UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR OCCIDENTE

INGENIERÍA EN AGRONOMÍA TROPICAL

EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

TRABAJO DE GRADUACION

REDISEÑO DE RIEGO, PARA EL CULTIVO DE *Citrus x latifolia* T., *Rutaceae* "LIMON PERSA" EN FINCA PANAMÁ, AGROPECUARIA ATITLÁN S.A. SANTA BÁRBARA, SUCHITEPÉQUEZ

T.P.A. Domingo Ambrocio Gramajo Mejía

201441077

Supervisor-Asesor

Ing. Agr. M. Sc. Jorge Rubén Sosof Vásquez

Santa Bárbara, Suchitepéquez, octubre de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR OCCIDENTE

INGENIERÍA EN AGRONOMÍA TROPICAL

EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

TRABAJO DE GRADUACION

REDISEÑO DE RIEGO, PARA EL CULTIVO DE *Citrus x latifolia* T., *Rutaceae* "LIMON PERSA" EN FINCA PANAMÁ, AGROPECUARIA ATITLÁN S.A. SANTA BÁRBARA, SUCHITEPÉQUEZ

T.P.A. Domingo Ambrocio Gramajo Mejía

201441077

Supervisor-Asesor

Ing. Agr. M. Sc. Jorge Rubén Sosof Vásquez

Santa Bárbara, Suchitepéquez, octubre de 202

Universidad de San Carlos de Guatemala

Centro Universitario del Suroccidente

M.Sc. Pablo Ernesto Oliva Soto	Rector en Funciones
M.Sc. Gustavo Enrique Taracena Gil	Secretario general

Miembros del Consejo Directivo del Centro Universitario del Suroccidente

Lic. Luis Carlos Muñoz López	Director en funciones

Representante de Profesores

Dr. Reynaldo Humberto Alarcón Noguera	Secretario

Representante Graduado del CUNSUROC

Lic. Vilser Josvin Ramírez Robles	Vocal

Representantes Estudiantiles

TPA. Angélica Magaly Domínguez Curiel	Vocal
PEM Y TAE. Rony Roderíco Alonzo Solis	Vocal

CORDINACIÓN ACADÉMICA

Coordinador Académico

Dr. Mynor Raúl Otzoy Rosales

Coordinador Carrera Licenciatura en Administración de Empresas

Dr. Eddie Rodolfo Maldonado Rivera

Coordinador Carrera de Licenciatura en Trabajo Social

Lic. Edin Aníbal Ortiz Lara

Coordinador de las Carreras de Pedagogía

M. Sc. José Norberto Thomas Villatoro

Coordinador Carrera Ingeniería en Alimentos

M. Sc. Víctor Manuel Nájera Toledo

Coordinador Carrera Ingeniería en Agronomía Tropical

Ing. Agr. Luis Alfredo Tobar Piril

Coordinadora Carrera Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales, Abogado y Notario

Lic. Sergio Espinoza Antón

Coordinadora Carrera Ingeniería en Gestión Ambiental Local

M.Sc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes

Área

Lic. José Felipe Martínez Domínguez

Carreras Plan Fin de Semana del CUNSUROC

Coordinadora de las carreras de Pedagogía

Lcda. Tania Elvira Marroquín Vásquez

Coordinadora Carrera Periodista Profesional y Licenciatura en Ciencias de la Comunicación

Lic. Heinrich Herman León

Mazatenango, 29 de octubre del 2021

Ing. Agr. Luis Alfredo Tobar Piril
Coordinador de la Carrera de Agronomía Tropical
Centro Universitario del Sur Occidente
Universidad de San Carlos de Guatemala

Respetable Ingeniero Tobar Piril:

Por este medio me dirijo a usted, deseando que se encuentre gozando de buena salud.

El motivo de la presente es para informarle que luego de haber aprobado el Ejercicio Profesional Supervisado de la carrera de Ingeniería en Agronomía Tropical –EPSAT-, solicito poder revisar el trabajo de graduación, para continuar con el debido proceso de graduación. Agradeciendo de antemano la atención prestada a la presente solicitud y sin otro particular me suscribo.

Atentamente:

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

T.P.A. Domingo Ambrocio Gramajo Mejía
201441077
Estudiante de la Carrera de Ingeniería en Agronomía Tropical

Acto que dedico

A Dios:

Porque sé que el principio de la sabiduría es el temor a él y por ser él, que iluminó mi camino en la culminación de mi formación académica profesional como ingeniero agrónomo.

A mi Madre:

Luisa Mejía Baten, mujer virtuosa, porque no habrá mejor regalo de Dios que nacer de ti. Te doy las gracias porque nunca me falto tu amor, tu apoyo, tu ejemplo de trabajo y tus enseñanzas, lo cual me hacen seguir adelante, te amo tanto.

A mi Padre:

Valeriano Gramajo QEPD. Donde quiere que te encuentres, gracias por enseñarme a luchar para poder alcanzar mis metas.

A mi Esposa:

Walki Betzabé Rodríguez De León de Gramajo, amada mía, gracias por tu apoyo, Dios te puso a mi lado para ser mi compañera de toda la vida, te amo.

A mis Hijos:

Pedro Gabriel y María Luisa Walkiria, con todo mi amor les dedico este triunfo, son mi mayor bendición, los amo, que ésta meta alcanzada sea un estímulo para ustedes y sean unos profesionales de éxito.

A mis Hermanos:

Ruth Noemí Soto, María Candelaria, Verónica Roxana, Reyna Celeste, Javier Exequiel, Luis Alfonzo y Gabriel Amílcar, por ser parte fundamental en esta meta alcanzada y que mi logro profesional los motive a seguir agregando otros a nuestra familia.

A mi Abuelo:

Ambrocio Mejía Gómez, gracias por tus consejos.

A mis Suegros:

Francisco Rodríguez y Walkiria De León, gracias por el apoyo, cariño y consejos brindados hacia mi persona, Dios los bendiga siempre.

A mis Sobrinos:

Josué Daniel, Axel Eduardo y Delmy Alesandra, con todo mi amor y cariño de siempre.

A mis Tíos:

Marcelo, José, Víctor, Virginia, Vilma y Miriam, por los consejos y apoyo.

A mis Primos:

Jimmy, Estuardo, Daniel, Jorge, Giovanni, Romelia, Cindy, Isaías, Cristian y Kevin, los quiero mucho.

A mis Cuñados:

Nehemías, Eduardo, Daniel Y Ricardo, este triunfo es también para ustedes.

A mis Amigos:

Jairon Méndez, Billy Chivilin, Marlon Méndez, Jhony Ávila, William Tahual, Jorge López, Josep Quibaja, Pedro Yotz y Kenneth Vega, por todo el apoyo recibido de una u otra forma, mil gracias por todo.

A mis Compañeros de prácticas:

Juan Osorio y Emanuel Ordoñez, por todo el apoyo recibido de una u otra forma, durante todo este proceso de formación.

Agradecimiento

A mi casa de estudios:

Centro Universitario del Sur Occidente, Universidad de San Carlos de Guatemala, por brindarme las herramientas académicas necesarias, para mi formación profesional.

A mis catedráticos:

Por la enseñanza brindada hacia mi persona.

A mi Supervisor-Asesor:

Ing. Agr. M. Sc. Jorge Rubén Sosof Vásquez, gracias por sus consejos, tiempo, paciencia y apoyo profesional, durante este proceso.

A Finca Panamá, Agropecuaria Atitlán S.A.

Por brindarme la oportunidad de realizar mi Ejercicio Profesional Supervisado -EPS-, agradeciendo de igual manera al personal administrativo y de campo, por brindarme su apoyo y amistad durante este proceso.

INDICE GENERAL

Contenido **Pág.**

ABSTRACT ..... **xv**

RESUMEN ..... **xvi**

I. INTRODUCCIÓN **1**

II. MARCO TEÓRICO **3**

1. Marco Conceptual **3**

1.1. Suelo 3

1.2. Relación agua-suelo-planta 3

1.3. Propiedades físicas del suelo 3

1.3.1. Profundidad 3

1.3.2. Textura 4

1.3.3. Estructura 6

1.4. Densidad aparente (Dap) 6

1.5. Capacidad de Campo (%CC) 6

1.6. Punto de Marchitez Permanente (%PMP) 7

1.7. Infiltración 8

1.8. Método de infiltrómetro de doble cilindro 9

1.9. Riego 11

1.10. Sistema de Riego 12

1.11. Riego por Microaspersión 12

1.12. Diseño Agronómico 13

1.13. Morfología del cultivo de Citrus x latifolia “Limón persa” 13

1.13.1. Árbol 13

1.13.2. Tallo 13

1.13.3. Hojas 14
1.13.4. Flores 14
1.13.5. Frutos 14
1.14. Ciclo del cultivo 14
1.15. Clasificación taxonómica de la especie *Citrus* x *latifolia* Tanaka ex Q. Jiménez 15
1.16. Requerimientos agro-climáticos del cultivo del limón 15
1.16.1. Clima 15
1.16.2. Suelo 16
1.16.3. Topografía 16
1.17. Siembra 16
1.18. Riego 17
1.19. Coeficiente del Cultivo (Kc) 18
1.20. Zona radicular (Zr) 19
1.21. Umbral de riego (UR) 19
2. Marco Referencial 19
2.1. Vías de acceso 19
2.2. Localización 19
2.3. Ubicación del área de estudio 21
2.4. Zona de vida 21
2.5. Recursos hidrológicos 21
2.6. Condiciones climáticas 22
2.6.1. Temperatura 22
2.6.2. Humedad relativa 23
2.6.3. Precipitación 23

2.7. Evapotranspiración (Eto) 23

2.8. Suelos 25

2.9. Sistema de riego 26

2.9.1. Distancia entre mangueras 26

2.9.2. Distancia entre microaspersores 26

2.9.3. Diámetro de mangueras laterales 26

2.9.4. Marca, modelo y descarga del microaspersor 26

2.9.5. Frecuencia de riego 26

2.9.6. Tiempo de riego 26

2.9.7. Lamina de riego 27

III. OBJETIVOS 28

1. General 28

2. Específicos 28

IV. MATERIALES Y MÉTODOS 29

1. Materiales 29

1.1. Físicos 29

1.2. Humanos 29

2. Metodología 30

2.1. Delimitación a nivel de semidetalle de suelos con características homogéneas, para la caracterización de los suelos en el área de estudio. 30

2.1.1. Fase de gabinete previa: 30

2.1.2. Fase de campo: 31

2.1.3. Fase de gabinete posterior: 32

2.2. Elaboración de Calicatas y toma de muestras para el análisis físico de suelos, para la determinación de las láminas y frecuencias de riego. 32

2.2.1. Fase de gabinete previa: 32

2.2.2. Fase de campo: 32

2.2.3. Fase de laboratorio: 34

2.2.4. Fase de gabinete posterior: 34

2.3. Determinación de la velocidad de infiltración de cada textura de suelo determinada 36

2.3.1. Fase de gabinete previa: 36

2.3.2. Fase de campo: 36

2.3.3. Fase de gabinete posterior: 37

2.4. Determinación de las pérdidas de carga del sistema hidráulico del sistema de riego. 38

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 39

VI. CONCLUSIONES 62

VII. RECOMENDACIONES 64

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 65

IX. ANEXOS 68

INDICE DE TABLAS

Tabla **Pág.**

1. Clasificación de la profundidad..... 4
2. Diámetro Textural..... 5
3. Rangos de capacidad de campo %..... 7
4. Rangos de punto de marchitez permanente %..... 8
5. Clasificación de la magnitud de la infiltración 9
6. Distanciamientos y densidades de siembra 17
7. Determinación de la evapotranspiración ETo, por medio del software CROPWAT, con datos climáticos del historial de la estación meteorológica de finca Panamá. 24
8. Coordenadas de ubicación, porcentajes de textura, determinacion de la textura y Dap de cada muestra obtenida de campo. 31
9. Formato de etiqueta para la identificación de muestras. 32
10. Boleta para la prueba de campo para determinar 36
11. Áreas de los polígonos determinados, ... 41
12. Clase textural, densidad aparente y profundidad, determinada en el laboratorio del CUNSUROC, del área de cultivo de Limón persa. 42
13. Resultados del análisis físico de suelos 44
14. pH, Porcentajes de materia orgánica y tipos de arcillas 45
15. Láminas, intervalos y tiempos de riego calculados. 47
16. Comparación de las láminas, intervalos y tiempo de riego actual y calculado 50
17. Pérdidas de carga en los laterales “mca” para la parcela critica de riego. .. 55
18. Perdida de carga "mca" en la tubería múltiple de riego de la parcela critica. 55
19. Diámetro y longitud a emplear para el..... 57
20. Costos del rediseño de la tubería múltiple,..... 58
21. Costo del rediseño de los microaspersores,..... 59
22. Comparación de costos de manejo 60
23. Datos obtenidos de la prueba de infiltración en el área franca. 71

24. Datos de la prueba de infiltración en el área con textura franca arenosa. .. 72
25. Datos de la prueba de infiltración realizada en el área con textura arenosa franca 73
26. Datos del porcentaje de humedad relativa obtenidos de la estación meteorológica de finca Panamá 77
27. Datos de la velocidad del viento obtenidos de la estación meteorológica de finca Panamá 78
28. Datos de la temperatura máxima obtenidos de la estación meteorológica de finca Panamá. 79
29. Datos de la temperatura mínima obtenidos de la estación meteorológica de finca Panamá. 80

INDICE DE FIGURAS

Figura **Pág.**

1. Grafica de clasificación textural de suelos. 5
2. Infiltrometro de doble anillo. 10
3. Mapa de ubicación de finca Panamá. 20
4. Mapa de ubicación del área de estudio. 21
5. Temperatura promedio de 10 años, según la estación meteorológica de Finca Panamá. 22
6. Comportamiento de la humedad relativa. 23
7. Comparación entre el comportamiento de la precipitación y evapotranspiración mensual. 25
8. Mapa de unidades con características homogéneas y ubicación de los puntos donde se tomó la muestra de suelo. 40
9. Mapa de caracterización textural de suelos, del área en estudio. 44
10. Mapa de porcentajes de capacidad de campo y punto de marchitez permanente y densidad aparente. 46
11. Mapa del comportamiento de la Lámina de Humedad Aprovechable 48
12. Mapa del comportamiento de las láminas de riego tanto neta como bruta. 49
13. Mapa del comportamiento de los intervalos y tiempos de riego calculados. 52
14. Distribución de turnos de riego. 53
15. Parcela critica de riego dentro del cultivo de limón persa. 54
16. Mapa de ubicación de válvulas con problemas de pérdidas de carga, en las tuberías múltiples. 56
17. Muestras de suelos obtenidas de campo para su posterior análisis, determinando con ellas la textura del suelo (Laboratorio CUNSUROC). ... 68
18. Implementación del cilindro de volumen conocido, para la determinación de la densidad aparente. 68
19. Nivelación del cilindro, con el apoyo del Ing. Agr. Jose Edgardo Negro. ... 69
20. Cilindros en reposo (Método de bouyucos). 69
21. Realización de la prueba de velocidad de infiltración,..... 70

22. Mapa de ubicación de las pruebas de infiltración y las calicatas. 70
23. Medición de la profundidad del suelo dentro de la calicata y toma de sub muestras de suelo con barreno helicoidal..... 74
24. Etiquetado y empaque de las muestras de suelo, enviadas al laboratorio. 74
25. Mapa de ubicación de las sub muestras tomadas de campo, para obtener las muestras compuestas. 75
26. Resultados del análisis físico de suelos de las cuatro muestras enviadas al laboratorio de la FAUSAC..... 76

ABSTRACT

The cultivation of Citrus x latifilia T. "Persian lemon" from finca Panamá, has a homogeneous irrigation system within an area with heterogeneous soil characteristics, for which the physical characterization of the soils at semi-detail level, helps in the redesign of irrigation for cultivation.

The main objective of this research was to redesign the irrigation system of the C. x latifolia crop. On which a set of methodologies or techniques and tools were used to perform a semi-detail characterization of soils, from where the development of said research started. Soil samples were raised or taken, to which their location was geo-referenced, with a GPS, these samples were transferred to the laboratory of the Centro Universitario del Sur Occidente CUNSUROC, for their respective physical analysis (bouyucos method to determine the texture).

After determining the texture of each of the soil samples, a soil textural map was made, which was used to take a sample (composed of 20 subsamples) of each of the determined textures, said samples were sent to the FAUSAC laboratory, for their respective physical analysis "Texture, Dap, % CC and% PMP".

With the data of the physical analysis of the soil samples sent to the laboratory, the sheets, intervals, time and frequencies of irrigation were determined, data used for the elaboration of maps, thus evidencing the behavior of each data obtained. Likewise, infiltration speed tests were carried out within each determined textural area.

At the end of the investigation, comparative tables were generated, with the information obtained in the field, laboratory, office and administrative area of the Panama farm (current and calculated costs of the management and costs of the redesign of both the pipe change and the micro-sprinklers), this with the in order to recommend based on the study carried out within the crop.

RESUMEN

El cultivo de *Citrus x latifilia* T. "Limón persa" de finca Panamá, cuenta con un sistema de riego homogéneo dentro de un área con características de suelo heterogéneas, por lo cual la caracterización física de los suelos a nivel de semidetalle, ayuda en el rediseño de riego para el cultivo.

El objetivo principal de la presente investigación consistió en rediseñar el sistema de riego del cultivo *C. x latifolia.* Sobre el cual se emplearon un conjunto de metodologías o técnicas y herramientas, para realizar una caracterización a nivel de semidetalle de suelos, de donde partió el desarrollo de dicha investigación. Se procedió al levantamiento o toma de muestras de suelo, a las cuales se les geo referenció su ubicación, con un GPS, estas muestras fueron trasladadas al laboratorio del Centro Universitario del Sur Occidente CUNSUROC, para su respectivo análisis físico (método de Bouyucos para determinar la textura).

Luego de determinar la textura de cada una de las muestras de suelos, se procedió a realizar un mapa textural, el cual fue empleado para la toma de una muestra (compuesta por 20 submuestras) de cada una de las texturas determinadas. Tales muestras fueron enviadas al laboratorio de la FAUSAC, para su respectivo análisis físico “Textura, Dap, %CC Y %PMP”

Con los datos del análisis físico de las muestras de suelos enviadas al laboratorio, se determinaron las láminas, intervalos, tiempo y frecuencias de riego, datos empleados para la elaboración de mapas, evidenciando con ello el comportamiento de cada dato obtenido. Así mismo se realizaron pruebas de velocidad de infiltración dentro de cada área textural determinada.

Al finalizar la investigación se generaron cuadros comparativos, con la información obtenida en campo, laboratorio, gabinete y área administrativa de finca Panamá (Costos actuales y calculados del manejo y costos del rediseño tanto del cambio de tubería como de los microaspersores), esto con el fin de recomendar a base del estudio realizado dentro del cultivo.

I. INTRODUCCIÓN

Finca Panamá, cuenta con múltiples certificaciones, siendo una de ellas la certificación Rainforest Alliance, que se caracteriza por el cuidado de los recursos naturales, principalmente del recurso hídrico, por lo que se realizó un estudio de suelos con el fin de ajustar el riego sobre el cultivo de *Citrus x latifolia* T. “Limón persa”, y así evitar desperdicios de agua y cumplir con las normativas de dicha certificación.

En finca Panamá, producen *C. x latifolia*, las plantaciones tienen nueve, cinco y dos años, a las cuales se les aplica una lámina de riego de 3.31 mm/hora, la aplicación de riego es diaria, la cual se encuentra establecido en 47.93 hectáreas, con un distanciamiento de plantación de 7 metros por 4 metros.

El cultivo de *C. x latifolia* necesita mantener un flujo constante y homogéneo de agua y nutrientes del suelo hacia las hojas, lo cual favorecería a la fotosíntesis y la transpiración, dando con ello una mayor cobertura de hojas (follaje vigoroso) y por consiguiente tener un incremento en la productividad, lo cual se ve afectado cuando el recurso hídrico se encuentra deficiente o en exceso.

El objetivo general de esta investigación fue, caracterizar los suelos en el cultivo y determinar la eficiencia en el uso de agua y ajustarlo a los requerimientos hídricos de la plantación, logrando con ello cumplir con la normativa de la certificadora Rainforest Alliance, siendo esta parte motivacional o principal para la realización de dicha investigación.

Se tomaron muestras del área en estudio, las cuales fueron analizadas en el laboratorio del Centro Universitario del Sur Occidente y con ello se determinaron tres tipos de texturas, con los cuales se realizó un mapa textural, el cual fue

empleado para la toma de submuestras, para la obtención de muestras compuestas, las cuales fueron enviadas al laboratorio de la Facultad de Agronomia de la USAC. Para su respectivo análisis físico, estos resultados fueron empleados para la determinación de las láminas, frecuencias y tiempo de riego, para cada una de las áreas, además de la realización de mapas del comportamiento de cada una de estas variables, con los cuales se determinaron los costos de manejo con los datos del estudio contra el costo del manejo actual. Así mismo el costo del rediseño en el cambio de las tuberías múltiples como de los microaspersores empleando para ello cotizaciones.

II. MARCO TEÓRICO

1. Marco Conceptual

1.1. Suelo

El suelo además de servir de soporte de las plantas, es un sistema complejo en el intervienen factores químicos, físicos y biológicos.

1.2. Relación agua-suelo-planta

Morales, (2018, pág. 22). Menciona que en la composición del suelo se encuentran las estructuras tridimensionales que dan lugar a espacios entre ellas, los cuales influyen en el movimiento y retención de agua, lo que permite que las plantas puedan absorber tanto agua como nutrientes, ayudando en el crecimiento y producción de los cultivos.

En general, un suelo normal está compuesto básicamente de minerales, material orgánico, fase líquida y gaseosa. Las cantidades de cada uno de estos compuestos varían para cada suelo y con el contenido de humedad, pero generalizado, los sólidos representan el 50 % del total, siendo el contenido de materia orgánica en la mayoría de suelos cultivados del 1 a 5 %. Del 15 al 35 % corresponde a la fase líquida y el 15 al 35 % a la gaseosa. (Morales, 2018 Pág. 22)

1.3. Propiedades físicas del suelo

Según Illescas, (2017 pág. 83). La profundidad, textura, estructura, porosidad, constantes de humedad, permeabilidad y penetrabilidad son parámetros físicos que permiten evaluar las condiciones de aireación y drenaje estrechamente ligados con la capacidad de la planta para la toma de agua, oxígeno y nutrientes.

Las propiedades químicas, físicas y biológicas determinan la productividad de los suelos. Su conocimiento permite desarrollo de las prácticas en el cultivo. (Illescas, 2017 pág. 83)

1.3.1. Profundidad

La profundidad del suelo es muy importante porque de ella depende el volumen de agua que el suelo puede almacenar para las plantas, un suelo de textura y

estructura uniforme de 0.60 m de profundidad puede almacenar doble cantidad de agua que un suelo de 0.30 m de profundidad y también tendrá un volumen doble para las raíces de las plantas. (Illescas, 2017 pág.83)

Con frecuencia, a mayor profundidad mayor densidad aparente y menor porosidad de tamaño medio y grande. La raíz de la planta profundizara hasta donde las condiciones de aireación y drenaje le permitan respirar adecuadamente. En sistemas de riego presurizado, goteo/micro aspersión, la profundidad del suelo pasa a segundo término. (Illescas, 2017 pág. 84)

En los levantamientos de suelos-vegetación, la clasificación de la profundidad del suelo hasta la roca o estrato cementado es la siguiente:

Tabla 1. Clasificación de la profundidad del suelo.

Clase	Profundidad (cm)	Descripción
1	0 – 30	Muy poco profundo
2	30 – 60	Somero
3	60 – 90	Profundidad moderada
4	90 – 120	Profundo
5	>120	muy profundo

Fuente: Illescas, (2017. Pag. 84)

1.3.2. Textura

Las partículas del suelo se conocen como arcilla, limo y arena y cada una se subdivide en fina, media y gruesa. Su fraccionamiento sigue una escala logarítmica con límites entre 0.002 y 2 mm con un valor intermedio de 0.063 mm. Las arcillas son menores de 0.002 mm, el limo entre 0.002 y 0.063 mm y la arena entre 0.063 y 2 mm. Grava de 2 a 20 mm y piedra mayor de 20 mm. (Illescas, 2017 pág. 85)

Los valores de los porcentajes de cada fracción se interceptan en un triángulo y se obtiene del el, el nombre para determinar tipo de suelo. La textura influye como factor de fertilidad y en la habilidad del suelo para lograr altos rendimientos en los cultivos agrícolas. (Illescas, 2017 pág. 85)

Illescas, (2017 pág. 85). Explica que como criterio para estimar el potencial productivo de un suelo se toma en cuenta el porcentaje de partículas menores de 10 micrómetros (limo fino + arcilla) y se considera optimo 40%, en reducido porcentaje se disminuye la capacidad de campo mientras que en alto se deteriora la capacidad de aireación del suelo.

Clasificación textural del suelo

Tabla 2. Diámetro Textural

Textura	**Diámetro (mm)**
Arcilla	Menor de 0.002
Limo	De 0.05 a 0.002
Arenoso	De 2 a 0.05 mm

Fuente: Illescas, (2017 pág. 86)

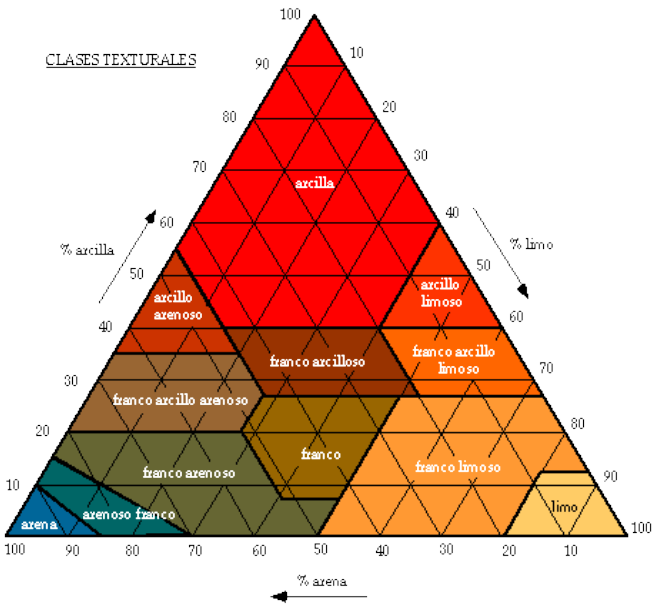


Figura 1. Grafica de clasificación textural de suelos.
Fuente: Illescas, (2017 pág. 87)

1.3.3. Estructura

Según Sandoval (2007) citado por Morales (2018 pág. 23), la estructura es el término que se utiliza para referirse a la composición de partículas minerales de suelo (arena, limo y arcilla). La estructura del suelo incide en la velocidad de infiltración del agua, velocidad determinante en el cálculo del tiempo necesario para aplicar una lámina de riego. Además del movimiento del agua dentro del suelo y la profundidad de raíces también afectados por la estructura.

La estructura laminar tiene un movimiento del agua muy lento y puede llegar a limitar el uso de métodos de riego como el de aspersión por producir encharcamiento, la prismática tiene un movimiento del agua moderado, mientras que la granular tiene un movimiento rápido, no presentando normalmente problemas para riego ni drenaje y siendo estos tres tipos de estructuras las más favorables para la relación agua-suelo-planta. (Morales, 2018 pág. 26)

A diferencia de la textura, la estructura de la superficie del suelo puede ser cambiada. El agua de riego conteniendo cantidades grandes de sodio dispersa los agregados del suelo dando un tipo de estructura indeseable. Cultivar un suelo de textura fina o media cuando su contenido de humedad es alto, tiende a destruir su estructura. (Morales, 2018 pág. 27)

1.4. Densidad aparente (Dap)

Según Sandoval (2007) citado por Morales (2018 pág. 27), la densidad aparente es una propiedad del suelo de gran importancia para el diseño y operación de sistemas de riego debido a que es necesaria para calcular la cantidad de agua (lámina o volumen) a aplicar en un riego.

La densidad aparente se refiere al peso volumétrico o peso por unidad de volumen que comprende partículas sólidas y espacio poroso en suelo seco. (Illescas, 2017 pág. 90)

1.5. Capacidad de Campo (%CC)

Es la cantidad de agua que puede retener en el suelo contra la fuerza de gravedad, después de un riego o lluvia que ha humedecido todo el suelo. Al igual que el PS

(punto de saturación) está directamente relacionado al contenido y tipo de arcillas y al nivel de materia orgánica. (Illescas, 2017 pág. 92)

El concepto de capacidad de campo es de gran utilidad por ser el límite superior de agua aprovechable o disponible para el desarrollo de las plantas y además por es el % de humedad que la zona radicular debe regarse para que no existan desperdicios ni falta de agua en la planta. (Morales, 2018 pág. 28)

En la tabla siguiente se presentan los rangos de capacidad de campo según la textura del suelo:

Tabla 3. Rangos de capacidad de campo % según la textura del suelo.

Textura del suelo	Capacidad de Campo %	
	Media	Rango
Arenoso	9	(6 a 12)
Franco-arenoso	14	(10 a 18)
Franco	22	(18 a 26)
Franco-arcilloso	27	(23 a 31)
Arcilloso-arenoso	31	(27 a 35)
Arcilloso	35	(31 a 39)

Fuente: Israelsen y Hansen (1979), citado por Morales (2018 pág. 29)

1.6. Punto de Marchitez Permanente (%PMP)

Según Sandoval (2007) citado por Morales (2018 pág. 29). Es el contenido de humedad en el suelo al cual las plantas no pueden obtener suficiente humedad para satisfacer sus requerimientos de traspiración. Al alcanzar el suelo valores de PMP las plantas se marchitan y no son capaces de recuperarse, incluso cuando se coloquen durante una noche en atmosfera saturada en la que casi no se produce consumo de agua.

Tabla 4. Rangos de punto de marchitez permanente % según la textura del suelo.

Textura del suelo	Punto de Marchitez Permanente %	
	Media	Rango
Arenoso	4	(2 a 6)
Franco-arenoso	6	(4 a 8)
Franco	10	(8 a 12)
Franco-arcilloso	13	(11 a 15)
Arcilloso-arenoso	15	(13 a 17)
Arcilloso	17	(15 a 19)

Fuente Israelsen y Hansen (1979), citado por Morales (2018 pág. 30)

1.7. Infiltración

Según Almazan (2003 pág. 25), la infiltración es una propiedad física muy importante en relación con el manejo del agua de riego en los suelos. Se refiere a la velocidad de entrada del agua en el suelo. La velocidad de infiltración es la relación entre la lámina de agua que se infiltra y el tiempo que tarda en hacerlo, se expresa generalmente en cm/hr o cm/min.

Según Ortiz y Ortiz (1980), citado por Almazan (2003 pág. 25), mencionan que son siete los factores principales que determinan la magnitud del movimiento del agua por infiltración, listándose a continuación:

1. Textura. Los porcentajes de arena, limo y arcilla presentes en el suelo. En un suelo arenoso se favorece la infiltración.

2. Estructura. Suelos con grandes agregados estables en agua tienen proporciones de infiltraciones más altas.

3. Cantidad de materia orgánica. Altas proporciones de materia orgánica sin descomponer propician que una mayor cantidad de agua entre al suelo.

4. Profundidad del suelo a una capa endurecida “hardpan”, lecho rocoso u otras capas impermeables influyen en la infiltración. Los suelos delgados almacenan menos agua que los suelos profundos.

5. Cantidad de agua en el suelo. En general un suelo mojado tendrá una menor infiltración que un suelo seco.

6. Temperatura del suelo. Los suelos calientes permiten mayor infiltración del agua que los suelos fríos.

7. Cantidad de organismos vivos. A mayor actividad microbiológica en los suelos habrá una mayor infiltración. Un caso típico es la elaboración de pequeños túneles por las lombrices, los cuales favorecen la infiltración y la penetración de las raíces, así como la aireación.

Tabla 5. Clasificación de la magnitud de la infiltración

Clasificación	Magnitud (cm/hr)	Características
Muy lenta	< 0.25	Suelos con un alto contenido de arcilla.
Lenta	0.25 - 1.75	Suelos con alto contenido de arcilla, bajo en materia orgánica o suelos delgados.
Media	1.75 - 2.50	Suelos migajones arenosos o migajones limosos.
Rápida	> 2.50	Suelos arenosos o migajones limosos profundos y de buena agregación.

Fuente: Almazan, (2003 pág. 26)

La determinación de la infiltración puede efectuarse en el campo, o siguiendo algunos de los métodos de laboratorio sobre muestras alteradas y/o inalteradas. Dentro de los métodos de campo existentes, uno de los más comunes por su facilidad es el método del infiltrómetro de doble cilindro. (Almazan, 2003 pág. 26)

1.8. Método de infiltrómetro de doble cilindro

Según Almazan (2003 pág. 26), el método consiste en instalar en el terreno que se requiere determinar su infiltración, en un sitio característico y previamente limpiado de hierbas, desechos, piedras, etc., dos cilindros concéntricos de acero, huecos en el centro, con medidas aproximadas de 40 cm de alto, de 30 y 45 cm de diámetro respectivamente, según se muestra en la figura siguiente:

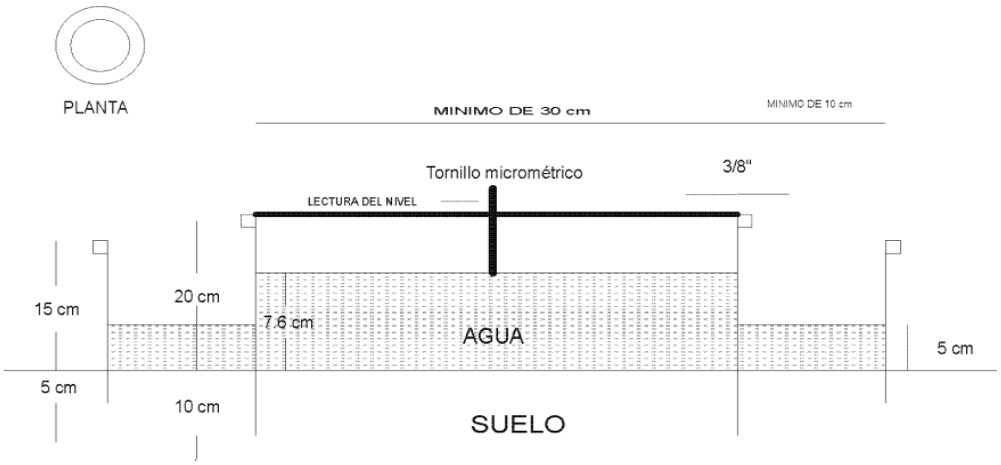


Figura 2. Infiltrómetro de doble anillo.
Fuente: Almazan, (2003 pág. 26)

La explicación de usar dos anillos, es la de que el anillo exterior cuando se le vierte agua va a impedir que el agua del anillo interior fluya en sentido horizontal, esto causaría errores en la determinación de la infiltración en la cual se supone el flujo del agua es en sentido vertical. (Almazan, 2003 pág. 27)

Según Almazan, (2003 pág. 27), existen algunos investigadores que han trabajado con la determinación de la velocidad de infiltración se les conoce por su ecuación.

Ecuación de Horton:

$$I = V_t(V_i - V_t)t^{-kt}$$

Donde:

I = Velocidad de infiltración (cm/hr)

V_t = Velocidad final de infiltración (cm/hr)

V_i = Velocidad inicial de infiltración (cm/hr)

k = Constante adimensional

t = Tiempo (hr)

Ecuación de Philip:

$$Z = St^{1/2} + bt$$

Donde:

Z = Infiltración acumulada (L)

S = Sortividad ($L/T^{1/2}$)

b = Transmisibilidad (L/T)

t = Tiempo (T)

Ecuación de Kostiakov-lewis. Estos últimos desarrollaron un modelo empírico que en México es el más comun para conocer la velocidad de infiltración en un punto.

$$I = kt^n$$

I = Velocidad de infiltración (cm/hr)

t = Tiempo (min)

k = Parámetro que representa la velocidad de infiltración durante el intervalo inicial (cuando t=1)

n = Parametro que indica la forma en que la velocidad de infiltración se reduce con el tiempo (-1.0<n<0)

1.9. Riego

En términos generales, éste consiste en la aplicación artificial del agua al terreno para que las plantas (cultivos) puedan satisfacer la demanda de humedad necesaria para su desarrollo. (Almazan, 2003 pág. 77)

Los objetivos del riego son:

1. Proporcionar la humedad necesaria para que los cultivos se desarrollen.

2. Proporcionar nutrientes en disolución.

3. Asegurar las cosechas contra sequías de corta duración.

4. Refrigerar el suelo y la atmósfera para mejorar el medio ambiente de la planta.

5. Disolver las sales contenidas en el suelo.

6. Reducir el contenido de sales de un suelo existiendo un adecuado drenaje. (Almazan, 2003 pág. 77)

Las plantas de limón pérsico para producir 25 toneladas por manzana, necesitan de 80 a 100 litros de agua por árbol diariamente. MAG, (2002 pág. 29). La necesidad de agua/árbol adulto bien desarrollado es de 40 a 280 litros de agua por día. (CENTA, 2002 pág. 18)

1.10. Sistema de Riego

Según Almazan (2003 pág. 77), cuando se habla del riego en general, se dice que el problema principal por plantearse es el Cuánto, Cuándo y Cómo regar.

- El Cuánto plantea el problema de la cantidad de agua que hay que aplicar a un suelo en el que se va establecer o se tiene establecido algún cultivo.
- El Cuándo plantea el problema de la oportunidad con que se debe aplicar esa cantidad de agua.
- El Cómo plantea el problema de la forma en que esa cantidad de agua deba aplicarse al suelo en la oportunidad que definió el Cuándo.

Todo esto con el fin de hacer un aprovechamiento integral del agua para que sea aplicada en oportunidad y con la mayor eficiencia posible, obteniendo el máximo de los rendimientos en la producción. (Almazan, 2003 pág. 77)

Una definición muy acertada de los sistemas de riego es la que dan los rusos Aidarov, Golovanov y Mamaév (1985), citado por Almazan (2003 pág. 77): el sistema de riego, es el conjunto de instalaciones técnicas que garantizan la organización y realización del mejoramiento de tierras mediante el riego.

1.11. Riego por Microaspersión

Según Granados (1990) citado por Zambrano Cedeño & Zambrano Cedeño (2012 pág. 7), el riego por microaspersión es un sistema de riego presurizado. Se le puede considerar como el resultado o híbrido de cruzar el sistema de riego por goteo con el sistema de riego por aspersión. Este sistema pretende solucionar los problemas que presenta el sistema de goteo en terrenos con textura arenosa.

El mismo autor citado por Zambrano Cedeño & Zambrano Cedeño (2012 pág. 8), menciona que los sistemas de riego por microaspersión suministran el agua a los cultivos en forma de lluvia. La aspersión se aplica generalmente en cada árbol. Los difusores de los micros aspersores tienen varias formas de asperjar el agua, como la lluvia en círculos o sectores de círculos, la nebulización y los chorros.

Como lo explica Tovar (1993) citado por Zambrano Cedeño & Zambrano Cedeño (2012 pág. 8), los microaspersores deben seleccionarse con base al caudal de descarga para un adecuado uso hídrico. En ese sentido el micro aspersor y/o micro jet riega un espacio mayor y uniforme en la zona radicular de los árboles frutales.

1.12. Diseño Agronómico

En el diseño agronómico de un sistema de riego se debe de considerar el suelo, la planta y el clima. Consiste en determinar o definir la lámina de riego que se debe aplicar o bien el tiempo de riego, el intervalo de riego y con estos el número de emisores por planta o espacio de riego para llegar finalmente a conocer la capacidad requerida del sistema. (Zambrano Cedeño & Zambrano Cedeño, 2012 pág. 9)

Según Bonneau (2001) citado por Zambrano Cedeño & Zambrano Cedeño (2012 pág. 9), el diseño agronómico tiene por fundamento garantizar que la instalación sea capaz de suministrar la cantidad suficiente de agua, con un control efectivo de las sales y una buena eficiencia en la aplicación del agua.

1.13. Morfología del cultivo de Citrus x latifolia “Limón persa”

1.13.1. Árbol

Según Guerra (2010), citado por Valladares Alonzo, (2015 pág. 2), es un árbol pequeño que crece hasta una altura de 6 - 7 m. pero se recomienda mantener estos pequeños mediante podas de formación. La copa es redonda, densa y simétrica. El árbol de lima Tahití tiene la particularidad de nunca entrar en periodo de dormancia o descanso.

1.13.2. Tallo

Es corto con ramas encorvadas hacia el suelo; las ramas más nuevas tienen una orientación vertical, pero al crecer y sostener los frutos se doblan gradualmente

hacia abajo hasta ponerse horizontales. Muchas ramas caen eventualmente al suelo sino han sido podadas; las ramas jóvenes en un mismo árbol pueden no ser espinosas o tener espinas pequeñas gruesas de 7 mm de largo. (Valladares Alonzo, 2015 pág. 2)

1.13.3. Hojas

Valladares Alonzo, (2015 pág. 3), describe que son oblongas-ovales o elípticas-ovales, de 2.5 a 9 centímetros de largo, de 1.5 a 5.5 centímetros de ancho, con la base redondeada, obtusa, el ápice ligeramente recortado, los márgenes un tanto crenulados, una característica fragancia a limón cuando se les tritura; los peciolos son alados en forma notoria, pero angostos y espatulados.

1.13.4. Flores

La flor tiene cinco peciolos (ocasionalmente cuatro), de color blanco, la flor abierta tiene 30 a 35 mm de ancho. Los estambres son numerosos en un anillo, del cual se desarrollan las anteras de color amarillo pálido que contiene el polen viable; el pistilo es aproximadamente de 12 mm de largo, con un ovario verde y un estigma amarillo. (Valladares Alonzo, 2015 pág. 3)

1.13.5. Frutos

Según los describe Valladares Alonzo, (2015 pág. 3), el fruto tiene forma oval o globo, con un ápice ligeramente deprimido, coronados por una cicatriz estilar en forma de pezón, tersa y con numerosas glándulas hundidas. Posee un diámetro que oscila entre 50 y 70 milímetros. La pulpa es verde – amarilla, con ausencia de semillas; es jugosa, acida y fragante. La cascara de coloración verde, es delgada de 2 a 3 mm y de sabor amargo. Lista para cosecha entre los 90 a 120 días.

1.14. Ciclo del cultivo

Como lo describe León (2006), citado por Valladares Alonzo (2015 pág. 4), estos son algunos datos importantes para saber sobre el ciclo de vida del árbol de limón.

El crecimiento y desarrollo de la planta se da en los primeros dos años luego de la siembra en campo.

- Las primeras cosechas formales se registran desde entre el tercer y cuarto año de siembra.
- El estado adulto productivo de una planta se encuentre entre los 15 y 20 años.
- El periodo de floración a cosecha se encuentra entre los 100 a 120 días.
- El número de cosechas para este cultivo es de tres al año.
- El periodo de cosecha se establece durante dos meses, pero con riego se pueden entrelazar las cosechas. (Valladares Alonzo, 2015 pág. 4)

1.15. Clasificación taxonómica de la especie *Citrus* x *latifolia* Tanaka ex Q. Jiménez

A continuación, se presenta la clasificación taxonómica de la planta de *Citrus x latifolia* Tanaka ex Q. Jiménez “limón persa”. Tropicos.org (2021 párrafo 6)

Clase: Equisetopsida C. Agardh
Subclase: Magnoliidae Novák ex Takht.
Superorden: Rosanae Takht.
Pedido: Sapindales Juss. ex Bercht. Y J. Presl
Familia: Rutaceae Juss.
Género: Citrus L.
Especie: *Citrus x latifolia* Tanaka ex Q. Jiménez
Nombre Científico: *Citrus x latifolia* Tanaka

1.16. Requerimientos agro-climáticos del cultivo del limón

1.16.1. Clima

Para una buena plantación es necesaria una precipitación pluvial de unos l500 – 2000 mm anuales, una temperatura media de 32˚C y una humedad relativa del 80% según indica Monzón (2009) citado por Valladares Alonzo (2015 pág. 5), en zonas áridas o semiáridas, el agua de riego es el factor más significativo de la producción de limón. En regiones húmedas el exceso de agua puede ser dañino, por lo que habrá necesidad de hacer drenajes o sembrar sobre camellones.

Según Vanegas (2002), citado por Valladares Alonzo (2015 pág. 5), la altitud óptima para el cultivo es de 20 a 900 m sobre el nivel del mar, pero no se descartan alturas superiores a 1,000 m.

1.16.2. Suelo

Las plantaciones de limón persa crecen bien en un amplio rango de suelos, desde arenosos hasta arcillosos, pero son adecuados aquellos suelos de textura franca, de origen aluvial, uniforme, profundo y fértil, con buen drenaje, libres de sales y con un pH de 5.5 a 7.5. Así también como es un cultivo permanente se constituye, en un cultivo forestal, no importando si el terreno es plano u ondulado. (Valladares Alonzo, 2015 pág. 5)

1.16.3. Topografía

Según los criterios de Valladares Alonzo, (2015 pág. 5), la topografía en el cultivo de los cítricos está relacionada, al sistema de riego, la erosión y la realización de labores de cultivo y cosecha. Plantaciones diseñadas para ser manejadas con riego superficial solo podrán establecerse en suelos planos. En terrenos ondulados con pendiente muy pronunciada plantaciones diseñadas para ser regadas por aspersión o micro aspersión y por goteo.

1.17. Siembra

El momento oportuno para el trasplante es en la entrada de la época lluviosa (mayo a junio), o en cualquier mes si hay posibilidad de instalar un sistema de riego, para asegurar a la planta la humedad necesaria para su establecimiento. La siembra se hace en hoyos de 40 centímetros de profundidad por 50 centímetros de diámetro. Se recomienda la aplicación a cada hoyo de un insecticida para controlar las plagas del suelo además de una fuente de fosforo. (Valladares Alonzo, 2015 pág. 8)

Tabla 6. Distanciamientos y densidades de siembra

Distanciamiento (m)	Densidad de plantas/ha.
5 * 4	500
6 * 4	416
7 * 3.5	408
5 * 5	400
5 * 6	333
6 * 6	277
7 * 5	285

Fuente: Valladares Alonzo, (2015 pág. 9)

1.18. Riego

En Guatemala los promedios de lluvia proporcionan más de 1700 mm de agua durante el año, concentrándose durante los meses de mayo a octubre. Durante esta época se incrementa la producción del limón, situación que incide negativamente en los precios de venta de la fruta y por consiguiente en la rentabilidad del cultivo. (Valladares Alonzo, 2015 pág. 9)

Existen diversos sistemas de riego, siendo los más eficientes, en el uso del agua, los riegos localizados como, micro aspersión y el goteo, y los menos eficientes los riegos por gravedad o aspersión. En el caso se los dos primeros riegos, se pueden hacer fertirrigación por medio de la cual se aplican fertilizantes en raciones oportunas según las necesidades del cultivo y sin efectuar gastos en mano de obra. (Valladares Alonzo, 2015 pág. 10)

Determinada la cantidad de agua a utilizar, el sistema de riego a utilizar y la textura del suelo, se determinó el tiempo de riego diario, la periodicidad o intervalos de riego, esperando con eso mantener humedad suficiente en el suelo que le permita al cultivo absorberla en el momento que lo requiera, indica Martínez (2012) citado por Valladares Alonzo (2015 pág. 10), algunas investigaciones indican que un árbol

adulto necesita diariamente entre 40 y 280 litros de agua. (Valladares Alonzo, 2015 pág. 10)

1.19. Coeficiente del Cultivo (Kc)

Según CNR (2016 párrafo 1), las diferencias en evaporación y transpiración del cultivo de referencia con respecto a un cultivo en particular, son integradas en un factor conocido como coeficiente de cultivo (Kc). De este modo, el Kc permite calcular el consumo de agua o evapotranspiración real de un cultivo en particular a partir de la evapotranspiración de referencia (ETr) a través de:

$$ETc = Kc * ETr$$

Donde:

- ETc es la evapotranspiración del cultivo (mm)
- Kc es el coeficiente de cultivo (adimensional)
- ETr es la evapotranspiración de referencia (mm)

La estimación de Etr incorpora los efectos de los diferentes factores meteorológicos para establecer la demanda de agua que realiza la atmósfera. Por esto, el Kc varía con las condiciones particulares del cultivo, viéndose afectado por el clima sólo en una pequeña proporción. (CNR, 2016 párrafo 5)

El objetivo del uso del Kc es la determinación de la ETc en particular, basados en la información meteorológica medida a nivel local, es decir, en el área cercana y representativa de la zona del cultivo. La ETc obtenida representa el límite máximo de ET del cultivo cuando no existen obstáculos al crecimiento de este debido a limitaciones de agua. (CNR, 2016 párrafo 6)

Según CNR (2016 párrafo 8), el coeficiente de cultivo (Kc) del cultivo de cítricos varía a lo largo del año (de enero a diciembre), esto depende de las condiciones climáticas que se presenten, teniendo una media de 0.80.

1.20. Zona radicular (Zr)

Según Agustí et al., (2003) citado por Martinez, Lopez, & Orduz-Rodríguez, (s.f. pág. 28), las raíces de la mayoría de los cítricos son sólidas, de color blanco, con una gran cantidad de pelos radiculares, que alcanzan zonas profundas. Hay dos tipos de raíces secundarias: unas finas y fibrosas, y otras largas y consistentes, capaces de absorber del suelo el agua y las sales disueltas.

Según Vanegas (2002) citado por Martinez, Lopez, & Orduz-Rodríguez, (s.f. pág. 28). Se ha documentado que el 80 % de las raíces de las plantas de limón variedad Tahití de diferentes portainjertos se encuentran en los primeros 60 cm de profundidad.

1.21. Umbral de riego (UR)

Según Van (s.f. pág. 12), el Umbral de riego (UR) del cultivo de cítricos es del 50%.

2. Marco Referencial

2.1. Vías de acceso

Entrada aldea San Fernando Chipo, kilómetro 117.5 carretera CA-2, que conduce al municipio de Santa Bárbara, Siguiendo rumbo al norte hacia comunidad El Esfuerzo, se encuentra la entrada de Finca Panamá, Agropecuaria Atitlán S.A.

2.2. Localización

El casco de finca Panamá, de la empresa “Agropecuaria Atitlán S.A”, está localizada al sur de las faldas del volcán de Atitlán, la cual tiene una alargada (de Norte a Sur) y estrecha (de Este a Oeste) ensanchándose en la parte más baja. Esta pertenece al municipio de Santa Bárbara del departamento de Suchitepéquez. Se ubica geográficamente entre los meridianos 91º 10´ 42” y 91º 13´ 12” longitud oeste y los paralelos 14º 31´ 21” y 14º 27´ 42” latitud norte.

La siguiente figura nos presenta la ubicación de finca Panamá, a una escala de 1:34,000.

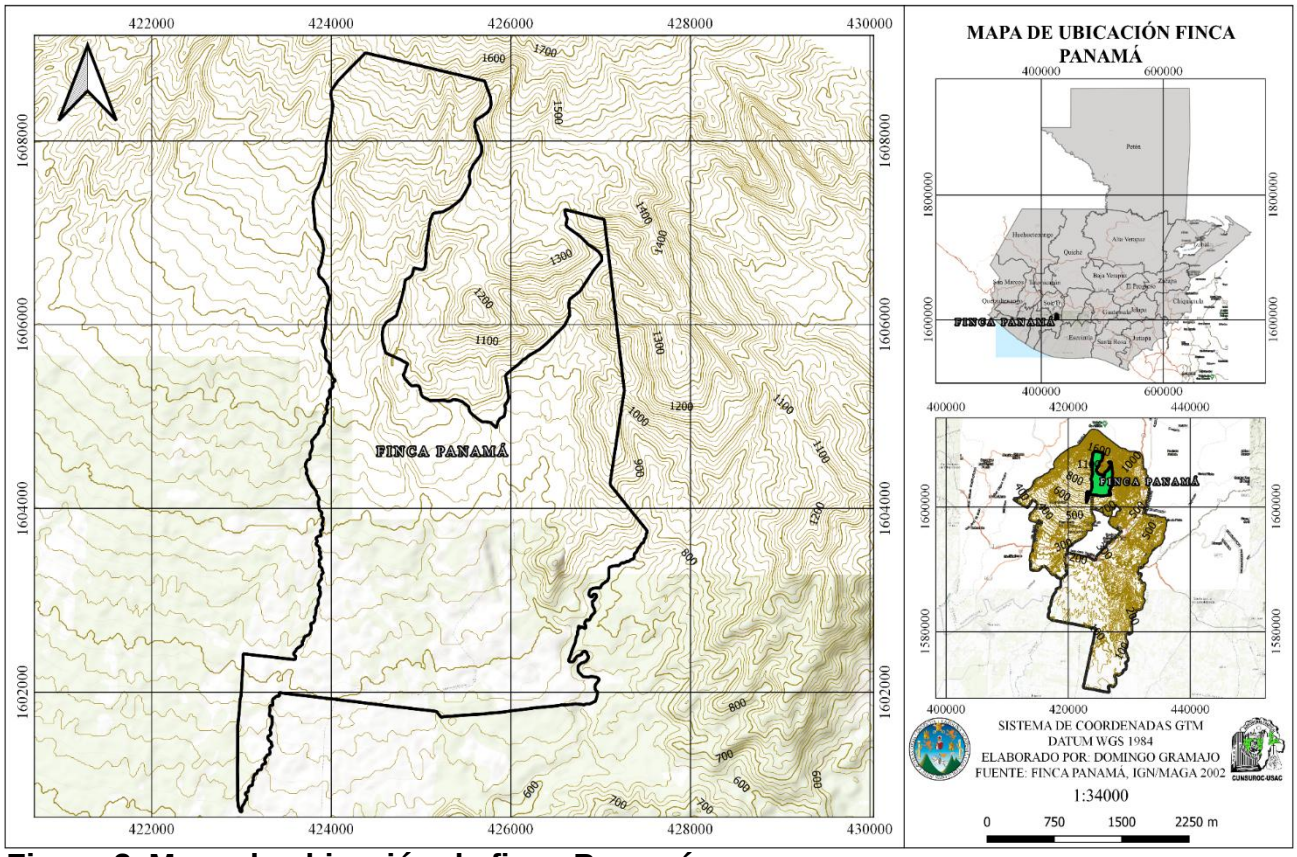


Figura 3. Mapa de ubicación de finca Panamá.
Fuente: Finca Panamá (2021)

Como se puede observar finca Panamá, pertenece al municipio de Santa Bárbara, pero su extensión territorial abarca una parte del municipio de patulul, dicha finca empieza a una altura de 620 msnm y alcanza una altura de los 1,500 msnm, siendo la parte alta, las faldas del volcán de Atitlán.

En la figura cuatro, se puede observar el área en el cual se encuentra establecido el cultivo de limón persa. El cual esta denominada administrativamente como lotes las cañas, dicho mapa se presenta a una escala de 1:7,000.

2.3. Ubicación del área de estudio

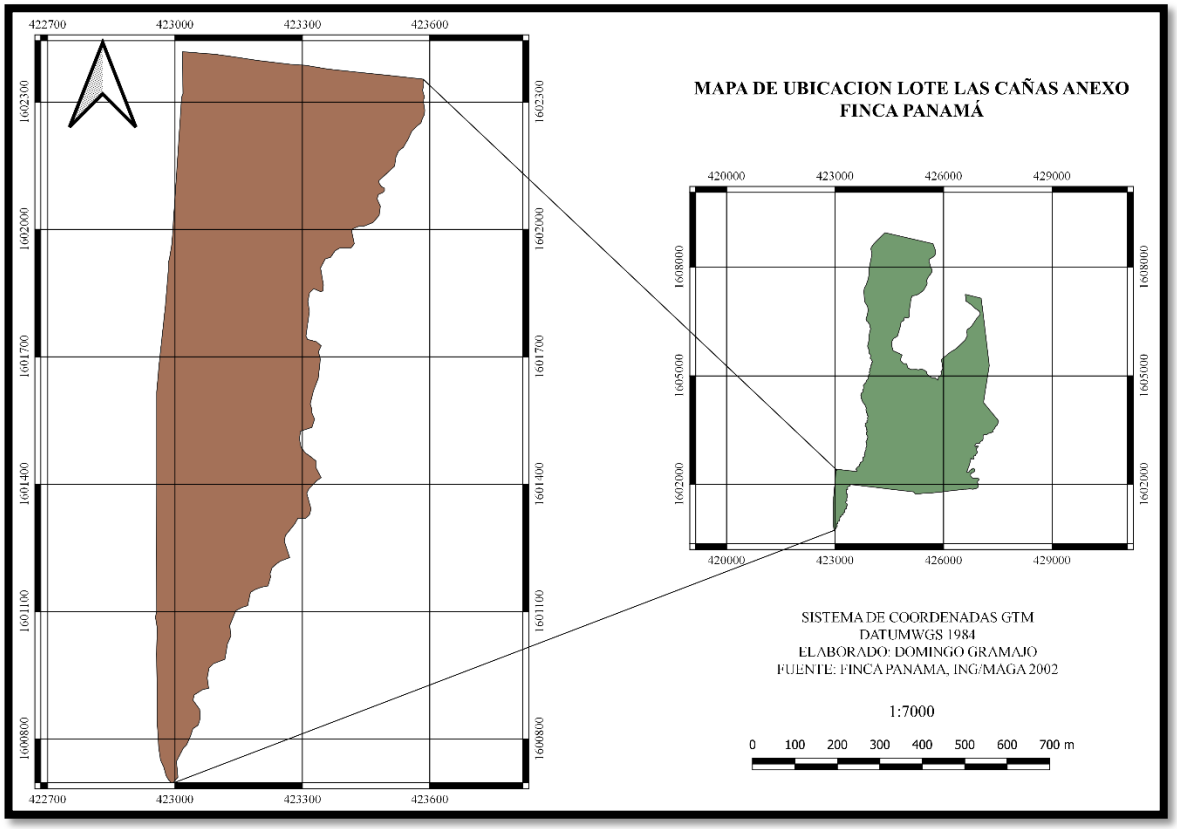


Figura 4. Mapa de ubicación del área de estudio.
Fuente: Finca Panamá (2021)

2.4. Zona de vida

Según el sistema ecológico de IARNA (2018 párrafo 1), finca Panamá "Agropecuaria Atitlán S.A.", se sitúa dentro de la clasificación de Bosque muy Húmedo Premontano Tropical, (bmh-PMT), El cual se presenta con los siguientes porcentajes de uso de la tierra: 39.70% del área que ocupa esta zona de vida está cubierta por bosque, el 19.90% por matorrales y arbustos, el 17.95% por café, el 8.99% por agricultura anual, y tan sólo el 3.27% por pastizales.

2.5. Recursos hidrológicos

Finca Panamá se localiza sobre la vertiente del pacífico; las fuentes hídricas son drenadas por el río Siguacán, además por riachuelos de carácter intermitente y efímero que drenan al río Madre Vieja, siendo esta la misma cuenca. (Mena, 2015 pág. 12)

2.6. Condiciones climáticas

2.6.1. Temperatura

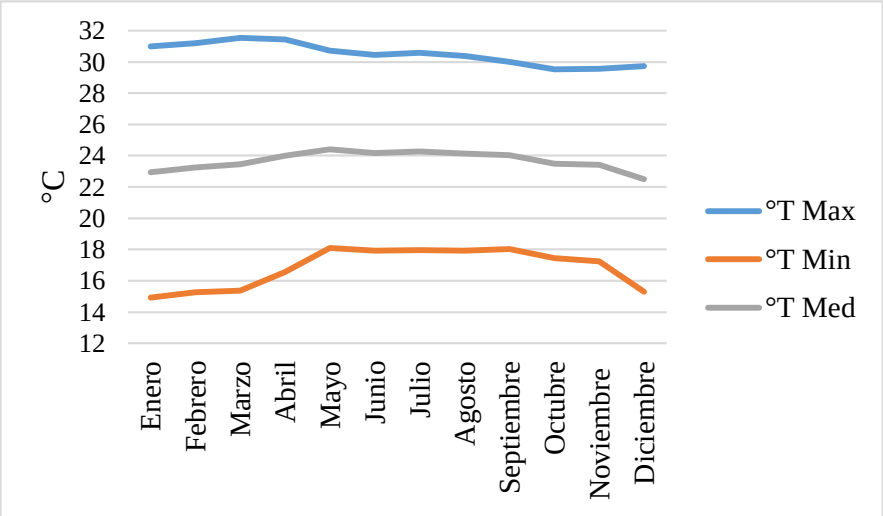


Figura 5. Temperatura promedio de 10 años, según la estación meteorológica de Finca Panamá.
Fuente: Datos de la estación finca Panamá, de los años 2011 a 2020 (2021)

Como se observar en la figura cinco, el comportamiento de la temperatura máxima durante todo el año según los datos obtenidos de la estación meteorológica Cocales, oscilan entre 29.53 °C y 31.55 °C, con un promedio de 30.51 °C, identificando que los meses con mayor temperatura son, de febrero a abril, así mismo el comportamiento de la temperatura mínima, la cual se encuentra entre los 14.91 °C y 18.1 °C, con un promedio de 16.83 °C.

2.6.2. Humedad relativa

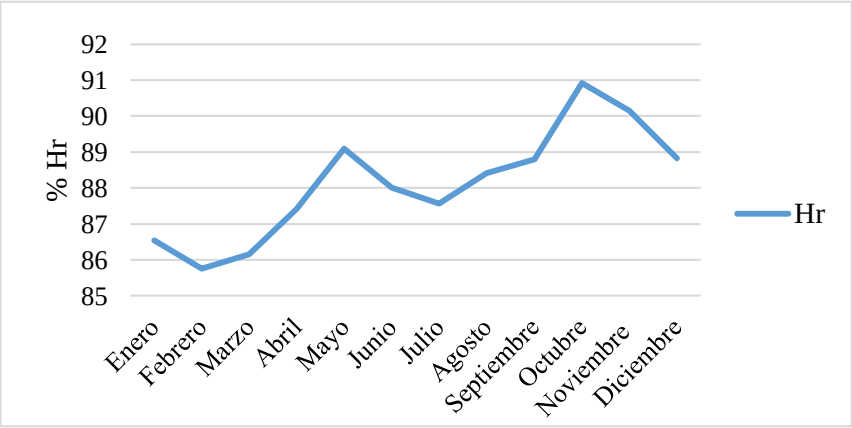


Figura 6. Comportamiento de la humedad relativa. Fuente: Datos de la estación finca Panamá, de los años 2011 a 2020 (2021)

La figura seis nos presenta el comportamiento de la humedad relativa a lo largo del año, la cual se presenta de forma homogénea, teniendo una diferencia de 5% de humedad relativa, entre los doce meses, los cuales van desde los 86% hasta los 91% de humedad, estos datos obtenidos de la base de datos de la estación meteorológica de finca Panamá, de un historial de 10 años (2011 a 2020).

2.6.3. Precipitación

Según IARNA (2018 párrafo 1), Finca Panamá se encuentra en la zona de vida Bosque muy Húmedo Premontano Tropical, (bmh-PMT), en la cual se reportan precipitaciones pluviales anuales comprendidas entre los 2,000 y 4,850 mm, presentando un valor promedio de 3,380 mm.

2.7. Evapotranspiración (Eto)

Empleando los datos climáticos (temperatura, velocidad del viento y humedad), de la estación meteorológica de finca Panamá. Se determinó la evapotranspiración, por medio del software “CROPWAT 8.0”. Estos resultados son del promedio de 10 años de lectura de la estación meteorológica, los cuales se presentan en el cuadro siete.

Tabla 7. Determinación de la evapotranspiración ETo, por medio del software CROPWAT, con datos climáticos del historial de la estación meteorológica de finca Panamá.

Eto Penman-Monteith Mensual – Untitled							
País	Guatemala				Estación	Finca Panamá	
Altitud	740 m.		Latitud	14.49 °N		Longitud	91.19 °E
Mes	Temp Min	Temp Max	Humedad	Viento	Insolación	Rad	Eto
	°C	°C	%	km/día	horas	Mj/m^2/día	mm/día
Enero	14.9	31.0	87	5	11.3	22.4	3.89
Febrero	15.3	31.2	86	5	11.6	24.7	4.55
Marzo	15.4	31.6	86	6	12	27.1	4.36
Abril	16.6	31.4	87	6	12.5	28.8	5.37
Mayo	18.1	30.7	89	6	12.8	29.0	5.61
Junio	17.9	30.5	88	5	13	28.9	5.54
Julio	17.9	30.6	88	5	12.9	28.8	5.54
Agosto	17.9	30.4	88	5	12.6	28.6	5.48
Septiembre	18.0	30.0	89	6	12.2	27.6	5.22
Octubre	17.4	29.5	91	6	11.8	25.4	4.67
Noviembre	17.3	29.6	90	5	11.4	22.9	4.08
Diciembre	15.3	29.7	89	6	11.2	21.6	3.69
Promedio	16.8	29.7	88	6	12.1	26.3	4.83

Fuente: Datos de la estación finca Panamá, de los años 2011 a 2020 (2021)

Como se observar en la el cuadro siete, en promedio al año según los datos de la estación meteorológica de finca Panamá, la temperatura minina es de 16.8 °C y la máxima es de 29.7 °C, con un promedio de humedad del 88%, además de conocer la evapotranspiración promedio la cual se encuentra en 4.83 mm/día. En finca Panamá únicamente se realizan los riegos de noviembre a marzo, teniendo la evapotranspiración más alta el mes de febrero 4.55 mm/día (en amarillo), dicha

evapotranspiración fue empleada para los cálculos realizados para la obtención de la Lámina de Humedad Aprovechable.

En la figura siete se puede observar el comportamiento de la evapotranspiración mensual comparada con las precipitaciones mensuales promedio de los años 2011 a 2020, con el fin de determinar y ajustar el sistema de riego dentro del cultico de *Citrus x latifolia* T. “Limón persa”.

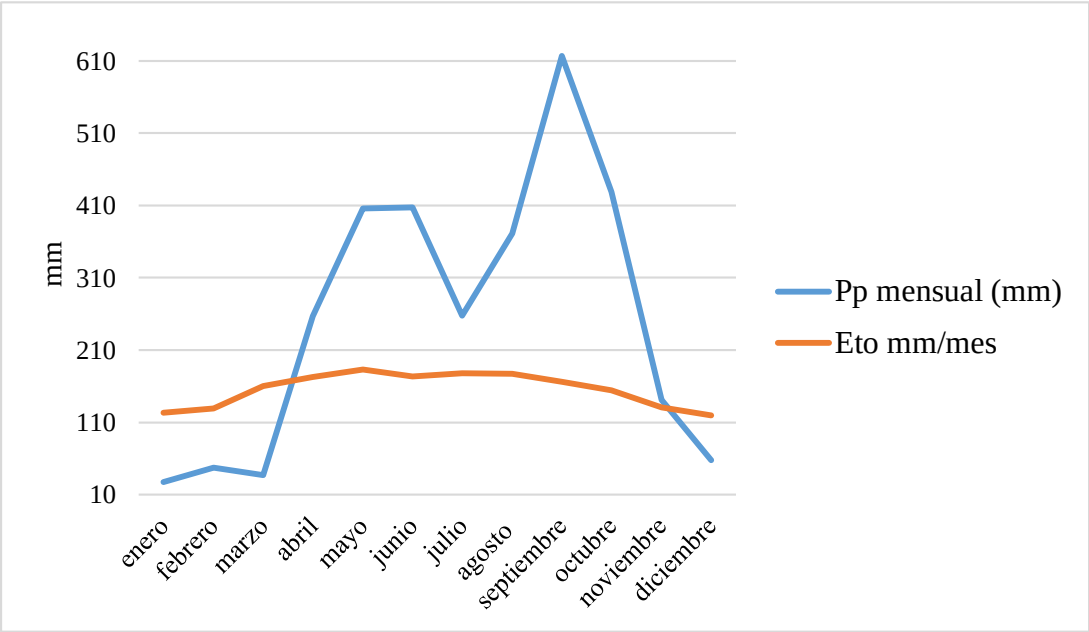


Figura 7. Comparación entre el comportamiento de la precipitación y evapotranspiración mensual.
Fuente: Datos de la estación finca Panamá, de los años 2011 a 2020 (2021)

Como se puede observar en la figura anterior, los meses en los cuales la evapotranspiración es más alta que la precipitación pluvial son, diciembre, enero, febrero y marzo, por lo tanto, es importante conocer la máxima ETo, entre los meses mencionados para poder realizar una planificación correcta de un rediseño riego.

2.8. Suelos

En finca Panamá el material madre es de origen volcánico. Los minerales presentes son amorfos (Alófana e Imogolita) y Cristobalita. Los suelos que se desarrollan de estos minerales presentan condiciones físicas muy buenas. Los suelos de la Finca

panamá, se clasifica en suelos Andisoles de acuerdo a la clasificación USDA. (Montenegro, 2017 pág. 32)

Según Simmons (1959) citado por Montenegro, (2017 pág. 32), los suelos pertenecen al grupo de suelos del declive del pacifico, sub grupo II A, II C, II D, las cuales son las regiones agrícolas más importantes de Guatemala.

2.9. Sistema de riego

El sistema de riego empleado es por microaspersión, los cuales distribuyen el agua a un diámetro de 4.5 metros de forma uniforme.

2.9.1. Distancia entre mangueras

El distanciamiento entre las mangueras de los laterales es de siete metros

2.9.2. Distancia entre microaspersores

El distanciamiento entre los microaspersores es de cuatro metros

2.9.3. Diámetro de mangueras laterales

El diámetro nominal es de 16 mm y el diámetro interno es de 14 mm

2.9.4. Marca, modelo y descarga del microaspersor

- **Marca:** Netafim
- **Modelo:** GyroNet ™ SR & SRD
- **Descarga:** la descarga de los microaspersores es de 60 l/h. al realizar aforos para determinar la descarga de los microaspersores se obtuvo un promedio de 52.55 l/h. (NETAFIM, s.f. pág. 1)
- **Presión:** según NETAFIM, (s.f. pág. 1), este modelo de microaspersor trabaja a una presión de 2.5 bar.
- **Diámetro de alcance:** El diámetro de alcance según NETAFIM, (s.f. pág. 1), es de 4.5 metros.

2.9.5. Frecuencia de riego

24 horas

2.9.6. Tiempo de riego

Una hora de riego

2.9.7. Lamina de riego

3.31 mm (52.55 litros por hora, según la descarga determinada de los microaspersores, por el método de aforos).

III. OBJETIVOS

1. General

1.1. Realizar un rediseño de riego en el cultivo de *Citrus x latifolia,* en finca Panamá, Agropecuaria Atitlán, Santa Bárbara, Suchitepéquez.

2. Específicos

2.1. Realizar una caracterización física a nivel de semidetalle de suelos, del área de cultivo de *C. x latifolia.*

2.2. Determinar las láminas y frecuencias de riego, con los datos del estudio.

2.3. Determinar la velocidad de infiltración de las diferentes texturas existentes en el área.

2.4. Determinar las pérdidas de cargas “mca”, en el diseño hidráulico del sistema de riego.

2.5. Determinar los costos del rediseño de riego dentro de la plantación.

2.6. Comparar la proyección del costo de manejo con los datos del estudio contra el costo del manejo actual.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

1. Materiales

1.1. Físicos

- GPS
- Piocha
- Pala
- Azadón
- Metro
- Cubeta
- Atomizador
- Bolsas plásticas
- Balanza
- Marcador
- Etiquetas para las muestras
- Laboratorio para el análisis de las muestras (CUNSUROC y FAUSAC)
- Computadora con el programa Word, Excel y QGIS
- Cilindro de doble anillo
- Nylon
- Cronometro
- Regla (en centímetros)
- Agua
- Boleta para la toma de datos
- Mazo o martillo

1.2. Humanos

- Estudiante epesista
- Ingeniero en calidad de Asesor-Supervisor
- Supervisor agrícola
- Jornaleros

2. Metodología

Para la realización de esta investigación se realizaron las siguientes fases:

- Fase de Gabinete
- Fase de Campo
- Fase de Laboratorio

2.1. Realizar una caracterización física a nivel de semidetalle de suelos, del área de cultivo de *C. x latifolia.*

2.1.1. Fase de gabinete previa:

- Con la ayuda del mapa digital de ubicación de la finca se observaron las delimitaciones del área donde se encuentra el cultivo de *Citrus latifolia* "Limón persa" y con ayuda del programa Qgis se determinaron las posibles unidades de suelo con características homogéneas, tomando como criterio o referencia la fisiografía del terreno delimitada por los ríos y las curvas a nivel que se localizan dentro del cultivo, identificando cada área con nombres administrativos. Ya que luego de observar el mapa de la taxonomía de suelos, el área de estudio únicamente es perteneciente al orden de los andisoles.

- Para determinar cada uno de los polígonos y con ello poder obtener nuestras representativas para su respectivo análisis físico en el laboratorio del CUNSUROC, se empleó la siguiente metodología:

- Luego de abrir el software de QGIS se cargó el GeoPackage, de finca panamá, en donde se localizan los shape de ríos, lotes, curvas a nivel, entre otros, de los cuales se emplearon los shapes de ríos y curvas a nivel, donde se determinó cada uno de los polígonos donde se obtuvieron muestras de suelo a cada dos hectáreas, con las cuales se determinó el tipo de textura, la profundidad y densidad aparente, dentro de los polígonos determinados.

2.1.2. Fase de campo:

- Con ayuda del mapa anteriormente mencionado, se realizaron recorridos y toma de muestra a una distancia de dos hectáreas entre cada muestra, obteniendo un total de 22 muestras en toda el área donde se encuentra el cultivo de limón, las cuales se extrajeron con barreno helicoidal, posterior a ello fueron llevadas al laboratorio del Centro Universitario del Sur Occidente y por el método de Bouyoucos se determinó las diferentes texturas de suelo dentro del cultivo de *Citrus latifolia* “Limón Persa”.

- La densidad aparente se determinó por el método del cilindro de volumen conocido, que consistió en, la obtención de suelo del área de estudio el cual se pesó y luego se secó en un horno a temperatura de 105°C por 24 horas, seguido a esto se procedió a determinar el peso seco, para luego realizar los cálculos.

- Se empleó la siguiente tabla para anotar los datos de cada muestra obtenida en campo:

Tabla 8. Coordenadas de ubicación, porcentajes de textura, determinacion de la textura y Dap de cada muestra obtenida de campo.

No.	Coordenadas		% Arcilla	% Limo	% Arena	Textura	Dap (g/cc)
	X	Y					
1							
2							
3							
4							
…							

Fuente: Gramajo (2021)

- Los resultados obtenidos del laboratorio del centro universitario fueron comparados con los obtenidos del laboratorio de suelo-planta-agua

"Salvador Castillo Orellana", de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos.

2.1.3. Fase de gabinete posterior:

Se elaboró un mapa de caracterización de textura de suelo del área de limón persa, con base a los resultados obtenidos tanto de campo como de laboratorio.

Esto se realizó con la ayuda del software QGIS, obteniendo mapas con escala 1:7,000, trabajando esta escala según el nivel de detalle de la caracterización de suelos.

2.2. Elaboración de Calicatas y toma de muestras para el análisis físico de suelos, para la determinación de las láminas y frecuencias de riego.

2.2.1. Fase de gabinete previa:

- Elaboración de las etiquetas para cada muestra de suelo que se enviara a laboratorio.

Tabla 9. Formato de etiqueta para la identificación de muestras.

Lote las Cañas Anexo Finca Panamá, Agropecuaria Atitlán S.A.	
Lote	
No. de muestra	
Fecha de muestreo	
Finca	
Cultivo Actual	
Coordenadas	
Profundidad	
Análisis	
Técnico responsable	
Observaciones	

Fuente: Gramajo (2021)

2.2.2. Fase de campo:

- Con ayuda del mapa donde se encuentran delimitadas las texturas del suelo dentro del cultivo, se elaboró una calicata por cada textura (tres calicatas por toda el área), Con medias de 50cm*50cm*60cm. Esto con el fin de determinar

los estratos u horizontes de suelo y la profundidad de los mismos. Las calicatas se realizaron en el centro de cada área.

- Se determinó la longitud de cada horizonte localizado entre los 60 cm de profundidad, ya que según Martinez, Lopez, & Orduz-Rodríguez, (s.f. pág. 28) a esa profundidad se encuentra la mayor cantidad de raíces fibrosas de plantas de limón.

- Luego de determinar el horizonte y la profundidad de los suelos por medio de las calicatas, se tomaron submuestras, de cada área del mapa de caracterización textural de suelos, con el fin de obtener una muestra compuesta por cada tipo de textura de suelo, para el área arenosa franca, se obtendrán dos muestras compuestas, esto debido a que dentro de esta textura se encuentra la carretera que comunica a la comunidad el Esfuerzo con el municipio de Santa Bárbara Suchitepéquez.

- Se obtuvo una muestra compuesta por 20 submuestras, las cuales fueron tomadas con ayuda de un barreno helicoidal, en cada una de las texturas determinadas dentro del cultivo. Ya que según Espinoza & Mendoza, (2017 pág. 34) para un nivel de estudio a semidetalle se obtiene una muestra por km^2.

- Los puntos a muestrear, se ubicaron alejados de calles y rondas para evitar la toma de muestras en lugares con suelo compactado o erosionado.

- Las submuestras de cada textura de suelo fueron mezcladas, obteniendo una muestra compuesta u homogénea de cada textura determinada dentro del cultivo de limón persa, de cada muestra compuesta se tomó un kilogramo de suelo, las submuestras fueron obtenidas a una profundidad de 60 cm.

- Estas muestras fueron almacenadas en bolsas plásticas, etiquetadas y enviadas al laboratorio de la FAUSAC.

2.2.3. Fase de laboratorio:

Las muestras de suelo fueron enviadas al laboratorio de la facultad de agronomía "FAUSAC" para su respectivo análisis físico, determinando la textura, punto de marchitez permanente "%PMP", capacidad de campo "%CC" y densidad aparente "Da gr/cc"

2.2.4. Fase de gabinete posterior:

Tabulación de los datos obtenidos y determinación de las láminas y frecuencias de riego

Luego de la obtención de los resultados se procedió a la implementación de diversas fórmulas para la determinación de las láminas, frecuencias o intervalos y tiempos de riego para cada una de las áreas determinadas según la textura de sus suelos, dentro del cultivo de *Citrus latifolia* "Limón persa".

- Lámina de humedad aprovechable

$$LHA = (\%CC - \%PMP) * Da * Zr * 10$$

- LHA = Lamina de humedad aprovechable
- %CC = Capacidad de Campo
- %PMP = Punto de Marchites Permanente
- Da = Densidad Aparente
- Zr = Zona Radicular
- 10 = Constante

- Lamina neta

$$Ln = \frac{LHA \times UR}{100}$$

- Ln = Lámina neta
- LHA = Lámina de humedad aprovechable
- UR = Umbral de riego
- 100 = Constante

- Lamina bruta

$$Lb = \frac{Lnaj}{Eap} \times 100$$

- Lb = Lamina bruta
- Lnaj = Lamina neta ajustada
- Eap = Eficiencia de aplicación
- 100 = Constante

- Intervalo de riego

$$Ir = \frac{Ln \times Par}{Etc \times 100}$$

- Ir = Intervalo de riego
- Ln = Lámina neta
- Par = Porcentaje de área bajo riego
- Etc = Evapotranspiración del cultivo
- 100 = Constante

- Lamina neta ajustada

$$Ln_{aj} = \frac{Ir_{aj} \times Etc \times 100}{Par}$$

- Lnaj = Lamina neta ajsutada
- Iraj = Intervalo de riego ajustado
- Etc = Evapotranspiración del cultivo
- Par = Porcentaje de área bajo riego
- 100 = Constante

- Tiempo de riego

$$\mathrm{Tr} = \frac{Lb}{Ph}$$

- Tr = Tiempo de riego
- Lb = Lámina bruta
- Ph = Precipitación horaria

2.3. Determinación de la velocidad de infiltración de cada textura de suelo determinada

2.3.1. Fase de gabinete previa:

- Elaboración de boleta para la toma de datos, a la hora de realizar la prueba en campo.

Tabla 10. Boleta para la prueba de campo para determinar la velocidad de infiltración

Tiempo	Intervalo entre lecturas (min)	Tiempo acumulado (min)	Lectura (cm)	Diferencia entre lecturas	Infiltración calculada (cm/hr)

Fuente: Almazan, (2003 pág. 28)

2.3.2. Fase de campo:

- Definidas las áreas según el tipo de textura se procedió a realizar una prueba de infiltración básica por cada área determinada, la cual se realizó empleando el método de infiltrómetro de doble anillo.

- Según Morales, (2018 pág. 47), para la ubicación de los puntos para la evaluación de la velocidad de infiltración, se debe de apoyarse del mapa textural, ubicando un punto por textura para la realización de la prueba de infiltración.

- Introducir los cilindros en el suelo, cuidando que queden bien centrados entre sí y tratando de disturbar lo menos posible el suelo, sobre todo no compactarlo.

- Los cilindros según Almazan, (2003 pág. 27) deben penetrar a una profundidad de 10 cm a 15 los cuales deben estar a nivel.

- Llenar con agua la cámara formada entre los dos cilindros, actuando como amortiguador, evitando que el agua que ingrese al cilindro central se desplace lateralmente.

- Introducir una regla (regla graduada de metal o plástica), dentro del cilindro inferior, esta nos servirá para tomar las lecturas de infiltración.

- Introducir dentro del cilindro interior un nylon, con el fin de evitar que a la hora de incorporar agua dentro de este cilindro, no golpee directamente con el suelo.

- Llenar el cilindro interior con agua a un 90%, luego retirar el nylon y posterior a ello se toma la lectura a tiempo cero.

- Se tomaron lecturas a los tiempos de uno, dos, tres, cinco, ocho, 10 y 15 minutos, con repeticiones variadas según la clase textural donde se realizó cada una de las pruebas.

- Este procedimiento se realizó hasta que la velocidad de infiltración fue constante.

2.3.3. Fase de gabinete posterior:

- Los datos obtenidos a nivel de campo fueron tabulación en el programa Excel.

- Para determinar la velocidad de infiltración, se empleó la ecuación de Kostiakov – Lewis.

$$I = kt^n$$

I = Velocidad de infiltración (cm/hr)

t = Tiempo (min)

k = Parámetro que representa la velocidad de infiltración durante el intervalo inicial (cuando t=1)

n = Parámetro que indica la forma en que la velocidad de infiltración se reduce con el tiempo (-1.0<n<0)

- Para obtener los coeficientes k y n del modelo de Kostiakov-Lewis, se empleó el método de regresión lineal simple (Almazan, 2003 pág. 27).

2.4. Determinación de las pérdidas de carga del sistema hidráulico del sistema de riego.

Se determinó los metros columna agua, permitido a perder según los bares con los cuales trabaja el microaspersor.

Se determinó la pérdida de carga de los laterales y de la tubería múltiple con la siguiente formula:

$$Hflateral = K * 1.131 * 10^{9} * L * (\frac{Q}{C})^{1.852} * D^{-4.87}$$

2.5. Determinar los costos del rediseño de riego dentro de la plantación.

Se determinaron las válvulas con problemas de perdida de carga en "mca", luego se realizaron cotizaciones tanto de tuberías y microaspersores compensados para realizar el rediseño de riego.

Con base a ello poder recomendar una mejor solución, para mejorar el sistema de riego y que sea de una forma más económica.

2.6. Comparar la proyección del costo de manejo con los datos del estudio contra el costo del manejo actual.

Luego de determinar las frecuencias, tiempo y turnos de riego, se determinó un mejor acomodamiento del personal para el mantenimiento del sistema de riego y con ello poder reducir costos en el manejo de dicho sistema.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Realización de caracterización física a nivel de semidetalle de suelos, del área de cultivo de *C. x latifolia*.

1.1. Determinación de áreas homogéneas, para la obtención de muestras de suelos

El siguiente plano presenta cada uno de los polígonos determinados de forma preliminar para observar sus características tales como Textura, Profundidad efectiva y densidad aparente, del área en estudio, siendo esta la parte sur de finca Panamá.

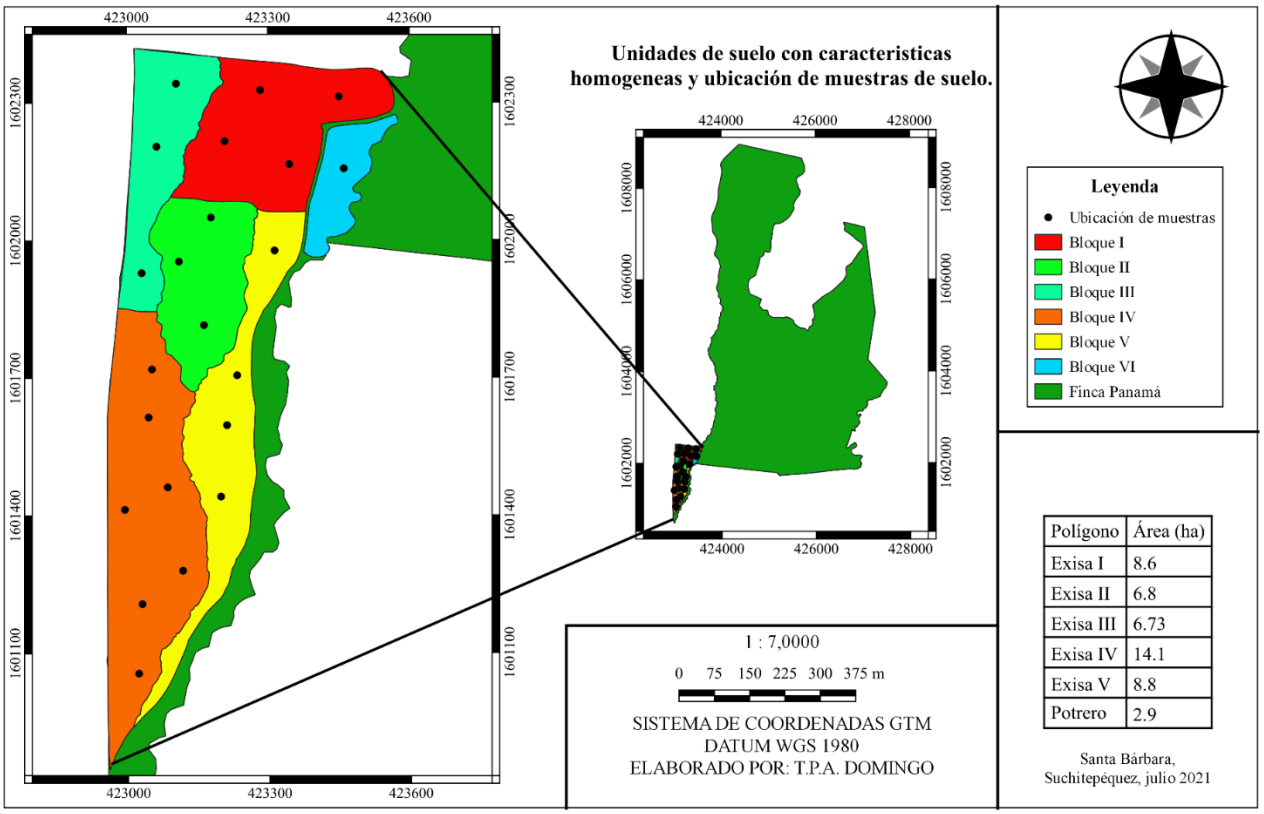


Figura 8. Mapa de unidades con características homogéneas y ubicación de los puntos donde se tomó la muestra de suelo. (2021)
Fuente Gramajo (2021)

La figura ocho, presenta la distribución de las áreas o polígonos determinados dentro el cultivo de *C. x latifolia* y la ubicación de cada una de las muestras de suelos obtenida, para la determinación de la textura y densidad aparente. La tabla 11, presenta las áreas en hectáreas de cada uno de los bloques determinados.

Tabla 11. Áreas de los polígonos determinados, según áreas homogéneas

Polígono	Color	Área (ha)
Bloque I	Rojo	8.6
Bloque II	Verde tierno	6.8
Bloque III	Aqua	6.73
Bloque IV	Anaranjado	14.1
Bloque V	Amarillo	8.8
Bloque VI	Celeste	2.9
Total		47.93

Fuente: Gramajo (2021)

La tabla 11 presenta un total de seis polígonos los cuales representan un total de 47.93 ha.

Para determinar el tipo de textura de suelo dentro del cultivo de *C. x latifolia,* se tomó un total de 22 muestras, las cuales fueron analizadas en el laboratorio del Centro Universitario del Sur Occidente “CUNSUROC”, empleando para ello el método Bouyucos.

En la tabla 12, la primera columna corresponde al número de muestra tomada, las siguientes dos columnas, las coordenadas en “X y Y” de cada muestra obtenida, posterior a ello los porcentajes de arcillas, limos y arenas, los cuales determinaron el tipo de textura de cada una de las muestras obtenidas dentro del cultivo, las cuales fueron empleadas para la realización del mapa textural, además de la densidad aparente (Dap), determinada para las muestras tomadas, además de la profundidad.

Tabla 12. Clase textural, densidad aparente y profundidad, determinada en el laboratorio del CUNSUROC, del área de cultivo de Limón persa.

No.	X	Y	% Arcilla	% Limo	% Arena	Textura	Dap (g/cc)	Profundidad (m)
1	423450	1602313	2%	18%	80%	Arenoso Franco	1.28	0.61
2	423284	1602328	10%	6%	84%	Arenoso Franco	1.10	0.59
3	423105	1602342	0%	18%	82%	Arenoso Franco	1.19	0.60
4	423063	1602205	2%	20%	78%	Arenoso Franco	1.30	0.58
5	423207	1602216	2%	20%	78%	Arenoso Franco	1.00	0.55
6	423345	1602166	2%	20%	78%	Arenoso Franco	1.20	0.60
7	423152	1602077	0%	16%	84%	Arenoso Franco	1.23	0.55
8	423110	1601954	2%	20%	78%	Arenoso Franco	1.19	0.65
9	423228	1601895	6%	24%	70%	Franco Arenoso	0.93	0.65
10	423035	1601844	8%	30%	62%	Franco Arenoso	0.83	0.67
11	423052	1601719	6%	26%	68%	Franco Arenoso	1.00	0.70
12	423045	1601614	10%	30%	60%	Franco Arenoso	0.97	0.68
13	423085	1601462	12%	34%	54%	Franco	0.81	0.75
14	422994	1601413	12%	36%	52%	Franco	0.83	0.70
15	423117	1601280	10%	46%	44%	Franco	0.85	0.72
16	423025	1601207	12%	44%	44%	Franco	0.82	0.70
17	423023	1601056	4%	26%	70%	Franco Arenoso	0.86	0.70
18	423198	1601441	4%	30%	66%	Franco Arenoso	0.97	0.66
19	423211	1601597	0%	14%	86%	Arenoso Franco	1.30	0.58
20	423205	1601736	2%	28%	70%	Franco Arenoso	1.00	0.70
21	423297	1602029	2%	20%	78%	Arenoso Franco	1.21	0.58
22	423460	1602156	4%	16%	80%	Arenoso Franco	1.10	0.60

Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario de Sur Occidente
LABORATORIO

Ing. Agr. José Edgardo Negro
Encargado del Laboratorio CUNSUROC

Fuente: Datos de laboratorio, CUNSUROC (2021)

Como se puede observar, se determinaron tres clasificaciones de texturas, además las densidades aparentes según los resultados promedian 1.19 g/cc para la textura arenosa franca, 0.94 g/cc, para la textura franco arenosa y 0.83 g/cc para la textura

franca. Así mismo, la profundidad de los suelos según su textura oscila en, 0.59 m, para el área con textura arenoso franco, 0.68 m, para el área con textura franco arenosa y 0.72 m, para el área con textura franco. Se logró determinar la existencia de tres texturas de suelo dentro del área del cultivo de limón persa, estos datos fueron empleados para la realización del plano sobre la caracterización textural de suelos.

En la figura nueve, se puede observar la distribución de característica textural, presentes dentro del cultivo de *Citrus x latifolia* T. “Limón persa”, presentando en la parte norte una textura arenosa franca, siendo estos suelos con un porcentaje de arena arriba del 80%, el cual ocupando un total de 23.38 hectáreas, lo que corresponde a un 49.2% del área.

En el centro del área una textura franca arenosa, este es un suelo que presenta bastante arena pero que cuenta también con limo y arcilla, lo cual le otorga algo más de cohesión entre partículas, que corresponde a 12.6 hectáreas dando un 25.6% del área.

En la parte sur textura franca, este suelo tiene una mezcla relativamente uniforme, en términos cuantitativos, de los tres separados textuales. Es blando o friable, que se desmenuza fácilmente, además de bastante suave y ligeramente plástico, el cual ocupa una extensión 11.95 hectáreas, dando un 25.2% del área total.

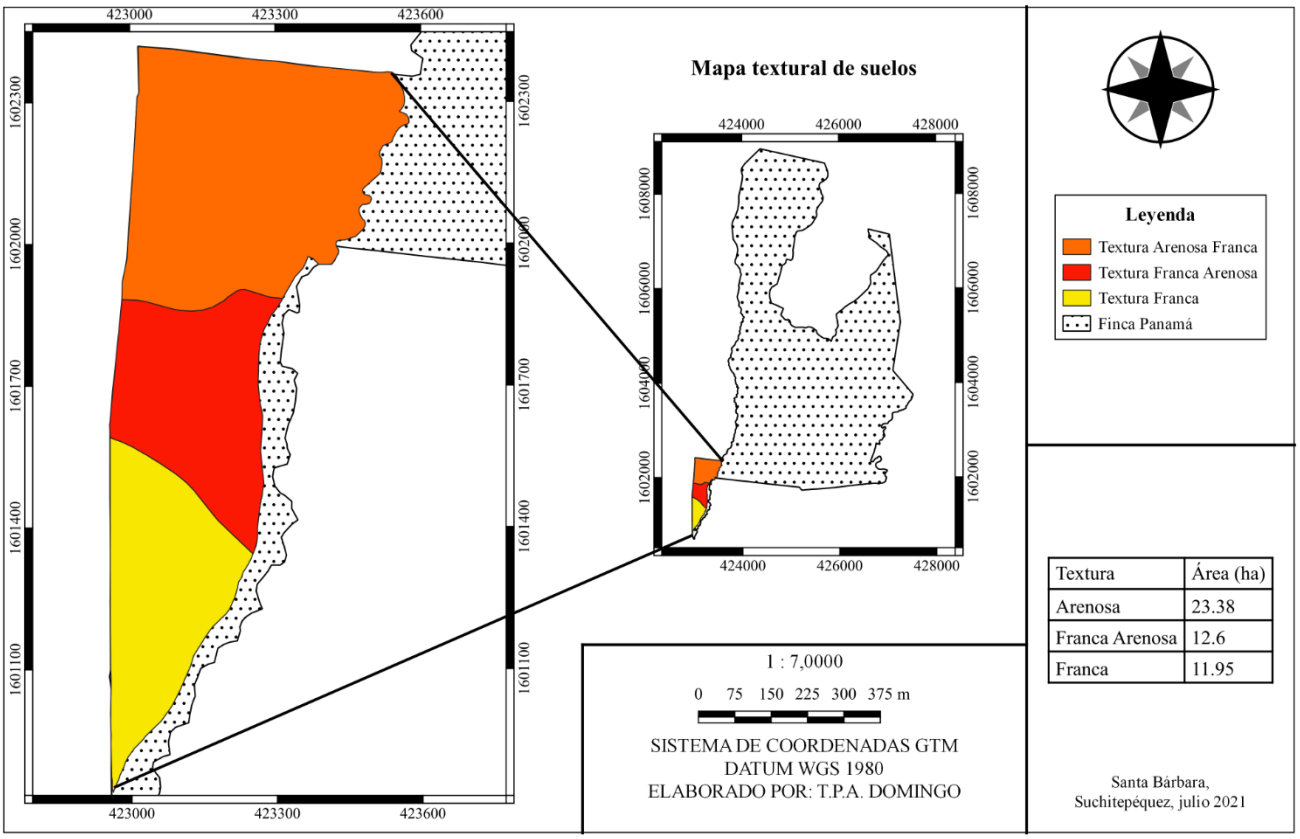


Figura 9. Mapa de caracterización textural de suelos, del área en estudio.
Fuente: Gramajo (2021, pag.31)

En la tabla 13, se observan los resultados del análisis físico de suelos, para la realización del rediseño de riegos.

Tabla 13. Resultados del análisis físico de suelos

IDENTIFICACION	Gr/cc Da	% HUMEDAD		%			CLASE TEXTURAL
		1/3	15	Arcilla	Limo	Arena	
M-1 0.6M	1.18	16.12	8.57	5.88	10.5	83.62	ARENA FRANCA
M-2 0.6M	0.98	34.87	20.23	7.98	21	71.02	FRANCA ARENOSA
M-3 0.6M	0.8	60.98	41.23	11.81	34.15	54.04	FRANCA

Fuente: Laboratorio Suelo-Planta-Agua "Salvador Castillo Orellana" (2021)

Como se puede observar en la tabla 13, se enviaron un total de tres muestras al laboratorio, para su respectivo análisis, dando como resultados las mismas clases texturales determinadas en el laboratorio del CUNSUROC, además del comportamiento tanto de la densidad aparente, como de los porcentajes de humedad (Capacidad de Campo y Punto de Marchitez Permanente).

Los porcentajes de humedad, de las muestras dos y tres, son muy llamativas ya que son superiores a los establecidos para el tipo de textura determinada en las áreas, por lo cual se realizaron estudios para determinar el contenido de materia orgánica y el tipo de arcilla presente en el área de estudio.

La tabla 14, nos presenta los resultados obtenidos sobre la materia orgánica y los tipos de arcillas, además del pH de cada muestra determinada con Naf (Fluoruro sódico).

Tabla 14. pH, Porcentajes de materia orgánica y tipos de arcillas

IDENTIFICACION	pH NaF	% M.O.	TIPO DE ARCILLA
M-1 0.6M	10.4	3.6	AMORFA
M-2 0.6M	10.9	6.3	AMORFA
M-3 0.6M	10.9	5.07	AMORFA

Fuente: Laboratorio Suelo-Planta-Agua "Salvador Castillo Orellana"(2021)

Como se puede apreciar en la tabla 14, el pH de las muestras evaluadas con el fluoruro de sodio se encuentra arriba de 10, lo cual nos indica que el grado de alofonización de las cenizas volcánicas es alto, ya que dicha prueba nos ayuda a determinar minerales arcillosos amorfos, lo que da como resultado mayor cantidad de arcillas amorfas dentro del área de estudio, aunado a ello se cuenta con el contenido de materia orgánica en la muestra dos y tres nos presenta un porcentaje arriba del cinco por ciento de materia orgánica, lo cual aumenta la capacidad de retención de agua en el suelo y por ende provocar encharcamiento en estas zonas, provocando con ello estrés en las plantas y con ellos enfermedades de la raíz.

Además de la presencia de arcillas amorfas las cuales no presentan ningún grado de ordenamiento en su estructura cristalina, las cuales son formadas por cenizas volcánicas y tienen características o capacidad de la retención de la humedad, por lo cual se justifican los resultados de laboratorio, tanto de capacidad de campo como del punto de marchitez permanente, los cuales son altos de las muestras dos y tres comparados con los cuadros 3 y 4 del marco conceptual.

En la figura 10, se presenta el comportamiento de la %CC, %PMP y Dap (g/cc) dentro del área de estudio donde se encuentra establecido el cultivo de limón persa.

2. Determinación de las láminas y frecuencias de riego, con los datos del estudio

Para determinar las láminas, frecuencias y tiempo de riego, del diseño agronómico de riego, se emplean los porcentajes de capacidad de campo y punto de marchitez permanente, además de la densidad aparente, según sea el tipo de textura. En la figura 10 se presenta la distribución de los resultados del análisis físico de suelo.

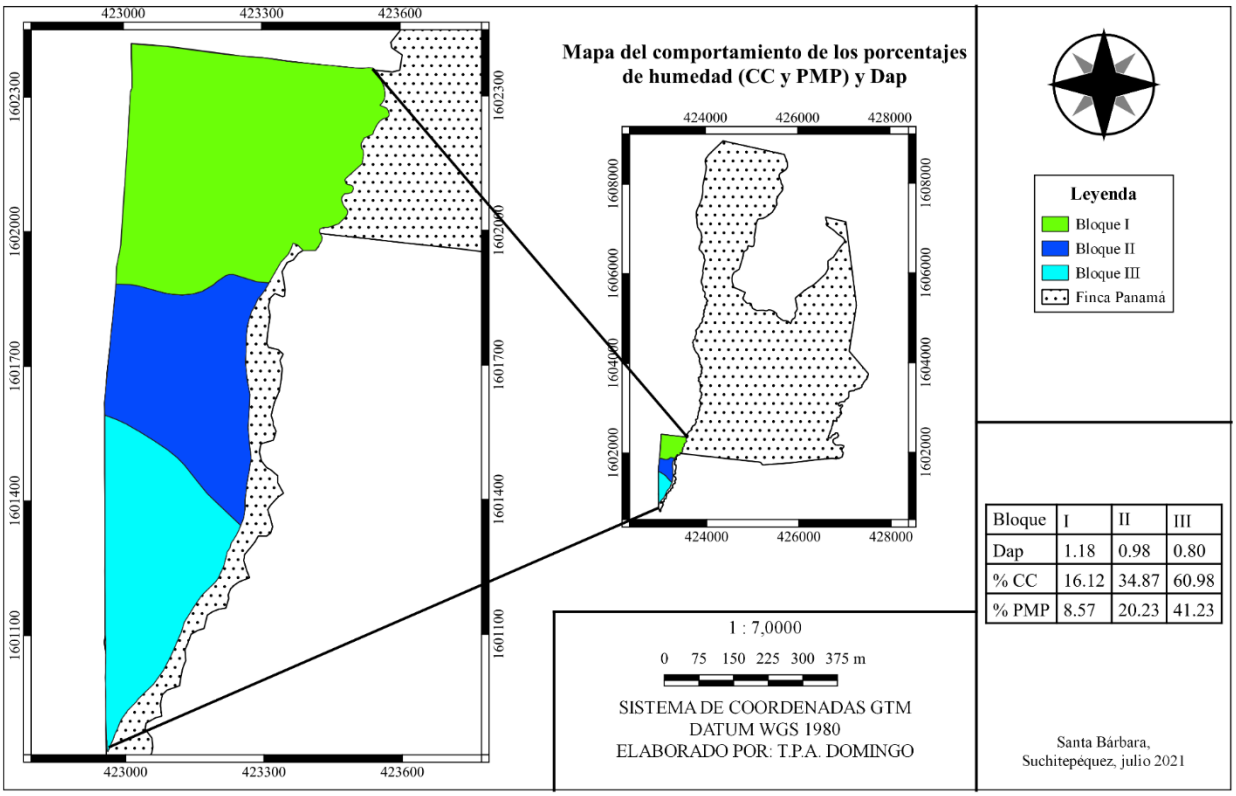


Figura 10. Mapa de porcentajes de capacidad de campo y punto de marchitez permanente y densidad aparente.
Fuente: Gramajo (2021)

Como se puede observar en la figura 10, la capacidad de campo para los bloques 2 y 3, son mayores a los establecidos en la tabla 3 (de marco conceptual), por lo cual estos suelos tienen la capacidad de retener mayor cantidad de agua de lluvia o de riego, y al no tener una infiltración vertical sino que horizontal estos suelos,

debido al perfil B del suelo que es una roca madre poco permeable, causan los encharcamientos o la saturación de los suelos, esta capacidad de campo que presentan los bloques 2 y 3, tienden a disminuir considerablemente las frecuencias y tiempos de riego.

Tabla 15. Láminas, intervalos y tiempos de riego calculados.

Áreas	LHA (mm)	Lnaj (mm)	Lb (mm)	Ir (días)	Tr (horas)
Arenosa Franca	53.45	20	22.69	3	6.52
Franca Arenosa	86.14	41	45.37	6	13.44
Franca	94.8	41	45.37	6	13.44

Referencias:
LHA (mm)= Lamina de Humedad Aprovechable
Lnaj (mm)= Lamina neta ajustada.
Lb (mm)= Lamina bruta.
Ir (días)= Intervalo de riego.
Tr (horas)= Tiempo de riego.
Fuente: Gramajo (2021 pág. 34, 35)

Luego de aplicar los modelos matemáticos previstos en la metodología, bajo las siguientes condiciones: textura, CC, PMP, Dap, condiciones climáticas y los requerimientos hídricos del cultivo, las láminas de riego son las que se presentan en la tabla 15.

En el mismo, se presenta la lámina de humedad aprovechable, lo cual es la altura de agua que retiene un suelo, por lo cual se presentan encharcamientos en estas áreas, debido a que como se puede observar en la tabla 12, el horizonte de estos suelos no son profundos, encontrándose bajo ellos un sub suelo, siendo este menos permeable, provocando con ello una infiltración de agua de forma horizontal, aunado a ello, el porcentaje de materia orgánica y el tipo de arcillas con las que cuentan estos suelos, que ayudan a la retención de humedad.

La siguiente figura presenta el comportamiento de la lámina de humedad aprovechable.

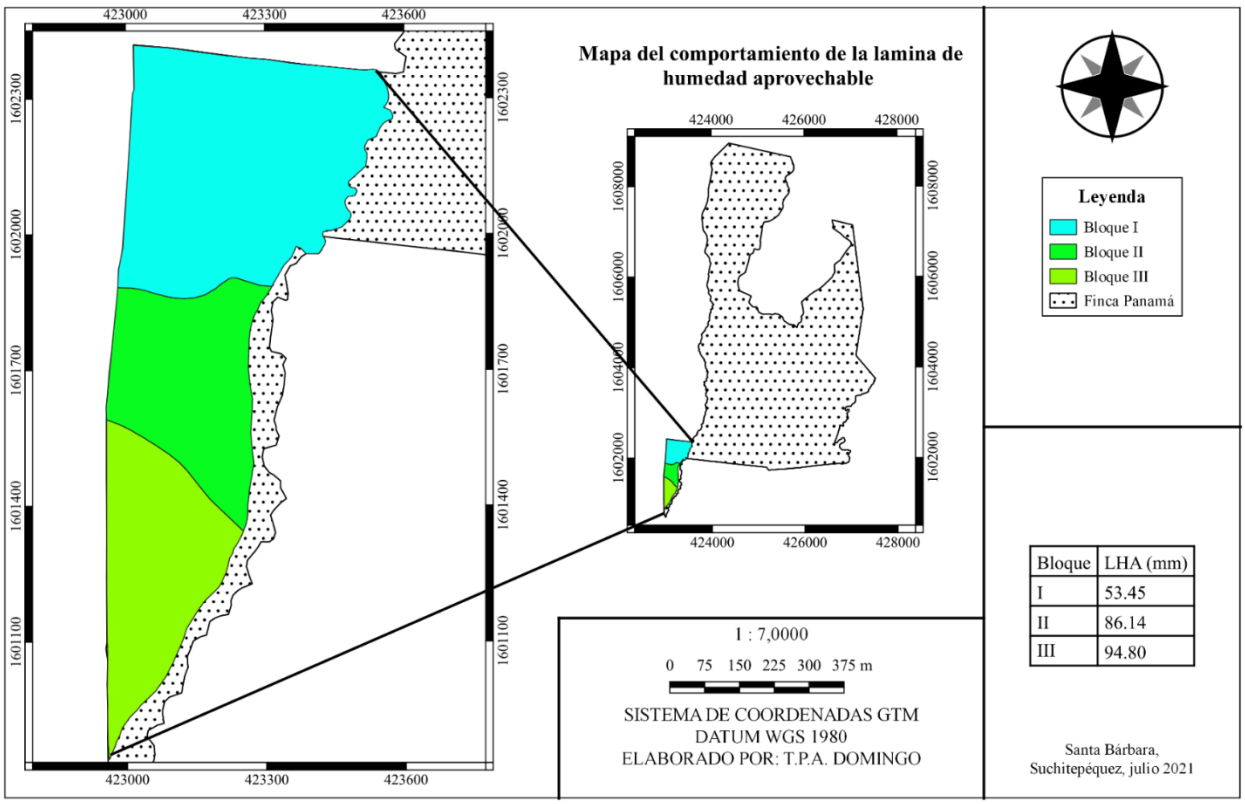


Figura 11. Mapa del comportamiento de la Lámina de Humedad Aprovechable
Fuente: Gramajo (2021 pág. 34)

Como se puede observar en la figura anterior, la Lámina de humedad aprovechable, es distinta entre las áreas texturales determinadas. En la figura 12, se presenta el comportamiento de las láminas tanto netas ajustadas como brutas, de cada área textural determinada.

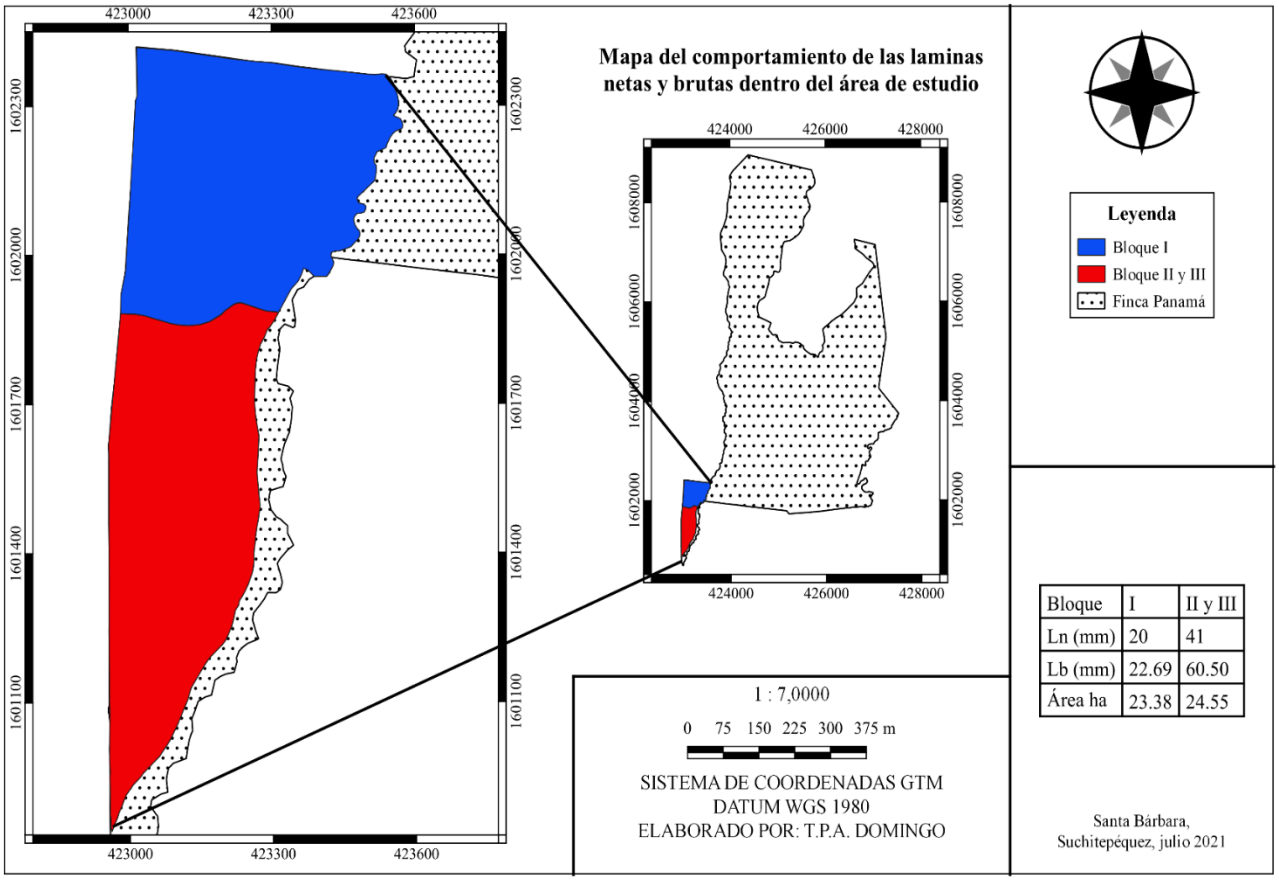


Figura 12. Mapa del comportamiento de las láminas de riego tanto neta como bruta.
Lnaj: Lámina neta ajustada
Lb: Lámina bruta
Fuente: Gramajo (2021 pág. 34)

Como se puede observar en la figura 12, las láminas de aplicación tanto neta ajustada como bruta, se torna a ser distinta entre las áreas, teniendo una igualdad en las texturas franca arenosa con franca y diferencia de estas, con la textura arenosa franca.

A continuación, se presenta la comparación entre las láminas de riego, el intervalo de riego y tiempo de riego, con los datos del manejo actual contra los datos del estudio.

Tabla 16. Comparación de las láminas, intervalos y tiempo de riego actual y calculado

Áreas	Ln (mm) Actual	Ln (mm) Calculada	velocidad de infiltración (mm/hr)	Lb (mm) Actual	Lb (mm) Calculada	Ir (días) Actual	Ir (días) Calculado	Tr (horas) Actual	Tr (horas) Calculado
AF	3.31	20	77.3	3.68	22.69	1	3	1	6.52
FA	3.31	41	77.3	3.68	45.37	1	6	1	13.44
F	3.31	41	27.1	3.68	45.37	1	6	1	13.44

AF: Arenosa franca
FA: Franca Arenosa
F: Franca
Ln (mm)= Lámina neta; **Lb (mm)**= Lámina bruta; **Ir (días)**= Intervalo de riego;
Tr (horas)= Tiempo de riego.
Fuente: Gramajo (2021 pág. 35, 36)

En la tabla 16, se puede observar las comparaciones entre los datos el manejo de riego actual y los datos calculados, en donde la lámina neta de riego es de 3.31 mm y su lamina bruta es de 3.68 mm, las cuales se aplica de forma uniforme en todo el cultivo, estas laminas presentan una diferencia muy amplia a la calculada, siendo la actual menor. Además, con el sistema de riego actual se riega a cada 24 horas (un día), y con los datos calculados los intervalos van de los tres a los seis días, de igual manera los tiempos de riego se presentan en menor cantidad los actuales, a los calculados.

Se determinó que la aplicación de agua en la actualidad al cultivo de limón persa, no es suficiente en función al requerimiento de la plantación, ya que con los datos del estudio la demanda de la lámina de riego es el doble en comparación con la aplicación actual.

En las áreas arenosas francas y francas arenosas no se aplica suficiente agua de riego y con ello se provocan déficit hídrico dentro de la plantación, por otro lado, en el área franca, se cuenta con mayor presencia de nacimientos de agua los cuales saturan los suelos (por no tener un cauce definido el agua se desborda dentro del

cultivo de limón persa), esto sumado a los riegos generan un exceso de agua, debido a problemas con drenajes.

Se puede observar la comparación entre las láminas netas y brutas contra la velocidad de infiltración siendo esta mayor, por lo cual no se tendrá encharcamiento de los suelos donde no se tiene presencia de saturación de suelos (freáticas muy superficiales).

Se puede mantener la frecuencia de riego a un día como se maneja en la actualidad, regando de forma homogénea por un tiempo de 2.20 horas diarias, sabiendo que la tubería cuenta con la capacidad de soportar dicho trabajo.

En la figura siguiente se presenta el comportamiento de los intervalos de riego calculados atreves de los resultados obtenidos del análisis físico realizado a las muestras de suelo obtenidas dentro del cultivo *Citrus x latifolia* T. “Limón persa”.

Para el área arenosa franca que comprende a 23.38 ha., de área (Color amarillo), correspondiente a un 48.78 % de la plantación de limón, presenta un intervalo de riego de tres días con un tiempo de riego de 6 horas y 52 minutos, seguido del área de color anaranjado, con un equivalente a 24,55 ha., representando un 51.22 % del área total, cuenta con un intervalo de riego de seis días, con tiempos de riego de 13 horas con 44 minutos.

Con el fin de determinar la funcionalidad de las tuberías con respecto a las pérdidas de carga en la parcela de riego, los turnos de riego se distribuirán en intervalo de riego de tres días, para toda la plantación de limón, el cual cuenta con un tiempo de 6.52 horas, donde se tendrán dos turnos por día. Datos obtenidos del área textural arenosa franca, con el fin contar con un riego uniforme y eficiente, en donde se evita la saturación de los suelos, evitando con ello encharcamientos y estrés hídrico. Así mismos como ya se mencionó se puede emplear un riego diario con una duración de 2.20 horas.

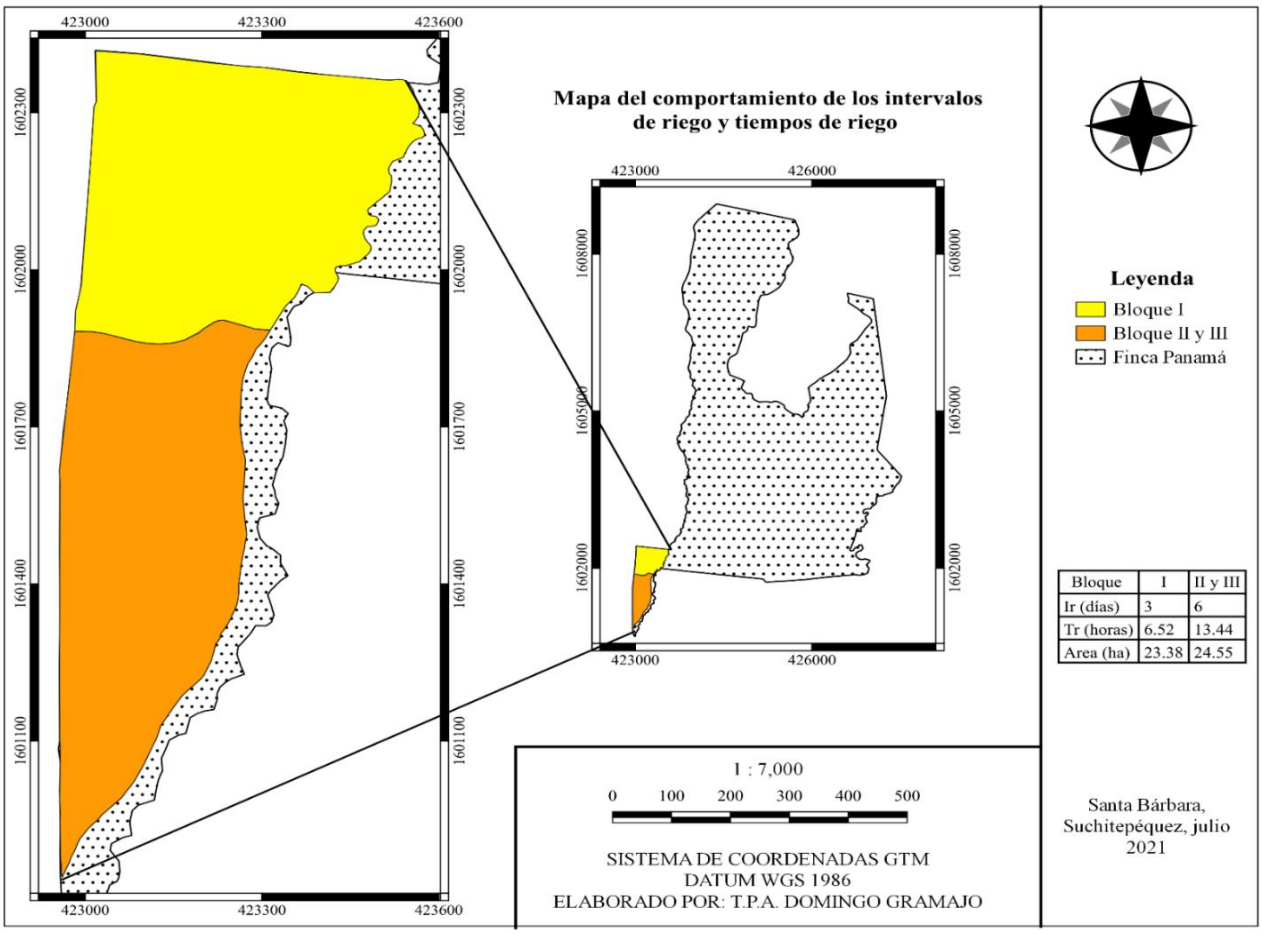


Figura 13. Mapa del comportamiento de los intervalos y tiempos de riego calculados.
Fuente: Gramajo (2021 pág. 35)

Dentro de la plantación de limón persa se contó con un total de 34 válvulas o “cabezales sectoriales”, las cuales son las llaves que distribuían el agua hacia la tubería múltiple, donde se encuentran conectado los laterales o mangueras que abastecen de agua a los microaspersores. Siendo estos divididos en seis turnos, dando de esta forma un reparto de agua de forma organizada entre las válvulas o llaves de paso, que sea consistente y de forma programada, presentándose cuatro turnos con seis válvulas y dos turnos con cinco válvulas. En la figura siguiente, se observa la distribución de las válvulas por turno de riego, con los datos calculados.

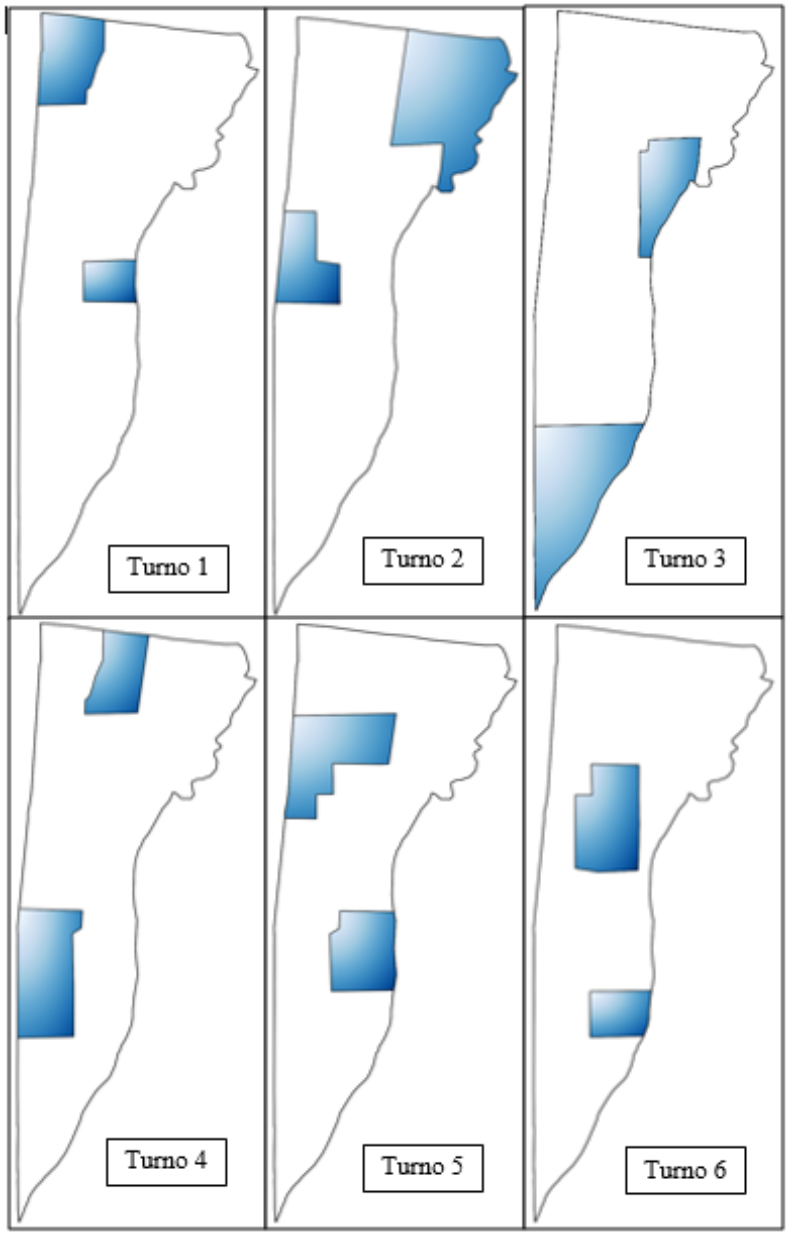


Figura 14. Distribución de turnos de riego.
Fuente: Gramajo (2021 pág. 35)

En la figura 14, se puede observar la distribución de los turnos de riego, teniendo que para los turnos uno, dos, cuatro y seis, cuentan con cinco válvulas, así mismo en los turnos dos y cuatro se encuentran dos válvulas en la misma caja (ubicación).

3. Determinación de las pérdidas de cargas “mca”, en el diseño hidráulico del sistema de riego.

La presión de operación de los micro aspersores es de 25.5 mca (metros columna agua), determinó el 20% de variación de operación del microaspersor, dando como resultado una presión de operación de 5.1 mca, que será lo permitido en pérdidas tanto en laterales como para la tubería múltiple. En la siguiente figura se presenta la parcela crítica de riego, la cual cuenta con mayor diferencia de nivel. Siendo esta la última válvula del turno cuatro.

Como se observa en la figura 15, se tiene un total de 22 laterales los cuales se encuentran de norte a sur, presentando hacía el norte, 32 metros de largo, con ocho salidas o microaspersores y hacía el sur, 88 metros de largo, con 22 salidas o microaspersores, lo cual representa un total de 660 salidas (microaspersores), además se puede observar, que el microaspersor más favorecido color verde fuerte y el menos favorecido color azul, tienen una diferencia de nivel o cota de dos metros, además la tubería múltiple cuenta con un largo total de 154 metros identificada con el color celeste dentro de la figura.

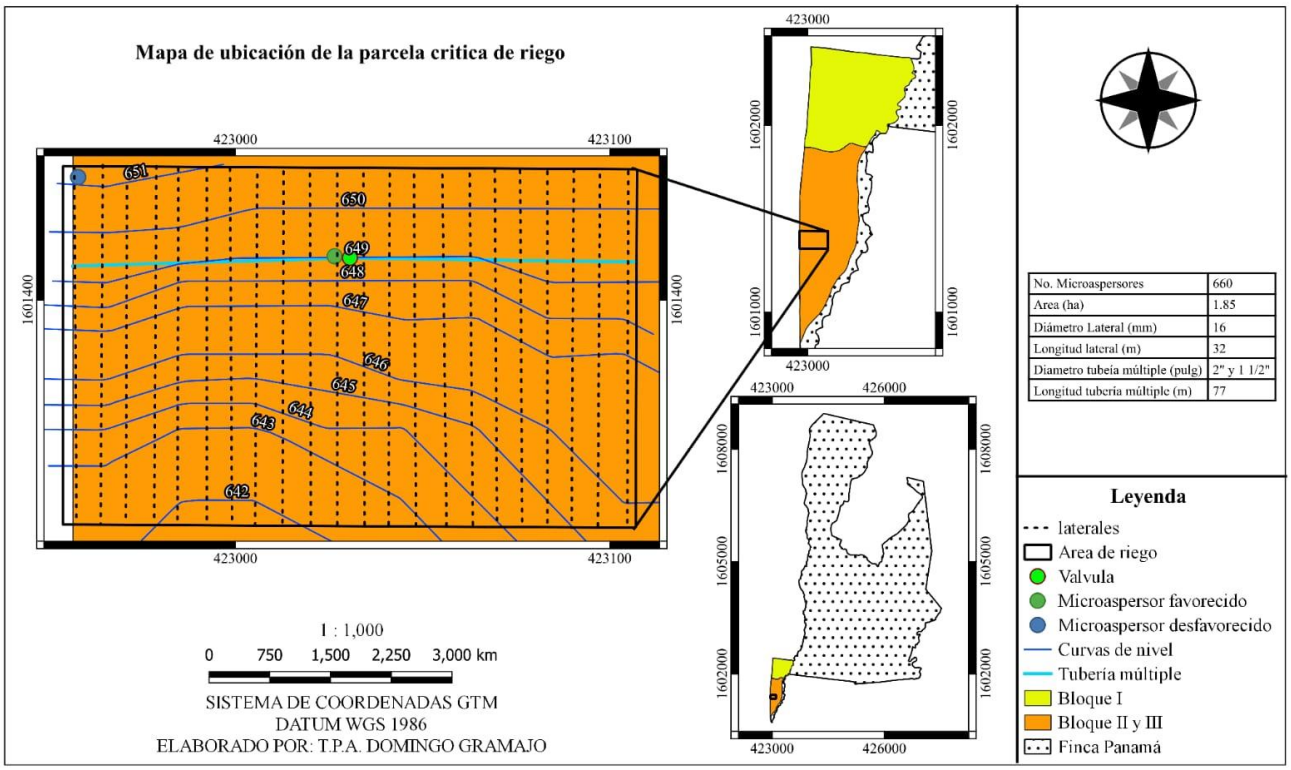


Figura 15. Parcela critica de riego dentro del cultivo de limón persa.
Fuente: Gramajo (2021 pág. 38)

En el siguiente cuadro se presenta las pérdidas de carga en los laterales, para la determinación de estas pérdidas se emplearon los diámetros y las longitudes ya establecidas en campo por finca panamá.

Tabla 17. Pérdidas de carga en los laterales “mca” para la parcela critica de riego.

LATERAL									
Salidas	K	L (m)	Q (m3ph)	C	DN (mm)	DI (mm)	Hf (mca)	Cota (m)	He (mca)
8	0.365	32	0.42	150	16	14	0.65	2	2.65

Fuente: Gramajo (2021 pág. 38)

Como se puede observar en la tabla 17, la perdida de carga de los laterales es de 2.65 mca "metros columna agua", lo cual nos permite gastar en la tubería múltiple una pérdida de carga de 2.45 mca, para tener un sistema de riego con buen funcionamiento.

Para la tubería múltiple se cuenta con dos diámetros de tubería pvc, los cuales son de dos pulgadas con una longitud de 38.50 metros, la cual se reduce a 1 ½ pulgada con una longitud de 38.50 metros, La tabla 18 nos presenta las pérdidas de carga de la tubería múltiple.

Tabla 18. Perdida de carga "mca" en la tubería múltiple de riego de la parcela critica.

TUBERIA MULTIPLE									
Salidas	K	L (m)	Q (m3ph)	C	DN (")	DI (mm)	Hf (mca)	Cota (m)	He (mca)
11	0.535	38.5	17.342	140	1.5	45.9	3.93	0	3.93
11	0.535	38.5	8.671	140	2	57.4	0.37	0.3	0.67
11	0.535	77	17.342	140	2	57.4	2.65	0.3	2.95
11	0.535	77	17.342	140	2.5	69.5	1.04	0.3	1.34
11	0.535	77	17.342	140	3	73.7	0.78	0.3	1.08

Fuente: Gramajo (2021 pág. 38)

Como se puede observar en el cuadro 18, al sumar las pérdidas de cargas de los diámetros de la tubería múltiple empleada en la actualidad, nos presenta una pérdida de carga de 4.6 mca sumatoria de los diámetros 1.5" y 2", siendo esta mayor a la que se tiene permitido gastar "2.45 mca". Por lo cual el riego no es uniforme debido a que llega más agua a unas plantas que a otras.

Así mismo, se determinaron las pérdidas de carga con tuberías de 2.5" y 3" determinando que con dichos diámetros logramos obtener una pérdida de carga menor a la perdida de carga permitida según el 20% de la presión de operación del microaspersor que es de 5.10 mca.

Recomendado de esta forma la tubería con diámetro de 2.5" (Pulgadas) por el tema costo.

En la figura 16, se pueden observar las válvulas que no cumplen con las pérdidas de carga en sus tuberías múltiples.

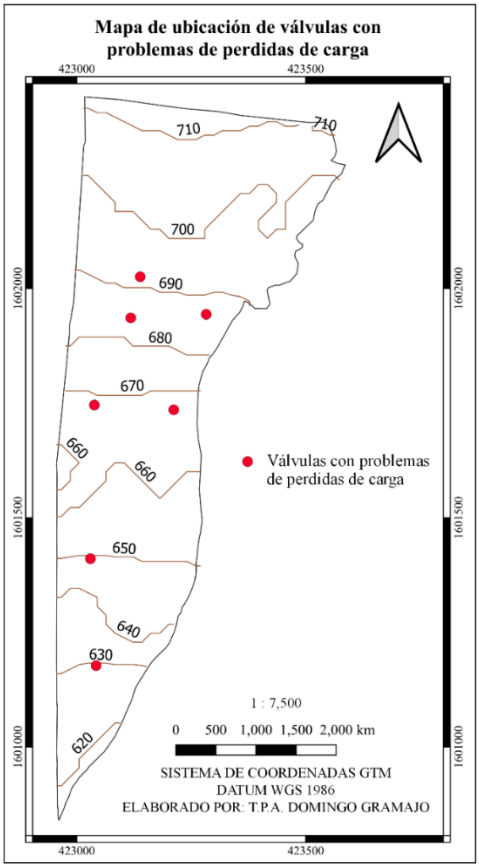


Figura 16. Mapa de ubicación de válvulas con problemas de pérdidas de carga, en las tuberías múltiples. Fuente: Gramajo (2021)

Como se puede observar en la figura 16, existe un total de siete válvulas con problemas de pérdida de carga en su tubería múltiple, las cuales están distribuidas de la siguiente manera: una válvula para los turnos uno, dos y cuatro y dos válvulas en los turnos tres y seis.

4. Determinación de los costos del rediseño de riego dentro de la plantación.

Dicho problema se solucionaría empleando un diámetro de tubería mayor (2.5”) con el cual tendríamos una pérdida de carga de 1.34 mca, siendo esta pérdida de carga menor a la perdida de carga permitida (2.45 mca) para la tubería múltiple.

Por lo cual se determinaron los costos del rediseño para las válvulas con los problemas en las pérdidas de carga, determinando el costo con el cambio de la tubería múltiple o el cambio de los microaspersores.

Tabla 19. Diámetro y longitud a emplear para el rediseño de la tubería múltiple

Diámetro de tubería (pulgadas)	Longitud de tubería (metros)
2.5	1,078

Fuente: Gramajo (2021 pág. 38)

Para el cambio de la tubería se determinó un diámetro de 2.5 pulgadas, con la cual vamos a tener una pérdida de carga de 1.34 mca, con lo cual se uniformizará el riego, por válvula se emplea 154 metros de tubería, dando un total de 1,078 metros entre total para el rediseño de las siete válvulas defectuosas, dando un total de 180 tubos, los cuales tienen una longitud de seis metros.

Tabla 20. Costos del rediseño de la tubería múltiple, para el sistema de riego

Producto	Cantidad	Medida	Costo	Costo total
Tubo PVC	180	Unidad	Q160.00	Q28,800.00
Pegamento	5	Galón	Q840.00	Q4,200.00
Sierras	12	Unidad	Q12.00	Q144.00
Jornales permanentes	10	Jornal	Q90.16	Q901.60
Jornales eventuales	32	Jornal	Q60.20	Q1,926.40
			Total	**Q35,972.00**

Fuente: Gramajo (2021 pág. 38)

Como se puede observar en la tabla 20, para el cambio de la tubería múltiple de las válvulas con alta perdida de carga en metros columna agua, tiene un costo de Q 35,972.00, costo distribuido en la compra de la tubería PVC, pegamento, sierras y jornales, para la instalación de dicha tubería.

En el caso que se desee emplear microaspersores compensados, se tiene una demanda de 176 unidades (microaspersores) por válvula, dando un total de 1,232 microaspersores para las siete válvulas que presentan perdidas de carga mayores a las permitidas.

El costo del aspersor mini-Wobbler 1/2", c/boq #4 Celeste a 15 psi - 0.42 gpm, es de Q 30.60 por unidad, según cotización realizada a CONSERSA.

La siguiente tabla nos describe el costo sobre la implementación y adaptación de dichos microaspersores para homogenizar el riego.

Tabla 21. Costo del rediseño de los microaspersores, para el sistema de riego

Producto	Cantidad	Medida	Costo	Costo total
Microaspersor	1232	Unidad	Q30.60	Q37,699.20
Jornales permanentes	5	Jornal	Q90.16	Q450.80
Jornales eventuales	20	Jornal	Q60.20	Q1,204.00
			Total	**Q39,354.00**

Fuente: Gramajo (2021 pág. 38)

El costo sobre el rediseño de los microaspersores de las siete válvulas con problemas en las pérdidas de carga es de Q 39,354.00, entre el costo de los microaspersores y la mano de obra.

Como se puede observar en las últimas tablas (20 y 21) los costos para el rediseño de la tubería múltiple o cambio de microaspersores auto compensados presentan una diferencia de Q 3,382.00, presentando menor costo el rediseño de la tubería múltiple. Estos datos debido al precio de los productos a comprar, ya que en jornales se tiene menor cantidad de mano de obra en la implementación de los microaspersores auto compensados (17 jornales).

5. Comparación de la proyección del costo de manejo con los datos del estudio contra el costo del manejo actual

A continuación, se presentan los costos de manejo con los datos del estudio comparado con los costos actuales.

Tabla 22. Comparación de costos de manejo del sistema de riego.

Costo de manejo actual			
Categoría	**Jornales**	**costo/jornal**	**costo/mensual**
Permanente	2	Q90.16	Q4,688.32
Eventual	8	Q60.20	Q12,521.60
Total	10	Q150.36	Q17,209.92
Costo de manejo calculado			
Categoría	**Jornales**	**costo/jornal**	**costo/mensual**
Permanente	2	Q90.16	Q4,688.32
Eventual	4	Q60.20	Q6,260.80
Total	6	Q150.36	Q10,949.12

Fuente: Gramajo (2021 pág. 38)

Como se puede observar en la tabla 22, se presenta la comparación de costos por manejo del sistema de riego en la actualidad contra el costo de manejo calculado con los datos del estudio, teniendo una diferencia de cuatro jornales de categoría eventual menor en el costo de manejo calculado que el costo actual, esto debido a que en la actualidad se tienen dos jornadas de 10 horas laborales, las cuales cuentan con un jornal permanente y cuatro jornales eventuales, teniendo un total de 10 jornales por día de riego y con los datos del estudio se emplearan 6 jornales por día, divididos en dos jornadas de siete horas.

En la actualidad cada jornada de riego cuenta con 17 válvulas, para minimizar costos de manejo se reducirán los jornales de categoría eventual, los cuales revisan y dan mantenimiento a las tuberías, si estas se vieran afectadas, lo cual provoca una reducción de costo de Q 6,260.80 mensual. En costo de agua o de operación del equipo no se tiene, ya que el agua es encausada rio arriba y por el desnivel dentro de la plantación de *C. x latifolia,* no se cuenta con un equipo de bombeo, si no que se emplea la presión generada por el desnivel.

Los resultados determinados, son de importancia para el sistema de riego dentro de la plantación de *Citrus latifolia* *"*Limón persa*"*, cumpliendo con las necesidades hídricas del cultivo, además de cumplir con las normativas impuestas por la certificadora RAINFOREST ALLIANCE.

VI. CONCLUSIONES

1. En el área de cultivo de limón persa se determinaron las siguientes clases texturales: Arenosa franca (23.38 ha), Franca arenosa (12.60 ha) y Franca (11.95 ha), en las cuales se basó el estudio del rediseño de riego.

2. La lámina de humedad aprovechable es de 54.45 mm para el área arenosa franca, 86.14 mm para el área con textura franca arenosa y 94.8 mm para el área con textura franca, siendo esta mala ya que genera condiciones favorables para la propagación de enfermedades del suelo y provocar estrés en las plantas.

3. La lámina neta es de 20 mm para el área arenosa franca y 41 mm para las áreas de textura franca arenosa y franca.

4. Los intervalos de riego para el área arenosa franca son de tres días, con un tiempo de riego de 6.52 horas y para las áreas franca arenosa y franca el intervalo de riego es de seis días, con tiempo de riego de 13.44 horas. Además, si se desea regar diariamente se emplea un tiempo de 2.20 horas.

5. La precipitación horaria de aplicación es de 3.31 mm/h, lo cual es menor a la velocidad de infiltración de los suelos en toda el área de estudio, por lo cual no se tendrá problemas con encharcamientos o saturación de los suelos por problemas de infiltración.

6. Se presentan perdidas de cargas mayores a las permitidas (5.10 mca), en un total de siete válvulas. Las cuales se determinaron en la tubería multiple, debido al tipo de diámetros empleados (1 1/2" y 2").

7. Para el rediseño de la tubería emplear diámetros de 2 1/2" (pulgada), logrando con ello tener una perdida de carga menor a la requerida. O emplear microaspersores autocompensados.

8. El rediseño de la tubería múltiple tiene un costo de Q 35,972.00 y el rediseño de los microaspersores el costo es de Q 39,354.00.

9. En la comparación de costos de manejo del sistema de riego, se tiene una diferencia de Q 6,260.80 entre el costo actual y el costo calculado con el estudio, favoreciendo económicamente a finca Panamá.

VII. RECOMENDACIONES

1. Delimitar las áreas por texturas determinadas y con ello, acomodar los riegos según sean las láminas de riego determinadas, para cada una de las texturas determinadas.

2. En el área arenosa franca y franca arenosa, implementar a la hora de una resiembra la incorporación de material orgánico, para contribuir al aporte de nutrientes a la planta y modificar la velocidad de infiltración en los platos de los cultivos.

3. Cambiar de los diámetros de las tuberías múltiples por tubería de 2 ½ “(pulgadas), las cuales cumple con las condiciones a cerca de las pérdidas de carga. Además de ser más económico.

4. Distribuir según el estudio al personal en campo, encargados del mantenimiento del sistema de riego, con ello se reducirán los costos de manejo (Q 6,260.80 menos al actual), lo cual favorece a finca Panamá.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alliance, R. (07 de 2017). *Normativa para agricultura sostenible*. Obtenido de Para producción agrícola y ganadera de fincas y grupos de productores: https://www.rainforest-alliance.org/business/wp-content/uploads/2017/11/03_rainforest-alliance-sustainable-agriculture-standard_sp.pdf

Almazan, R. C. (2003). *Apuntes de la materia de riego y drenaje*. Obtenido de http://www.ingenieria.uaslp.mx/Documents/Apuntes/Riego%20y%20Drenaje.pdf

CENTA. (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y forestal) (12 de 2002). *Guía técnica cultivo de limón persico.* Obtenido de http://centa.gob.sv/docs/guias/frutales/Limon.pdf

CNR. (Comisión Nacional de Riego, Chile) (14 de 08 de 2016). *¿Que es le coeficiente de cultivo (Kc) en riego? Valores por especie*. Obtenido de https://www.portalfruticola.com/noticias/2016/08/14/que-es-le-coeficiente-de-cultivo-kc-en-riego-valores-por-especie/

Espinoza , A., & Mendoza, R. (2017). *Guía técnica para muestreo de suelos.* Managua, Nicaragua: Complejo Grafico TMC.

IARNA. (Instituto de Investigación y Protección sobre Ambiente Natural y Sociedad) (02 de 2018). *Ecosistema de Guatemala. Basado en el sistema de clasificación de zonas de vida*. Obtenido de http://www.infoiarna.org.gt/ecosistemas-de-guatemala/fichas-zonas-de-vida/bmh-pmt/

Illescas, J. E. (05 de 06 de 2017). *Propiedades fisicas del suelo*. Obtenido de https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbnxjaWVuY2lhc2FwbGljYWRhc2N1bm9yaXxneDphZTAyMTU1NTMzNjMxMWQ

MAG. (Ministerio de Agricultura y Ganadería) (2002). *Guía técnica del cultivo de limón persico.* San Salvador: Maya.

Martínez, M., López, H., & Orduz-Rodríguez, J. (s.f.). *Capitulo I, Generalidades del cultivo, descripción botánica, variedades y fenología de la lima ácida Tahití*. Obtenido de http://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/download/67/50/709-1?inline=1

Mena, L. R. (07 de 2015). *Evaluación de fertilizantes de liberación controlada y convencionales en el cultivo de Macadamia (Macadamia integrifolia) en la etapa de almácigo, diagnóstico y servicios realizados en la finca Panamá, Santa Bárbara, Suchitepéquez, Guatemala, C.A.* Obtenido de http://www.repositorio.usac.edu.gt/2357/1/PALMA%20MENA%20LEONEL%20RODRIGO.pdf

Montenegro, B. A. (05 de 2017). *Efecto del horario de pica sobre el rendimiento de hule en epoca de baja producción; Santa Bárbara Suchitepéquez*. Obtenido de http://biblio3.url.edu.gt/publijrcifuente/TESIS/2018/06/17/Sandoval-Boris.pdf

Morales, J. P. (07 de 2018). *Caracterización física de suelos con fines de manejo de riego, en finca la Canoa, diagnóstico y servicios Ingenio Palo Gordo S.A., Chiquimulilla, Santa Rosa, Guatemala, C.A.* Obtenido de http://www.repositorio.usac.edu.gt/10204/1/T-03528.pdf

NETAFIM. (Sistema de Ferti-irrigación) (s.f.). *GYRONET™ SR & SRD medium range & medium range with deflector* . Obtenido de https://www.netafim.com/4ab73f/en/bynder/92887BF3-6894-4BCC-A30E8CA7C773D18C-gyronet-sr--srd-data-sheet.pdf

Sanchoyarto, R. (s.f.). *Textura de suelos en viñedos*. Obtenido de https://www.aprenderdevino.es/suelos-textura/

Tropicos. (Jardín Botánico de Missouri) (2012). *! Citrus × latifolia Tanaka ex Q. Jiménez.* Obtenido de https://tropicos.org/name/100384167

Valladares Alonzo, L. P. (11 de 2015). *Implementación del cultivo de limón persa en la finca Gibraltar, Chiquimulilla, Santa Rosa (2006-2011) estudio de caso* . Obtenido de http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjcem/2015/06/04/Valladares-Luis.pdf

Van, G. S. (s.f.). *Riego en frutales y vides*. Obtenido de https://www.redagricola.com/cl/assets/uploads/2018/05/7--manejo-del-riego-en-frutales-y-vides-en-el-norte-del-peru-dr-gabriel-selles.pdf

Zambrano Cedeño , J. J., & Zambrano Cedeño, S. L. (04 de 2012). *Evaluación del sistema de riego por microaspersión implementado en el jardín clonal de cacao (Theobroma cacao L) ESPAM "MFL"*. Obtenido de http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/24/1/Zambrano%20Cede%C3%B1o%20Jos%C3%A9%20Javier-Zambrano%20Cede%C3%B1o%20Sergio%20Leonardo.pdf

Vo. Bo.
Lcda. Ana Teresa de González.
Bibliotecaria CUNSUROC.
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUR OCCIDENTE
BIBLIOTECA
CUNSUROC

IX. ANEXOS

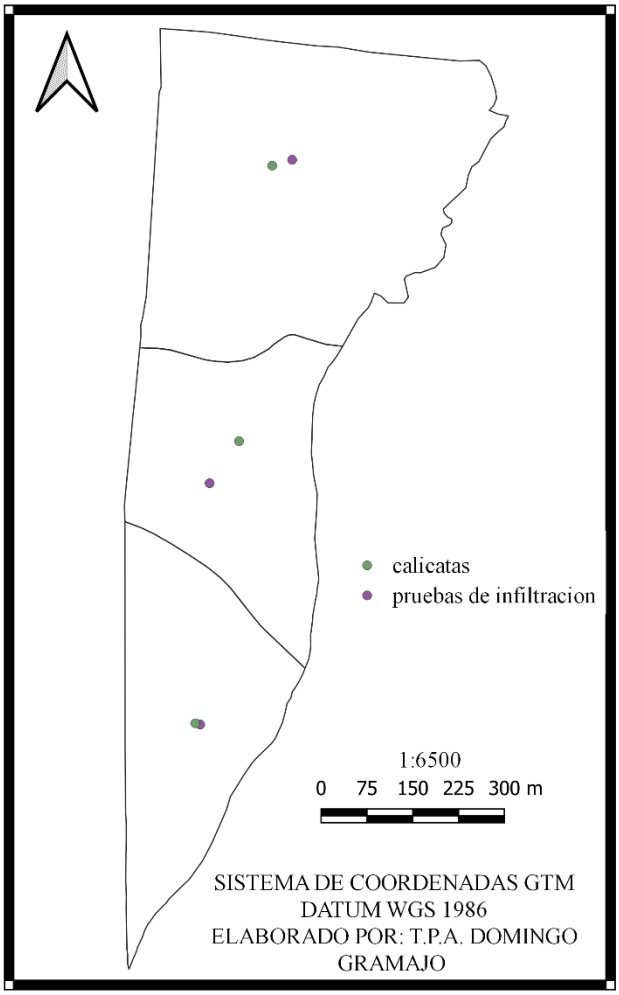
Figura 17. Muestras de suelos obtenidas de campo para su posterior análisis, determinando con ellas la textura del suelo (Laboratorio CUNSUROC).
Fuente: Gramajo (2021 pág. 32)

Figura 18. Implementación del cilindro de volumen conocido, para la determinación de la densidad aparente.
Fuente: Gramajo (2021 pág. 32)

Figura 19. Nivelación del cilindro, con el apoyo del Ing. Agr. José Edgardo Negro.
Fuente: Gramajo (2021 pág. 33)

Figura 20. Cilindros en reposo (Método de bouyucos).
Fuente: Gramajo (2021 pág. 33)

Figura 21. Realización de la prueba de velocidad de infiltración.
Fuente: Gramajo (2021 pág. 36)



Mapa de ubicación de las pruebas de infiltración y de las calicatas

Figura 22. Mapa de ubicación de las pruebas de infiltración y las calicatas.
Fuente: Gramajo (2021 pág. 36)

Tabla 23. Datos obtenidos de la prueba de infiltración en el área franca.

Tiempo	Intervalo entre lecturas (min)	Tiempo acumulado (min)	Lectura (cm)	Diferencia entre lecturas	Infiltración calculada (cm/hr)
09:36	---		25.9	---	
09:37	1	1	25.8	0.1	6
09:38	1	2	25.6	0.2	12
09:40	2	4	25.4	0.2	6
09:42	2	6	25.2	0.2	6
09:47	5	11	25	0.2	2.4
09:52	5	16	24.8	0.2	2.4
09:57	5	21	24.6	0.2	2.4
10:02	5	26	24.4	0.2	2.4
10:07	5	31	24.25	0.15	1.8
10:17	10	41	23.95	0.3	1.8
10:27	10	51	23.65	0.3	1.8
10:37	10	61	23.4	0.25	1.5
10:52	15	76	23.15	0.25	1
11:07	15	91	22.9	0.25	1
11:22	15	106	22.7	0.2	0.8

Fuente: Gramajo (2021 pág. 36)

Tabla 24. Datos de la prueba de infiltración en el área con textura franca arenosa.

Tiempo	Intervalo entre lecturas (min)	Tiempo acumulado (min)	Lectura (cm)	Diferencia entre lecturas	Infiltración calculada (cm/hr)
10:46	---		25.9	---	
10:47	1	1	25.7	0.2	12
10:48	1	2	25.5	0.2	12
10:50	2	4	25.45	0.05	1.5
10:52	2	6	25.2	0.25	7.5
10:57	5	11	25	0.2	2.4
11:02	5	16	24.75	0.25	3
11:07	5	21	24.5	0.25	3
11:12	5	26	24.25	0.25	3
11:17	5	31	24	0.25	3
11:22	5	36	23.75	0.25	3
11:27	5	41	23.5	0.25	3
11:32	5	46	23.25	0.25	3
11:37	5	51	23	0.25	3
11:47	10	61	22.5	0.5	3
11:47	10	71	22	0.5	3
11:57	10	81	21.5	0.5	3
12:12	15	96	20.8	0.7	2.8
12:27	15	111	20.1	0.7	2.8

Fuente: Gramajo (2021 pág. 36)

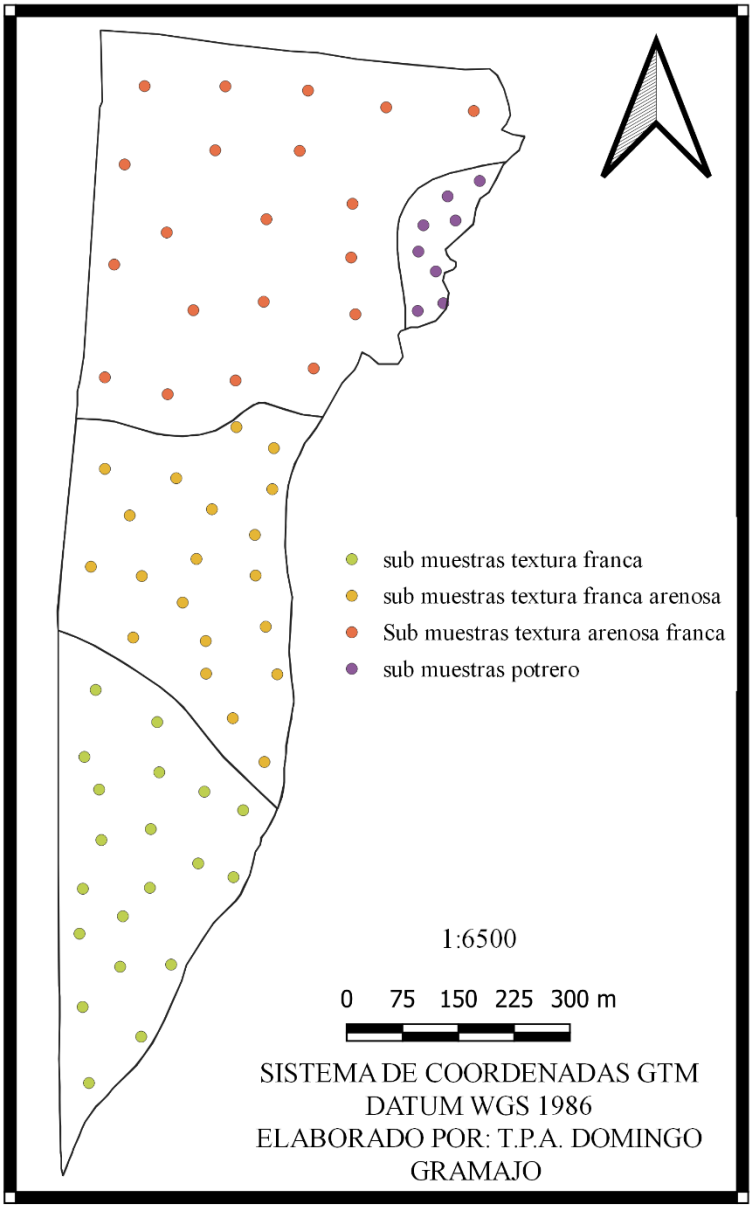
Tabla 25. Datos de la prueba de infiltración realizada en el área con textura arenosa franca

Tiempo	Intervalo entre lecturas (min)	Tiempo acumulado (min)	Lectura (cm)	Diferencia entre lecturas	Infiltración calculada (mm/hr)
07:40	---		23	---	
07:41	1	1	22.1	0.9	54
07:42	1	2	21.2	0.9	54
07:43	1	3	20.4	0.8	48
07:44	1	4	19.6	0.8	48
07:45	1	5	18.8	0.8	48
07:47	2	7	18	0.8	24
07:49	2	9	17.2	0.8	24
07:51	2	11	16.4	0.8	24
07:53	2	13	15.7	0.7	21
07:55	2	15	14.8	0.9	27
07:56	---	16	26.3		---
07:55	3	19	25.1	1.2	24
07:58	3	22	23.8	1.3	26
08:01	3	25	22.5	1.3	26
08:04	3	28	21.4	1.1	22
08:07	3	31	20.3	1.1	22
08:12	5	36	19.5	0.8	9.6
08:17	5	41	18.6	0.9	10.8
08:22	5	46	17.8	0.8	9.6
08:27	5	51	16.8	1	12
08:35	8	59	15.4	1.4	10.5
08:43	8	67	14.2	1.2	9
08:51	8	75	12.9	1.3	9.75
08:59	8	83	11.8	1.1	8.25
09:09	10	93	10.9	0.9	5.4
09:19	10	103	10	0.9	5.4
09:29	10	113	9.1	0.9	5.4
09:44	15	128	8.2	0.9	3.6
09:59	15	143	7.3	0.9	3.6
10:14	15	158	6.4	0.9	3.6

Fuente: Gramajo (2021 pág. 36)

Figura 23. Medición de la profundidad del suelo dentro de la calicata y toma de sub muestras de suelo con barreno helicoidal.
Fuente: Gramajo (2021 pág. 32)

Figura 24. Etiquetado y empaque de las muestras de suelo, enviadas al laboratorio.
Fuente: Gramajo (2021 pág. 32)



Mapa de ubicación del las sub muestras tomadas en campo para las muestras compuestas

Figura 25. Mapa de ubicación de las sub muestras tomadas de campo, para obtener las muestras compuestas.
Fuente: Gramajo (2021 pág. 32)

Figura 26. Resultados del análisis físico de suelos de las cuatro muestras enviadas al laboratorio de la FAUSAC.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE SUELO-PLANTA-AGUA "SALVADOR CASTILLO ORELLANA"

INTERESADO: AGROPECUARIA ATITLAN
RESPONSABLE: DOMINGO GRAMAJO
PROCEDENCIA: FCA. PANAMÁ, LOTE LAS CAÑAS

ANALISIS FISICOS DE SUELOS

IDENTIFICACION	Gr/cc Da	% HUMEDAD		%			CLASE TEXTURAL
		1/3	15	Arcilla	Limo	Arena	
M-1 0.6M	1.18	16.12	8.57	5.88	10.5	83.62	ARENA FRANCA
M-2 0.6M	0.98	34.87	20.23	7.98	21	71.02	FRANCA ARENOSA
M-3 0.6M	0.8	60.98	41.23	11.81	34.15	54.04	FRANCA

IDENTIFICACION	pH NaF	% M.O	TIPO DE ARCILLA
M-1 0.6M	10.4	3.6	AMORFA
M-2 0.6M	10.9	6.3	AMORFA
M-3 0.6M	10.9	5.07	AMORFA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE AGRONOMIA LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELO AGUA Y PLANTA "SALVADOR CASTILLO ORELLANA" SUB-AREA DE MANEJO DE SUELO Y AGUA

CAMPUS CENTRAL, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
EDIFICIO UVIGER, TERCER NIVEL, CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12, GUATEMALA
CODIGO POSTAL 01012, APARTADO POSTAL 1545, TEL: (502)24189305, (502)24188000 EXT 1562 Ó 1769

Fuente: Laboratorio de Suelo-Planta-Agua "Salvador Castillo Orellana"

Tabla 26. Datos del porcentaje de humedad relativa obtenidos de la estación meteorológica de finca Panamá

Meses	Años									
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Enero	83.97	68.46	82.07	74.77	76.89	82.49	98.9	98.48	99.64	99.73
Febrero	79.57	66.56	81.36	78.74	77.29	78.13	98.93	98.4	99.5	99.15
Marzo	81.48	62.7	78.15	81.43	77.5	82.22	99.1	99.94	99.35	99.69
Abril	86.98	59.48	81.73	81.29	82.59	83.65	99.43	100	99.37	99.61
Mayo	88.72	60.29	85.66	83.14	84.69	88.55	99.96	99.99	99.91	99.99
Junio	88.62	60.41	75.96	78.1	86.59	90.5	100	99.99	100	99.97
Julio	82.9	69.48	67.57	80.4	86.86	88.56	100	99.99	99.98	99.98
Agosto	89.57	69.94	65.69	83.48	86.53	88.96	99.98	99.98	99.99	99.98
Septiembre	88.78	76	65.23	79.02	89.43	89.45	100	100	99.99	100
Octubre	91.24	81.43	66.82	79.84	90.19	99.68	100	100	100	100
Noviembre	77.17	80.99	70.31	83.93	89.53	99.87	99.78	99.97	100	99.96
Diciembre	68.78	80.97	72.76	83.05	83.66	99.88	99.79	99.62	99.95	99.82

Fuente: Datos de la estación de finca Panamá, de los años 2011 a 2020 (2021)

Tabla 27. Datos de la velocidad del viento obtenidos de la estación meteorológica de finca Panamá

Meses	Años									
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Enero	4.8	4.6	3.8	3.2	6.0	5.8	6.4	6.4	6.4	6.4
Febrero	4.8	4.8	3.2	3.2	6.2	6.2	6.6	6.4	6.4	5.8
Marzo	4.8	5.2	4.8	4.8	6.4	6.4	6.4	5.8	6.6	6.4
Abril	4.8	4.8	3.2	4.8	6.4	6.4	7.2	6.4	6.4	6.4
Mayo	4.8	4.8	4.8	4.8	6.4	5.6	6.8	5.6	5.8	6.4
Junio	4.3	3.6	4.6	4.8	5.6	4.8	6.4	5.8	5.6	7.2
Julio	4.3	3.9	3.2	4.8	6.2	5.8	5.8	6.4	5.6	6.6
Agosto	3.6	3.4	3.2	4.8	6.4	6.2	4.8	6.4	5.6	6.6
Septiembre	4.8	4.6	4.8	4.8	6.6	6.4	5.6	6.2	6.4	7.2
Octubre	4.8	3.2	3.2	5.0	6.6	6.6	6.4	5.8	6.4	7.2
Noviembre	3.9	4.1	3.2	6.2	6.4	5.6	5.8	6.2	4.8	6.8
Diciembre	4.6	3.2	4.8	6.2	5.6	6.6	6.4	5.8	6.4	6.6

Fuente: Datos de la estación de finca Panamá, de los años 2011 a 2020 (2021)

Tabla 28. Datos de la temperatura máxima obtenidos de la estación meteorológica de finca Panamá.

Meses	Años									
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
	T Max	T Max	T Max	T Max	T Max	T Max	T Max	T Max	T Max	T Max
Enero	34.4	30.2	30.6	29.4	32.2	29.8	30.6	32.2	29.5	30.9
Febrero	29.93	29.2	30.4	30.4	30.7	32.1	31.3	33	32.8	32.3
Marzo	30.2	31.8	31.7	31.2	32.1	31.9	31.8	31.9	31.7	31.2
Abril	29.3	30.1	32.6	31	31.2	33.3	31.7	30.1	31.8	33.1
Mayo	29.7	29.8	31.3	29.9	31.3	31.4	31.4	29.4	31.8	31.2
Junio	29	30.3	30	30.6	31.6	29.8	31.4	30.1	31.3	30.5
Julio	29	30.3	31.2	31.1	30.6	31.1	30.2	30.4	30.9	31.1
Agosto	29.1	29.7	30.7	30.3	30.8	30.9	30.7	30.7	30.3	30.7
Septiembre	28.9	30.3	29.7	30.5	30.3	29.7	30.3	29.9	30.7	29.7
Octubre	28.1	29.4	29.8	29.9	29.8	29.4	30.4	29.3	29.4	29.8
Noviembre	28.2	29.6	29.5	28.9	29.3	29.7	29.7	30.2	30.9	29.5
Diciembre	29.3	29.9	29.3	29.4	30.4	30.8	30	29.4	29.5	29.2

Fuente: Datos de la estación de finca Panamá, de los años 2011 a 2020 (2021)

Tabla 29. Datos de la temperatura mínima obtenidos de la estación meteorológica de finca Panamá.

Meses	Años									
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
	T Min	T Min	T Min	T Min	T Min	T Min	T Min	T Min	T Min	T Min
Enero	14.6	15.1	15.6	14.9	13.6	16.1	14.1	13.8	15.1	16.2
Febrero	15.3	15.9	15.1	15.1	14.8	15	15.1	15.1	14.4	16.7
Marzo	14	15.4	13	16.3	15.5	17.3	15.4	15.1	15.2	16.6
Abril	14.1	15.4	17.7	16.7	17.3	17.4	16.1	17	15.7	18.1
Mayo	16.8	18.1	17.2	18	17.7	18.9	18.4	18.7	18.2	19
Junio	16.9	17.7	18.2	17.7	17.7	18.3	17.7	17.8	18.8	18.3
Julio	19.9	17.1	17.4	17.9	17.9	17.8	18	17.4	17.8	18.3
Agosto	17.8	17.1	17.7	17.7	18.3	18.2	17.3	17.8	18.6	18.6
Septiembre	18.1	16.8	17.3	18.2	18.3	17.8	19.1	18.1	18.6	18.1
Octubre	16.4	17.2	17.8	17.3	18.7	16.9	16.7	16.9	18.3	18.2
Noviembre	15.3	15.1	16.4	26.5	15.8	14.8	15.8	17.2	17.6	18.1
Diciembre	14.2	14.2	15.9	15.2	16.6	15.9	15.9	14.2	16.4	14.5

Fuente: Datos de la estación de finca Panamá, de los años 2011 a 2020 (2021)

USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE
AGRONOMÍA TROPICAL

Mazatenango, 21 de octubre de 2021.

Ing. Agr. Luis Alfredo Tobar Piril
Coordinador Carrera de Ingeniería en Agronomía Tropical.
Centro Universitario del Suroccidente.
Universidad de San Carlos de Guatemala.

Respetable Ingeniero Tobar Piril:

Por este medio me dirijo a usted, deseando que se encuentre gozando de buena salud.

El motivo de la presente es para informar que luego de haber asesorado y revisado el Trabajo de Graduación titulado: **Rediseño de riego para el cultivo de *Citrus x latifolia* t., rutaceae "limón persa" en finca panamá, agropecuaria atitlán s.a. santa bárbara, Suchitepéquez;** presentado por el estudiante Domingo Ambrocio Gramajo Mejía, quien se identifica con número de carné 201441077 de la carrera de Ingeniería en Agronomía Tropical, y de conformidad con lo establecido en el reglamento de Trabajo de Graduación, doy visto bueno y aprobación, para que el estudiante pueda continuar con el trámite correspondiente.

Agradeciendo de antemano la atención prestada a la presente y sin otro particular me suscribo.

Atentamente.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Arg. M. Sc. Jorge Rubén Sosof Vásquez
Profesor Asesor y Supervisor

CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE
AGRONOMÍA TROPICAL

Mazatenango, 10 de noviembre de 2021.

Licenciado Luis Carlos Muñoz López
Director en funciones
Centro Universitario del Suroccidente.
Universidad de San Carlos de Guatemala.
Su despacho.

Señor Director:

Con fundamento el normativo de Trabajos de Graduación de la Carrera de Agronomía Tropical, me permito hacer de su conocimiento que el estudiante **T.P.A. Domingo Ambrocio Gramajo Mejía** quien se identifica con número de **carné 201441077**, ha concluido su trabajo de graduación titulado: **"Rediseño de riego para el cultivo de Citrus x latifolia T., Rutaceae, Limón Persa, en finca Panamá, Agropecuaria Atitlán S. A. Santa Bárbara, Suchitepéquez."** el cuál fue asesorado por el Ing. Agr. Jorge Rubén Sosof Vásquez, lo que se evidencia con el dictamen correspondiente y revisado por el suscrito.

Como coordinador de la carrera de Agronomía Tropical, hago constar que el estudiante T.P.A. Gramajo Mejía, ha cumplido con lo normado, razón por la que someto a su consideración el documento adjunto, para que continúe con el trámite correspondiente.

Auguro muchos éxitos a sus laborales académicas y le reitero las muestras de mi consideración y estima. Deferentemente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Agr. Luis Alfredo Tobar Piril
Coordinador Carrera

CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE
Coordinador Carrera
INGENIERIA EN AGRONOMIA TROPICAL
U.S.A.C. Mazatenango

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR OCCIDENTE
MAZATENANGO, SUCHITEPEQUEZ
DIRECCIÓN DEL CENTRO UNIVERSITARIO

CUNSUROC/USAC-I-97-2021

DIRECCION DEL CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE, Mazatenango, Suchitepéquez, dieciséis de noviembre de dos mil veintiuno————————.

Encontrándose agregados al expediente los dictámenes del asesor y revisor, SE AUTORIZA LA IMPRESIÓN DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO: **"REDISEÑO DE RIEGO, PARA EL CULTIVO DE Citrus x latifolia T., Rutaceae "LIMÓN PERSA" EN FINCA PANAMÁ, AGROPECUARIA ATITLÁN S.A. SANTA BÁRBARA SUCHITEPÉQUEZ"**, del estudiante: **TPA. Domingo Ambrocio Gramajo Mejía**, carné **201441077 CUI: 2563 93338 1001** de la carrera Ingeniería en Agronomía Tropical.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Lic. Luis Carlos Muñoz Lopez
Director

CENTRO UNIVERSITARIO DE SUR-OCCIDENTE
DIRECCION
U.S.A.C. Mazatenango

/gris