltración con el infiltrómetro o doble cilindro hasta alcanzar la estabilización del flujo y su determinación a través de la ecuación de Kostiakov para calcular las velocidades de infiltración, se empleó un diseño completamente al azar (DCA) se procesaron los resultados mediante el programa de INFOSTAT para determinar el grado de significancia entre los tratamientos, los resultados obtenidos se muestran en gráficas y tablas de frecuencia para su respectivo análisis. Los resultados muestran una velocidad de infiltración máxima de 34.8 cm h<sup>-1</sup> en el perfil 9 y un mínimo de 1.9 cm h<sup>-1</sup> en el perfil 3 debido a que las clases textural Franco arcilloso y en el perfil 9 es arcilloso y a la presencia de abundantes macros poros en el suelo, debido a la clase textural en los suelos arcilloso la infiltración acumulada es de 111.9 cm en un tiempo mayor de 300 minutos.

**Palabras claves:** Velocidad de infiltración, Clases texturales, Infiltrómetro.

## ABSTRACT

The research was carried out at the UNA 2020-2022 farm experimentation and validation unit (UEVP) with the purpose of analyzing the behavior of water infiltration and physical properties in different land uses. The methodology used was 14 observation points where the same number of descriptions of soil profiles were made, 42 infiltration test with the infiltrometer or double cylinder useful flow stabilization was reached and its determination through the Kostiakov equation to calculate the velocities of infiltration, and experimental design (DCA) was used or that, the results were processed through the INFOSTAT program to determine the degree of significance between the treatments, the results obtained are shown in graphs and frequency tables for their respective analysis. The result show a maximum infiltration rate of 34.8 in profile 9 and a minimum of 1.9 due to the fact that the textural class of the soil is clay loam and profile 9 it is clayey and to the presence of abundant macro pores in the soil, due to the textural class in clay soils, the accumulated infiltration is 111.9 cm in a time greater than 300 minutes.

**Keywords:** Infiltration speed, Texture classes, Infiltrometer

## I. INTRODUCCIÓN

El suelo es uno de los recursos naturales más estudiados a nivel mundial por su importancia en la seguridad alimentaria de la población mundial, por ello la ciencia ha venido desarrollando conocimiento científico con base en cada una de sus variables desde las propiedades físicas como química y su relación en la retención de humedad, movimiento del agua en el suelo, su aporte nutricional a la planta como el almacenamiento del agua dentro de los espacios poro relacionado a su clase textural.

La infiltración es el movimiento del agua desde la superficie del suelo hasta el interior del mismo bajo la acción de las fuerzas de gravedad y la atracción capilar entre el suelo y el agua; la velocidad con que ocurre este proceso, en relación con la velocidad de suministro de agua, determina la cantidad de humedad que puede almacenarse en la zona radicular y que cantidad de la lluvia ocurrida podría convertirse en escurrimiento citado por (Rosales, Pérez, Herrera, Gonzales, Cid, 2020).

Kumar y Kafle (2009), enuncian que “Estos procesos tienen lugar principalmente en las propiedades: Materia Orgánica (MO), Densidad aparente (Da), Porosidad total (Pt), la Capacidad de Campo (CC) y la humedad” Citado por (Llanes y Rizo, 2019, p1).

Montenegro (1990) enuncia que:

La estructura del suelo, es el ordenamiento de las partículas individuales en partículas secundarias o agregados y espacio poroso que llevan asociado, todo como resultado de alteraciones fisicoquímicos entre las arcillas y los grupos funcionales de la materia orgánica (Porta et al., 1999). Por otro lado, se refiere al tamaño, forma, arreglo de partículas sólidas, poros, continuidad de poros y su capacidad de retener o transmitir fluidos, sustancias orgánicas, así como la habilidad para garantizar el crecimiento, desarrollo de raíces (Blandón y Ramírez, 2016, p1).

El suelo es considerado el recurso más valioso a nivel nacional e internación por ser base en la producción y para la economía nacional, en Nicaragua los suelos están clasificados en diferentes usos.

Uno de los mayores problemas que afecta la infiltración de agua en el suelo hoy en día es la compactación, produce un incremento en la densidad aparente, reducción del espacio poroso, incremento de escorrentía superficial, pérdida de fertilidad y reducción de las actividades de microorganismo. La compactación juega un papel importante ya que el agua que se precipita no puede ser aprovechada si no que fluye como escorrentía superficial.

Uno de las limitaciones encontradas en la finca el plante son la erosión hídrica producto de una clase textural con partículas finas, pendientes que oscila entre los 0 – 8 % de pendiente, ocasionando movimiento de suelo de la parte alta hacia la parte baja, lo que perjudica el área de los invernaderos que maneja el departamento de sanidad vegetal, con inundaciones ocasionales. Este problema se presenta fuertemente en la estación lluviosa por lo que es importante conocer las propiedades del suelo y su efecto sobre la infiltración del agua dentro del perfil de suelo.

El propósito de este estudio es de reconocer la influencia de las propiedades físicas del suelo y los fenómenos que intervienen en la infiltración de agua en el suelo para esto se ha venido estudiando por mucho tiempo, sin embargo, la evolución perfecciona métodos y fórmulas para su estudio de tal forma que permita hacer uso racional y efectivo del recurso agua para la agricultura es esencial.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general**

- Evaluar el efecto de las propiedades físicas del suelo en la infiltración del agua en diferente uso del suelo en la unidad de experimentación y validación finca El Plantel de la UNA 2020-2022.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Construir las curvas de velocidad de infiltración de los usos y tipos de suelos evaluados a través del modelo de Kostiakov.
- Relacionar las propiedades físicas del suelo con la velocidad de infiltración.
- Comparar los valores de infiltración básica, acumulada y promedio en los diferentes usos y tipos de suelo evaluados.

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

#### **3.1. Infiltración**

Hillel (1975) enuncia que:

La infiltración se define como el ingreso vertical de agua al suelo desde su superficie. Los aportes más comunes de agua al suelo son por lluvias y riegos. El agua inicia su penetración en los macro poros, desplazándose hacia abajo debido principalmente a gradientes de potencial gravitacional y métrico, formando un frente húmedo, estableciéndose un flujo no saturado, salvo que el suelo estuviese saturado al comenzar a recibir el aporte de agua. Si continua el aporte, el agua irá ocupando todo el espacio poroso y su movimiento tenderá a convertirse en un flujo saturado, que ocurrirá cuando toda la porosidad esté ocupada con agua citado por (Génova, Andreau, Etcheverry, Etchevers, Chale, Calvo, Ramos. sf).

#### **3.2. Evolución de la infiltración**

A través del estudio de la infiltración de los distintos tipos de suelo se han practicado metodologías y ecuaciones que conllevan al resultado de dicha práctica que nos han servido como estudio práctico. El proceso de infiltración de agua en el suelo ha sido intensamente estudiado debido a su importancia del agua en la agricultura, la conservación del recurso suelo, la recarga hacia los acuíferos y otras actividades técnicas. La evolución se ha implementado métodos fáciles y prácticos para el estudio de la infiltración, entre ellos tenemos el método de doble cilindro, surcos de infiltración, infiltrómetro de minidisco etc. (Alvarado y Barahona 2016).

##### **3.2.1. Infiltrómetro de minidiscos**

El Infiltrómetro de minidisco consiste en un tubo de ensayo de 32.7 cm de longitud y 3.1 cm de diámetro. En la parte superior se encuentra un tapón de goma con un capilar graduado en centímetros para determinar la succión a utilizar. En su parte inferior posee un disco de acero inoxidable de 4.5 cm de diámetro y 3 mm de grosor citado por (Juárez y Orosco, 2011).

### 3.2.2. Método de doble cilindro

Los anillos infiltrómetro consisten en un juego de dos anillos de 25 cm de alto. El anillo exterior tiene un diámetro de 55 cm y el anillo interior de 35 cm de diámetro; una boya con una escala graduada en cm. y mm para realizar las mediciones del nivel de agua. La profundidad a la que penetraron los anillos fue de 15 cm. Un método ampliamente usado para determinar la infiltración de un suelo es el del cilindro Infiltrómetro, el cual es adecuado para métodos de riego que permiten mojar directamente una gran superficie de suelo (bordes, regueros en contorno, aspersión Citado por (Juárez y Orozco, 2011).

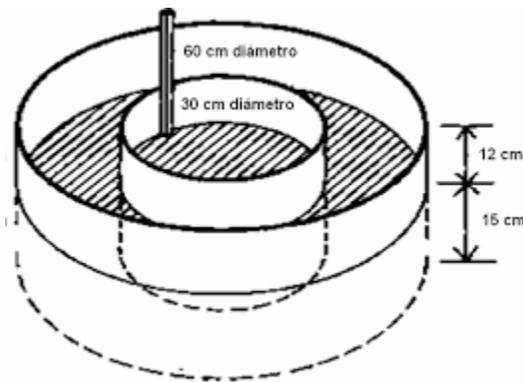


Figura 1. Infiltrómetro de doble cilindro

### 3.2.3. Surco Infiltrómetro

Sepor, (2017) enuncia que “Es una prueba de campo en el cual se realizan 3 surcos de riego y se mide el caudal entrante y saliente de la zanja central durante el tiempo determinado de la prueba “Citado por (Castillo, 2020, p22).

Además, se han desarrollados varias ecuaciones para poder estimar la velocidad de infiltración en el suelo bajo condiciones controladas. Las ecuaciones que se utilizan son principalmente ecuaciones empíricas, obtenidas directamente de la medición de diferentes suelos y del ajuste de los valores de infiltración Citado por (Olid, 2014, p5)

### 3.3. Ecuación de Kostiakov

Esta ecuación es muy utilizada para aplicarla en sistemas de riego y se adapta bastante bien a la curva característica de infiltración. Esto se produce porque es muy fácil adaptarlas a los datos

experimentales tomados en periodos de tiempo cortos, de tan solo unas pocas horas, a su vez se adapta razonablemente bien a casi todos los tipos de suelo Citado por (Olid,2014, p.10).

El modelo más ampliamente utilizado para caracterizar la infiltración es el de Kostiakov (1932).

**Kostiakov (1932)** propuso que:

El modelo para determinar la lámina de infiltración: en que,  $I(t)$  - la lámina de infiltración acumulada, respecto al tiempo transcurrido ( $t$ );  $a$  y  $b$  - parámetros empíricos de ajuste, determinados a partir de los datos experimentales de infiltración

$$I = k \cdot t^n$$

**Dónde:**

$I$  = velocidad de infiltración, en  $\text{cm h}^{-1}$

$k$  = factor numérico adimensional, pero que representa la velocidad de infiltración en  $\text{cm h}^{-1}$  durante el intervalo inicial, se obtiene analítica o gráficamente y es el parámetro del ajuste de los datos de campo al modelo.

$n$  = exponente que varía entre 0 y  $-1$ . Representa la tasa de cambio de la variable dependiente

( $I$ ) respecto de la variable independiente ( $t$ ), explicando la disminución de la  $I$  con el  $t$ . Cuando se grafican los datos de campo y se ajustan al modelo, es la pendiente de la curva de ajuste.

$t$  = tiempo de infiltración, en minutos (Génova *et al.*, s.f, p4).

### **3.4. Ecuación kostiakov- Lewis modificada (1979)**

Con los datos de campo se calcularon las infiltraciones acumuladas en los tiempos iniciales de cuya relación se obtuvo el primer término de la ecuación (2), cuando se observó que la tendencia de estos se ajusta a la ecuación de la recta se utilizaron esos valores para conformar el segundo término de la ecuación (2); dado que la ecuación de la propuesta por Kostiakov-Lewis.

$$I_{ac} = K \cdot t^n + f_0 \cdot t$$

Donde:

Iac: infiltración acumulada (medida en lámina de agua y expresada en mm).

K: constante de la función potencial (mm. min<sup>-1</sup>).

t: tiempo de infiltración (min). n': exponente de la función potencial.

fo: constante de la función lineal denominada tasa de infiltración básica (mm.min<sup>-1</sup>).

### **3.5. Factores que influyen en la infiltración**

El agua para infiltrarse debe penetrar a través de la superficie del terreno y circular a través de este.

Hay grupos de factores que influyen en el proceso:

Factores que definen las características del flujo (agua) que se filtra.

- Tipo de suelo y contenido de materia orgánica sobre el que cae la precipitación.
- Compactación que presenta la superficie sobre la que cae el agua
- Existencia de grietas en los suelos
- Tipos de labranzas
- Tipo de cultivo
- Contenido de humedad inicial
- Condición del agua, tales como: salinidad, temperatura, sedimentos, etc.
- Cobertura vegetal

### **3.6. Método de doble cilindro**

Custodio y Llamas (1976) enuncia que:

Uno de los métodos más simples para la medición de la capacidad de infiltración de suelos es el de doble cilindro. Este procedimiento de ensayo, también conocido como método de muntz, permite obtener mediciones directas de infiltración en áreas reducidas Citado por (Weber, 2015).

### 3.7. Uso y aplicación

El método consiste en saturar una porción de suelo limitada por dos anillos concéntricos para a continuación medir la variación del nivel del agua en el cilindro interior. La tasa o velocidad de infiltración es la velocidad con la que el agua penetra en el suelo a través de su superficie.

Cuadro 1. Clasificación de texturas del suelo en la infiltración en  $\text{mm h}^{-1}$  (Montenegro y Malagon.1990)

Textura	Velocidad de infiltración $\text{mm h}^{-1}$
Arcilloso	< 5
Franco-arcilloso	5-10
Franco	10-20
Franco-arenoso	20-30
Arenoso	>30

Cuadro 2. Clasificación de la velocidad de infiltración del suelo en  $\text{mm h}^{-1}$  (Bustamante y Solorzano.1999).

Interpretación	Velocidad de infiltración $\text{mm h}^{-1}$
Muy lenta	< 0.2
Lenta	0.2-0.5
Moderadamente Lenta	0.5-2.0
Moderada	2.0-6.5
Moderadamente rápida	6.5-12.5
Rápida	12.5-25.0
Muy rápida	>25.0

### 3.8.Efecto de la MO en las propiedades físicas del suelo

Zapata y Osorio (2010) enuncian que

En razón a su naturaleza la materia orgánica tiene múltiples efectos sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, no obstante, su contenido en el suelo, en un momento dado, depende del aporte de materiales orgánicos que se hagan sobre éste, así como de la velocidad con la cual se descomponen dichos materiales Citado por (Castro y Gómez, 2010)

Entre tanto, prácticas habituales como el uso intensivo del suelo en ausencia de esquemas conservacionistas, la quema de rastrojos y residuos de cosecha, el monocultivo y la ineficiente cultura de mecanización y riego agrícola en el país, siguen produciendo

impactos duraderos e irreversibles, como la disminución de la MO y la declinación de la fertilidad en muchos suelos. Por ello, el manejo de la MO de los suelos mediante el uso de enmiendas orgánicas es de vital importancia en los métodos sostenibles de producción de cultivos Citado por (Meléndez, 2012, p5).

### **3.9. Calidad del suelo**

Según FAO (2000) destaca que “La calidad del suelo es variable y los suelos responden de forma distinta conforme las practicas implementadas sobre él. Se incluyen los elementos de la calidad del suelo; las propiedades físicas, químicas y biológicas inherentes y dinámicas” Citado por (Blandón, 2015).

### **3.10. Propiedades físicas del suelo**

Sánchez (1989) enunciando que:

Las propiedades físicas del suelo tienen la responsabilidad del transporte del aire, calor, agua, sustancias solubles a través del suelo, éstas pueden ser deterioradas con la labranza haciendo al suelo menos permeables y más susceptible a pérdidas por escorrentía y erosión Citado por (Castillo, 2005, p7).

#### **3.10.1. Textura**

Henríquez y Cabalceta (1999) enuncian que:

La textura se refiere a la proporción relativa de arena (a), limo (L) y arcilla (A) que existe en el suelo; esta caracterización se refiere a las partículas menores de 2 mm de diámetro. Lo útil de conocer la textura o la clase textural a la que pertenece un suelo consiste en que permite hacer una deducción aproximada de las propiedades generales del suelo, y así ajustar las prácticas de manejo requeridas (labranza, riego y fertilización); también puede utilizarse para evaluar y valorar tierras de acuerdo con su capacidad de uso Citado por (Castillo, 2005, p6).

Ortiz (1990), expresa que:

Cuadro 3. Clasificación de las texturas según (Sociedad Internacional de la ciencia del suelo)

Fracción de suelos	USDA Diámetro límites (mm)	SIDCS. Diámetro límites (mm)
Arena muy gruesa	2.00 a 1.00	
Arena gruesa	1.00 a 0.50	2.00 a 0.20
Arena media	0.50 a 0.25	
Arena fina	0.25 a 0.10	0.20 a 0.02
Limo	0.10 a 0.0	
Arcilla	0.05 a 0.002	0.02 a 0.002
	Menor de 0.002	Menor de 0.002

(Castillo, 2005, p6).

### 3.10.2. Estructura

Sánchez (1981), define que:

La estructura del suelo como: "el tamaño, la forma y el arreglo de las partículas primarias que forman las partículas compuestas, y el tamaño, forma y arreglo de las partículas compuesta". Lo que se considera como buena estructura depende de la velocidad con que el aire y el agua se mueva a través del suelo .La estructura se puede observar directamente en el perfil del suelo, no obstante se ve mucho mejor al tomar una muestra agitándola y presionándola ligeramente en la mano y comprobando cómo se desmorona en un conjunto de unidades menores (los agregados estructurales), desde el aspecto morfológicos la estructura del suelo se define por su forma, tamaño y el grado de manifestación de los agregados en donde se definen los siguientes tipos: Migajosa o grumosa, granular, angular o bloques angulares, subangulares o en bloques subangulares (Castillo, 2005,p7).

**Gavande (1987)** Expresa que "La estabilidad estructural se refiera desde el punto de vista agrícola, a la capacidad que tiene el grano de retener su forma cuando se humedece y permitir el paso del agua a través del suelo "citador por (Castillo, 2005, p7).

### **3.10.3. Permeabilidad**

Es la propiedad que tiene el suelo de transmitir el agua y el aire y es una de las cualidades más importantes que han de considerarse para la piscicultura. Un estanque construido en suelo impermeable perderá poca agua por filtración. Mientras más permeable sea el suelo, mayor será la filtración citado por (Castillo, 2005, p8).

La permeabilidad depende de la porosidad total del suelo, del contenido de humedad y de la distribución del tamaño de poros. Cuando el suelo está saturado todos los poros están llenos de agua y actúan como conductores. En esta condición la permeabilidad es máxima y tanto mayor si predominan poros grandes, como ocurre en suelos arenosos o bien granulados y estables. En condiciones insaturadas, los poros vacíos no conducen agua y disminuye entonces, el área efectiva para la transferencia de ésta. La permeabilidad es función del contenido de humedad. Cuando los suelos presentan estructuras estables, la permeabilidad no cambia; sin embargo, si la estructura es inestable el suelo se degrada por expansión al mojarse y la permeabilidad cambia totalmente Citado por (Jiménez y Rodríguez, 2008, p39).

## **3.11. Manejo agronómico de los tratamientos en estudio**

### **3.11.1. Cultivo de plátano**

Los terrenos dedicados al cultivo del plátano deben reunir ciertas condiciones naturales que los hagan aptos para este fin. Los suelos apropiados para son los que varían de ligeramente ácidos a neutros (pH 6.5 -7.0), aunque también tolera los ligeramente alcalinos. Los suelos deben ser de topografía plana para facilitar las labores culturales y evitar al máximo la erosión, sueltos, profundos, ricos en materia orgánica, fértiles y con buen drenaje, dado que los encharcamientos lo afectan e inclusive pueden matar la planta (Programa de desarrollo del cultivo de plátano).

“Los sistemas de riego más empleados son el riego por goteo y por micro-aspersión. En verano las necesidades hídricas en general alcanzan aproximadamente unos 100 m<sup>3</sup> de agua por hectárea en una semana “Citado por (Sandoval y Somarraba 2015).

### **3.11.2. Cultivo de maíz**

Los suelos más apropiados para la producción de maíz son los suelos francos o francos arcillosos con buen drenaje. Los factores físicos, químicos y ambientales son los que determinan la capacidad de producción de estos suelos, los sistemas de riego más empleados son el riego por goteo y aspersión, así mismo los riegos se reducen cuando los frutos están próximos a la madurez Citado por (Cruz, 2013).

El maíz es un cultivo exigente en agua, para obtener una producción máxima, en periodo de madurez exige entre 500 y 800 mm de agua, dependiendo del clima. Las necesidades hídricas van variando a lo largo del cultivo y cuando las plantas comienzan a crecer se requiere menos cantidad de agua, pero sí mantener una humedad constante Citado por (López y Morales, 2016).

### **3.11.3. Cultivo de mango**

El mango es una de las frutas que más se producen en las áreas tropicales y subtropicales, además se puede adaptar en alto grado a diversas condiciones edáficas y de fertilidad; sin embargo, aunque es tolerante a los suelos de baja fertilidad, sus niveles de producción se elevan sustancialmente en suelos fértiles. Los requerimientos hídricos dependen del tipo de clima del área donde estén situadas las plantaciones. Si se encuentran en zonas con alternancia de estaciones húmeda y seca, óptimas para el cultivo del mango, Los riegos más copiosos deben darse cuando los capullos van a abrir, y hasta varias semanas después de la fructificación. Mientras la fruta aumenta de tamaño debe regarse una vez cada quince días y puede dejarse de regar al acercarse la madurez Citado por (Duran y Flores, 2014).

Los mangos son arboles de clima tropical con estaciones secas y húmedas bien diferenciadas. Aunque toleran periodos fríos, las temperaturas optimas son comprendidas entre 16°C y 38°C. La pluviosidad adecuada se sitúa a nivel de 1000 y 1600 mm/año, sin embargo, el mango puede necesitar riego durante la época seca, sobre todo, en plantaciones comerciales Citado por (Morazán, 2007).

#### **3.11.4. Cultivo de aguacate**

El aguacate es más exigente a las características del suelo que otros frutales; por tanto, este posee una raíz distinta, limitando a adaptarse a suelos difíciles, tienen una raíz fácilmente quebradiza la cual absorbe agua y nutrientes únicamente por la punta, a través de células presente en la zona de crecimiento longitudinal. Para un adecuado desarrollo del cultivo de aguacate, se requiere que un suelo posea las ciertas características como un suelo franco, un drenaje excelente permitiendo que el agua filtre fácilmente en el suelo, Aunque el árbol de aguacate no tolera un suelo permanentemente húmedo, tampoco prospera ante la falta de humedad. De esta manera, la elección de un terreno adecuado (que no se encharque) y una alta rigurosidad en el aporte de agua, resultan los elementos imprescindibles para el buen desarrollo del cultivo y evitar males mayores Citado por (Garbanzo, 2011).

La disponibilidad del agua se calculó con las demandas que presente el cultivo donde se estableció el sistema de riego. Según Alvarado y Serapio (2016) la unidad necesita abastecerse diariamente de 10,512 litros de agua para poder suministrarle la dosis necesaria al cultivo durante el tiempo de riego de dos horas Citado por (Medrano y Reyes 2019).

#### **3.11.5. Cultivo de guayaba**

Para el cultivo de guayaba, se prefieren suelos fértiles, profundos ricos en materia orgánica y por supuesto con un buen drenaje. A pesar de que la guayaba produce en cualquier tipo de suelo un suelo con buen drenaje, permite básicamente que este se drene moderadamente, la disponibilidad de agua es indispensable para el buen desarrollo de la plantación la frecuencia está determinada por diversos factores entre los que se puede3n mencionar tipo de suelo, condiciones ambientales y grado de desarrollo de la plantación en relación al tipo de suelo mientras más contenido de arena tenga la frecuencia va ser mayor por tener menor capacidad de retención que un suelo arcilloso Citado por (Pineda, 2007).

Los requerimientos que necesitan las plantas de guayaba para su desarrollo y producción son los siguientes: temperatura de 16-34°C, altitud de 0 - 1 400 msnm, humedad relativa 36-96%, precipitación anual-1 000 - 1 800 mm, el suelo franco arcilloso o toda textura con un pH de 6-7 Citado por (Gutiérrez y Lanuza, 2019).

### **3.11.6. Cultivo de pipián**

El pipián se adapta a diferentes condiciones de suelo, que sean fértiles, drenados y de buena estructura, desarrollándose mejor en los suelos francos, francos arcillosos y con buen contenido de materia orgánica. Tolera pH de 4.5 a 7.5, siendo el óptimo de 6 a 6.8, el riego debe ser de forma frecuente y con poca cantidad de agua, procurando que el suelo quede aparentemente seco en la parte superficial, para evitar pudrición del cuello y la parte del vegetal que toma contacto con el suelo, implementando el riego por goteo o localizado Citado por (Cañas y Rajos, 2009).

El éxito del cultivo depende de la fecha de siembra, por ejemplo los meses más productivos están en la época seca y es cuando menos se siembra, y por lo general durante la época de lluvia es cuando mayormente se cultiva, principalmente en la zona del pacifico central es un fruto húmedo y demanda bastante agua, inclusive más que la sandía, se encuentra constituido de un (80-85%) de agua, por lo tanto se tiene que garantizar el riego con una precipitación media entre los 600 ml distribuidos en 6 meses que dura la época seca en nuestro país Citado por (Herrera y Ruiz, 2012).

## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1. Ubicación del estudio

El área donde se estableció la presente investigación fue en la finca El Plantel, situada en el kilómetro 42 de la carretera Masaya-Tipitapa. Departamento de Masaya, la extensión de la finca es de 189.1 Ha y las coordenadas correspondientes son 12°06'24" latitud norte y 86°04'06" longitud oeste. La finca se encuentra a una altura de 96 (msnm), la precipitación del lugar es de 800 a 1000 mm anuales los suelos son franco arcilloso. La estación lluviosa en la zona inicia en mayo y termina en noviembre, el 87 al 97 % de las precipitaciones anuales ocurren durante los meses de junio y octubre citado por (Espinoza y López, 2010, p5).

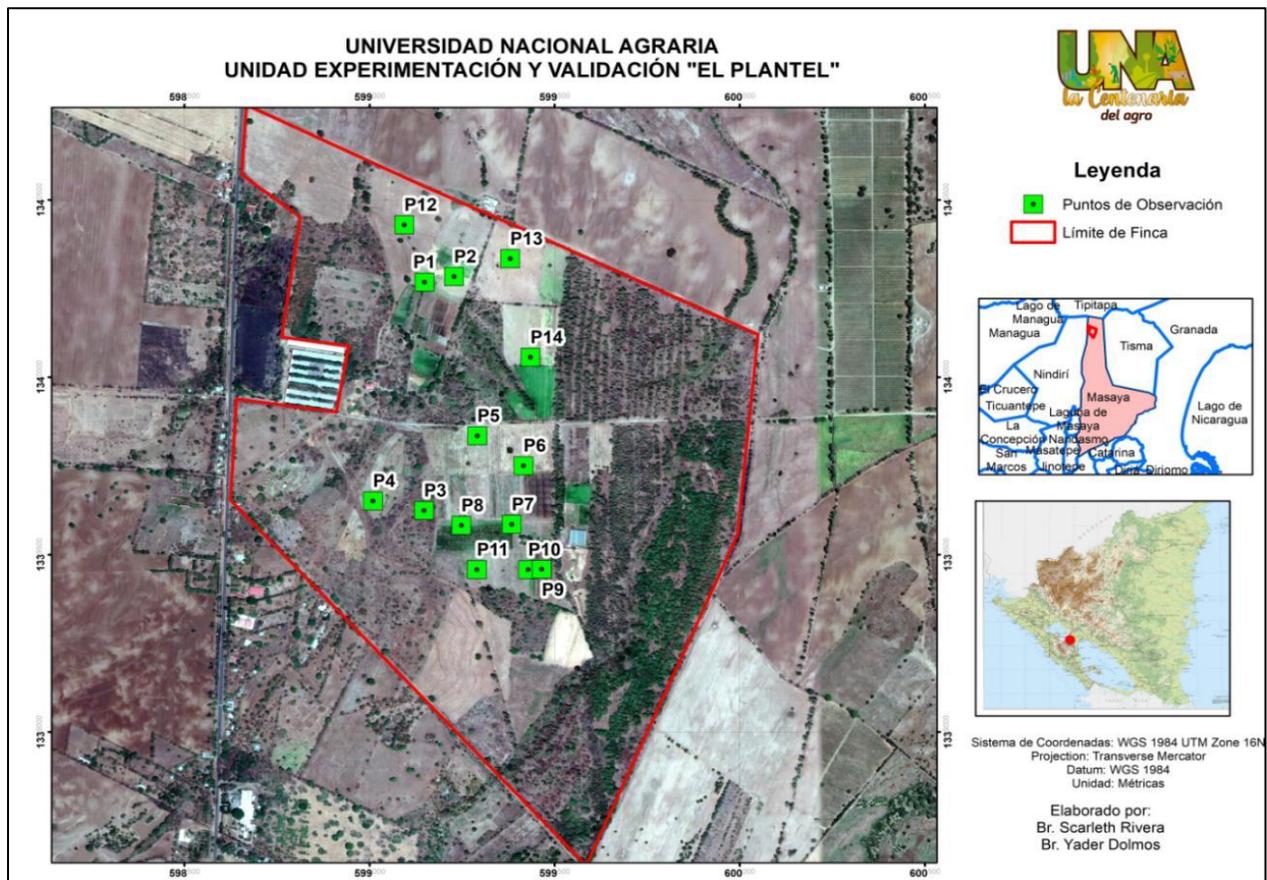


Figura 2. Mapa de ubicación del área de estudio finca el plantel

## **4.2. Diseño metodológico**

El estudio se realizó en el área experimentación y validación el Plantel en donde se estableció un Diseño Completamente al Azar (DCA), se seleccionaron 14 puntos de observación a través del tiempo tomando como criterio; uso del suelo, color, textura, daños colaterales a las zonas baja, relieve, y uso actual del suelo. Se realizaron en cada punto un total de 14 calicatas donde se describieron los perfiles con base a la guía de la Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación, (2000).

### **4.2.1. 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 Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación, FAO(2000).

Las dimensiones de las calicatas para descripción del perfil de suelo son las siguientes: 1m x 1m x 1.20 m de profundidad, orientada de Este a Oeste teniendo la cara para describir opuesta al sol sea por la mañana o bien por la tarde, realizando la descripción en condiciones aceptables de luz solar.

La cara de la calicata a describir se limpió y se eliminó irregularidades producida por el pico o la barra tratando de llevarlo a condiciones naturales. Dentro del perfil se identificaron las siguientes características: espesor de los horizontes diagnóstico, color, consistencia en seco y húmedo, presencia de poros, presencia de raíces, presencia de actividad biológica, limitaciones internas dentro del perfil, presencia de materia orgánica (MO) utilizando peróxido de hidrogeno ( $H_2O_2$ ) y ácido clorhídrico (HCl al 10% N), para detectar la presencia de carbonato de calcio ( $CaCO_3$ )

De cada horizonte diagnóstico se extrajo una muestra de 0.91 kg que fueron enviadas al laboratorio de suelos y agua LABSA, para ser registradas y obtener los resultados de análisis físicos y químicos de cada horizonte descrito.

#### **4.2.2. Determinación de textura**

Para la determinación de textura se utilizó el método del tacto a nivel de campo, para ello se tomó una porción de suelo se eliminó toda presencia de material extraño como: piedras, gravas, arena gruesa, y raíces se le agregó agua y se comenzó a mezclar en la palma de la mano con agua + suelo hasta alcanzar una consistencia suave, y moldeable, posteriormente se procedió a formar un cilindro que alcanzará unos 10 cm de largo por un centímetro de diámetro, al tratar de cruzar ambos extremos del cilindro, si mantuvo su forma sin ninguna fractura, se menciona que es arcilla, si se muestran ligeras fracturas pequeñas es limoso o bien si no se logra formar el cilindro por completo se considera arenoso.

#### **4.2.3. Determinación de estructura**

Se realizó mediante la observación sabiendo mediante la guía de descripción de suelos de la FAO (2000) la estructura del suelo se define por la forma en que se agrupan las partículas de limo, arcilla y arena cuando estas se agrupan toman aspectos de partículas mayores. En la determinación de la estructura se tomó un agregado de un tamaño considerable y después se lanzó hacia arriba suavemente con el objetivo de disgregar el agregado de manera natural en agregados más pequeños y poder clasificar el tamaño del agregado que va de muy fino a grueso según la guía de la tabla Munsell,(2000) y poder determinar la forma del mismo ya sea en bloques angulares, bloques subangulares, en suelos desde franco hasta franco limo arcilloso, o en bloque columnares o prismático en suelos arcillosos o migajas en suelos francos.

#### **4.2.4. Determinación del color**

La determinación del color del suelo se determinó con la tabla de colores Munsell en dependencia de las condiciones de humedad en seco o mojado para ambos casos se tomó un agregado de horizonte en descripción y se colocó el agregado por debajo de la hoja o pastel de colores donde se puede apreciar el color con base a su brillo, valuó, contraste.

También se realizó la observación de la actividad biológica encontrada en cada horizonte y la presencia de macro, micro y meso poros.

#### **4.2.5. Infiltrómetro de doble cilindro**

La prueba consistió en verter agua primero en el espacio entre el cilindro interno y externo una cantidad de agua que alcanzara 2/3 del ancho del cilindro con una carga hidráulica constante durante toda la prueba. Para verter el agua en el cilindro interno se prepara la superficie eliminada cualquier tipo de material sobre la superficie del suelo sin perturbar el suelo, se colocó un manto plástico para evitar que el agua una vez vertida se infiltre el agua hasta alcanzar la misma altura de agua del cilindro exterior. Después se procedió a retirar el plástico y se comenzó la prueba. Las lecturas previamente planificadas fueron 30 lecturas de un minuto, 10 lecturas de 5 minutos, 10 lecturas de 10 minutos, 10 lecturas de 20 minutos y por último 2 a 5 lecturas de 30 minutos hasta alcanzar la estabilidad del flujo.

#### **4.3. Ecuación de Kostiakov**

Con los datos obtenidos de campo y la utilización de la ecuación descrita de Kostiakov. Se procedió al cálculo de la velocidad de infiltración (VI) multiplicando las diferencias entre lecturas por 60 y luego se divide entre el intervalo entre lecturas. (Véase el anexo “X”).

Tomando los resultados del tiempo acumulado para el eje de la abscisa y la infiltración calculada para las ordenadas, se puede graficar y observar el comportamiento de la velocidad de infiltración.

La grafica de la curva velocidad de infiltración (VI), utilizando la siguiente ecuacion:

$$I = K t^n \text{ (Ecuación 1)}$$

Para la obtención de los coeficientes k y n del modelo de kostiakov- Lewis, podemos utilizar diversos métodos, el método de regresión lineal simple, el método grafico o el método de los promedios. Por ser el más preciso.

#### **4.4. Método de regresión lineal simple**

Se necesita linealizar la ecuación aplicando logaritmos a ambos términos, de esta forma se obtiene:

$$\text{Log } I = \text{Log } k + \text{Log } t \text{ (Ecuación 2)}$$

Esto correspondería a una ecuación del tipo de una recta:

Donde:

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

$$b_1 = \text{Log } k$$

$$b_1 = n$$

$$Y = b_0 + b_1 x = \text{(Ecuación 3)}$$

Además:

$$X = \text{Log } t$$

Y = velocidad de infiltración

X = Tiempo

b1 se calcula utilizando la ecuación:

$$b_1 = \frac{\sum x_i y_i - \frac{\sum x_i \sum y_i}{n}}{\sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n}} \quad \text{(Ecuación 4)}$$

En teoría para encontrar la solución del problema, se puede construir una tabla con los valores que se obtienen aplicando logaritmos y elevándolos al cuadrado a los valores de tiempo acumulado e infiltración calculada respectivamente

Se tiene la ecuación:

$$b_0 = Y - b_1 x$$

Podemos encontrar la media como:

$$Y = \frac{\sum Y_i}{n}$$

$$X = \frac{\sum X_i}{n}$$

Para obtener el valor de k

K= antilog b<sub>0</sub>

Para la determinación del coeficiente de correlación (r) del modelo obtenido, que es la medida del grado de asociación entre variables, se tiene:

$$r = \frac{\sum x_i y_i - \frac{(\sum x_i)(\sum y_i)}{n}}{\sqrt{\left[ \sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n} \right] \left[ \sum y_i^2 - \frac{(\sum y_i)^2}{n} \right]}} \quad \text{(Ecuación 5)}$$

La infiltración ajustada promedio se calculó mediante la ecuación de kostiakov. Para determinar la infiltración básica se tomó por referencia el valor final de la infiltración instantánea, para la infiltración acumulada es el total de agua que se infiltro en cm durante la prueba.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1. Horizontes Perfiles de suelo 2020 – 2021

Los descripción de los perfiles de suelo realizados en el plantel, periodo 2020 - 2021, y la ubicación fueron con base: color, uso del suelo, relieve y problemática del manejo.

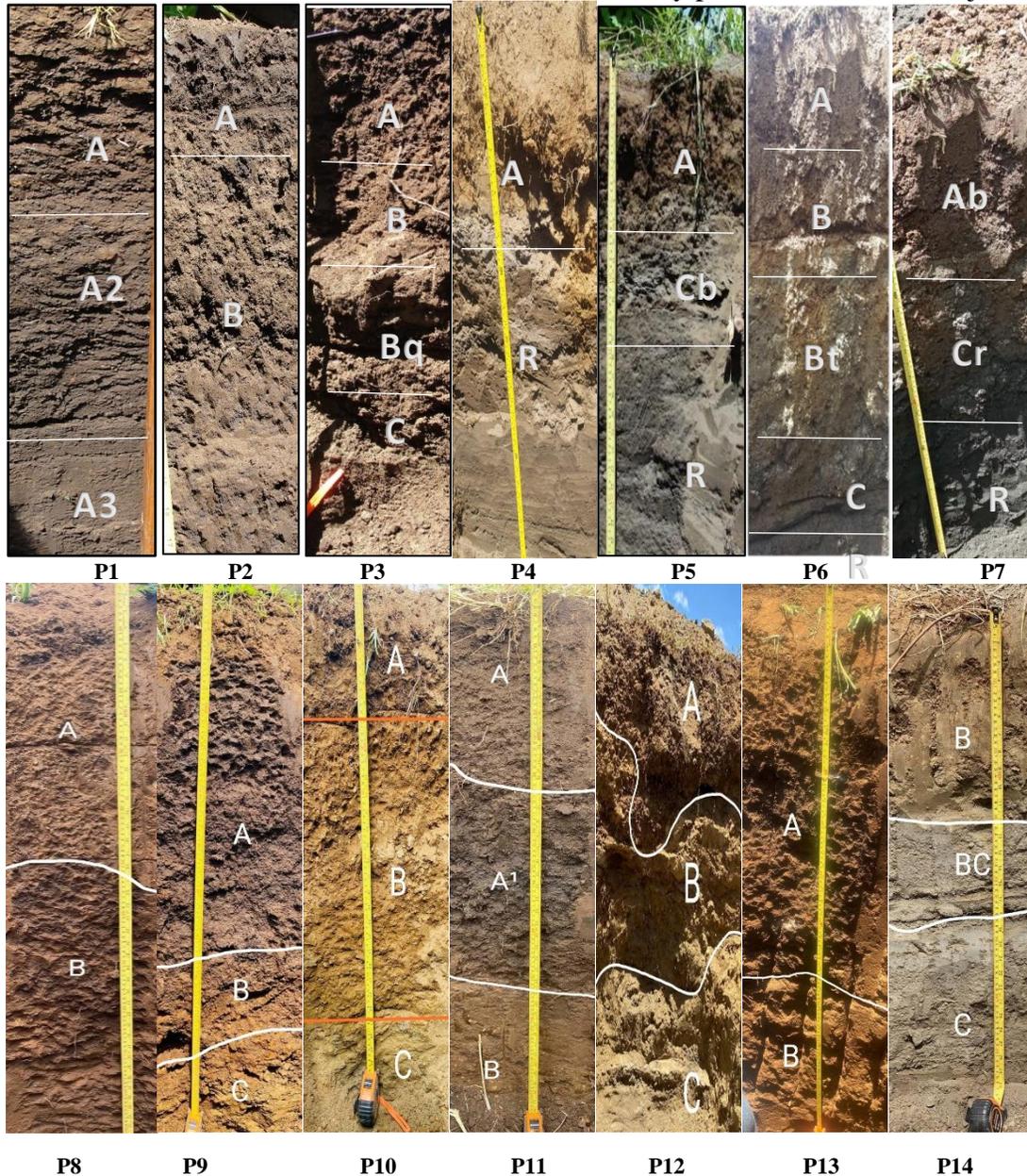


Figura 3. Horizontes de los 14 perfiles de suelos en la Unidad de Experimentación y Validación el Plantel 2020-2021.

P1; perfil 1, p2; perfil 2, P3; perfil 3, P4; perfil 4, P5; perfil 5, P6; perfil 6, P7; perfil 7 P8; perfil 8, P9; perfil 9, P10; perfil 10, P11; perfil 11, P12; perfil 12, P13; perfil 13, P14; perfil 14.

## **5.2. Descripción de los perfiles de suelo**

### **5.2.1. Descripción perfil 1 (P1)**

El 29 de septiembre del 2020 se realizó la calicata 1, la forma del terreno es plano y la profundidad del manto freático es de 162 pies, con vegetación y uso de suelo con el cultivo de plátano y uso 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 hasta 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 B<sub>m</sub>), 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

### **5.2.2. Descripción perfil 2 (P2)**

El 29 de septiembre del 2020 se realizó la calicata 2, la forma del terreno es plano y la profundidad del manto freático es de 162 pies, con vegetación y uso de suelo con el cultivo de plátano y uso agrícola.

**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 macros poros.

**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 **B<sub>m</sub>**).

### 5.2.3. Descripción perfil 3 (P3)

El 29 de septiembre del 2020, se realizó la calicata 3, la forma del terreno es plano y la profundidad del manto freático es de 162 pies, con vegetación y uso de suelo con el cultivo de Maíz y uso agrícola.

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

**Horizonte B:** 23.3 – 43.6 cm (10YR 3/3) marrón 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, abundantes micro y macro poros, se observaron abundantes raíces finas y gruesas.

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

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

### 5.2.4. Descripción perfil 4 (P4)

El 26 de septiembre del 2020, se realizó la calicata 4, la forma del terreno es ondulado y la profundidad del manto freático es de 162 pies, con vegetación y uso de suelo con cultivo de pasto.

**Horizonte A:** 0 – 20 cm 10 (YR 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.

3A

**Horizonte R:** 20 – 80 cm esta la toba con un grosor de más de 60 cm de color grisáceo oscuro en húmedo, de consistencia dura, no es plástico ni adherente con pocas raíces finas.

#### **5.2.5. Descripción perfil 5 (P5)**

El 01 de diciembre del 2020, se realizó la calicata 5, la forma del terreno es plano y la profundidad del manto freático es de 162 pies, con vegetación y uso de suelo con el cultivo de mango y uso agrícola.

**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.

#### **5.2.6. Descripción perfil 6 (P6)**

El 01 de diciembre del 2020, se realizó la calicata 6, la forma del terreno es plano y la profundidad del manto freático es de 162 pies, con vegetación y uso de suelo con cultivo de aguacate.

**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 hasta 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

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

#### **5.2.7. Descripción perfil 7 (P7)**

El 9 de noviembre del 2020, se realizó la calicata 7, la forma del terreno es plano y la profundidad del manto freático es de 162 pies, con vegetación y uso de suelo con el cultivo de plátano.

**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.

#### **5.2.8. Descripción perfil 8 (P8)**

El 02 de agosto del 2021 se realizó la calicata 8, la forma del terreno es plano y la profundidad del manto freático es de 162 pies con vegetación y uso de suelo con cultivo de guayaba.

**Horizonte A:** de 0-50 cm (10YR 4/3) color marrón en seco y (10YR 3/2) marrón grisáceo muy oscuro. La textura en campo se observó franco arcillo limoso, con limite claro y estructura de bloques angular de fino a grueso (5 - 10 mm) y subangulares de (20 - 50 mm). con una consistencia firme en seco y frágil en húmedo es adherible y plástico, micro y meso poros. En el área evaluada se observó muchas raíces finas de (0.5 a 1 mm) de diámetro, pocas raíces gruesas de (2 a 3 mm). No hay presencia de actividad biológica, no hay reacción al HCl, pero poca al peróxido de hidrógeno H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. .

**Horizonte B:** de 50-120 cm (10YR 3/4) color marron amarillento oscuro en seco y (10YR 2/1) oscuro en húmedo. Presenta una textura franca arcillo arenoso y una estructura de bloques angulares medianos (10 - 20 mm) y gruesos de (20 - 50 mm) con una consistencia firme en seco y

frágil en húmedo es adherible y plástico, contiene abundantes microporos y pocas raíces finas y muchas gruesas (5 a 10 mm) de diámetro y con un drenaje moderadamente bien drenado. No hay presencia de actividad biológica y no hay reacción al HCl ni al H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

#### **5.2.9. Descripción perfil 9 (P9)**

El 03 de agosto del 2021 se realizó la calicata 9, la forma del terreno es plano y la profundidad del manto freático de 162 pies con vegetación y uso de suelo para el cultivo de pipián.

**Horizonte A:** de 0-76 cm (7.5YR 3/3) color marrón oscuro en seco y (7.5YR 2.5/3) color marrón muy oscuro en húmedo con una textura franco-arcillosa con estructura de bloques angulares de (20-50 mm), y una consistencia firme en seco y frágil en húmedo, es adherente y plástico, con un drenaje moderadamente lento, abundantes macroporos y poco micros, mucha presencia de raíces finas que van de (1 - 1.5 mm) de diámetro, reacción fuerte al H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. y no al HCl.

**Horizonte B:** de 76-90 cm (7.5YR 4/3) color marrón en seco y (7.5YR 4/6) color marrón fuerte en húmedo, con una textura franco arenoso con bloques angulares medio de (10 - 20 mm) y grueso (20-50 mm), con una consistencia firme en seco y frágil en húmedo poco adherente y plástico, con un drenaje rápidamente bien drenado, abundantes microporos y macroporos, poca presencia de raíces finas y actividad biológica. No hay reacción al HCl ni al H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

**Horizonte C:** De los 90-120 cm, 10 cm de talpetate y de los 100 a más hay roca volcánica.

#### **5.2.10. Descripción perfil 10 (P10)**

El 23 de agosto se realizó la calicata 10, la forma de terreno es plana y la profundidad del manto freático de 162 pies, con vegetación y donde el uso de suelo es para el cultivo de maíz.

**Horizonte A:** de 0-20 cm (10YR 2/2) color marrón muy oscuro y (10YR 3/4) marrón amarillento oscuro en húmedo y posee una textura arcillo arenoso y con estructura de bloques angulares medio de (10-20 mm) a grueso (20 - 50 mm), la consistencia en suelo seco es firme y en húmedo es frágil es adherente y poco plástico, abundante macro y microporos, con un drenaje moderado poca presencia biológica, abundante raíces finas y media de ( 1 - 5 mm) de diámetro a (2 - 5 mm).No hay reacción al HCl al 10% y poca reacción al H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

**Horizonte B:** de 20-68 cm con límite claro e irregular. (10YR 4/6) marrón amarillento oscuro y 10YR2/2 marrón muy oscuro en húmedo y posee una textura franco limoso, agregados que van de fino, medio (10 - 20 mm) y grueso de (20 - 50 mm). En la consistencia en seco es firme y en húmedo no es adherible ni plástico no hay presencia biológica, abundantes raíces finas y microporos, no hay reacción al HCl y poca al H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y un drenaje muy bueno.

#### **5.2.11. Descripción perfil 11 (P11)**

El 13 de agosto del 2021 se realizó la calicata 11, la forma de terreno es plano y la profundidad del manto freático es de 162 pies. Con uso de suelo cultivo de pasto.

**Horizonte A:** de 0-32 cm (10YR 4/6) color marrón muy oscuro y (10YR 3/2) marrón grisáceos muy oscuro en húmedo con una textura franca arcillosa y con estructuras de bloques angulares y subangulares de medio (10 - 20 mm) a grueso de (33 - 50 mm), la consistencia en seco es firme y en húmedo frágil, es adherente y plástico, hay abundancia de macro y microporos, posee un drenaje moderadamente bueno, actividad biológica, de hormigas, gallina ciega y ciempiés, y presencias de raíces finas y pocas gruesas. Existe efervescencia de materia orgánica y fuerte presencia de carbonato de calcio.

**Horizonte A<sub>1</sub>:** 33-73 cm (10YR 4/6) color marrón amarillento oscuro y (10YR 2/2) marrón muy oscuro en húmedo, posee una textura franca arcilla arenoso, con estructura angulares de (20 - 50 mm) con una consistencia duro en seco y en húmedo frágil, es adherente y plástico, y abundante micro y macro poros, posee un drenaje moderadamente bueno, poca presencia de materia orgánica y de carbonato de calcio.

**Horizonte B:** 73-120 cm (10YR 4/6) color marrón amarillento oscuro y (10YR 5/4) marrón amarillento en húmedo, posee una textura franca arcilla arenoso, con una estructura de bloques angulares medio de (10 - 20 mm), con una consistencia en seco frágil y en húmedo plástico y adherente y con un drenaje moderadamente bueno; posee macro, meso y microporo. Posee pocas raíces finas y no hay presencia biológica, es nula la efervescencia de materia orgánica y de carbonato de calcio.

### 5.2.12. Descripción perfil 12 (P12)

El 14 de agosto del 2021 se realizó la calicata 12, la forma de terreno es plano y la profundidad del manto freático es de 162 pies. La vegetación y uso de la tierra es de pasto.

**Horizonte A** de 0-13 cm (10YR 3/4) color marrón amarillento oscuro y (10YR 2/2) marrón muy oscuro en húmedo con una separación clara e irregular, con textura franco arenoso arcilloso y estructuras de bloques angulares de medio a grueso (20 - 50 mm). Tiene una consistencia firme en suelo seco y de igual forma en húmedo, es adherente y plástico, raíces finas, presenta mucho macroporos y pocos microporos, existe actividad de microorganismo, no hay reacción al HCL, pero si  $H_2O_2$ .

**Horizonte B** de 13- 56 cm (10YR 4/3) color marrón en seco y (10YR 3/4) marrón amarillento oscuro en húmedo con una separación clara e irregular, con textura franca arcillo arenoso y estructuras angulares fina (5-10 mm) y gruesas (20 - 50 mm) y su consistencia en seco como en húmeda es firme, es adherente y plástico con un drenaje moderado, hay poca cantidad de macro y microporos. Existe poca cantidad de raíces finas y gruesas, no hay actividad biológica, y no presenta reacción al HCl, pero poca reacción al  $H_2O_2$ .

### 5.2.13. Descripción perfil 13 (P13)

El 18 de agosto del 2021 se realizó la calicata número 13, la forma de terreno es plano y la profundidad del manto freático es de 162 pies, la vegetación y uso de la tierra es de pasto.

**Horizonte A:** de 0-70 cm (10YR 2/2) color marrón muy oscuro en seco y marrón muy oscuro en húmedo (10YR 2/2), con una textura franco arcillo arenoso cuyo límite difuso e irregulares y con una estructura de bloques angulares de (5-10 mm) gruesos (20 - 50 mm), y una consistencia en seco dura y firme en húmedo, adherente y plástico contiene abundante macro y microporos, abundante raíces finas y gruesas de (1 a 1.5 mm) de diámetro, con un drenaje moderadamente rápido. Existe presencia biológica y no presento reacción al HCl 10%, pero si al  $H_2O_2$ .

**Horizonte B:** de 70 -120 cm (10YR3/3) color marrón oscuro en seco y oscuro en húmedo 10YR 2/2 marrón muy oscuro, con textura franca arenosa arcillosa con bloques angulares y subangulares

de (20 - 50mm), presentando una consistencia en seco dura y en húmedo firme con poca adhesividad y plasticidad contiene abundante microporos y poco macroporos, hay poca presencia de raíces finas y gruesas, con drenaje moderado. Existe presencia de actividad biológica, no hay reacción al HCl, pero poca reacción al H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

#### **5.2.14. Descripción perfil 14 (P14)**

El 19 de agosto del 2021 se realizó la calicata 14, la forma de terreno es plano y la profundidad del manto freático es de 162 pies, la vegetación y uso de la tierra es de pasto.

**Horizonte B:** de 0-33 cm (10YR 3/3) color marrón oscuro en seco y marrón grisáceo muy oscuro en húmedo (10YR 3/2). La textura en campo es franca arcillo arenoso con una separación clara e irregular, estructura de bloques angulares y subangulares de medio (10 - 20 mm) a grueso (20 - 50 mm), con una consistencia firme en seco y en húmedo frágil es adhesivo y plástico, abundante macro y microporos. Se observaron muchas raíces finas y gruesas, existe presencia biológica y no hay reacción al HCl, pero si al H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

**Horizonte Bc:** de 33-46 cm (5YR 3/4) marrón rojizo oscuro en seco y en húmedo oscuro (5YR 5/2) gris rojizo. La textura es franco arenoso limoso, con estructuras de bloques subangulares y con una consistencia firme en seco y frágil en húmedo y no es adherible ni plástico, con poca presencia de raíces finas y no existe presencia de actividad biológica, tiene un drenaje rápido. No hay reacción al HCl, pero si al H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

En los puntos del plantel donde se realizaron las calicatas, se tomó una pequeña muestra de suelo en cada horizontes superficial para enviarlos a laboratorio en donde los resultados obtenidos del laboratorio LABSA las clases texturales en el perfiles 1, 2, 3, y 12 son franco arcilloso limoso también en el 4, 13 y 14 son franco arcilloso, asimismo, en los perfiles 5, 7, franco limoso y en los perfiles 8, 9, 10 y 11 textura de suelo arcillo limoso y suelos franco P6 lo que significa que son suelos con buena producción.

Cuadro 4. Análisis físicos de suelo laboratorio de suelo y agua (LABSA)

Distribución y tamaño de las partículas del suelo, resultados de laboratorio de Suelo y Agua. UNA																
Distribución y tamaño de partículas del suelo (µm)																
No.	Cod. LABSA	Perfil	H*	CC**	PMP*	Retención de	2000-1000	1000-500	500 -250	250 – 100	100 - 50	50 - 20	20 - 2	% Limo Total	Arcilla %	Clase textural
						humedad (%)	Arena muy gruesa	Arena gruesa	Arena media	Arena fina	Arena muy fina	% Arena Total	Limo grueso			
1	557	1	A1	34.08	18.42	3.05	3.14	3.25	3.4	3.00	15.84	11.25	37.68	48.93	35.22	Franco Arcilloso Limoso
2	558	1	A2	31.85	17.22	2.54	4.46	4.96	7.22	7.14	26.42	7.09	30.79	37.88	35.7	Franco Arcilloso
3	559	2	A	35.26	19.06	0.71	0.4	2.85	2.94	0.82	7.72	8.02	50.88	58.9	33.37	Franco Arcilloso Limoso
4	560	2	B	26.31	14.22	5.86	6.56	7.57	8.27	10.94	39.28	3.94	28.37	32.31	28.41	Franco Arcilloso
5	561	3	A	34.33	18.56	1.74	1.14	6.52	3.06	0.29	12.75	7.90	45.38	53.28	33.96	Franco Arcilloso Limoso
6	562	3	B	35.71	19.3	3.48	3.02	2.25	2.49	0.54	11.82	7.85	43.12	50.97	37.21	Franco Arcilloso Limoso
7	563	4	A	29.75	16.08	3.79	4.75	4.95	5.22	5.17	23.95	10.8	36.94	47.74	28.3	Franco Arcilloso
8	612	5	A	27.49	14.86	4.82	4.46	4.48	4.27	7.37	25.54	15.9	35.53	51.43	23.02	Franco Limoso
9	613	5	BC	13.68	7.39	7.43	8.33	9.99	9.94	14.04	49.91	26.59	23.48	50.07	0.02	Franco Limoso
10	614	6	A	25.95	14.03	4.5	6.93	6.63	8.27	7.49	33.9	10.82	31.82	42.07	24.02	Franco
11	615	6	AB	19.39	10.48	6.49	6.4	6.00	8.28	11.31	38.49	25.46	27.34	52.8	8.70	Franco Limoso
12	616	6	Bt	16.62	8.98	8.85	7.82	8.69	10.96	13.11	49.46	22	20.62	42.62	7.91	Franco
13	617	7	A	29.57	15.99	4.15	4.38	4.81	5.02	6.86	25.35	12.72	33.24	45.96	28.69	Franco Limoso
14	618	7	AB	15.87	8.58	7.53	8.29	9.78	11.81	14.54	51.97	26.5	14.12	40.62	7.41	Franco
15	619	7	Bt	9.52	5.15	7.19	14.67	18.26	20.37	15.95	76.48	10.87	7.41	18.28	5.23	Franco limoso
16	436	8	A	37.91	22.15	0.30	0.26	0.23	0.26	0.53	7.78	11.51	38.77	50.29	41.93	Arcillo limoso
17	437	8	B	39.97	19.66	0.45	0.64	0.52	0.48	0.72	13.71	9.71	32.92	42.73	43.66	Arcillo limoso
18	438	9	A	40.64	20.01	0.11	0.45	0.39	0.45	0.60	10.02	8.23	32.54	40.77	49.21	Arcillo limoso
19	439	9	B	31.64	14.38	2.07	2.31	1.00	0.92	0.83	36.42	8.28	20.19	28.47	35.11	Franco Arcilloso
20	440	10	A	35.43	21.09	0.16	0.26	0.40	1.16	0.70	13.13	9.79	35.59	45.38	41.49	Arcillo limoso
21	441	10	B	26.05	16.04	0.62	0.78	1.06	2.44	1.94	34.43	14.78	29.46	44.24	21.33	Franco
22	453	11	A	34.46	23.90	0.22	0.41	0.39	0.39	0.68	10.83	10.76	36.40	47.16	42.02	Arcillo limoso
23	454	11	B	32.62	21.21	0.57	0.55	0.39	0.32	0.36	11.11	13.09	42.29	55.38	33.51	Franco arcilloso limoso
24	455	12	A1-2	30.25	16.45	0.27	0.34	0.47	0.07	0.65	14.24	9.86	39.15	49.02	36.75	Franco arcilloso limoso
25	456	12	B	30.93	15.85	0.87	0.90	0.69	0.07	0.90	22.76	10.87	42.39	53.26	23.99	Franco limoso
26	457	13	A	33.60	18.03	0.93	0.92	0.97	0.95	1.58	27.02	8.41	31.50	39.91	33.06	Franco arcilloso
27	458	13	B	40.62	23.23	0.25	0.37	0.30	0.40	0.35	8.57	5.62	34.00	39.62	51.81	Arcilloso
28	459	14	A	31.16	18.26	2.07	0.34	0.87	1.07	0.85	26.24	10.55	29.87	40.42	33.34	Franco arcilloso
29	460	14	B	28.60	10.17	2.01	1.97	0.74	1.88	1.23	45.98	15.40	21.84	37.25	16.17	Franco

Los resultados de las clases de texturales mostrado en el cuadro 4: los suelos franco arcilloso limoso y arcillo limoso muestran un 28.57 %, los suelos franco arcilloso con un 21.43 %, y los suelos franco limoso con un 14.28 % el suelo franco con un 7.15 %.

Cuadro 5. Análisis químicos de suelo laboratorio de suelo y agua (LABSA)

Macros y micros nutrientes de los horizontes de los perfiles de suelo. UNA 2020 -2021																					
No.	Cod.	Perfil	pH		Bases disponibles			Bases intercambiable					Micros								
			pH	MO	N	P-disp.	CE	K	Ca	Mg	K	Ca	Mg	Na	CIC	SB	Fe	Cu	Mn	Zn	
	LABSA		H*	H <sub>2</sub> O	%	Ppm	µS/cm	Meq/100 g suelo					%				ppm				
1	557	1	A1	6.54	3.16	0.16	34.58	65	3.72	20.42	9.9	4.37	20.9	9.85	0.35	34.66	102.4	12.60	7.75	20.75	11.50
2	558	1	A2	6.89	2.31	0.12	5.96	78.4	2.35	28.52	9.51	2.74	39.9	14.85	0.41	37.9	152.8	6.30	6.25	11.45	7.80
3	559	2	A	6.82	3.54	0.18	20.15	56.2	3.64	20.72	8.78	4.54	23.7	15.68	0.31	39.19	112.9	7.10	5.95	19.35	12.90
4	560	2	B	6.9	1.74	0.09	18.59	65.3	2.58	21.08	8.55	4.01	27.5	14.36	0.23	36.82	125.1	14.00	7.85	15.85	18.10
5	561	3	A	6.85	1.36	0.07	1.5	56.1	0.1	24.89	9.31	0.12	27.9	13.08	0.79	37.03	113.2	32.70	8.75	2.35	32.50
6	562	3	B	6.75	2.69	0.13	1.98	46.1	0.11	17.64	7.3	0.18	25.3	12.29	0.33	35.09	108.7	12.20	10.05	6.95	23.90
7	563	4	A	6.9	2.97	0.15	2.29	39.5	0.08	13.61	8.82	0.24	30.8	18.87	0.51	46.32	108.8	12.80	4.75	15.35	2.70
8	612	5	A	7.17	2.45	0.12	1.62	119.4	1.11	25.91	9.59	1.46	36.5	19.62	0.66	44.79	129.9	17.85	6.50	19.6	3.35
9	613	5	CB	7.73	0.71	0.04	1.36	118.1	0.41	27.76	8.6	0.47	40	9.43	1.28	37.69	135.9	38.15	4.20	20.00	1.95
10	614	6	A	7.67	1.43	0.07	1.82	117.1	1.59	31.44	9.06	2.74	37.4	15.02	1.43	35.86	157.8	14.45	6.90	17.80	2.15
11	615	6	AB	8.42	0.76	0.04	1.49	132.8	0.05	45.75	14.33	0.07	45.9	16.01	5.5	46.4	145.5	7.65	3.10	11.50	1.45
12	616	6	Bt	8.42	0.71	0.04	1.17	19.9	0.12	35.97	11.37	0.23	38.3	14.03	5.15	46.63	123.8	7.65	3.80	12.90	2.45
13	617	7	A	8.02	2.55	0.13	3.76	125.4	1.22	26.81	8.04	2.11	43.5	12.72	2.21	47.31	128	11.45	5.00	48.10	2.65
14	618	7	AB	8.3	0.76	0.04	2.69	127.7	0.26	47.33	11.37	0.28	48.6	14.03	3.36	35.4	187.3	20.45	4.8	14.90	1.95
15	619	7	Bt	8.73	0.31	0.02	0.97	127.3	0.11	6.17	2.35	0.14	8.48	2.88	0.88	12.03	103	110.75	2.10	14.20	1.85
1	436	8	A	7.32	3.01	0.15	36.27	50.20	1.06	21.63	5.35	1.16	22.82	5.59	1.56	34.03	91.48	17.10	18.80	10.30	0.45
2	437	8	B	6.94	3.48	0.17	29.07	73.20	2.49	22.23	6.10	3.64	27.87	8.09	0.43	47.25	84.72	14.50	8.90	27.10	1.25
3	438	9	A	7.31	3.11	0.16	3.23	25.02	0.34	22.07	4.10	0.65	24.22	4.24	3.95	36.20	91.33	23.70	25.10	9.20	0.15
4	439	9	B	7.25	1.37	0.07	2.40	22.90	0.23	22.03	7.68	0.28	23.08	8.23	3.12	41.62	83.41	67.00	21.70	9.90	0.45
5	440	10	A	7.37	3.27	0.16	4.84	33.80	0.19	25.76	7.72	1.51	29.15	8.29	2.68	49.42	84.24	13.90	8.90	38.10	2.55
6	441	10	B	7.5	0.84	0.04	0.06	54.3	0.05	29.9	14.5	0.10	32.74	14.48	1.46	61.12	80.62	40.50	4.90	11.00	2.54
1	453	11	A	7.37	3.01	0.15	18.85	57.47	1.79	17.01	3.65	2.58	32.26	6.78	1.54	43.94	98.08	8.45	6.80	22.80	1.35
2	454	11	B	7.36	2.29	0.11	7.91	26.47	0.21	20.90	4.54	0.34	28.58	6.12	0.76	42.26	84.72	12.35	14.80	10.10	0.35
3	455	12	A1	6.67	3.31	0.17	0.86	24.37	0.41	16.23	6.32	0.74	26.63	14.34	0.01	51.18	81.51	24.05	11.10	22.70	3.65
4	456	12	B	7.06	1.63	0.08	0.38	18.20	0.04	23.93	10.33	0.09	31.38	12.14	0.13	55.05	79.45	29.45	3.30	7.50	0.55
5	457	13	A	6.92	2.85	0.14	6.45	35.03	1.90	18.70	6.02	2.26	27.43	9.01	0.15	42.93	90.49	24.55	10.90	30.40	2.75
6	458	13	B	7.31	1.07	0.05	1.65	16.67	0.80	21.02	14.11	0.97	37.56	14.01	0.22	53.20	99.17	35.65	15.20	7.30	0.65
7	459	14	A	7.16	2.09	0.10	1.28	47.77	0.21	7.74	2.70	1.11	32.91	19.48	1.11	56.74	96.25	40.45	10.40	34.30	2.05
8	460	14	B	7.44	0.41	0.02	0.33	32.47	0.18	22.1	6.91	0.32	34.89	12.53	0.87	49.26	98.98	62.05	7.30	24.60	1.65

Los resultados de materia orgánica % en el cuadro 5: presentan nivel alto en los suelos franco arcillo limosos, niveles medios en franco arcillosos y los niveles bajo en suelos de textura franco limosos y franco

**Curvas de infiltración en perfiles de suelo 2020.**

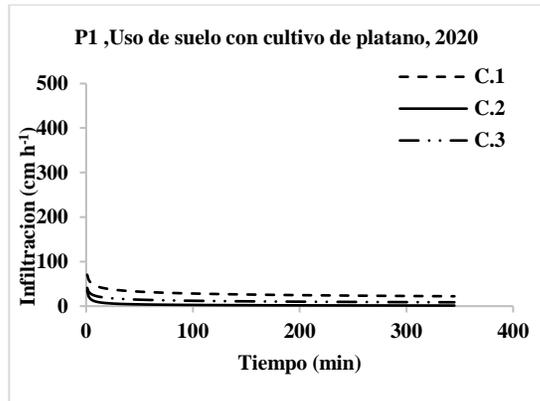


Figura 4. Curva de infiltración 1, plátano

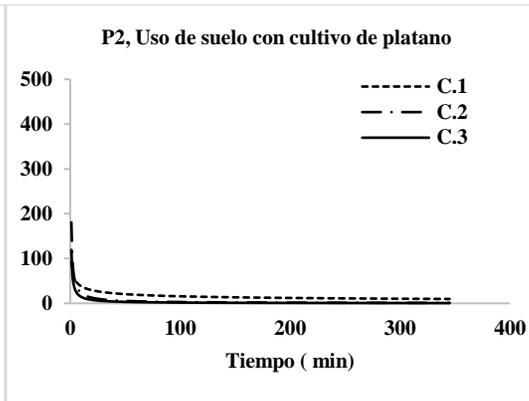


Figura 5. curva de infiltración 2, plátano

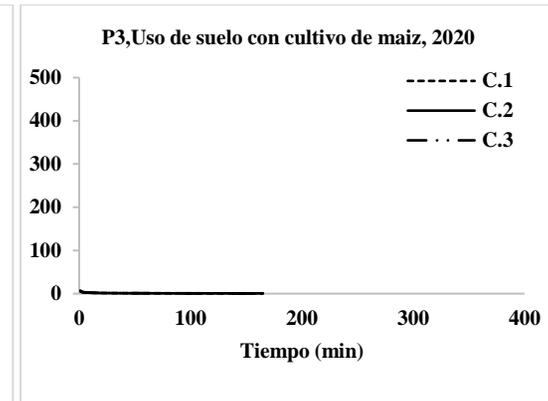


Figura 6. curva de infiltración 3, maíz.

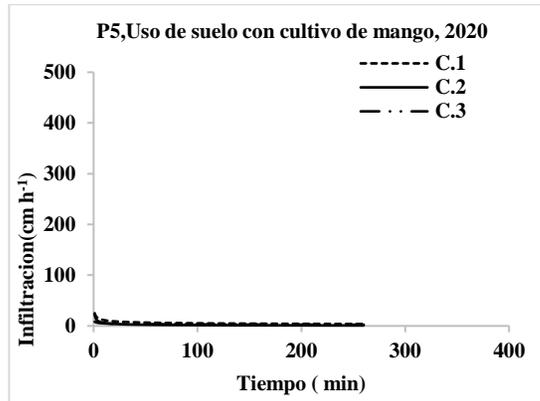


Figura 7. Curva de infiltración 5, mango

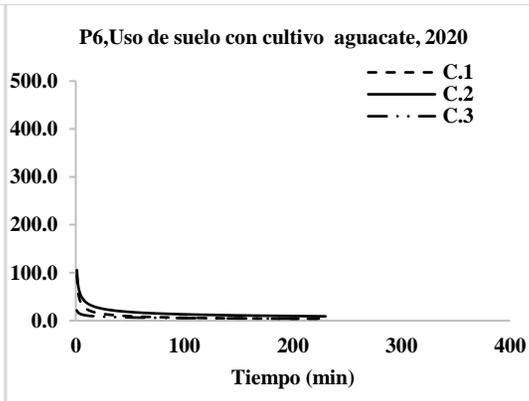


Figura 8. Curva de infiltración 6, aguacate

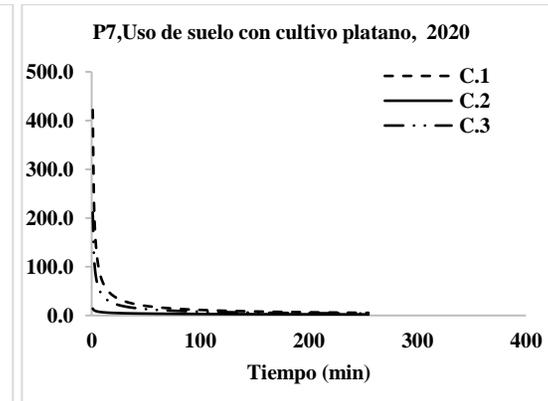


Figura 9. Curva de infiltración7, plátano

C1: cilindro 1, C2: cilindro 2, C2: cilindro 3

## Curvas de infiltración en perfiles de suelo 2021

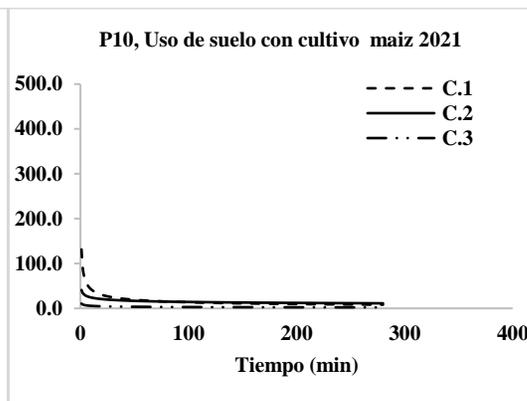
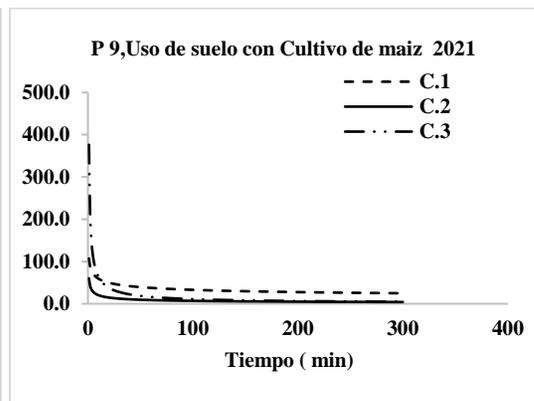
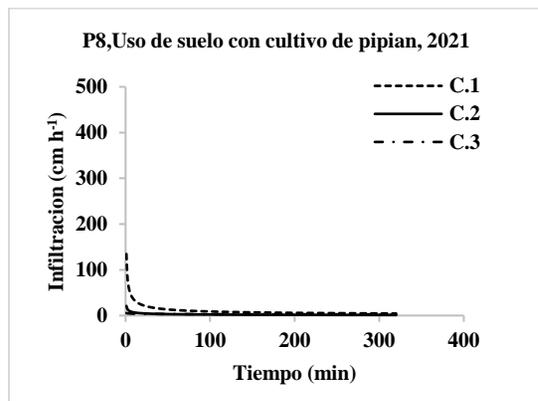


Figura 10. Curva de infiltración 8, guayaba

Figura 11. Curva de infiltración 9, pipián

Figura 12. Curva de infiltración 10, maíz

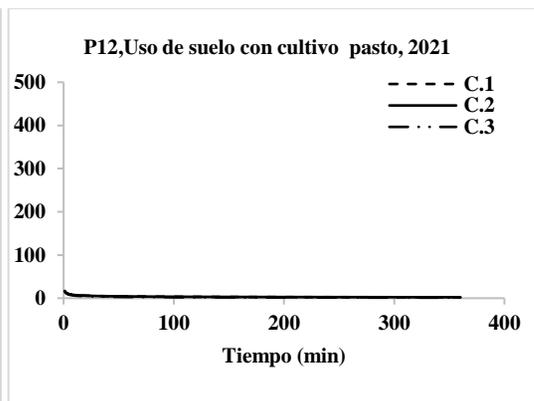
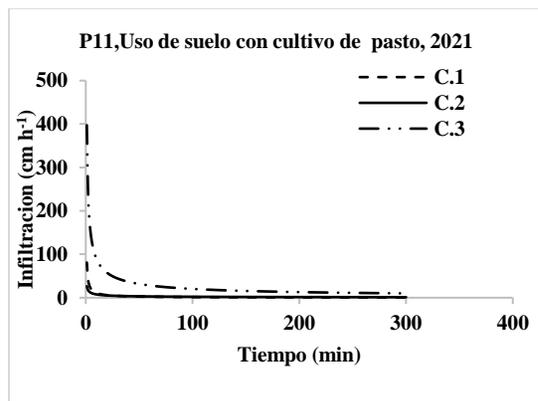
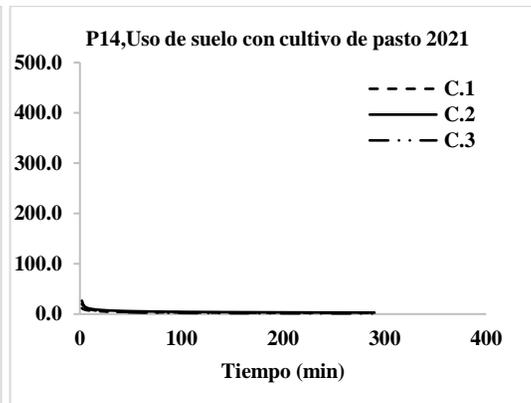
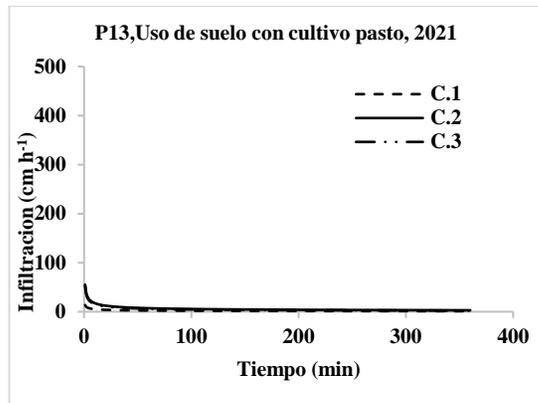


Figura 13. Curva de infiltración 11, pasto

Figura 14. Curva de infiltración 12, pasto

C1: cilindro 1, C2: cilindro 2, C3: cilindro 3



. Figura 15. Curva de infiltración 13, Pasto

Figura 16. Curva de infiltración 14, Pasto

C1: cilindro 1, C2: cilindro 2, C3: cilindro 3

### **5.3. Comportamiento curvas de infiltración 2020**

#### **5.3.1 Curva de infiltración ubicada en el Perfil 1, (P1), con uso de suelo plátano**

La infiltración promedio instantánea cercana al perfil 1 fue de 19.3 cm h<sup>-1</sup>., considerada como rápida. Así mismo, el flujo de la velocidad de infiltración se estabilizó a los 10.7 cm h<sup>-1</sup>., considerándose como moderadamente rápida al relacionar la clase textural del suelo de franco arcilloso limoso y franco arcilloso en los primeros horizontes según se muestra en el cuadro 4.

La infiltración acumulada obtenida es de 150.1 cm en el cilindro 1, en el cilindro 2 de 18.5 cm y cilindro 3 de 11.2 cm, para tal caso en el sitio en estudio el volumen de agua promedio acumulado es de 59.9 cm 5.7 horas que duró la prueba. La poca presencia de macro y meso poros dentro del perfil, así como, a una profundidad de 45 cm se determinó una capa endurecida por la actividad agrícola con implemento pesado.

#### **5.3.2. Curva de infiltración ubicada en el perfil 2, (P2), con uso de suelo plátano**

La infiltración promedio instantánea cercana al perfil 2 fue de 16.53 cm h<sup>-1</sup>., considerada como rápida. Así mismo, el flujo de la velocidad de infiltración se estabilizó a los 3.75 cm h<sup>-1</sup>., considerándose como moderadamente rápida al relacionar la clase textural del suelo franco arcilloso limoso en el horizonte A y franco arcilloso en el horizonte B según se muestra en el cuadro 4.

La infiltración acumulada obtenida es de 95.10 cm en el cilindro 1, en el cilindro 2 de 26.1 cm y cilindro 3 de 15.8 cm, para tal caso en el sitio en estudio el volumen de agua promedio acumulado es de 45.67 cm después de 5.7 horas que duró la prueba. Cabe recalcar que la presencia de macro, micro y meso poros dentro del perfil influyeron en la velocidad de infiltración del flujo.

### **5.3.3. Curva de infiltración ubicada en el perfil 3, (P3), con uso de suelo maíz**

La infiltración promedio instantánea cercana al perfil 3 fue de  $1.9 \text{ cm h}^{-1}$ , considerada como moderadamente lenta. Así mismo, el flujo se estabilizó a los  $0.6 \text{ cm h}^{-1}$ , considerándose como moderadamente lenta al relacionar las clases textural del suelo en donde el horizonte A y B son franco arcilloso limoso según se muestra en el cuadro 4.

La infiltración acumulada obtenida es de 3.0 cm en el cilindro 1, en el cilindro 2 de 2 cm y cilindro 3 de 2.1 cm, para tal caso en el sitio en estudio el volumen de agua promedio acumulado es de 2.4 cm durante media hora en que fue desarrolla la prueba. Los resultados muestran que debido a que la presencia de macro, micro y meso poros dentro del perfil, de los 43.6 a los 60 cm se encuentra una capa de talpetate endurecida (Bqm), poco permeable la cual es una limitante para el desarrollo de las raíces a mayor profundidad y la infiltración de agua.

### **5.3.4. Curva de infiltración ubicada en el perfil 5, (P5), con uso de suelo mango**

La infiltración promedio instantánea cercana al perfil 5 fue de  $5.6 \text{ cm h}^{-1}$ , es considerada como moderada. Así mismo, el flujo de la velocidad de infiltración se estabilizó a los  $2.3 \text{ cm h}^{-1}$ , considerándose como una velocidad de infiltración moderada según al relacionar la clase textural del suelo en donde los horizontes A y CB son franco limoso según se muestra en el cuadro 4.

La infiltración acumulada obtenida es de 34.7 cm en el cilindro 1, en el cilindro 2 de 12.2 cm y cilindro 3 de 16.3 cm, para tal caso en el sitio en estudio el volumen de agua promedio acumulado es de 21.1 cm durante 4.3 horas en que fue desarrolla la prueba. A pesar de estos resultados este suelo muestra altos niveles de degradación y a través del tiempo se ha sedimentado formando una capa impermeable como toba. 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.

### **5.3.5. Curva de infiltración ubicada en el perfil 6, (P6), con uso de suelo plátano**

La infiltración promedio instantánea cercana al perfil 6 fue de  $17.9 \text{ cm h}^{-1}$ , es considerada como rápida. Así mismo, el flujo de la velocidad de infiltración se estabilizó a los  $5.7 \text{ cm h}^{-1}$ , considerándose como moderada al relacionar la clase textural del suelo en donde el horizonte A es franco y franco limoso en el horizonte AB según se muestra en el cuadro 4.

La infiltración acumulada obtenida es de 53.7 cm en el cilindro 1, en el cilindro 2 de 74.5 cm y cilindro 3 de 23.3 cm, para tal caso en el sitio en estudio el volumen de agua promedio acumulado es de 50.5 cm durante 3.8 horas en que fue desarrollada la prueba. Por tanto, se debe considerar que este suelo está apto para la producción agrícola.

### **5.3.6. Curva de infiltración ubicada en el perfil 7, (P7), con uso de suelo aguacate**

La infiltración promedio instantánea cercana al perfil 7 fue de  $25.2 \text{ cm h}^{-1}$ , es considerada como rápida. Así mismo, el flujo de la velocidad de infiltración se estabilizó a los  $4.0 \text{ cm h}^{-1}$ , considerándose como una velocidad de infiltración moderada 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 según se muestra en el cuadro 4.

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. Por tanto, se debe considerar que este suelo no posee en el horizonte superficial buena retención y que por lo tanto en el área donde se realizó dicha prueba se tendría que disminuir la irrigación para evitar percolación u otro tipo de desventajas.

## **5.4. Comportamiento curvas de infiltración 2021**

### **5.4.1. Curva de infiltración ubicada en el perfil 8, (P8), con uso de suelo guayaba**

La infiltración promedio instantánea cercana al perfil 8 fue de  $10.4 \text{ cm h}^{-1}$ , según moderadamente rápida. Así mismo, el flujo de la velocidad de se estabilizo a los  $2.8 \text{ cm h}^{-1}$ , considerándose como moderada según al relacionar la clase textural del suelo en donde el horizonte es arcillo limoso según se muestra en el cuadro 4.

La infiltración acumulada obtenida es de 72.1 cm en el cilindro 1, en el cilindro 2 con 22.5 cm y cilindro 3 con un 18.4 cm, para tal caso en el sitio en estudio el volumen de agua acumulada promedio es de 37.7 cm es importante resaltar que el contenido del aire contenido dentro del perfil puede estar siendo desplazado de manera variable por descendiente del agua lo que podría afectar el flujo constante de infiltración debido al desplazamiento del aire a nivel más profundo.

### **5.4.2. Curva de infiltración ubicada en el perfil 9, (P9), con uso de suelo pipián**

La infiltración promedio instantánea cercana al perfil 9 fue de  $34.8 \text{ cm h}^{-1}$ , según es considerada como Muy rápida. Así mismo, el flujo de la velocidad de infiltración se estabilizó a los  $11.2 \text{ cm h}^{-1}$ , considerándose como moderadamente rápida al relacionar la clase textural del suelo en donde el horizonte A es arcillo limoso y franco arcilloso en el horizonte B limoso según se muestra en el cuadro 4.

La infiltración acumulada obtenida es de 170 cm en el cilindro 1, en el cilindro 2 con 44.5 cm y cilindro 3 con 121.8 cm, para tal caso en el sitio en estudio el volumen de agua promedio acumulado es de 111.9 cm durante 5 horas en que fue desarrolla la prueba. Por tanto, podemos considerar que los riesgos de erosión hídrica son leves a moderado por la pendiente, y se puede determinar que la frecuencia de riego sería en período más corto lo que aumentaría los gastos de energía electica para la producción del pipián.

#### **5.4.3. Curva de infiltración ubicada en el perfil 10, (P10), con uso de suelo maíz**

La infiltración promedio instantánea cercana al perfil 10 fue de  $17.1 \text{ cm h}^{-1}$ , considerada como rápida. Así mismo, el flujo de velocidad de infiltración se estabilizó a los  $7.23 \text{ cm h}^{-1}$ , considerándose como una velocidad de infiltración moderadamente rápida según la textura del suelo arcillo limoso en el horizonte A y franco en el horizonte B, que corresponde a la clasificación al relacionar la clase textural del suelo en donde el horizonte A es Arcillo limoso y el horizonte B es franco según se muestra en el cuadro 4.

La infiltración acumulada obtenida es de  $84.5 \text{ cm}$  cilindro 1 cilindro 2 con  $60.3 \text{ cm}$  cilindro 3 con  $14.6 \text{ cm}$ , para tal caso en el sitio en estudio el volumen de agua acumulada promedio es de  $149.7 \text{ cm}$ . Es importante destacar que la presencia de macro poros puede contribuir al movimiento del agua que se desplace a un nivel más profundo de manera variable en el aire contenido dentro del perfil.

#### **5.4.4. Curva de infiltración ubicada en el perfil 11, (P11), con uso de suelo pasto**

La infiltración promedio instantánea cercana al perfil 11 fue de  $24.6 \text{ cm h}^{-1}$ , es considerada como rápida. Así mismo el flujo de la velocidad de infiltración se estabilizó a los  $3.9 \text{ cm h}^{-1}$ , considerándose como moderada al relacionar la clase textural del suelo arcillo limoso en el horizonte A y franco arcilloso limoso en el horizonte B según se muestra en el cuadro 4.

La infiltración acumulada obtenida en el cilindro 1 fue de  $12 \text{ cm}$  cilindro 2 con  $14 \text{ cm}$  cilindro 3 con  $168.4 \text{ cm}$ , para tal caso en el sitio en estudio el volumen de agua promedio fue de  $64.7 \text{ cm}$  en 5 horas que fue desarrollada la prueba. Por tanto, podemos considerar que los riesgos de erosión hídrica son moderados.

#### **5.4.5. Curva de infiltración ubicada en el perfil 12, (P12), con uso de suelo pasto**

La infiltración promedio instantánea cercana al perfil 12 fue de  $5.1 \text{ cm h}^{-1}$ , es considerada como moderada. Así mismo la velocidad del flujo se estabilizó a los  $1.9 \text{ cm h}^{-1}$ , considerándose como una velocidad de infiltración moderadamente lenta al relacionar la clase textural del suelo franco arcillo limoso en el horizonte A y franco limoso en el horizonte B según se muestra en el cuadro 4.

La infiltración acumulada obtenida en cilindro 1 es de 24.4 cm, cilindro 2 con 27.1 cm, cilindro 3 con 17.0 cm, para tal caso el sitio estudiado el volumen de agua promedio acumulado es de 22.8 cm durante 5 horas en que fue desarrollada la prueba. Por tanto, podemos considerar que este suelo posee buena retención de agua y nutrientes para el suelo.

#### **5.4.6. Curva de infiltración ubicada en el perfil 13, (P13), con uso de suelo pasto**

La infiltración promedio instantánea cercana al perfil 13 fue de 8.8 cm h<sup>-1</sup> es considerada Moderadamente rápida. Así mismo el flujo de la velocidad de infiltración se estabilizo a los 2.1 cm h<sup>-1</sup>, considerándose como una velocidad de infiltración moderada al relacionar la clase textural del suelo franco arcilloso en el horizonte A y arcillosa en el horizonte B según se muestra en el cuadro 4.

La infiltración acumulada obtenida cilindro 1 con 14.1 cm, cilindro 2 con 47.1 cm, cilindro 3 con 36.8 cm, para tal caso en el sitio de estudio el volumen de agua promedio acumulado es de 32.7 cm durante 6 horas en que fue desarrollada la prueba, por tanto, podemos considerar que el riego en ese punto tiene que ser moderado ya que es un suelo con poca retención.

#### **5.4.7. Curva de infiltración ubicada en el perfil 14, (P14), con uso de suelo pasto**

La infiltración promedio instantánea cercana al perfil 14 fue de 6.7 cm h<sup>-1</sup>, es considerada como moderadamente rápida. Así mismo, el flujo de la velocidad de infiltración se estabilizo a los 2.2 cm h<sup>-1</sup>, considerándose como moderado al relacionar la clase textural del suelo en donde en el horizonte A franco arcilloso y franco en el horizonte B según se muestra en el cuadro 4.

La infiltración acumulada obtenida es de 22.9 cm cilindro 1, en el cilindro 2 con 30.4 cm, cilindro 3 con 15.5 cm, para tal caso en el sitio en el sitio en estudio el volumen de agua promedio acumulado es de 22.9 cm durante 4.8 horas en que fue desarrollada la prueba. Por tanto, podemos considerar, que este suelo limita la pérdida de agua y nutrientes al retener agua y se puede reducir la frecuencia de irrigación.

Las gráficas de las curvas de infiltración en los puntos de observación muestran comportamientos diferentes debido a la textura del suelo ya que los puntos P1, P2, P4, P13 y P14 son francos arcillosos 8 y 11 textura de suelo arcillo limoso asimismo P5, P6, P7 y P12 presenta clases

texturales franco limoso con velocidades de infiltración de rápida a muy rápida. Así mismo, las observaciones P1, P2, P3, P11, P12 presentan texturas franco arcillo limoso con velocidad de infiltración moderada, muy similar a lo establecido por Montenegro y Malagón, (1990).

Otro factor que afecta la infiltración es la condición climática en la estación de invierno donde la condición de humedad en que se encuentra el suelo influye directamente en la infiltración del agua por ello las observaciones P3, P5, P11, P12, P13, P14, alcanzaron su estabilización en un menor tiempo producto de un alto contenido de agua en el perfil del suelo. En cambio, en las observaciones P1, P2, P6, P7, P8, P9, P10 muestra un comportamiento con una velocidad de infiltración superior a los  $120 \text{ cm h}^{-1}$  hasta un máximo de  $420 \text{ cm h}^{-1}$ , otro factor que influye en la velocidad de infiltración es el contenido de MO. En contenidos alto de MO son en los suelos franco arcillo limosos, contenido medios en franco arcillosos y contenidos bajo en suelos de textura franco limosos y franco, afectando la estructura y retención de humedad por tanto son suelos más susceptibles a la erosión de estos.

Los suelos con uso agrícola de mayor actividad en la preparación del suelo presentan valores de velocidad de infiltración alta, cabe recalcar que el P3 con uso de suelo Maíz que tendría que poseer velocidad de infiltración rápida, se ve limitada por la presencia de talpetate endurecida (Bqm), con un espesor que va de los 43.6 cm a los 60 cm como se observa en el perfil 3 en la figura 3.

La presencia de macro, micro y mesos poros favorece la infiltración por lo que el agua fluye a través del perfil del suelo debido a la fuerza de gravedad, los perfiles que muestran más abundancia de macro poros en un decímetro cuadrado favorecen la infiltración según FAO, (2000). En consecuencia, la infiltración del agua del suelo depende de una buena preparación de suelo para favorecer el crecimiento y desarrollo de los cultivos y plantaciones agrícola.

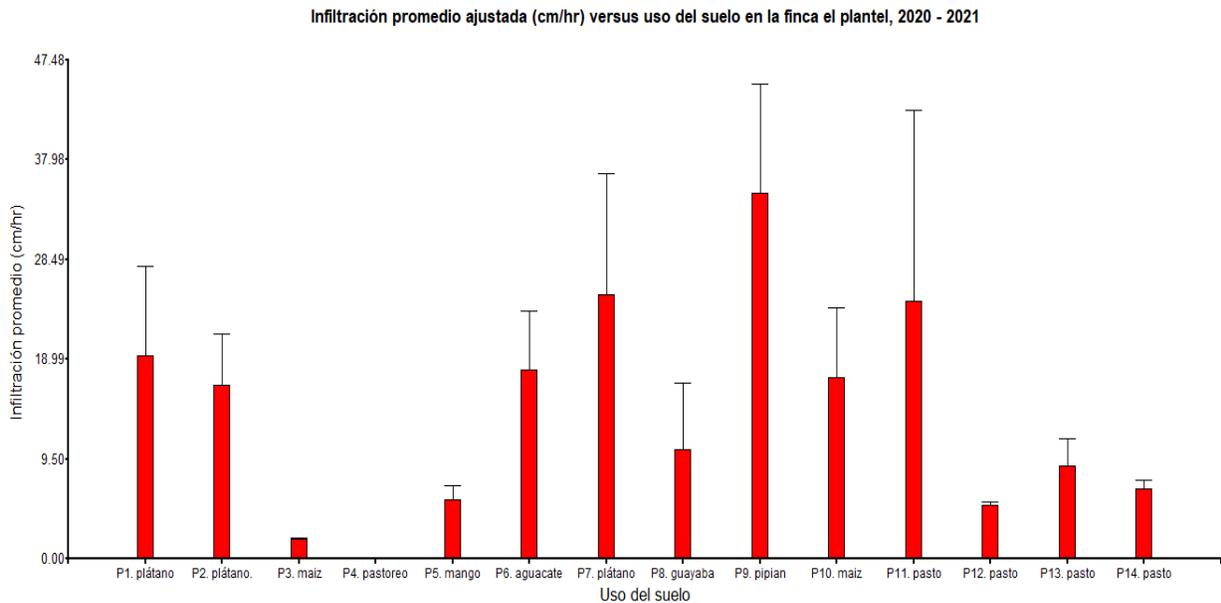
Cuadro 6. Comparación de la velocidad de infiltración y distribución de las partículas del suelo

No. de Perfil	Trat	Distribución de las partículas del suelo (%)				Ecuación lineal	Coeficiente de correlacion (r)	Infiltr. ajust. promedio (cm h <sup>-1</sup> ) I = K.t <sup>n</sup>	Infiltr. básica (cm h <sup>-1</sup> )	Infiltr. acu. (cm)	duración (hora)
		Arena	Limo	Arcilla	MO						
1	Plátano	15.84	48.93	35.22	3.16	y = -0.08x + 42.14	r = 0.56	35.3	22.2	150.1	5.7
						y = -0.03x + 9.00	r = 0.30	6.1	1.3	18.5	5.7
						y = -0.05x + 20.71	r = 0.51	16.5	8.7	64.4	5.7
2	Plátano	7.72	58.9	33.37	3.54	y = -0.11x + 34.86	r = 0.42	25.8	9.7	95.1	5.7
						y = -0.12x + 24.12	r = 0.15	14.6	1.0	26.1	5.7
						y = -0.07x + 15.29	r = 0.14	9.2	0.6	15.8	5.7
3	Maíz	12.75	53.28	33.96	1.36	y = -0.01x + 2.35	r = 0.43	1.8	0.6	3.0	1/2
						y = -0.01x + 2.56	r = 0.39	1.7	0.5	2.0	1/2
						y = -0.02x + 2.85	r = 0.40	2.1	0.6	2.1	1/2
4	Pastoreo					ND	ND	ND	ND	ND	ND
5	Mango	25.54	51.43	23.02	2.45	y = -0.04x + 12.46	r = 0.52	8.4	3.7	34.7	4.3
						y = -0.03x + 7.50	r = 0.38	4.4	0.9	12.2	4.3
						y = -0.01x + 5.21	r = 0.60	3.9	2.4	16.3	4.3
6	Aguacate	33.9	42.07	24.02	1.43	y = -0.17x + 30.99	r = 0.35	18.1	3.8	53.7	3.8
						y = -0.21x + 43.29	r = 0.43	27.54	9.1	74.5	3.8
						y = -0.04x + 11.60	r = 0.53	8.3	4.2	23.3	3.8
7	Plátano	25.35	45.96	28.69	2.55	y = -0.44 x + 73.77	r = 0.21	44.6	5.5	105.0	4.2
						y = -0.02x + 6.36	r = 0.49	4.8	2.3	12.6	4.2
						y = -0.24x + 42.17	r = 0.24	26.1	4.1	44.6	4.2
8	Guayaba	7,78	50,29	41,93	3,01	y = -0.06x + 3.93	r = 0.62	23.0	4.4	72.1	5.3
						y = -0.02x + 6.56	r = 0.36	4.7	1.2	22.5	5.3
						y = -0.006x + 3.93	r = 0.62	3.5	2.6	18.4	5.3
9	Pipián	10,02	40,77	49,21	3,11	y = -0.15x + 57.16	r = 0.53	46.3	24.8	170.0	5
						y = -0.08x + 19.67	r = 0.37	14.1	4.1	44.5	5
						y = -0.35x + 68.51	r = 0.20	44.1	4.7	121.8	5
10	Maíz	13,13	45,38	41,49	3,27	y = -0.18x + 41.70	r = 0.36	27.6	8.2	84.5	4.7
						y = -0.06x + 23.49	r = 0.56	19.4	11.3	60.3	4.7
						y = -0.01x + 5.42	r = 0.52	4.6	2.3	14.6	4.7
11	Pasto	10,83	47,16	42,02	3,01	y = -0.06x + 12.38	r = 0.16	7.8	0.6	12.0	5
						y = -0.03x + 7.50	r = 0.33	5.2	1.2	14.0	5
						y = -0.43x + 90.80	r = 0.26	60.7	10.0	168.5	5
12	Pasto	14,24	49,02	36,75	3,31	y = -0.02x + 7.36	r = 0.47	5.5	2.1	24.4	6
						y = -0.02x + 7.23	r = 0.48	5.4	2.2	27.1	6
						y = -0.02x + 6.07	r = 0.42	4.3	1.3	17.0	6
13	Pasto	27,02	39,91	33,06	2,85	y = -0.01x + 5.13	r = 0.42	3.7	1.1	14.1	6
						y = -0.06x + 17.60	r = 0.37	12.1	2.9	47.1	6
						y = -0.05x + 15.66	r = 0.35	10.6	2.3	36.8	6
14	Pasto	26,24	40,42	33,34	2,09	y = -0.02x + 6.98	r = 0.51	5.2	2.3	22.9	4.8
						y = -0.04x + 11.04	r = 0.47	8.0	3.0	30.4	4.8
						y = -0.05x + 10.57	r = 0.30	6.8	1.2	15.5	4.8

Trat: tratamientos, ;Infiltr. ajust: Infiltración ajustada; Infiltr. básica: infiltración básica; Infiltr. acu.; infiltración acumulada.

En la siguiente tabla se compara los valores obtenidos de la velocidad de infiltración y las distribuciones de partículas de suelo en cada tratamiento, donde se obtuvo una velocidad de infiltración máxima de 60.7 cm h<sup>-1</sup> correspondiente al cilindro 3 de la prueba de infiltración 11 con uso de suelo pasto con una duración de 5 horas y una velocidad de infiltración mínima de 1.7 que corresponde al cilindro 2 de la prueba de infiltración 3 con uso de suelo Maíz con (1/2) media hora de duración.

Figura 17. Infiltración promedio instantánea en cada uso de suelo



### 5.5. Interpretación de ANDEVA en INFOSTAT

El resultado de las medias de infiltración ajustada promedio en los diferentes usos de suelo a como se muestra en la figura 7, mostrada en gráfico de barra determina que el uso de suelo en relación con la infiltración promedio, donde las barritas representan el error estándar que tiene cada tratamiento, es decir la relación entre la media y la varianza, donde el tratamiento p9 muestra una mayor capacidad de infiltración del agua en el suelo con  $34.8 \text{ cm h}^{-1}$ , y con menor capacidad de infiltración el tratamientos 3 con el cultivo de maíz con  $1.9 \text{ cm h}^{-1}$ , es importante resaltar que la prueba de infiltración 4 no fue considerada ya que no se logró realizar la prueba debido al afloramiento de la toba a 25 cm de profundidad. Así mismo el tratamiento p11 con uso de suelo de pasto muestra un error estándar mayor esto se debe a que la variabilidad de los datos es más dispersa es decir que hay menos confianza, a diferencia de los tratamiento con uso de suelo agrícola e ahí donde el uso de suelo influye ya que la preparación, al remover el suelo la infiltración del agua no se ve afectada como se observa en el tratamiento p9 con uso de suelo pipián presento menor error estándar debido a que los datos presentaron menos dispersión. Debemos resaltar que la temporada en la que se realizaron las pruebas influyó, debido a la condición de humedad que el suelo se encontraba.

Cuadro 7. Frecuencia infiltración instantánea promedio

Variable	Clase	LI	LS	MC	FA	FR
Infiltración promedio(cm/ h <sup>-1</sup> )	1	0.00	12.14	6.07	27	0.64
Infiltración promedio(cm/ h <sup>-1</sup> )	2	12.14	24.28	18.21	6	0.14
Infiltración promedio(cm/ h <sup>-1</sup> )	3	24.28	36.42	30.35	5	0.12
Infiltración promedio(cm/ h <sup>-1</sup> )	4	36.42	48.49	42.49	3	0.07
Infiltración promedio(cm/ h <sup>-1</sup> )	5	48.56	60.70	54.63	1	0.02

Para las infiltraciones ajustadas promedios en donde se realizó una tabla de frecuencia determina 5 clases desde el límite inferior hasta el límite superior es decir donde la frecuencia acumulada muestra las 9 pruebas de infiltración con sus tres repeticiones realizadas, omitiendo las 3 repeticiones de la prueba 4 que no se pudo realizar por el afloramiento de talpetate encontrado 27 pruebas de infiltración van de 0.00 hasta 12.14 cm h<sup>-1</sup>, 6 que van de 12.14 a 24.28 cm h<sup>-1</sup>, 5 pruebas que van de 24.28 a 36.42 cm h<sup>-1</sup>, 3 que van de 36.42 a 48.49 cm h<sup>-1</sup> y 1 prueba que esta entre 48.56 a 60.70 cm h<sup>-1</sup>. Considerando que en cada prueba se observaron fenómenos que influyeron en la infiltración.

Cuadro 8. Análisis de varianza según Tukey.

Variable	N	r <sup>2</sup>	r <sup>2</sup>	CV	
Infiltración promedio (cm/ h <sup>-1</sup> )	42	0.46	0.20	93.89	
Análisis de la varianza (SC tipo III)					
FV	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	3955.75	13	304.29	1.80	0.0941
Tratamiento	3955.75	13	304.29	1.80	0.0941
Error	4736.78	28	169.17		
Total	8692.54	41			

Para los resultados de varianza según Tukey, en donde el P valor está con un valor de 0.0941 en el rango de aceptación para esto se toman en cuenta diferentes fenómenos expuestos en campo como son influencias de macro, micro y meso poros en las calicatas realizadas, así como también las clases texturales encontradas ya que en su mayoría

## VI. CONCLUSIONES

La infiltración es un factor con variabilidad que responde a las condiciones de humedad del suelo, propiedades físicas químicas y otros factores.

Los valores obtenidos por la metodología de Kostiakov en diferente uso de suelo definen una infiltración promedio ajustada que va de moderadamente lenta a muy rápida.

Al relacionar las propiedades físicas y químicas del suelo se determinó que hubo influencia en la infiltración de agua ya sea por la clase textural a la que pertenece y la cantidad y el tamaño de poros existente.

Al comparar los valores de infiltración básica obtenidas hubo gran diferencia entre los puntos de observación 3 con una velocidad de infiltración promedio de  $1.9 \text{ cm h}^{-1}$  y el punto de observación 9 con una con una velocidad de infiltración de  $34.8 \text{ cm h}^{-1}$  en donde tuvieron grandes influencias ciertas propiedades físicas y químicas del suelo como textura, estructura y materia orgánica presente, así como los usos de suelo.

La condición de humedad que se encontraba el suelo durante la realización de las pruebas de infiltración tuvo gran influencia en la infiltración ya que se realizaron en temporada de lluvias.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Implementar nuevas técnicas y metodologías que contribuyan a la realización de estudios de infiltración en el suelo como kostiakov- Lewis.

Incorporar abonos orgánicos para la recuperación de MO y porosidad ,para que el suelo tenga mayor retención de agua y mantenga su porosidad, e implementar técnicas de conservación de suelo.

Se recomienda realizar los estudios de infiltración en época seca ya que esto evitaría ciertas alteraciones en las velocidades de infiltración.

## VIII. LITERATURAS CITADA

- Alvarado, C. Barahona, M. (2016). *Comparación de tres métodos de infiltración para calcular el balance hídrico del suelo, en la Cuenca del río Suquiapa, El Salvador*  
<https://www.redalyc.org/journal/5156/515653587003/html/>
- Blandón Molina, F L. y Ramírez Guzmán, B J. (2016). *Estabilidad estructural de los agregados del suelo en la finca el Plantel municipio de Tipitapa*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Nacional.
- Bustamante Morales, O. Y Solórzano Romero, C. (1999). *Efecto de tres sistemas de labranzas sobre las propiedades físicas de los suelos en el cultivo de maíz (Zea Mays L.) NB-12*.  
<file:///D:/Bustamante%20y%20Solorzano.pdf>
- Castillo Cerna, C M. (2005). *Selección y calibración de indicadores locales y técnico para evaluar la degradación de los suelos laderas, en la Microcuenca Cuscamá el Tuma - la dalia Matagalpa, 2005*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Nacional. <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnp35c352.pdf>
- Castillo guanumen, D.A.(2020). *Caracterización de parámetros y análisis de la infiltración del suelo en la Universidad Antonio Nariño Cede USME*. [Tesis de pregrado, Universidad Antonio,Nariño].  
<http://repositorio.uan.edu.co/bitstream/123456789/2120/1/2020DuvanArleyGuanumenCastillo.pdf>
- Cañas García, E.X y Rajo Sánchez, C.J. (2009). *Evaluación del rendimiento del cultivo de pipián (cucurbita mixta) en asocio con el cultivo de maíz (zea mays) utilizando diferentes densidades de siembra*. [Trabajo para optar para el grado de ingeniero Agrónomo] Repositorio académico. <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/7148/1/50107297.pdf>
- Cruz, O. (2013). *Manual para el cultivo del maíz en Honduras*. <https://dicta.gob.hn/files/2013,-Manual-cultivo-de-maiz--G.pdf>
- Duran, R. Villa, A. Flores, M. (15 de enero 2014). *Aptitud del suelo para cultivo de mango vallenato en guacocoche, departamento del cesar*.  
<file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Dialnet-AptitudDelSueloParaCultivoDeMangoVallenatoEnGuacoc-5332044.pdf>.
- Espinoza Báez, J.L y López Marín, J.R. (2010). *Evaluación de una mezcla de abonos orgánicos versus fertilización sintética sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de maíz (zea mays L.)El plantel, Masaya 2009*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Nacional. [https://www.academia.edu/36605521/TESIS\\_DE\\_BIOL\\_EN\\_MAIZ](https://www.academia.edu/36605521/TESIS_DE_BIOL_EN_MAIZ)

- Olid López, N.D. (2014). *Variabilidad espacial de la infiltración en tres tipos de suelos, en plantaciones de cítricos con riego, en el litoral norte del país*. [Tesis de pregrado, Universidad de la República]. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/8755/1/39491op.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura. (2000). <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/>
- Garbanzo, M. (enero 2011). *Ministerio de agricultura y ganadería- Manual del aguacate*.
- Genova, J. Andreau, R. Etcheverry, M. Etchevers, P. Chale, W. Calvo, L. Ramos, f. (SF). *Hidrología aplicada al estudio y manejo de cuencas y de sistemas de riego y drenaje: Aplicación de metodologías para la medición y estimación del escurrimiento y la infiltración*. [https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/15618/mod\\_resource/content/2/unidad%202%202017.pdf](https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/15618/mod_resource/content/2/unidad%202%202017.pdf).
- Gutiérrez Herrera, T.L. y Lanuza Martínez, P.A. (2019). *Efecto de la agricultura de conservación y convencional en la producción del cultivo de guayaba (Psidium guajava L.), en el municipio de la Concordia, 2019*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Autónoma]. Repositorio Nacional. <https://repositorio.unan.edu.ni/11289/1/11289.pdf>
- Herrera Centeno, Y.A. y Ruiz López, E.M. (Mayo 2012). *Determinación de los coeficientes de cultivos Kc y rendimientos ky en pipián (Cucúrbita Argyrosperma Huber) En la hacienda las Mercedes, Managua 2011*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Autónoma]. Repositorio Nacional. <https://repositorio.una.edu.ni/2166/>
- Juárez Enríquez, R.A y Orozco, Gómez, O.A. (2011). *Conductividad hidráulica en diferentes suelos del municipio de San José de los Remates, Boaco 2011*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Nacional. <https://repositorio.una.edu.ni/2173/1/tnp33e59c.pdf>
- Jiménez Steer, I. y Rodríguez Domínguez, L. (2008). *Diagnóstico de la infiltración y permeabilidad en los suelos de la zona de recarga del acuífero Morroa en el área Sincelejo, corozal y Morroa*. [Tesis de pregrado, Universidad de Sucre]. <https://repositorio.unisucre.edu.co/bitstream/handle/001/213/551.49J61.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- López López, J.C Y Morales Hernández, M.M. (2016) *Efecto de la aplicación de tres láminas de riego en dos técnicas de riego sobre el cultivo del maíz (Zea mays L.) en la microcuenca El Espinal, Pueblo Nuevo, 2013*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Nacional. <https://repositorio.una.edu.ni/2754/1/tnf061864e.pdf>
- Llanes Martínez, G. y Rizo, O.D. (2019). *Evaluación del efecto de cuatro sistemas de uso del suelo sobre propiedades hidrofísicas, en la microcuenca Quebrada Arriba, Yalagüina,*

- 2017 [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Nacional. <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnp331l791.pdf>
- Meléndez Oviedo H. (2012). *Evaluación de las propiedades físicas de un suelo cultivado con Caña de Azúcar (saccharum officinarum) bajo la aplicación de biosólidos*. [Tesis de Pregrado, Universidad del Valle]. <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/7820/CB-0461297.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Medrano Rodríguez, M.A.y Reyes Mejia, R. I. (2019). *Evaluación del manejo de riego por goteo en la unidad del cultivo del aguacate (Persea americana mil) en la finca experimental el plantel de la UNA, 2019* [Tesis de pregrado Universidad Nacional Agraria]. <https://repositorio.una.edu.ni/4273/>
- Montenegro, G. Malagón, C. (1990). *Propiedades físicas de los suelos, Bogotá*. IGAC. 813 p. <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/6636/1/083.pdf>
- Morazán Lezama, L.L (2007). *Diagnóstico del Estado de aplicación de Buenas prácticas agrícolas en dos unidades de producción de mango (Mangifera Indica L.) del Departamento de Granada*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Nacional. <https://repositorio.una.edu.ni/2037/1/tnf01m832.pdf>
- López Olid, N.D. (2014). *Variabilidad espacial de la infiltración en tres tipos de suelos, en plantaciones de cítricos con riego, en el litoral norte del país*. [Tesis de pregrado, Universidad de la Republica]. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/8755/1/3949lop.pdf>
- Pineda Cruz, J.R. (2007). *Diagnóstico del Estado de Aplicación de Buenas Prácticas Agrícolas en una Unidad de Producción de Guayaba (Psidium guajava L), del Departamento de Granada, Nicaragua* [Trabajo de diplomado, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Nacional]. <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf01c957a.pdf>
- Rosales Naranjo, L. Pérez Rodríguez, M. Herrera Puebla, J. González Rodríguez, J A. Cid Lazo, G. (25 de septiembre 2020). *Efecto del manejo del suelo sobre la infiltración en un suelo ferralítico rojo compactado*. <https://www.redalyc.org/journal/5862/586264983003/html/#:~:text=Efecto%20del%20manejo%20del%20suelo,un%20suelo%20Ferral%C3%ADtico%20Rojo%20compactado&text=RESUMEN%3A%20Cualquier%20acci%C3%B3n%20sobre%20el,de%20agua%20para%20las%20plantas.>
- Sánchez, A.M. (2009). *Conductividad hidráulica en diferentes Suelos en el departamento de Boaco*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Nacional. <https://mail.google.com/mail/u/0/?tab=rm&ogbl#search/cesiaraquehriveragomez4%40gmail.com?projector=1>

Sandoval, K.A. Y Somarriba, B.J. (2015). *Diseño de un sistema de ferti-riego automatizado en la plantación de musáceas de la finca Ojo de Agua ubicada en Isla de Ometepe, (Rivas)*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Autónoma]. Repositorio Nacional.

<https://repositorio.unan.edu.ni/3204/1/70011.pdf>

Weber, J. (junio del 2015). *Una comparación entre los métodos del doble cilindro de anillo y del simulador de lluvia en la medición de la capacidad de infiltración*.

<https://www.researchgate.net/publication/280237581>

## IX ANEXOS

### Anexo 1. Formato de recolección de datos en campo

---

Tiempo	Intervalo entre lecturas (minutos)	Tiempo acumulado (min)	lectura (cm)	Diferencia de lectura (cm)	Infiltración calculada (cm/hr)
--------	---	------------------------------	-----------------	-------------------------------	-----------------------------------

---

---

Anexo 2. Pruebas de Infiltración (P1), (P2), (P3).

Perfil 1. Uso del suelo Plátano					Perfil 2. Uso de suelo Plátano			Perfil 3. Uso del suelo Maíz				
Tiempo	Intervalo (minutos)	Lectura (cm)			tiempo	Lectura (cm)			Tiempo	Lectura (cm)		
		C1	C2	C3		C1	C2	C3		C1	C2	C3
		8,5	10,5	8,0		16,7	16	17,0		9,6	11,9	11,0
9:51	1,0	7,7	9,8	7,5	9:54	15,3	15,2	15,3	9:42	9,4	11,6	10,8
9:52	1,0	6,9	9,2	7,0	9:55	13,5	14,8	15,0	9:43	9,3	11,5	10,7
9:53	1,0	6,2	8,9	6,4	9:56	13,0	14,5	14,6	9:44	9,3	11,4	10,6
9:54	1,0	5,5	8,5	6,2	9:57	12,7	14,3	14,3	9:45	9,2	11,4	10,5
9:55	1,0	4,9	8,4	5,5	9:58	12,0	14	14,0	9:46	9,1	11,4	10,5
9:56	1,0	4,4	8,3	5,2	9:59	10,0	13,7	13,7	9:47	9,1	11,3	10,4
		12,0	8,0	4,9		12,0	13,4	13,4	9:48	9,0	11,3	10,3
9:57	1,0	10,7	7,8	4,3	10:00	11,5	15	13,2	9:49	9,0	9,0	10,3
9:58	1,0	9,7	7,7	4,0	10:01	11,3	13,4	12,0	9:50	9,0	9,0	10,3
9:59	1,0	8,8	7,5	8,0	10:02	11,0	13	11,8	9:51	9,0	9,0	10,3
10:00	1,0	8,0	7,4	7,5	10:03	9,8	12,7	11,5	9:52	9,0	9,0	10,3
10:01	1,0	7,2	7,3	7,3	10:04	8,3	12	11,2	9:53	9,0	9,0	10,2
10:02	1,0	6,5	7,2	6,9	10:05	7,9	11,5	11,0	9:54	8,9	8,9	10,1
10:03	1,0	5,8	7,1	6,5	10:06	6,5	11	10,8	9:55	8,9	8,9	10,1
10:04	1,0	5,1	7,0	6,1	10:07	6,0	10,5	10,6	9:56	8,9	8,9	10,1
10:05	1,0	4,5	6,9	5,8	10:08	5,4	10,3	10,0	9:59	8,8	8,8	16
		12,0	6,8	5,5		12,0	10	9,6	10:02	8,7	8,7	15,9
10:06	1,0	11,2	6,7	5,1	10:09	11,2	9,8	9,5	10:05	8,7	8,7	15,9
10:07	1,0	10,4	6,6	4,8	10:10	10,4	9,4	9,4	10:08	8,6	8,6	15,9
10:08	1,0	9,5	6,5	4,4	10:11	9,5	15	9,3	10:11	8,5	8,5	15,8
10:09	1,0	8,8	6,4	4,1	10:12	8,8	13	9,2		15	15,0	15,8
10:10	1,0	8,0	6,3	8,0	10:13	8,0	12,4	9,0	10:16	14,9	14,9	15,6
10:11	1,0	7,4	6,2	7,8	10:14	7,4	12	8,8	10:21	14,8	14,8	15,5
10:12	1,0	6,6	6,1	7,5	10:15	6,6	11,6	8,7	10:26	14,8	14,8	15,5
10:13	1,0	6,0	6,0	7,2	10:16	6,0	11,4	8,6	10:36	14,6	14,6	15,2
10:14	1,0	5,4	5,9	6,8	10:17	5,4	11	8,4	10:46	14,5	14,5	15,1

10:15	1,0	4,7	5,8	6,4	10:18	4,7	10,8	8,3	10:56	14,4	14,4	14,9
10:16	1,0	4,1	5,7	6,0	10:19	4,1	15	8,2	11:11	14,2	14,2	14,7
		12,0	5,6	5,8		12,0	14	8,1	11:26	14,0	14,0	14,5
10:17	1,0	11,2	5,5	5,5	10:20	11,3	13,6	7,9	11:56	13,7	13,7	14,0
10:18	1,0	10,4	10,5	5,1	10:21	10,4	13,4	7,8	12:26	13,1	13,1	13,7
10:19	1,0	9,6	10,0	4,7	10:22	9,6	13,2	7,7				
10:20	1,0	8,9	9,7	8,0	10:23	7,9	13	16,0				
10:23	3,0	7,9	9,1	7,1	10:26	6,1	12,8	15,8				
10:26	3,0	6,1	8,8	6,2	10:29	4,4	12,6	15,6				
10:29	3,0	4,4	8,5	5,2		12,0	12,3	15,4				
		12,0	8,2	4,4	10:32	9,7	12	15,3				
10:32	3,0	9,7	8,0	8,0	10:35	7,7	11,5	15,1				
10:35	3,0	7,7	7,8	7,2	10:38	6,3	15	14,7				
10:35	3,0	6,0	7,6	6,7	10:41	5,0	14,3	14,5				
10:38	3,0	4,4	7,5	5,4		12,0	14	14,4				
		12,0	10,5	4,6	10:44	10,0	13,3	14,2				
10:41	3,0	10,0	9,9	8,0	10:47	8,2	13	14,0				
10:44	3,0	8,2	9,4	7,5	10:50	6,6	12,9	13,8				
10:47	3,0	6,6	8,9	6,7	10:53	4,3	12,7	13,6				
10:52	5,0	4,3	8,5	5,4		12,0	12,5	13,4				
		12,0	8,1	4,2	10:58	9,2	12,2	13,2				
10:57	5,0	9,2	7,9	8,0	11:03	8,8	15	13,0				
11:02	5,0	5,5	7,5	6,9	11:08	4,6	14,5	12,7				
11:07	5,0	3,6	7,4	5,5		12,0	14,3	12,6				
		12,0	7,3	4,4	11:13	9,1	14	12,5				
11:12	5,0	9,1	7,2	8,0	11:18	6,5	13,8	12,4				
11:17	5,0	6,5	6,8	6,9	11:23	5,5	13,4	12,3				
11:22	5,0	4,1	6,5	5,6		12,0	13	12,1				
		12,0	6,0	4,5	11:28	9,1	12,7	11,8				
11:27	5,0	9,1	5,7	8,0	11:33	8,2	12,5	11,6				
11:32	5,0	6,7	5,5	7,0	11:38	6,5	12,3	11,4				
11:37	5,0	4,4	10,5	6,0		12,0	12,1	11,3				

		12,0	9,0	4,1	11:43	7,2	15	11,0
11:47	10,0	7,2	8,0	8,0	11:53	6,3	13,7	10,8
11:57	10,0	2,9	7,8	6,4		12,0	13,3	10,7
		12,0	7,5	4,4	12:03	7,5	13	10,6
12:07	10,0	7,5	7,0	8,0	12:13	6,1	12,6	10,4
12:17	10,0	3,5	6,8	6,3		12,0	12,3	10,0
		12,0	6,5	4,6	12:23	7,7	12,1	9,8
12:27	10,0	7,7	6,1	8,0	12:33	6,7	15	9,7
12:37	10,0	4,5	5,8	6,3		12,0	14,3	9,5
		12,0	5,3	4,7	12:43	8,4	14,2	
12:47	10,0	8,4	5,0	8,0	12:53	7,2	14,1	
12:57	10,0	5,2		6,3		12,0	13,8	
		12,0		4,7	13:03	8,2	13,7	
13:07	10,0	7,9		3,2	13:13	7,0	13,5	
13:17	10,0	4,6		8,0		12,0	13,4	
		12,0		5,7	13:23	9,8		
13:32	15,0	6,7		3,5		12,0		
		12,0		8,0	13:38	9,3		
13:47	15,0	6,7		5,6		12,0		
		12,0		3,8	13:53	10,5		
14:02	15,0	7,0		8,0		12,0		
		12,0		4,1	14:08	11,0		
14:32	30,0	2,6		8,0		12,0		
		12,0		4,3	14:38	11,8		
15:02	30,0	2,3				12,0		
		12,0			15:08	11,5		
15:32	30,0	2,2			15:38	9,0		

---

Anexo 3. Pruebas de infiltración (P5), (P6), (P7).

Perfil 5. Uso de suelo Mango				Perfil 6. Uso de suelo Aguacate			Perfil 7. Uso de suelo Plátano				
Tiempo	Lectura (cm)			Tiempo	Lectura (cm)			Tiempo	Lectura (cm)		
	C1	C2	C3		C1	C2	C3		C1	C2	C3
	20,0	18,0	18,0		14.0	7.0	14.0		6.5	10.50	16.0
9:51	17,0	17,3	17,5	10:08	9.8	6.0	13.6	09:59	4.3	9.08	15.1
9:52	15,5	16,8	17,3	10:09	9.4	5.2	13.2	10:00	3.0	9.02	14.4
9:53	12,1	16,3	17,0	10:10	9.3	4.4	13.0		6.5	8.69	13.6
9:54	9,5	15,9	16,9	10:11	8.9	9.0	12.8	10:01	5.8	8.50	12.8
9:55	9,4	15,5	16,6	10:12	8.5	8.4	12.5	10:02	5.0	8.40	12.0
9:58	9,3	15,0	16,5	10:15	7.8	7.7	12.0	10:03	4.5	8.30	11.2
10:01	9,2	14,5	16,4	10:18	6.9	5.4	11.5	10:04	4.0	8.00	10.4
10:04	8,7	14,0	15,8	10:21	6.3	3.6	11.0	10:05	3.0	7.80	9.5
10:07	8,2	13,6	15,5	10:24	5.6	9.0	10.6		6.5	7.70	8.8
10:10	7,9	13,2	15,1	10:27	5.0	7.0	10.2	10:06	6.0	7.50	8.3
10:15	7,4	12,7	15,0	10:32	4.0	5.2	9.5	10:07	5.5	7.40	7.6
10:20	6,8	12,5	14,5		12.0	3.5	8.8	10:08	4.8	7.30	6.9
10:25	6,4	12,1	13,4	10:37	10.5	8.0	8.1	10:09	4.2	7.20	6.0
10:35	5,4	11,7	12,8	10:42	8.7	5.4	7.6	10:10	3.5	7.00	5.2
10:45	4,3	11,4	12,3	10:47	7.9	2.6	7.1	10:11	3.0	6.90	4.4
10:55	3,6	11,0	10,8	10:52	6.8	8.0	6.1		6.5	6.90	3.8
	10,0	12,0	10,5	11:02	5.9	5.6	5.2	10:12	6.0	6.80	3.0
11:10	8,6	11,8	9,0	11:12	5.0	8.0	13.1	10:13	4.0	6.70	16.0
11:25	7,2	11,5	8,6		11.9	5.6	11.7	10:14	3.0	6.60	15.3
11:40	6,0	11,0	8,3	11:22	9.1	3.4	10.6	10:15	2.5	6.50	14.8
11:55	4,6	10,6	7,0	11:32	6.7	8.0	10.2	10:16	2.0	6.40	14.2
	10,0	10,3	6,4	11:42	4.5	3.8	9.1		6.5	6.30	13.5

12:10	8,7	12,0	5,4		11.5	8.0	7.8	10:17	5.1	6.20	13.1
12:25	7,1	11,8	4,3	11:57	7.5	3.4	6.5	10:18	3.8	6.10	12.4
12:40	5,6	10,6	3,7	12:12	4.0	8.0	5.4	10:19	2.8	6.00	11.9
12:55	4,8	9,7	2,5		11.8	4.1	12.6		6.5	5.90	11.0
	10,0	8,9	2,2	12:27	7.9	8.0	11.1	10:20	5.5	5.80	10.5
13:10	8,0	12,0	2,0	12:42	5.2	2.5	9.7	10:21	4.0	5.80	10.0
13:25	6,5	11,9	1,7		11.0	8.0	8.4	10:22	2.8	5.80	9.6
13:40	5,0	11,8		12:57	8.0	3.8	7.0		6.5	10.50	9.1
13:55	3,8	11,7		13:12	4.5	8.0	6.2	10:23	4.0	10.20	8.8
	10,0	11,6			11.8	2.6		10:24	2.5	10.00	8.0
14:10	8,5			13:27	8.3	8.0			6.5	9.70	7.4
				13:42	4.4	2.4		10:25	5.0	9.10	6.8
					6.8	8.0		10:26	3.0	8.80	6.2
				13:57	5.5	2.5			6.5	8.50	5.5
					8.0			10:27	4.7	8.20	4.9
					2.8				6.5	8.00	4.2
					8.0			10:28	2.5	7.60	3.5
					4.8				6.5	7.50	2.9
					4.0			10:31	3.5	7.00	2.4
					3.3				6.5	10.50	16.0
					3.0			10:34	3.5	9.90	14.9
					2.5				6.5	9.40	14.0
								10:37	3.5	8.90	13.4
									6.5	8.50	12.7
								10:40	3.5	8.10	12.0
									9.0	7.90	11.4
								10:43	6.5	7.50	10.9
									9.0	7.30	10.3
								10:46	1.6	7.30	9.7

	9.0	6.80	9.2
10:49	3.9	6.50	8.6
	9.0	6.00	8.0
10:52	3.5	5.70	7.1
	9.0	5.50	6.4
10:55	4.0	5.00	5.5
	9.0	9.00	4.7
10:58	3.0	8.00	3.9
	9.0	7.50	3.0
11:01	3.0	7.00	16.0
	9.0	7.00	14.8
11:06	3.0	6.50	14.0
11:11	2.0	6.10	13.1
11:16	1.0	6.10	12.2
	9.0	6.10	11.0
11:21	7.5		
11:26	6.3		
11:31	5.5		
11:36	5.0		
11:41	3.2		
11:46	2.9		
11:51	2.2		
	9.0		
12:01	8.3		
12:11	8.1		
12:21	7.4		
12:31	6.9		
12:41	6.4		
12:51	6.2		

13:01	5.8
13:11	5.4
13:21	5.1
13:36	4.7
13:51	4.3
14:06	4.0

---

#### Anexo 4. Pruebas de infiltración (P8), (P9), (P10)

Perfil 8. Uso de suelo Guayaba				Perfil 9. Uso de suelo Pipián			Perfil 10. Uso de suelo Maíz				
Tiempo	Lectura (cm)			Tiempo	Lectura (cm)			Tiempo	Lectura (cm)		
	C1	C2	C3		C1	C2	C3		C1	C2	C3
09:37	11.5	17.0 0	18		16.0	19.0	9.6		16.0	15.0	15.0
09:38	10.5	16.0	17.5	09:39	12.5	18.8	7.0	09:12	13.4	14.0	14.5
09:39	9.5	15.5	16.9	09:40	11.5	17.6	16.0		17.0	13.2	14.0
09:40	9.1	14.6	16.5	09:41	9.5	16.8	12.1	09:14	11.3	13.1	13.8
09:41	8.6	13.5	16.4	09:42	8.5	15.9	9.5	09:15	10.4	12.9	13.6
09:42	8.5	12.8	16.3	09:43	7.9	15.5	7.1	09:16	9.6	12.5	13.3
09:43	7.5	10.6	16.2	09:44	7.1	15.2	5.5	09:17	8.9	12.1	13.0
09:44	7.0	10.5	16.0	09:45	6.7	14.9	16.0	09:18	8.3	11.7	12.9
09:45	6.8	10.4	15.9	09:46	5.8	14.7	12.7	09:19	7.9	11.5	12.8
	15.0	10.3	15.8	09:47	5.1	14.5	10.0	09:20	7.3	11.4	12.7
09:47	14.0	10.2	15.8	09:48	4.5	14.0	8.0	09:21	6.7	11.1	12.5
09:48	13.0	10.0	15.7		16.0	13.8	16.0		17.0	10.9	12.4
09:49	12.5	9.9	15.4	09:49	15.0	13.5	11.7	09:22	15.5	10.6	12.3
09:50	12.0	9.8	15.4	09:50	14.0	12.5	11.3	09:23	14.8	10.4	12.2
09:51	11.5	9.8	15.3	09:51	12.2	12.3	11.0	09:24	14.2	10.1	12.1
09:52	11.0	9.7	15.2	09:52	11.5	12.0	10.4	09:25	13.5	9.8	12.0
09:53	10.5	9.7	15.1	09:53	10.5	11.7	10.0	09:26	12.5	9.7	11.8
09:54	10.4	9.6	15.0	09:54	9.4	11.3	9.6	09:27	12.0	9.4	11.7
09:55	10.3	9.5	14.9	09:55	8.5	10.8	9.3	09:28	11.4	9.2	11.6
09:56	9.7	9.5	14.9	09:56	7.5	9.0	16.0	09:29	11.2	9.1	11.5
09:57	9.5	9.4	14.8	09:57	6.6	8.5	14.2	09:30	10.5	9.0	11.4
09:58	9.1	9.4	14.7	09:58	6.0	8.5	14.0	09:31	10.0	8.6	11.3
09:59	8.5	9.4	14.7	09:59	3.0	8.2	13.4		17.8	8.5	11.2
10:00	8.3	9.3	14.7		16.0	8.0	13.0	09:32	17.3	8.4	11.1
10:01	8.0	9.3	14.6	10:00	15.5	18.0	12.7	09:33	16.0	8.2	11.0
10:02	7.5	9.2	14.6	10:01	15.0	17.8	12.5	09:34	15.2	8.0	11.0

10:03	7.4	9.1	14.5	10:02	14.6	17.0	12.2	09:35	13.8	7.9	10.9
10:04	7.1	9.1	14.5	10:03	13.5	16.9	11.1	09:36	13.1	7.8	10.8
	16.5	9.0	14.4	10:04	12.5	16.4	16.0	09:37	12.5	7.7	10.7
10:05	14.5	9.0	14.4	10:05	11.6	15.4	14.0	09:38	12.3	7.6	10.6
10:06	13.0	8.9	14.0	10:06	10.4	15.0	13.2	09:39	11.6	7.5	10.5
10:07	12.1	12.5	17.0	10:07	9.5	14.5	12.6	09:40	11.3	16.0	10.4
10:08	11.3	12.3	16.8	10:08	8.6	14.0	11.1	09:41	10.9	13.0	10.0
10:13	11.0	12.0	16.5	10:13	7.5	13.5	10.0	09:42	10.3	12.0	9.6
10:18	10.7	11.9	16.0		16.0	12.9	9.4	09:47	15.0	10.8	9.5
10:23	9.5	11.6	15.8	10:18	10.8	12.5	9.0		17.5	9.4	9.1
10:28	8.5	11.4	15.5	10:23	6.0	11.9	16.0	09:52	12.9	8.8	8.8
10:33	7.5	10.8	15.1		16.0	11.5	11.6	09:57	10.8	7.7	8.5
	16.5	10.5	14.9	10:28	11.5	11.0	8.0	10:02	9.9	6.9	8.4
10:38	15.0	10.2	14.7	10:33	5.4	19.0	5.5	10:07	8.9	6.1	8.2
10:43	13.6	10.0	14.4		16.0	16.3	16.0	10:12	7.9	5.4	7.8
10:48	12.5	9.8	14.1	10:38	14.0	14.3	11.0		18.0	16.0	7.5
10:52	12.2	9.4	13.9	10:43	7.0	12.6	8.4	10:17	15.5	13.0	15.0
10:57	12.0	9.0	13.7	10:48	3.5	11.4	8.0	10:22	14.6	10.5	14.6
11:07	10.5	8.6	13.0		16.0	10.8	7.5	10:27	14.1	8.3	14.0
11:17	8.5	8.2	12.8	10:53	11.5	10.0	7.1	10:32	12.8	6.7	13.0
11:27	8.0	7.8	12.7		16.0	9.8	6.2	10:42	10.0	5.0	12.8
11:37	7.3	7.4	12.0	10:58	11.5	19.0	5.7		18.5	16.0	12.0
	16.0	7.1	11.9	11:08	7.1	17.6	16.0	10:52	14.4	11.1	11.6
11:47	14.0	6.9	11.6		16.0	15.9	11.7	11:02	12.5	9.0	11.2
11:57	12.2	6.6	11.0	11:18	7.6	15.8	8.3	11:12	11.6	7.5	10.8
12:07	10.3	4.1	10.5		16.0	15.5	16.0	11:22	10.0	6.0	10.5
12:17	8.7	12.5	17.0	11:28	7.2	15.0	9.2		17.5	4.9	10.0
12:27	7.0	11.1	15.0		16.0	19.0	16.0	11:32	14.2	4.0	9.0
12:37	6.2	10.5	14.0	11:38	8.2	16.5	9.2	11:42	11.5	16.0	9.1
	17.0	9.5	13.0		16.0	15.4	16.0	11:52	9.8	12.0	8.5
12:57	12.2	8.5	12.0	11:48	9.5	13.0	8.0		17.5	8.0	8.3
13:17	9.5	12.5	17.0	11:58	4.0	19.0	16.0	12:02	14.5	5.2	8.0

13:27	6.6	12.0	15.9		16.0	16.5	7.0	12:12	11.7	16.0
	17.0	11.0	15.0	12:08	10.0	15.4	16.0	12:32	10.0	9.5
13:47	9.5	12.5	14.1	12:18	6.0	19.0	9.0		18.0	6.5
14:07	6.6	10.5			16.0	17.6	16.0	12:52	11.8	
	17.0			12:28	10.0	15.3	9.5	13:12	9.6	
14:27	10.6			12:38	6.0		9.0		19.0	
14:47	6.3				16.0		8.4	13:32	16.7	
				12:58	10.0		8.1	13:52	11.6	
					16.0		16.0			
				13:18	9.0		9.2			
					16.0		8.7			
				13:38	11.0		8.4			
					16.0		8.2			
				13:58	10.5		7.7			
					16.0					
				14:18	12.0					
					16.0					
				14:38	10.0					

---

Anexo 5. Pruebas de infiltración (P11), (P12) y (P13).

Perfil 11. Uso de suelo Pasto				Perfil 12. Uso de suelo Pasto				Perfil 13. Uso de suelo Pasto			
Tiempo	Lectura (cm)			tiempo	Lectura (cm)			Tiempo	Lectura (cm)		
	C1	C2	C3		C1	C2	C3		C1	C2	C3
	17.0	12.5	12.4		17.0	18.0	16.0		18.0	18.0	16.0
09:34	16.0	11.6	11.1	09:25	16.0	17.8	15.5	09:32	17.8	16.0	15.5
09:35	15.5	11.3	10.5	09:26	15.0	17.5	15.0	09:33	17.5	15.0	14.0
09:36	15.1	11.1	8.8	09:27	13.9	16.8	14.8	09:34	17.0	14.5	12.8
09:37	15.0	10.9	5.3	09:28	13.8	16.5	13.9	09:35	16.7	12.6	12.6
09:38	14.7	10.8	11.0	09:29	13.7	16.3	13.8	09:36	16.5	12.4	12.4
09:39	14.4	10.6	10.3	09:30	13.5	15.9	13.7	09:37	16.0	12.3	12.3
09:40	14.2	10.5	8.8	09:31	13.4	15.8	13.5	09:38	15.8	12.0	12.0
09:41	14.0	10.4	7.5	09:32	13.4	15.7	13.4	09:39	15.7	11.9	11.9
09:42	13.7	10.3	5.0	09:33	13.2	15.5	13.4	09:40	15.5	11.7	11.7
09:43	13.5	10.2	15.0	09:34	13.1	15.4	13.2	09:41	15.4	11.5	11.5
09:44	13.3	10.0	13.6	09:35	13.0	15.3	13.1	09:42	15.3	11.4	11.4
09:45	13.1	9.9	11.7	09:36	13.0	15.2	13.0	09:43	15.3	11.3	11.3
09:46	12.9	9.8	10.0	09:37	12.9	15.0	13.0	09:44	15.3	11.0	11.0
09:47	12.8	9.7	8.6	09:38	12.9	15.0	12.9	09:45	15.2	10.8	10.8
09:48	12.6	9.6	13.5	09:39	12.8	14.9	12.9	09:46	15.2	10.6	10.6
09:49	12.4	9.5	12.9	09:40	12.8	14.8	12.8	09:47	15.1	10.3	10.3
09:50	12.3	9.4	11.0	09:41	12.7	14.7	12.8	09:48	15.1	10.0	10.0
09:51	12.1	9.3	9.5	09:42	12.6	14.7	12.7	09:49	15.0	9.8	9.8
09:52	11.9	9.2	8.1	09:43	12.3	14.6	12.6	09:50	15.0	9.5	9.5
09:53	11.8	9.1	14.0	09:44	12.0	14.4	12.3	09:51	14.9	8.6	8.6
09:54	11.7	9.0	13.3	09:49	11.7	13.9	12.0	09:56	14.8	7.9	7.9
09:55	11.5	8.8	11.6	09:54	11.3	13.5	11.7	10:01	14.5	7.3	7.3
09:56	11.4	8.7	10.0	09:59	10.9	13.0	11.3	10:06	14.3	6.9	7.0
09:57	11.2	8.5	8.6	10:04	10.6	12.8	10.9	10:11	14.1	6.0	6.9
09:58	11.0	8.4	7.5	10:09	10.4	12.5	10.6	10:16	13.8	13.5	6.0

09:59	10.9	8.3	13.0	10:14	9.9	12.0	10.4	10:21	13.6	12.9	14.0
10:00	10.8	8.2	12.7	10:19	9.6	11.6	9.9	10:26	13.4	11.9	12.9
10:01	10.7	8.0	10.9	10:24	9.4	11.1	9.6	10:31	13.2	11.0	11.4
10:02	10.5	7.8	9.8	10:29	8.8	10.6	9.4	10:36	13.0	10.2	11.0
10:03	10.4	7.5	6.4	10:34	8.1	10.4	8.8	10:41	12.7	9.4	10.2
10:08	10.3	12.6	15.0	10:44	7.7	10.1	8.1	10:51	12.3	9.3	9.4
10:13	10.2	12.5	13.0	10:54	7.0	9.8	7.7	11:01	11.7	8.0	8.0
10:18	10.0	12.3	11.3		16.0	8.9	7.0	11:11	11.4	6.8	6.8
10:23	9.8	12.0	10.0	11:04	15.0	16.1	16.0	11:21	10.9	13.0	13.0
10:28	9.7	11.9	8.9	11:14	14.3	15.5	15.7	11:31	10.4	11.5	11.1
10:33	9.6	11.8	7.3	11:24	13.8	15.0	15.3	11:41	10.1	10.0	10.0
10:38	9.5	11.6	16.0	11:34	13.0	14.8	14.8	11:51	9.6	7.9	7.9
10:43	9.3	11.4	10.0	11:44	12.5	13.5	14.5	12:01	9.3	6.4	6.4
10:48	9.1	11.1	16.0	11:54	11.9	11.1	14.0	12:11	8.8	13.0	13.0
10:53	8.9	10.8	11.5	12:04	10.5	10.5	13.8	12:21	8.4	10.9	12.8
11:03	8.7	10.5	16.0	12:14	9.2	10.2	13.5	12:41	7.8	9.6	11.0
11:13	8.5	10.2	11.8	12:34	8.1	9.8	13.0	13:01	7.4	8.0	10.5
11:23	8.3	10.0	16.0	12:54	7.3	9.0	12.5		17.0	6.3	9.8
11:33	8.1	9.8	11.0	13:14	6.3	17.0	12.3	13:21	16.5	13.0	13.0
11:43	8.0	9.7	16.0	13:34	5.6	15.6	10.8	13:31	15.4	10.5	10.5
11:53	7.9	9.4	12.0		16.0	15.0	10.0	13:51	15.0	5.4	5.4
12:03	7.7	9.0	16.0	13:54	14.0	14.5	16.0	14:21	14.1	13.0	13.0
12:23	7.6	8.6	10.8		16.0	9.0	15.8	14:51	13.8	9.0	12.5
12:33	7.4	8.2	16.0	14:24	15.5	17.0	14.6	15:21	13.5	6.4	11.8
12:43	7.3	7.8	11.3	14:54	14.4	15.0	14.0			6.2	11.5
13:03	6.0	7.4	16.0	15:24	14.0	14.5				6.0	11.3
13:23	5.8	7.1	10.7							5.7	11.0
13:43	5.7	6.9	10.0							5.5	10.8
14:03	5.5	6.6	9.5								
14:23	5.2	12.5	16.0								
14:43	5.0	11.1	10.0								
		10.5	16.0								
		9.5	9.0								

16.0  
8.8  
16.0  
9.0  
16.0  
9.0  
16.0  
9.0  
16.0  
8.8  
16.0  
8.7  
16.0  
8.6  
16.0  
8.6  
16.0  
8.6  
16.0  
8.9  
8.7  
8.6  
8.5  
8.4

---

Anexo 6. Prueba de infiltración (P14).

Perfil 14. Uso de suelo			
Pasto			
Lectura (cm)			
Tiempo	C1	C2	C3
	15	18.0	18
08:56	14.8	17.8	17.50
08:57	14.5	17.5	17.30
08:58	14.4	17.0	17.00
08:59	14.3	16.5	16.80
09:00	14.0	16.3	16.50
09:01	13.7	16.0	16.00
09:02	13.6	15.8	15.70
09:03	13.4	15.5	15.40
09:04	13.3	15.0	15.00
09:05	13.1	14.2	14.80
09:06	13.0	14.1	14.40
09:07	12.9	14.0	14.20
09:08	12.8	13.9	14.10
09:09	12.5	13.8	14.02
09:10	12.4	13.7	14.01
09:11	12.3	13.6	14.00
09:12	12.2	13.5	13.90
09:13	12.0	13.4	13.70
09:14	11.9	13.3	13.60
09:15	11.5	12.9	12.90
09:20	11.0	12.7	12.50
09:25	10.7	11.8	12.00
09:30	10.5	11.0	11.30
09:35	10.4	10.4	11.00
09:40	10.0	10.0	10.50
09:45	9.9	9.8	10.40
09:50	9.8	9.5	10.00
09:55	9.6	9.0	9.90
10:00	9.5	8.4	9.40
10:05	9.5	8.0	8.90
10:15	8.9	7.8	8.00
10:25	8.8	7.2	7.50
10:35	8.7	18.0	7.10

10:45	8.3	16.7	6.80
	17.0	15.5	6.70
10:55	14.7	14.5	16.00
11:05	13.2	13.5	15.80
11:15	12.6	12.2	15.40
11:25	11.0	11.2	14.80
11:35	10.5	9.5	14.50
11:45	9.8	8.0	14.00
12:05	9.0	16.0	13.80
12:25	8.5	13.5	13.00
12:35	8.0	11.5	12.90
	17.0	11.4	12.50
12:55	13.5	11.3	12.30
13:15	11.4	11.0	11.80
13:35	9.8	6.4	

---