

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA



TRABAJO DE GRADUACIÓN

ESTIMACIÓN DEL NIVEL DE COMPACTACIÓN Y SU RELACIÓN CON LA INFILTRACIÓN EN UN SUELO FRANCO ARENOSO BAJO EL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum spp.*), DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN INGENIO PANTALEÓN LA GOMERA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.

LUIS FRANCISCO PALENCIA VILLATORO

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**ESTIMACIÓN DEL NIVEL DE COMPACTACIÓN Y SU RELACIÓN CON LA
INFILTRACIÓN EN UN SUELO FRANCO ARENOSO BAJO EL CULTIVO DE LA
CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum spp.*), DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN
INGENIO PANTALEÓN LA GOMERA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.**

**PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE
AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

POR

LUIS FRANCISCO PALENCIA VILLATORO

**EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRÓNOMO
EN
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
EN EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADO**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2018

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

RECTOR

Ing. M.Sc. Murphy Olympo Paiz Recinos

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr. Mario Antonio Godínez López
VOCAL I	Dr. Tomás Antonio Padilla Cámara
VOCAL II	Ing. Agr. M. A. César Linneo García Contreras
VOCAL III	Ing. Agr. M.A.Jorge Mario Cabrera Madrid
VOCAL IV	P. Agr. Carlos Waldemar de León Samayoa
VOCAL V	P. Agr. Marvin Manolo Sicajau Pec
SECRETARIO	Ing. Agr. Juan Alberto Herrera Ardón

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2018

Guatemala, noviembre de 2018

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

Honorables miembros

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de Graduación: **ESTIMACIÓN DEL NIVEL DE COMPACTACIÓN Y SU RELACIÓN CON LA INFILTRACIÓN EN UN SUELO FRANCO ARENOSO BAJO EL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR (Saccharum spp.), DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN INGENIO PANTALEÓN LA GOMERA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.**, como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme,

Atentamente,

“ID y ENSEÑAD A TODOS”

LUIS FRANCISCO PALENCIA VILLATORO

ACTO QUE DEDICO A:

DIOS

Por guiarme en todo momento de mi vida, por darme sabiduría para lograr esta meta y por permitirme hacer realidad mis sueños.

MI PADRES

Erwin Leonel Palencia Bocaletti y Yuma Elizabeth Villatoro Alvarado de Palencia por ser mis padrinos de graduación, por todos sus esfuerzos y sacrificios para que yo alcanzara este triunfo, por darme el ejemplo de padres excepcionales, por enseñarme mil y una cosas para salir adelante en la vida y gracias por creer en mí. Los quiero mucho.

MIS HERMANOS

Erwin Hugo Leonel Palencia Villatoro por darme el ejemplo de superación en la vida y Javier Alejandro Palencia Villatoro por acompañarme en cada momento.

Gracias por el apoyo, gracias por todos los momentos compartidos y por esa hermandad que tanto nos une.

MIS ABUELITOS

Heberto Villatoro y Elena Alvarado por su constante apoyo moral y espiritual

MIS ABUELOS

Carlos Palencia y Gilda Bocaletti **Q.E.P.D** por su apoyo durante la carrera.

MI NOVIA

Bárbara Karenina Trabanino Cabrera por ser mi inspiración día a día, por brindarme todo tu apoyo y gracias por motivarme a seguir adelante. Te amo.

- MIS TIOS(A)** Chaly, Marlon, Carlos, Heberto, Yaneth, Paty, Ceci, Gracias por el apoyo que me dieron para alcanzar mi meta.
- LA FAMILIA PALENCIA** Por enseñarme la unión como familia y cada día darme ánimos.
- LA FAMILIA VILLATORO** Por enseñarme el valor que tiene la familia
- A MIS AMIGOS** Rafael Samayoa, Joan Nicolau, Boris Girón, Che, Fabiola, Por la amistad que me han dado, por los momentos de alegría y tristeza compartidos.

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

A:

DIOS

GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

LA FAMILIA PALENCIA

LA FAMILIA VILLATORO

AGRADECIMIENTOS

A:

- ✓ Mi Familia por el apoyo, regaños y enseñanzas para lograr cumplir mis metas.
- ✓ La Universidad de San Carlos de Guatemala y a la Facultad de Agronomía por brindarme las herramientas que me permitirán desenvolverme en el campo profesional.
- ✓ Mi asesor Dr. Tomás Padilla, por su valioso apoyo y sugerencias oportunas para el enriquecimiento del presente documento.
- ✓ Mi evaluador Ing. Agr. David Juárez, por su incondicional apoyo, sugerencias y enseñanzas para el enriquecimiento del presente documento.
- ✓ Mi supervisor Ing. Fernando Rodríguez Bracamonte, por su gran apoyo y consejos para poder realizar este documento.
- ✓ Corporación Pantaleón-Concepción, por permitirme realizar el presente trabajo de graduación.
- ✓ Todo el personal de las fincas que me apoyo en la realización de los estudios de campo.

ÍNDICE GENERAL

PÁGINA

CAPÍTULO I

Sistemas de riego por aspersión semifijos en la región Este de la corporación Pantaleón-Concepción, Escuintla, Guatemala, C.A		1
1.1	Presentación	2
1.2	Marco Referencial	2
1.2.1	Corporación Pantaleón-Concepción.....	2
1.2.2	Ubicación geográfica.....	3
1.3	Objetivos	4
1.3.1	General	4
1.3.2	Específicos	4
1.4	Metodología.....	4
1.5	Resultados	5
1.5.1	Accesorios de los sistemas de riego semifijo	5
1.5.2	Áreas regadas con los equipos semifijos	6
1.5.3	Horas y hectáreas regadas con los equipos de riego semifijos.....	8
1.5.4	Problemáticas y posibles soluciones de los sistemas	10
1.6	Conclusiones y recomendaciones.....	10
1.7	Bibliografía	11

CAPÍTULO II

Estimación del nivel de compactación y su relación con la infiltración en un suelo franco arenoso bajo el cultivo de la caña de azúcar (<i>Saccharum spp.</i>), Municipio de La Gomera, Escuintla, Guatemala, C.A.		12
2.1	Presentación	13
2.2	Marco Teórico	14
2.2.1	Marco Conceptual.	14
2.2.2	Marco Referencial	24
2.3	Objetivos	28
2.3.1	General	28
2.3.2	Específicos	28
2.4	Metodología.....	29
2.4.1	Asignación de lotes Departamento de Riegos, Ingenio Pantaleón.....	29
2.4.2	Muestreo del suelo	30

PÁGINA

2.4.3	Determinación de línea de tendencia central para observar comportamiento de compactación e infiltración del suelo	33
2.5	Discusión de resultados	33
2.5.1	Análisis de suelos.....	33
2.5.2	Valores de K y n (Kostiakov Lewis) muestras con textura franco arenosa	34
2.5.3	Datos obtenidos de compactación e infiltración en las tres épocas de desarrollo fenológico del cultivo de caña de azúcar	35
2.5.4	Relación de la velocidad de infiltración con el grado de compactación por estrato	38
2.6	Conclusiones.....	42
2.7	Bibliografía	43
CAPÍTULO III		
	Proyectos Profesionales en el Ingenio Pantaleón, Santa Lucia Cotzumalguapa, Escuintla.....	46
2.1	Presentación	47
2.2	Disponibilidad de la flota de sistemas de riego móviles de la corporación Pantaleón	48
2.2.1	Presentación	48
2.2.2	Objetivos	49
2.2.3	Metodología.....	49
2.2.4	Resultados	49
2.2.5	Evaluación.....	51
2.3	Elaboración de catálogo de accesorios de un sistema de riego semifijo midi.....	51
2.3.1	Presentación	51
2.3.2	Objetivos	52
2.3.3	Metodología.....	52
2.3.4	Resultados	52
2.3.5	Evaluación.....	53
2.4	Estado actual y proyecciones futuras del recurso hídrico en cuanto a cantidad y calidad.....	54
2.4.1	Presentación	54
2.4.2	Objetivos	54
2.4.1	Metodología.....	54

	PÁGINA
2.4.2	Resultados 55
2.4.3	Evaluación..... 55
2.5	Bibliografía 56
2.6	Anexos 56

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1	Región Este (azul) de la Corporación Pantaleón-Concepción..... 3
Figura 2	Fincas pertenecientes a la región Este de la corporación Pantaleón-Concepción..... 4
Figura 3	Área total regada en Finca Florida Granai, zona agrícola Paso Antonio.... 6
Figura 4	Área total regada en Finca Punían uno (1) y dos (2), zona agrícola Paso Antonio..... 7
Figura 5	Área total regada en Finca Florato, zona agrícola Paso Antonio..... 8
Figura 6	Penetrometro Modelo #6100 usado para la medición de compactación de suelo en finca..... 18
Figura 7	Calicatas de los 10 puntos (lotes) para referencia de estructura del suelo.. 23
Figura 8	Precipitación en milímetros conforme al estrato altitudinales..... 25
Figura 9	Influencia de estaciones meteorológicas en puntos de muestreo..... 26
Figura 10	Climadiagrama estación meteorológica Bonanza para el año 2015, con datos registrados en el portal de Cengicaña..... 27
Figura 11	Climadiagrama estación meteorológica Tehuantepeq para el año 2015, con datos registrados en el portal de Cengicaña..... 28
Figura 12	Ubicación geográfica del área y lotes asignados (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10) en donde se realizaron las muestras de suelo para su clasificación textural y puntos muestreados (2, 6 y 7)..... 29
Figura 13	Metodología para la toma de muestras con barreno para clasificación de clase textural..... 30
Figura 14	Etapas de desarrollo del cultivo de la caña de azúcar y escala de tiempo de realización de pruebas y toma de datos..... 31
Figura 15	Utilización del penetrometro para la determinación del nivel de compactación del suelo..... 31
Figura 16	Metodología para la determinación de la infiltración por el método de infiltrometro de doble cilindro..... 32
Figura 17	Comportamiento de la compactación en finca Churrubusco en cada una de las diferentes profundidades por época..... 36
Figura 18	Comportamiento de la compactación en finca Las Pampas en cada una de las diferentes profundidades por época..... 37

PÁGINA

Figura 19	Comportamiento de la compactación en finca Limoncitos en cada una de las diferentes profundidades por época.....	37
Figura 20	Comportamiento de la velocidad de infiltración según la compactación en el estrato 0 a 10 cm.....	38
Figura 21	Comportamiento de la velocidad de infiltración según la compactación en el estrato 10 a 20 cm.....	39
Figura 22	Comportamiento de la velocidad de infiltración según la compactación en el estrato 20 a 30 cm.....	40
Figura 23	Comportamiento de la velocidad de infiltración según la compactación en el estrato 30 a 40 cm.....	41
Figura 24	Comportamiento de la velocidad de infiltración con el grado de compactación en cada uno de los estratos.....	42

ÍNDICE DE CUADROS**PÁGINA**

Cuadro 1	Accesorios de los sistemas de riego semifijo.....	5
Cuadro 2	Horas y hectáreas regadas con los equipos de riego semifijos de la fincas Florato, Florida Granai y Punían uno (1) y dos (2).....	9
Cuadro 3	Problemáticas de sistemas semifijos y posibles soluciones.....	10
Cuadro 4	Escala granulométrica, Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA).....	20
Cuadro 5	Resultado de análisis físico de suelo donde la textura es franco arenosa...	34
Cuadro 6	Valores de k y n (Kostiakov Lewis) muestras con textura franco arenoso...	34
Cuadro 7	Datos de Infiltración y compactación de cada punto donde se realizaron las mediciones.	35
Cuadro 8	Total de días parados por desperfectos mecánicos de motobombas de las zonas agrícolas.....	50
Cuadro 9	Cantidad de días en que estuvieron descompuestas las motobombas.....	50
Cuadro 10	Comparación de nombres correctos con nombres que le ponen los operadores.....	53

RESUMEN

El presente documento contiene el informe de las actividades realizadas durante el Ejercicio Profesional realizado en el Ingenio Pantaleón durante los meses de febrero a noviembre del año 2015.

La Corporación Pantaleón-Concepción es una organización dedicada al cultivo de caña de azúcar para la producción de azúcar, alcoholes, melaza y energía eléctrica, esta dividida en tres regiones (Oeste, Norte y Este) y 11 zonas productivas: Verapaz, El Baúl, Pantaleón, Puyumate, Florida Pantaleón, Bonampak, Limones, Playa Grande, Concepción, Paso Antonio y California, en su conformación existe el Departamento de Riegos el cual se encarga de velar por el uso y las adquisición de sistemas de riego que sean eficientes en costos y utilización de agua.

El diagnóstico consiste en un análisis de la situación de operación y el manejo que el personal le da a los sistemas de riego que se han implementado: riego semifijo mini, midi y xcell; se lograron determinar algunas deficiencias en el uso, cuidados y mantenimiento, para reducir estas se capacitó al personal en los temas: optimizar la operación. Estos sistemas son de gran utilidad para mantener los suelos de las diferentes áreas con la humedad necesaria para el crecimiento de la caña.

En Guatemala existe alta variabilidad de tipos de suelos. Se encuentran identificados siete (7) órdenes de 12 que existen (Tobias, H., 2000); en la región donde la Corporación Pantaleón-Concepción cultiva caña de azúcar existen seis órdenes de suelo: Mollisoles (ocupa el 40% del área cultivada), Andisoles, Entisoles, Inceptisoles, Alfisoles y Vertisoles (Cengicaña, 2012). Todos compuestos por texturas diferentes: francas, arenosas y arcillosas, una de las texturas que han mostrado mejores resultados en el cultivo es franco arenosa por comprender un 50 a 70% de arena y el resto compuesto por limo y arcilla (Padilla, 2012), esta se labora mecanizadamente en su preparación y cosecha de caña, causando compactaciones y generando cambios en la estructura del suelo, afectando la velocidad de infiltración, conllevando gastos innecesario de agua y al mismo

tiempo el aumento de costos al momento de utilizar los equipos de riego presurizados(Pocasangre, 2015).

La compactación del suelo causa aumento de la densidad aparente del suelo, pérdida de la macro porosidad (disminución de la cantidad de espacios de retención de aire y agua), disminución de la velocidad de infiltración, provocando anegamiento o inundación y afectando el desarrollo de la planta de caña de azúcar (*Saccharum spp.*). Una compactación severa puede causar una pérdida de rendimiento de hasta un 60%(Pioneer, 2013).

La investigación consiste, con muestras de suelo llevadas al laboratorio de Cengicaña se clasificaron y seleccionaron los suelos con textura franco arenosa, con el penetrometro se determinó la compactación por el método de doble cilindro y el método de Kostiakov Lewis la velocidad de infiltración, con todos los datos obtenidos se concluyó que entre mayor sea la compactación en el suelo menor será la velocidad de infiltración y viceversa entre menor compactación mayor es la velocidad de infiltración.

Los proyectos que se realizaron como parte de los servicios profesionales fueron: a) establecimiento la disponibilidad de motobombas en correcto y mal estado en las fincas de la empresa, se contabilizaron 283 bombas que operan 162 días cada una, el 5% del total de días no operaron por desperfectos mecánicos, se determinó que 16 bombas no operaron durante el tiempo de riego, esta información permitió tomar la decisión de hacer 28 renovaciones de equipos que necesitaban cambio por no cumplir los requerimientos; b) elaboración de catálogo de accesorios para sistema de riego semifijo midi, el sistema está compuesto por 17 accesorios de estos nueve (9) el personal lo nombra de diferente manera, mediante capacitaciones se logró que el personal conozca el nombre correcto y se familiaricen con los accesorios de los sistemas de riego y la elaboración del estado actual y c) proyecciones futuras del recurso hídrico en cuanto a cantidad y calidad, para poder actualizar datos de precipitación tomados con los pluviómetros que están distribuidos en todas las regiones y así realizar balance hídrico para la aplicación de láminas, según la cantidad de agua que precipita en el área.



CAPÍTULO I

Diagnóstico de los sistemas de riego por aspersión semifijos en la región Este de la Corporación Pantaleón-Concepción, Escuintla, Guatemala, C.A.

1.1 Presentación

La Corporación Pantaleón-Concepción es una organización dedicada al cultivo de caña de azúcar para la producción de azúcar, alcoholes, melaza y energía eléctrica. Conformada por diversos departamentos, uno de estos es Ingeniería Agrícola con las funciones: Diseño agrícola, riegos, preparación y adecuación de tierras y obra civil agrícola.

La Corporación está dividida en tres regiones (Oeste, Norte y Este) esta a su vez está compuesta por once zonas productivas entre las cuales tenemos: Región Oeste: Verapaz, El Baúl, Pantaleón, Puyumate; Región Centro: Florida Pantaleón, Bonampak, Limones, Playa Grande y Región Este: Concepción, Paso Antonio y California en la cual se realizó un análisis de la situación de los diferentes sistemas de riego por aspersión semifijos, para establecer los tipos de sistemas de riego semifijos existentes en la región e identificar la problemática en los sistemas semifijo y proponer soluciones, teniendo en cuenta las situaciones en que laboran esos sistemas así como el uso que el personal le da a cada uno de ellos; se recolectó la información de los sistemas y se consultó a las empresas que lo fabrican la estructura, con esto se comparó los nombres de las empresas con los del personal.

Entre los sistemas semifijos que encontramos: mini opera 1492 horas, regando en 449 hectáreas, midi opera 1718 horas, regando en 315 hectáreas y xcell opera 3157 horas, regando en 1509 hectáreas.

1.2 Marco Referencial

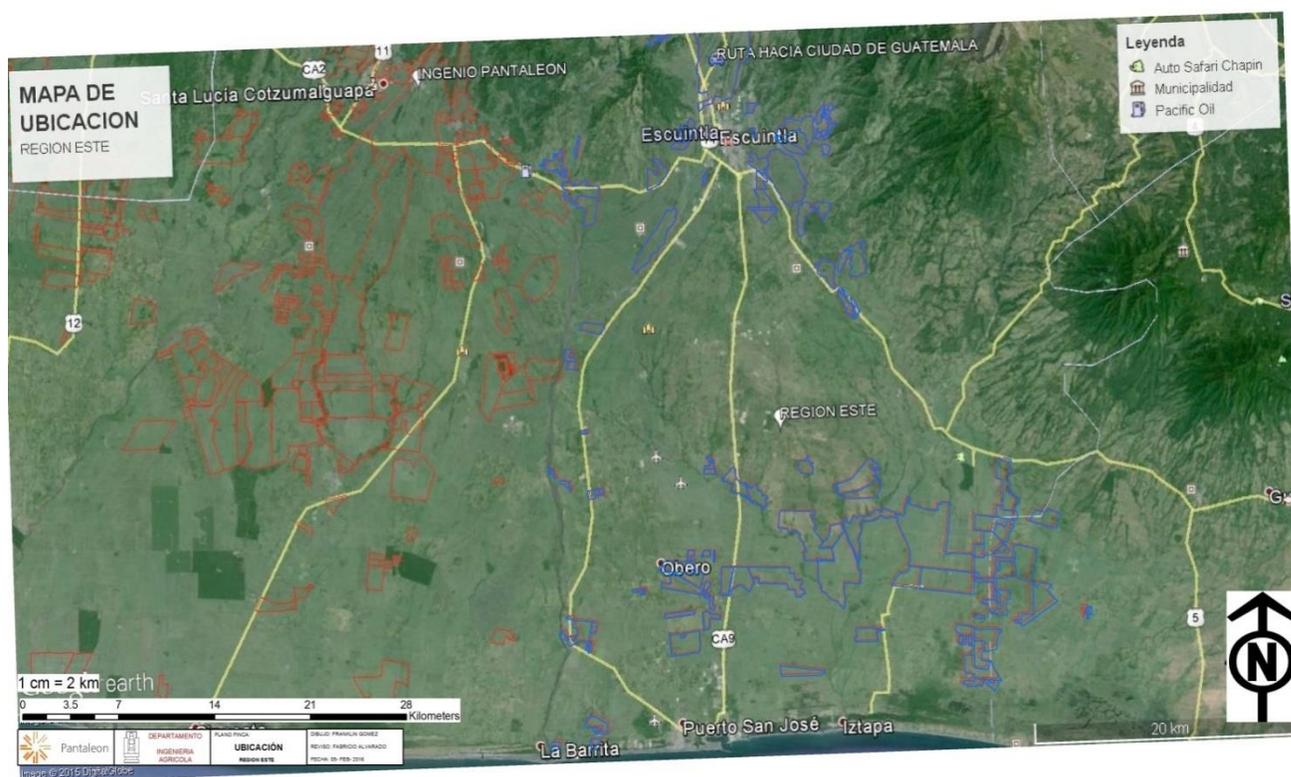
1.2.1 Corporación Pantaleón-Concepción

Organización agroindustrial que se dedica al cultivo y procesamiento de caña de azúcar para la producción de azúcar, mieles, alcoholes y energía eléctrica. El área del cultivo es de 5,000 hectáreas distribuidas de Santa Rosa, Taxisco a Retalhuleu. Está dividida en tres regiones productivas: Este, Centro y Oeste. La región Este está dividida en varias fincas: California, Punían uno (1) y dos (2), Florato, Florida Granai, Paso Antonio, Zulia, El

Prado, Albania, El Eden, Santa Anita, Fisher, San Martín, San Rafael, Portobello, Jaronu, Entre Ríos, San Juan Sinacapa, Perú y Bariloche.

1.2.2 Ubicación geográfica

La Región Este, se encuentran a los alrededores del Ingenio Concepción, la finca California se encuentra en carretera a Chiquimulilla por auto safari chapín y Paso Antonio a orillas de la autopista hacia puerto San José.

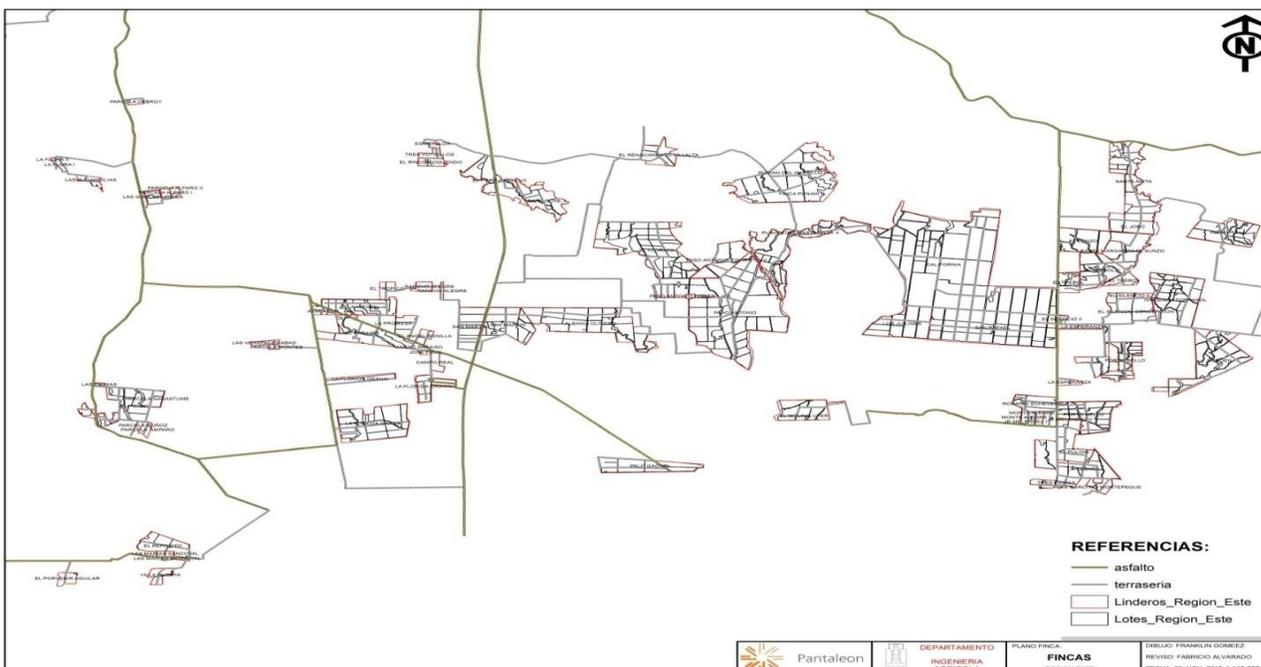


(Departamento de Diseño, Ingenio Pantaleón)

Figura 1 Región Este (azul) de la Corporación Pantaleón-Concepción

En la figura 1 se observa de color azul la región Este, ubicada desde Escuintla hasta áreas cercanas a las costas del pacífico.

En la figura 2 observa las fincas de la región Este entre las que encontramos California, Punían uno (1) y dos (2), Florato, Florida Granai, Paso Antonio, Zulia, El Prado, Albania, El Eden, Santa Anita, Fisher, San Martín, San Rafael, Portobello, Jaronu, Entre Ríos, San Juan Sinacapa, Perú y Bariloche.



(Departamento de Diseño, Ingenio Pantaleón)

Figura 2 Fincas pertenecientes a la región Este de la corporación Pantaleón-Concepción

1.3 Objetivos

1.3.1 General

- Conocer la situación de los sistemas de riego por aspersion semifijos en la región Este de La corporación Pantaleón-Concepción.

1.3.2 Específicos

- Establecer los tipos de sistemas de riego por aspersion semifijos existentes en la región.
- Identificar la problemática en los sistemas de riego por aspersion semifijo y proponer posibles soluciones.

1.4 Metodología

Se recolectó información de campo entrevistando al personal que labora en el área de las fincas donde se encuentran los sistemas semifijos, de cómo operan, que mantenimiento le dan y conocimiento de las partes y accesorios de los mismos.

Teniendo la información recolectada, se consultó con las empresas que instalaron el sistema y personal con experiencia, el contenido de accesorios, forma de operación y el mantenimiento correcto. Se impartió una charla sobre la operación, manejo y cuidados de los sistemas de riego semifijo impartida al personal que labora en riegos. Luego de 1 mes y medio de fecha 9 de febrero al 25 de marzo de 2015 se evaluó al personal para verificar que la operación, manejo y mantenimiento se realizaran correctamente.

1.5 Resultados

1.5.1 Accesorios de los sistemas de riego semifijo

En la región Este encontramos tres tipos de sistemas de riego semifijos entre los cuales tenemos el mini, el midi y el último en incorporarse es el xcell wobbler, en estos encontramos una variedad de accesorios que componen cada uno de los sistemas.

En el cuadro 1 se nombran los accesorios de cada sistema de riego semifijo.

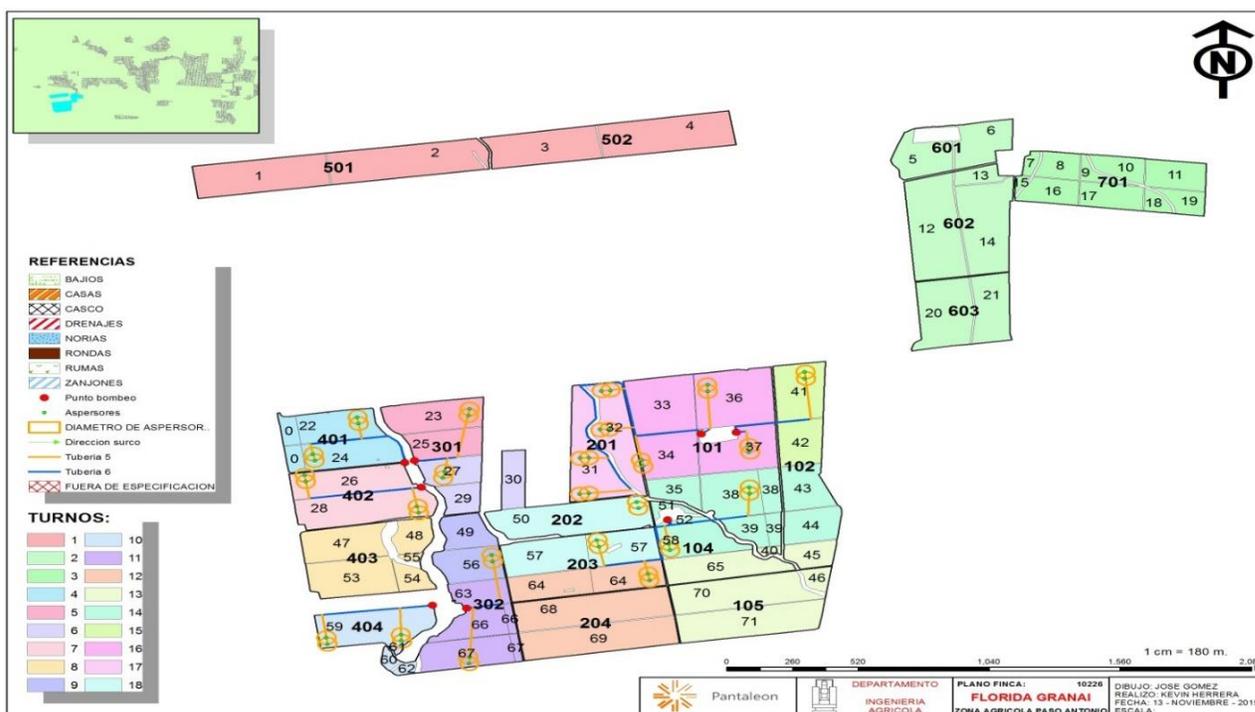
Cuadro 1 Accesorios de los sistemas de riego semifijo

Midi	Xcell Wobbler	Mini
Válvula de alivio	Tubo PVC UV de 63mm	Válvula de alivio
Válvula de aire	Aspersores Wobbler boq. 10	Válvula de aire
Tubería PVC	Regulador 25psi	Tubería aluminio
Hidrante	Estabilizador	Hidrante
Tee hembra- macho	Tee hembra- macho	Tee hembra- macho
Tubería 3" x 9m PVC UV	Prolongador	Tubería 2" x 9m aluminio
Aspersor Senninger 7025	Tapón final 6"	Aspersor Senninger 4023
Regulador 45psi	Codo normal 6"	Regulador 25psi
Codo normal 3"	Tee normal	Codo normal 2"
Tee normal 3"	Tubo 6" x 9m	Tee normal 2"
	Tee hidrante 6" x 6" x 3"	
	Válvula abre hidrante	

1.5.2 Áreas regadas con los equipos semifijos

En las figuras 3, 4 y 5 se muestran las áreas que abarca cada uno de los sistemas de riego de cada finca.

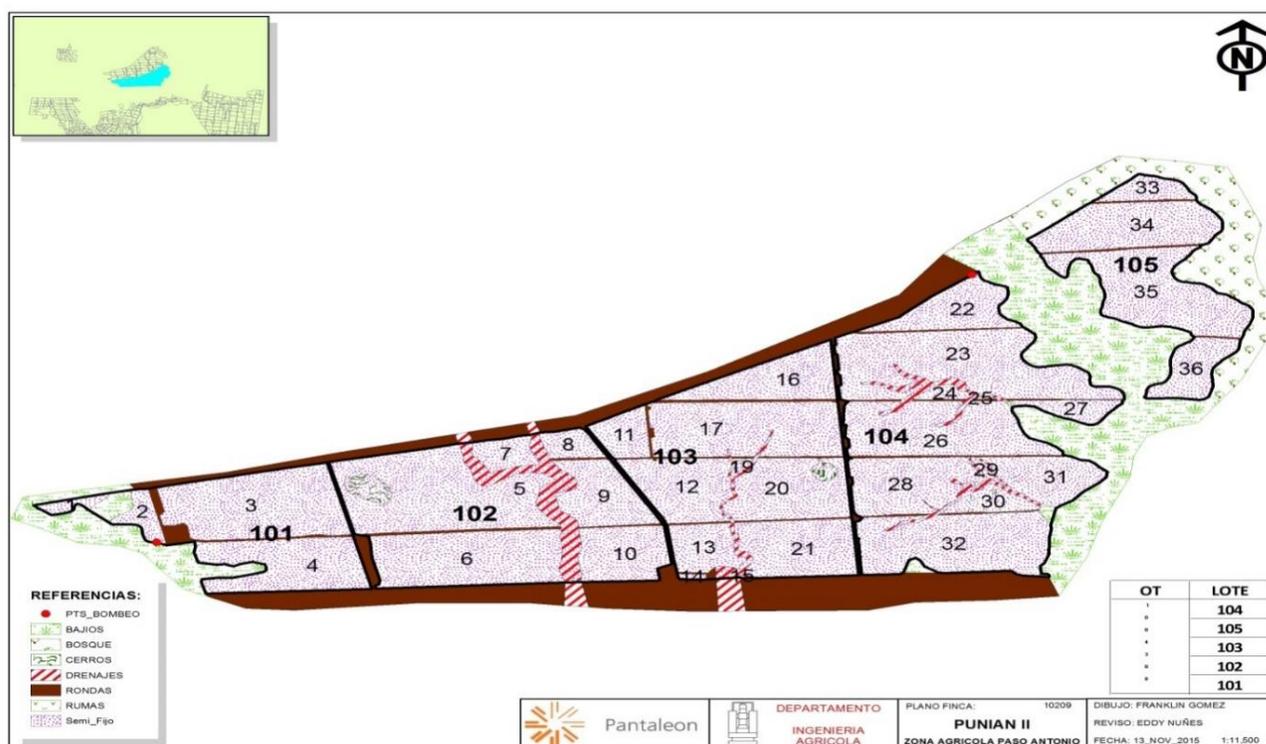
En la figura 3 observamos la finca Florida Granai las cuales abarcan un área de 449 Hectáreas sembradas con caña de azúcar dividida en 20 lotes, en esta finca se encuentra instalado un sistema de riego semifijo mini, el modo de operación del sistema es por medio de turnos de riego, regando un área específica por cada turno de operación, en esta finca se opera con 18 turnos de riego identificados por colores diferentes.



(Departamento de Diseño, Ingenio Pantaleón)

Figura 3 Área total regada en Finca Florida Granai, zona agrícola Paso Antonio

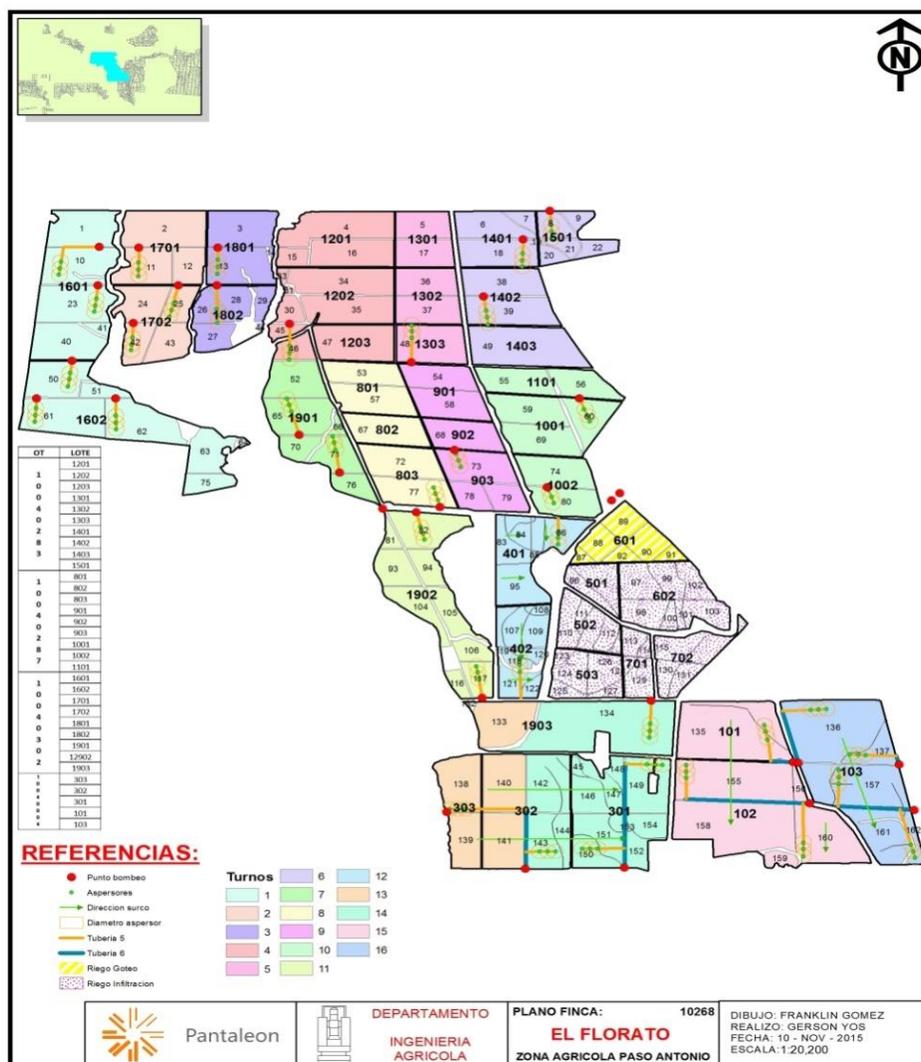
En la figura 4 observamos la finca Punían 1 y 2 las cuales abarcan un área de 315 Hectáreas sembradas con caña de azúcar dividida en 5 lotes, en esta finca se encuentra instalado un sistema de riego semifijo midi, el modo de operación del sistema es por medio de turnos de riego, regando un área específica por cada turno de operación, en esta finca se opera con 4 turnos de riego.



(Departamento de Diseño, Ingenio Pantaleón)

Figura 4 Área total regada en Finca Punían uno (1) y dos (2), zona agrícola Paso Antonio

En la figura 5 observamos la finca Florato las cuales abarcan un área de 1509 Hectáreas sembradas con caña de azúcar dividida en 35 lotes, en esta finca se encuentra instalado un sistema de riego semifijo xcell wobbler, el modo de operación del sistema es por medio de turnos de riego, regando un área específica por cada turno de operación, en esta finca se opera con 16 turnos de riego.



(Departamento de Diseño, Ingenio Pantaleón)

Figura 5 Área total regada en Finca Florato, zona agrícola Paso Antonio

1.5.3 Horas y hectáreas regadas con los equipos de riego semifijos

Los sistemas semifijos son sistemas que riegan áreas determinadas ya que su tubería principal se encuentra enterrada, en los sistemas que se tiene en las áreas de la región Este, son monitoreados por diferentes personas y son utilizados en tiempos y áreas de mojado diferentes. Los tiempos y áreas de riego se encuentran plasmados en el cuadro 2.

Cuadro 2 Horas y hectáreas regadas con los equipos de riego semifijos de la fincas Florato, Florida Granai y Punían uno (1) y dos (2)

Zonas	EE	Categoría	Cd_Finca	Turno	Finca	hr	ha	hr_ha	ha_hr
10	10040129	DR01 Diesel 76-100Hp	10226	1	La Florida Granai	132	32	4.13	0.242
10	10040129	DR01 Diesel 76-100Hp	10226	2	La Florida Granai	168	46	3.65	0.274
10	10040129	DR01 Diesel 76-100Hp	10226	3	La Florida Granai	53	14	3.79	0.264
10	10040129	DR01 Diesel 76-100Hp	10226	4	La Florida Granai	66	18	3.67	0.273
10	10040129	DR01 Diesel 76-100Hp	10226	5	La Florida Granai	44	11	4.00	0.25
10	10040129	DR01 Diesel 76-100Hp	10226	6	La Florida Granai	39	10	3.90	0.256
10	10040129	DR01 Diesel 76-100Hp	10226	7	La Florida Granai	61	16	3.81	0.262
10	10040129	DR01 Diesel 76-100Hp	10226	8	La Florida Granai	63	17	3.71	0.27
10	10040328	DP08 GLP	10226	9	La Florida Granai	111	26	4.27	0.234
10	10040328	DP08 GLP	10226	10	La Florida Granai	53	14	3.79	0.264
10	10040328	DP08 GLP	10226	11	La Florida Granai	101	24	4.21	0.238
10	10040328	DP08 GLP	10226	12	La Florida Granai	145	36	4.03	0.248
10	10040328	DP08 GLP	10226	13	La Florida Granai	168	46	3.65	0.274
10	10040328	DP08 GLP	10226	14	La Florida Granai	172	48	3.58	0.279
10	10040328	DP08 GLP	10226	15	La Florida Granai	164	42	3.90	0.256
10	10040328	DP08 GLP	10226	16	La Florida Granai	50	14	3.57	0.28
10	10040328	DP08 GLP	10226	17	La Florida Granai	56	16	3.50	0.286
10	10040328	DP08 GLP	10226	18	La Florida Granai	72	19	3.79	0.264
					TOTAL	1718	449	3.83	0.261
10	10040305	DP08 GLP	10212	1	Punian I y II	222	43.4	5.12	0.195
10	10040307	DP08 GLP	10212	2	Punian I y II	356	71.2	5.00	0.2
10	10040309	DP08 GLP	10212	3	Punian I y II	405	84	4.82	0.207
10	10040332	DP08 GLP	10212	4	Punian I y II	509	116	4.39	0.228
					TOTAL	1492	315	4.74	0.211
10	10040302	DP08 GLP	10268	1	El Florato	250	110	2.27	0.44
10	10040302	DP08 GLP	10268	2	El Florato	170	88	1.93	0.518
10	10040302	DP08 GLP	10268	3	El Florato	189	90	2.10	0.476
10	10040302	DP08 GLP	10268	4	El Florato	194	97	2.00	0.5
10	10040302	DP08 GLP	10268	5	El Florato	166	83	2.00	0.5
10	10040302	DP08 GLP	10268	6	El Florato	194	95	2.04	0.49
10	10040302	DP08 GLP	10268	7	El Florato	190	86	2.21	0.453
10	10040302	DP08 GLP	10268	8	El Florato	201	84	2.39	0.418
10	10040283	DR01 Diesel 76-100Hp	10268	9	El Florato	170	83	2.05	0.488
10	10040283	DR01 Diesel 76-100Hp	10268	10	El Florato	175	94	1.86	0.537
10	10040283	DR01 Diesel 76-100Hp	10268	11	El Florato	178	82	2.17	0.461
10	10040283	DR01 Diesel 76-100Hp	10268	12	El Florato	184	96	1.92	0.522
10	10040283	DR01 Diesel 76-100Hp	10268	13	El Florato	199	94	2.12	0.472
10	10040283	DR01 Diesel 76-100Hp	10268	14	El Florato	230	114	2.02	0.496
10	10040283	DR01 Diesel 76-100Hp	10268	15	El Florato	245	112	2.19	0.457
10	10040283	DR01 Diesel 76-100Hp	10268	16	El Florato	222	101	2.20	0.455
					TOTAL	3157	1509	2.09	0.478

En el cuadro 2 observamos la cantidad de área que riega cada uno de los sistemas, teniendo un total de 2273 hectáreas regadas por los sistemas semifijos siendo la región donde se encuentran la mayor parte de estos y en donde se riega la mayor cantidad de hectáreas.

1.5.4 Problemáticas y posibles soluciones de los sistemas

En los sistemas semifijos que operan en la región Este se identificaron varias problemáticas en la operación, mantenimiento y descripción de accesorios, en el cuadro 3 se describen cada uno de los problemas y se proponen posibles soluciones.

Cuadro 3 Problemáticas de sistemas semifijos y posibles soluciones.

Problemáticas en sistemas semifijos	Posibles soluciones
Nombramiento incorrecto de cada una de los accesorios, incurriendo en gastos innecesarios.	Realizar catálogo de cada sistema donde aparezcan imágenes de accesorios y su respectiva descripción.
No se realiza mantenimiento preventivo si no mantenimiento correctivo el cual es más costoso.	Programar mantenimientos preventivos durante la operación.
No se cumple con los turnos programados de riego según diseño.	Uso de plano de turnos de riego según diseño.
Tardanza en la reparación del sistema al momento de alguna falla por la empresa que renta el sistema.	Reunirse con representantes de empresas y presentar tiempos perdidos por tardanza en reparación.

1.6 Conclusiones y recomendaciones

1. Los sistemas de riego semifijo existentes en la región este de la corporación Pantaleón-concepción están el mini, midi y xcell wobbler.

2. En la región se identificaron una variedad de problemas en la operación mantenimiento y descripción de accesorios de los sistemas entre los principales tenemos: cumplimiento de turnos de riego, no se da mantenimiento preventivo, tiempo de reparación de los equipos por parte de empresas que los alquilan, mal nombramiento que se les da a los diferentes accesorios del sistema midi.
3. Utilizar diseño del sistema y cumplir con los turnos para optimizar tiempo, combustible y agua.
4. Programar mantenimientos preventivos para los sistemas para mejorar el rendimiento y vida útil de los equipos.
5. Tener reuniones mensuales con las empresas que rentan los sistemas para reducir pérdidas de tiempo por fallas.
6. Desarrollar catálogo de accesorios con fotografías, nombres correctos y especificaciones de cada uno de los sistemas.

1.7 Bibliografía

1. Amanco, Guatemala. 2014. Listado de precios. Guatemala, Mexichem. 32 p.
2. Bonilla, O. 2015. Usos, cuidados y mantenimiento de sistemas de riego (entrevista). Guatemala, Central América and Caribbean, Senninger Irrigation, Regional Manager México.
3. Durman, Guatemala. 2015. Lista de precios. Guatemala, Aliaxis. 28 p.
4. Esquivel, G. 2015. Usos, cuidados y mantenimiento de sistemas de riego (entrevista). Guatemala, Durman Aliaxis.
5. López, G. 2015. Usos, cuidados y mantenimiento de sistemas de riego (entrevista). Guatemala, Amanco Guatemala.
6. Pérez, A. 2015. Usos, cuidados y mantenimiento de sistemas de riego (entrevista). Guatemala, Amanco Guatemala.
7. Senninger Irrigation, Estados Unidos. 2015. Riego de cobertura total e invernaderos y viveros. Estados Unidos. 52 p.
8. Senninger Irrigation, Guatemala. 2016. Entrenamiento Senninger Irrigation-mantenimiento aspersores. Guatemala. 25 p.

No. 130.  *Rolando Ramos*
REVISOR



CAPÍTULO II
Investigación

Estimación del nivel de compactación y su relación con la infiltración en un suelo franco arenoso bajo el cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum spp.*), Municipio de La Gomera, Escuintla, Guatemala, C.A.

2.1 Presentación

En Guatemala existe una alta variabilidad en los suelos que se encuentran distribuidos en el territorio. Según la clasificación taxonómica de reconocimiento de los suelos de la república se encuentra identificados 7 órdenes de los 12 que existen, entre estos tenemos los Andisoles, Entisoles, Histosoles, Inceptisoles, Mollisoles, Ultisoles y Vertisoles; estos se clasifican dependiendo de los metros sobre el nivel del mar (msnm) y la humedad del área donde se encuentren (Tobias, H., 2000)

En la región donde la corporación Pantaleón-Concepción cultiva caña de azúcar, existen seis órdenes de suelo, nueve subórdenes, 13 grandes grupos, 25 subgrupos y 37 familias, entre los órdenes de mayor importancia se tienen en el área Mollisoles, Andisoles, Entisoles, Inceptisoles, Alfisoles y Vertisoles (Cengicaña, 2012).

Esta investigación se realizó en suelos en su mayoría del orden Mollisoles, que ocupan el 40% del área cultivada, son suelos medianamente evolucionados con horizontes ABC y AC. Presentan un horizonte superficial de espesor variable y color oscuro con contenidos medios de materia orgánica. En su mayoría son suelo de textura franca y franco arenoso, con subsuelo frecuentemente arenoso (Cengicaña, 2012).

La textura franco arenosa está compuesta en su mayoría de arenas y pequeños porcentajes de limo y arcilla, las arenas comprenden de un 50 a un 70% de la composición (Padilla, 2012).

En las fincas de la corporación Pantaleón-Concepción se utilizan equipos mecanizados para la preparación de suelos (tractores e implementos) y cosecha (cosechadora) de la caña de azúcar (*Saccharum spp.*), este uso de la maquinaria ha causado que el suelo se compacte, generando un cambio en la estructura del suelo, afectando la velocidad con que el agua se infiltra, teniendo así un gasto innecesario de agua y al mismo tiempo el aumento de costos al utilizar los equipos de riego presurizados, en cuanto a ello los cambios en el valor de velocidad de infiltración ha variado a la compactación, por lo que se debe tomar en cuenta al momento de aplicar riego (Pocasangre, 2015).

La compactación del suelo causa aumento de la densidad aparente del suelo. Esto hace que haya pérdida de la macro porosidad disminuyendo la cantidad de espacios en donde se retiene aire y agua, esto a su vez disminuye la velocidad de infiltración provocando anegamiento o inundación, afectando el desarrollo de la planta de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) disminuyendo los rendimientos. Una compactación severa puede causar una pérdida de rendimiento de hasta un 60%, sin embargo, se estima que en promedio la compactación reduce el potencial de rendimiento entre un 10 a 20%(Pioneer, 2013).

En este trabajo con muestras de suelo llevadas al laboratorio de Cengicaña se clasificaron y seleccionaron los francos arenosos, por medio del penetrometro se determinó su compactación, y por el método de doble cilindro y el método de Kostiakov Lewis la velocidad de infiltración, concluyendo entre mayor sea la compactación en el suelo menor será la velocidad de infiltración y viceversa.

2.2 Marco Teórico

2.2.1 Marco Conceptual

A. Relación suelo-planta-agua-clima

El departamento de agricultura de los Estados Unidos USDA considera que la cantidad de agua disponible en el suelo para consumo de la planta se determina por sus propiedades físicas. Dicha cantidad es determinante para la vida de la planta y es básica para establecer tanto el volumen como la frecuencia del riego requerido para asegurar el desarrollo continuo del cultivo (Martinez, 1996).

Las características físicas y en especial la textura del suelo, tienen una gran influencia en la profundidad de enraizamiento. Los suelos de textura gruesa permiten una mayor profundización de las raíces que los suelos de textura fina. La profundidad de enraizamiento está relacionada con el tamaño del cultivo.

B. El riego

Se define como la aplicación artificial de agua al perfil del suelo con el propósito de suplir la cantidad necesaria para que las plantas produzcan económica y permanentemente (Sandoval, 2002).

C. Compactación del suelo

La estructura de suelo ideal se compone de un 50% de partícula sólida, 25% de espacio de agua y 25% del espacio con aire (Pioneer, 2013).

La compactación del suelo modifica estas proporciones produciendo un aumento en su densidad (densidad aparente), aumentando su resistencia mecánica, destruyendo y debilitando su estructuración. Todo esto hace disminuir la porosidad total y la macro porosidad (porosidad de aireación) del suelo (Pioneer, 2013).

La compactación del suelo provoca la pérdida de rendimiento en la producción de los cultivos, mediante la restricción del crecimiento de las raíces y la reducción de la circulación del aire y el agua en el suelo (Wild, 1992).

Las raíces utilizan agua y oxígeno para poder desarrollarse, necesitan un espacio poroso adecuado entre las partículas del suelo. El principal obstáculo con el que se puede encontrar la raíz en su crecimiento es el impedimento a crecer, el cual puede deberse tanto a la presencia de rocas u horizontes muy pedregosos a poca profundidad, como a la presencia de capas de suelo endurecidas o compactadas, en las cuales la densidad es alta y existen pocos espacios entre las partículas. Debemos tener en cuenta que, aunque las raíces son capaces de penetrar por grietas y poros muy pequeños, las paredes de éstos deben ser capaces de ceder ante la presión ejercida por éstas. Conforme va aumentando la densidad del suelo el crecimiento de las raíces va requiriendo un mayor gasto de energía y su desarrollo va siendo afectado, pudiendo verse totalmente impedido si la compactación es excesiva (Ibañez, 2006).

La compactación del suelo causa disminución de la macro porosidad y con ello afecta su capacidad de infiltración, lo cual dificulta la entrada y el flujo de agua al interior del

suelo, ocasionando un mayor escurrimiento superficial, erosión y una menor capacidad de almacenamiento de agua en el perfil del suelo (Medina, 2006).

También la compactación, y en especial las capas endurecidas y pisos de arado, originan una barrera o impedimento mecánico para la penetración de las raíces, disminuyendo con ello su capacidad de exploración y extracción de agua y nutrimentos; para poder medir la compactación existen varios métodos entre los cuales tenemos, el penetrometro, densímetro nuclear, dilatómetro de Marchetti y cono de arena; muchos de los que mencionamos anteriormente no se encuentran en Guatemala y entre los que dan datos más verídicos o exactos tenemos el penetrometro, el cual se utilizó en esta investigación por su fácil uso, lectura y exactitud.

a. Factores que tienen efecto directo sobre el crecimiento de las raíces

i. Aumento de la resistencia mecánica del suelo.

El aumento de la resistencia mecánica del suelo va a restringir el crecimiento de las raíces a espacios de menor resistencia, tales como los que se ubican entre las estructuras (terrones), en cavidades formadas por la fauna del suelo (lombrices) y en espacios que se producen por la descomposición de restos orgánicos gruesos (raíces muertas)(Riego, 2011).

ii. Disminución de la macro porosidad del suelo

La disminución de la macro porosidad del suelo va a producir una baja capacidad de aireación y oxigenación del mismo, lo que va a producir una disminución de la actividad de las raíces y, consecuentemente, un menor crecimiento de éstas, un menor volumen de suelo explorado, una menor absorción de agua y nutrientes. Este efecto se puede agravar si se riega en forma excesiva, llegando a provocar la muerte de las raíces por asfixia (Pioneer, 2013).

Esto es debido a que los escasos macro poros que pueden airear el suelo van a permanecer llenos de agua gran parte del tiempo (Pioneer, 2013).

El resultado final de la compactación del suelo es un factor del potencial de rendimiento en la producción de cultivos. La pérdida de rendimiento puede variar ampliamente dependiendo de la extensión de la compactación del suelo y las condiciones ambientales que afectan al cultivo durante su desarrollo. Condiciones de crecimiento favorables, tales como precipitaciones en tiempo y una óptima fertilidad, pueden minimizar los efectos de la compactación. Una compactación severa puede causar una pérdida de rendimiento de hasta un 60%, sin embargo, se estima que en promedio la compactación reduce el potencial de rendimiento entre un 10 a 20%(Pioneer, 2013).

b. Penetrómetro

Conocido como Medidor Analógico de compactación de suelo que mide la firmeza (compactación) del suelo. El instrumento se suministra con dos puntas una punta de 1/2" para su uso en suelo firme y una punta de 3/4" para su uso en suelos blandos. El indicador o pantalla tiene dos escalas (para punta de 1/2 "y 3/4") que están calibradas en libras por pulgada cuadrada de área de base del cono (punta) y están codificadas por colores para referencia solamente. Los colores son:

- Verde (0 a 200 psi)
- Amarillo (200 a 300 psi)
- Rojo (>300 psi)

La mayoría de las raíces de los cultivos pueden crecer bien en el rango verde, justo en el rango amarillo, y pobre en el rango rojo(Andrew, 2010).

El mejor momento para usarlo es a principios de verano o cuando el suelo tiene un buen contenido de humedad, debido a que el contenido de humedad del suelo y la textura del suelo afectarán la lectura. Se deben realizar varias pruebas en un área para obtener una lectura más acertada y confiable(Andrew, 2010).

El medidor de compactación del suelo se debe utilizar antes o después de que se vea una capa compactada y será utilizado para determinar la profundidad de esa capa y verificar si su operación de labranza resulto el problema o no.

i. Modo de Operación

- (Andrew, 2010) dice que se compruebe el indicador, debe estar en "0". Si no, tire del eje o golpee suavemente el medidor. El medidor está lleno de silicona yes utilizada para amortiguar el choque con el medidor en caso de que el medidor se caiga.
- Seleccione e instale la punta (1/2 "o 3/4") para su suelo.
- Aplique una presión uniforme sobre las manijas del instrumento para mantener el punto de la varilla penetrando el suelo a un ritmo lento y uniforme.
- La varilla de penetración se marca en intervalos de tres pulgadas para la medición de profundidad fácil. A medida que el vástago del instrumento penetra en el suelo, las lecturas del medidor son 3", 6", 9", 12", 15"y 18 "de profundidad.

Una capa compactada será mostrada por el indicador aumentando el nivel superior en el rango rojo y luego moviéndose de regreso a la escala después de pasar a través de la capa compactada.



Spectrum
Technologies, Inc.

(Fuente: Manual de usuario Spectrum Technologies)

Figura 6 Penetrómetro Modelo #6100 usado para la medición de compactación de suelo en finca

En la figura 6 observamos el penetrometro modelo #6100, comprende de una varilla metálica, 2 manubrios y 1 indicador donde se muestra una coloración que va de verde, amarillo hasta llegar a rojo, donde verde indica compactación leve y rojo compactación fuerte, la compactación está calculada en libras por pulgada cuadrada.

D. Infiltración del suelo

La tasa de infiltración del agua en el suelo es importante en varios sentidos; por una parte, en relación con el agua que se infiltra y puede ser almacenada en el perfil del suelo, y por otro lado, con respecto al agua que no se infiltra y escurre sobre la superficie y es causante de erosión (Wild, 1992).

Así mismo, también es importante en el diseño y manejo de sistemas de riego (FAO, 1986). La velocidad de infiltración (VI) indica la relación entre una lámina de agua que se infiltra y el tiempo, hecho que resulta dependiente de la permanencia del contacto suelo-agua, del contenido inicial de humedad del suelo, de su conductividad hidráulica y de las características de la superficie del suelo. En suelos secos, la VI es relativamente alta, pero disminuye con el tiempo de humedecimiento hasta llegar a un valor casi constante, que se denomina infiltración básica, y que es muy cercano al valor de la característica del suelo conocida como conductividad hidráulica.

E. Propiedades físicas del suelo

a. Textura

La textura es una propiedad física relacionada con la proporción de partículas de diferentes tamaños existentes en un suelo, la cual influye de forma tal que suelos arenosos y arcillosos contrastan en cantidad y tipo de porosidad. En los primeros, el espacio poroso va de 35 a 50%, predominando los macroporos, mientras que en los segundos, éste alcanza valores de 40 a 60%, estando dominado por microporos. Debido a ello, en los suelos arenosos hay un rápido movimiento de aire y agua en el interior, mientras que en los suelos arcillosos, por la deficiente circulación del aire y agua, la infiltración se ve limitada y genera un ambiente anaeróbico, que afecta el desarrollo de la raíz y el crecimiento de las plantas en general (Medina, 2006).

La unión de partículas primarias individuales del suelo forma partículas secundarias de mayor tamaño llamadas agregados. Así mismo, el tamaño, forma y arreglo de los agregados, así como los poros contenidos entre y dentro de ellos, da lugar a la estructura del suelo, propiedad que influye en los flujos del agua, solutos, aire y calor en el interior del suelo (Medina, 2006).

La descripción de la textura de un suelo se realiza especificando los porcentajes de partículas totales cuyo tamaño está comprendido entre límites determinados, según escalas, siendo estas arena, limo y arcilla (Medina, 2006).

Entre las escalas más empleadas: La del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo (ISSS) y ExU.R.S.S. En esta investigación se utilizó la escala de USDA como referencia (ver cuadro 4).

Cuadro 4 Escala granulométrica, Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA).

Dimensión de la partícula elemental (mm)	Attemberg – (Sistema Internacional)	U.S. Dep. De Agricultura	Ex – U.R.S.S.
<0,001	Arcilla	Arcilla	Arcilla
<0,002			Limo fino
0,005	Limo	Limo	Limo medio
0,01			Limo grueso
0,02			Arena muy fina
0,05	Arena fina	Arena fina	Arena fina
0,1		Arena fina	Arena media
0,25		Arena gruesa	Arena gruesa
0,2		Arena muy gruesa	Arena gruesa
0,5	Arena gruesa	Arena gruesa	Arena gruesa
1,0		Arena muy gruesa	Arena gruesa
2,0	Grava fina	Grava fina	Grava
3,0		Grava	Grava
5,0	Grava	Grava	Grava
10,0		Grava gruesa y piedras	Grava gruesa y piedras
20,0	Grava gruesa y piedras	Grava gruesa y piedras	Grava gruesa y piedras
>20,0		Grava gruesa y piedras	Grava gruesa y piedras

El cuadro 4 nos muestra los tamaños de partículas y la clasificación de textura a la cuales pertenece cada tamaño de partícula, la medición de las partículas se determina en milímetros, existen otros dos métodos de clasificación de textura de suelos: sistema internacional y ExURSS.

i. Suelos arenosos

Retiene muy poca humedad y tienden a secarse. Tienen poca habilidad para retener los nutrientes y el agua. Poseen una naturaleza de baja fertilidad, tiene rápida percolación y es necesario aplicar frecuentemente materiales orgánicos y nutrientes, tiene la ventaja que se trabajan con facilidad(Padilla, 2012).

ii. Suelos francos

Poseen buena penetración y retiene bien el agua y los nutrientes. Su fertilidad natural va de mediana a alta. Se pierde poca agua y nutrientes por lixiviación. Los mejores suelos agrícolas quedan dentro de este rango(Padilla, 2012).

b. Estructura

El departamento de agricultura de los Estados Unidos (USDA, 2015) define la estructura como la clase de partículas agrupadas que predominan en el suelo y que, a diferencia de la textura, puede ser modificada.

F. Elaboración de calicatas

Se elaboraron 10 calicatas de 1 metro cubico de cada uno de los puntos seleccionados,para tener una referencia de la estructura del suelo, se tomaron las coordenadas de cada una de las calicatas y se realizó una descripción general del suelo el cual se observó en el lugar y por medio de los análisis del laboratorio se clasifico el tipo de textura (ver figura 8).

	<p>Calicata 1 Finca:Limones Lote:3001 Coordenadas:14.09875 Norte-91.105467 Oeste Tipo de Textura:Franco Arcilloso Descripción:Suelos con horizonte A, B y C, arcilla presente, baja permeabilidad, infiltración media, propensa a compactarse.</p>		<p>Calicata 2 Finca:Churubusco Lote:1301 Coordenadas:14.28465 Norte-91.08585 Oeste Tipo de Textura:Franco Arenoso Descripción:Suelos con horizonte A y B, muy buenos para la producción, permeable, buena infiltración, baja capacidad para compactar, presencia de materia orgánica.</p>
	<p>Calicata 3 Finca:Limones Lote:2702 Coordenadas:14.105983 Norte-91.101267 Oeste Tipo de Textura:Arena Franca Descripción:Suelos con horizonte A, B y C, alta permeabilidad, alta infiltración, difícilmente se compacta.</p>		<p>Calicata 4 Finca:Limones Lote:1301 Coordenadas:14.129433 Norte-91.105767 Oeste Tipo de Textura:Franco Descripción:Suelos con horizonte A y B, permeable, buena infiltración, baja compactación.</p>
	<p>Calicata 5 Finca:Limones Lote:702 Coordenadas:14.129683 Norte-91.1068 Oeste Tipo de Textura:Franco Descripción:Suelos con horizonte A y B, permeable, buena infiltración, baja compactación.</p>		<p>Calicata 6 Finca:Las Pampas Lote:101 Coordenadas:14.14575 Norte-91.117717 Oeste Tipo de Textura:Franco Arenoso Descripción:Suelos con horizonte A y B, muy buenos para la producción, permeable, buena infiltración, baja capacidad para compactar, presencia de materia orgánica.</p>

	<p>Calicata 7 Finca:Limoncitos Lote:1701 Coordenadas:14.1187 Norte-91.114833 Oeste Tipo de Textura:Franco Arenoso Descripción:Suelos con horizonte A, B y C, muy buenos para la producción, permeable, buena infiltración, baja capacidad para compactar, presencia de materia orgánica.</p>		<p>Calicata 8 Finca:Limoncitos Lote:1501 Coordenadas:14.120817 Norte-91.11835 Oeste Tipo de Textura:Franco Descripción:Suelos con horizonte A y B, permeable, buena infiltración, baja compactación.</p>
	<p>Calicata 9 Finca:La Agrícola Lote:1901 Coordenadas:14.099067 Norte-91.128817 Oeste Tipo de Textura:Franco Descripción:Suelos con horizonte A y B, permeable, buena infiltración, baja compactación.</p>		<p>Calicata 10 Finca:La Agrícola Lote:2001 Coordenadas:14.098083 Norte-91.124067 Oeste Tipo de Textura:Arena Franca Descripción:Suelos con horizonte A, permeable, buena infiltración, baja compactación.</p>

Figura 7 Calicatas de los 10 puntos (lotes) para referencia de estructura del suelo.

En la figura 7 se observan las calicatas que se utilizaron para una inspección visual “in situ” esto para tener una información confiable y completa de los suelos que encontramos en los 10 puntos seleccionados.

2.2.2 Marco Referencial

A. Ubicación geográfica

El municipio de La Gomera, se encuentra ubicado al Sur-Oeste del departamento de Escuintla, con una altitud de 30 a 50msnm, tiene una extensión territorial de 640 kilómetros cuadrados y se localiza a una distancia de 57 kilómetros de la cabecera departamental y a 112 kilómetros de la ciudad capital por la CA-9. Sus coordenadas geográficas son latitud 14°05'03" Norte y en la longitud 91°02'55" Oeste.

Sus límites y colindaciones son: al Norte con el municipio de Santa Lucia Cotzumalguapa, al Sur con el Océano Pacífico, al Este con La Democracia y Escuintla y al Oeste con el municipio de Nueva Concepción.

B. Características físico-biológicas

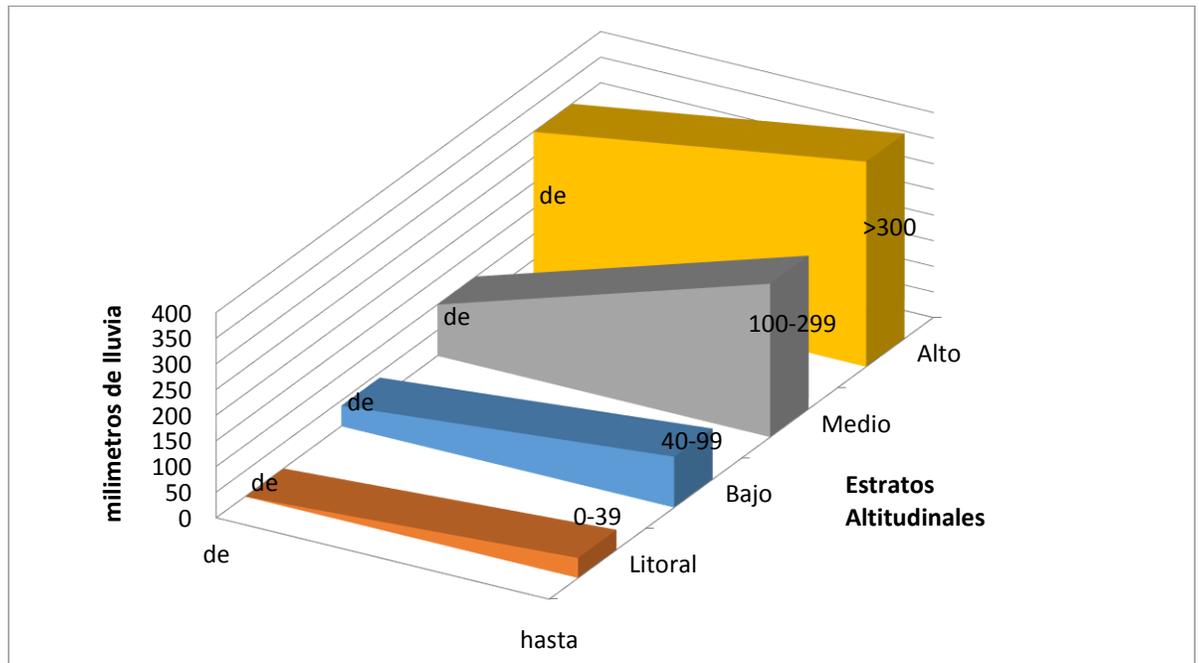
a. Zonas de vida

Según el sistema de clasificación de zonas de vida de Guatemala de Holdridge (MAGA, 2002) las fincas Limones y La Agrícola de la Corporación Pantaleón S.A. se encuentran ubicadas en la zonas de vida: Bosque Húmedo Subtropical cálido (bh-S (c)) y Bosque muy Húmedo Subtropical cálido (bmh-S (c)) las cuales se caracterizan por mantener una precipitación que varía entre 1,500 y 4,500 milímetros, con una temperatura que varía de 15 y 36 grados centígrados, siendo los meses más cálidos marzo y abril.

C. Recursos naturales

a. Recursos hídricos

La precipitación pluvial también está dada en función a los estratos altitudinales, los cuales se mencionan a continuación: Estrato alto (mayor a 300 msnm), estrato medio (100 a 299 msnm), estrato bajo (40 a 99 msnm) y estrato litoral (0 a 39 msnm)(ICC, 2015).



(ICC, 2015).

Figura 8 Precipitación en milímetros conforme al estrato altitudinales

En la figura 8 se tienen datos obtenidos por el institutos de cambio climático (ICC), el cual no muestra los milímetros de lluvia que precipitaron en cada uno de los estratos altitudinales que se tienen en el área de las fincas de Pantaleón.

D. Influencia de estaciones meteorológicas en puntos de muestreo

En el Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar (CENGICAÑA) se encuentra el Instituto Privado de Investigación sobre el Cambio Climático (ICC), la cual conforma 23 estaciones meteorológicas ubicadas en la Costa Sur del país, de estas, dos estaciones tienen influencia según los puntos donde se tomaron e hicieron los estudios de compactación e infiltración. Entre los que tenemos la de Tehuantepec ubicada en el estrato bajo y Bonanza en el estrato litoral.

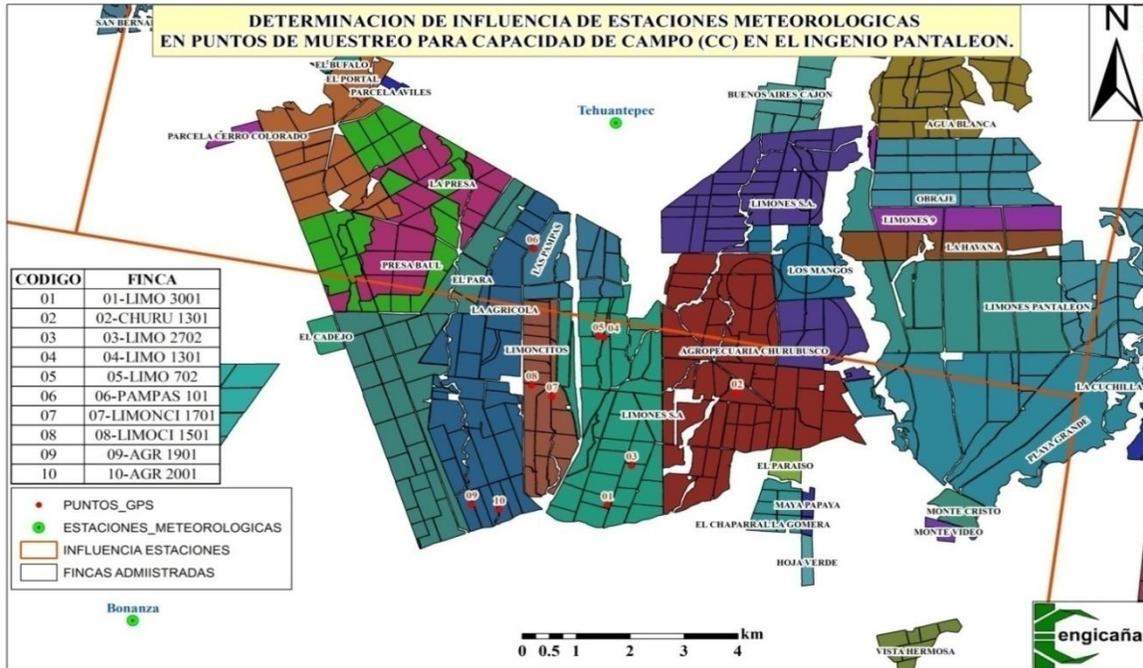


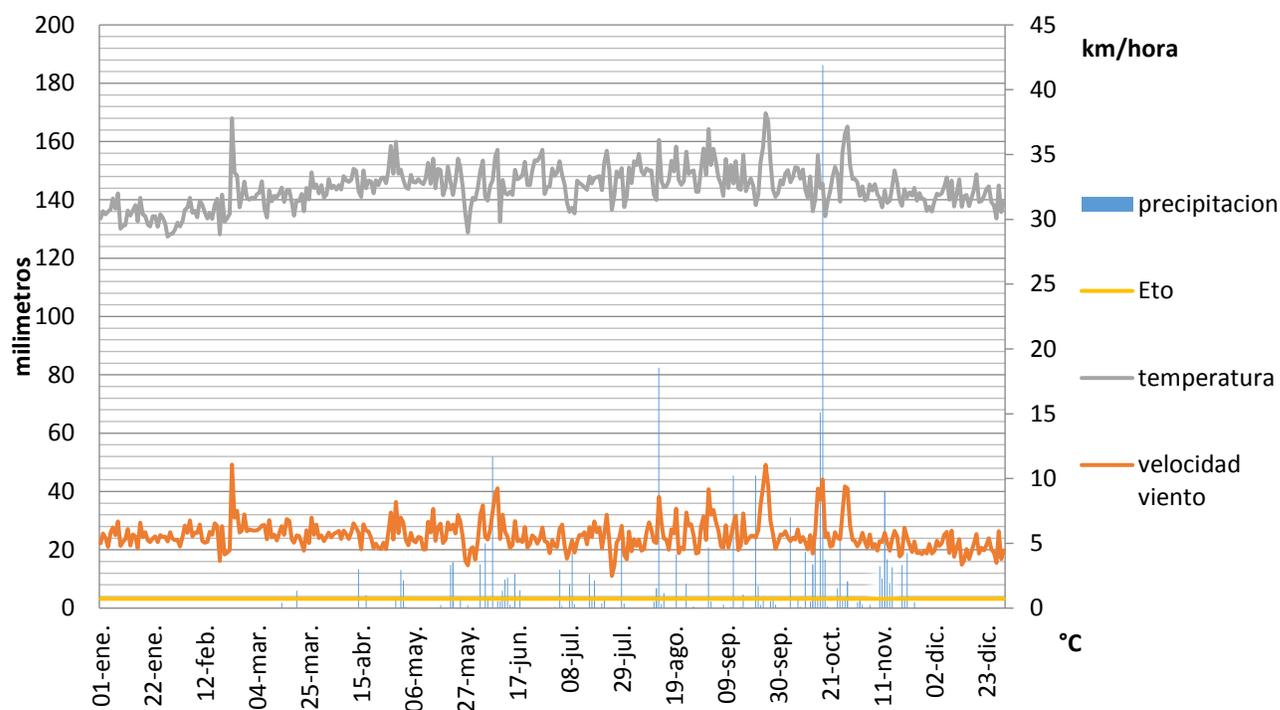
Figura 9 Influencia de estaciones meteorológicas en puntos de muestreo

En la figura 9 se observa la ubicación de los puntos donde se realizaron los estudios, la ubicación y el área de influencia de cada una de las estaciones meteorológicas.

a. Estación meteorológica Bonanza

Está ubicada en el estrato litoral a una altitud de 29 msnm. Esta estación tiene influencia en las fincas de Churubusco, Limones S.A., Limoncitos y Agrícola, donde se encuentran los puntos de muestreo 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9 y 10

En la figura 10 se observa que en el año 2015 se tiene al inicio (mayo) una precipitación de 18 milímetros, temperaturas entre 32 a 33 °C y velocidades de viento 4 a 8 kilómetros/hora y al final (octubre) una precipitación de 180 milímetros, temperaturas entre 29 a 33 °C, velocidades de viento 4 a 10 kilómetros/hora y la evapotranspiración (Eto) de 3.2 milímetros.



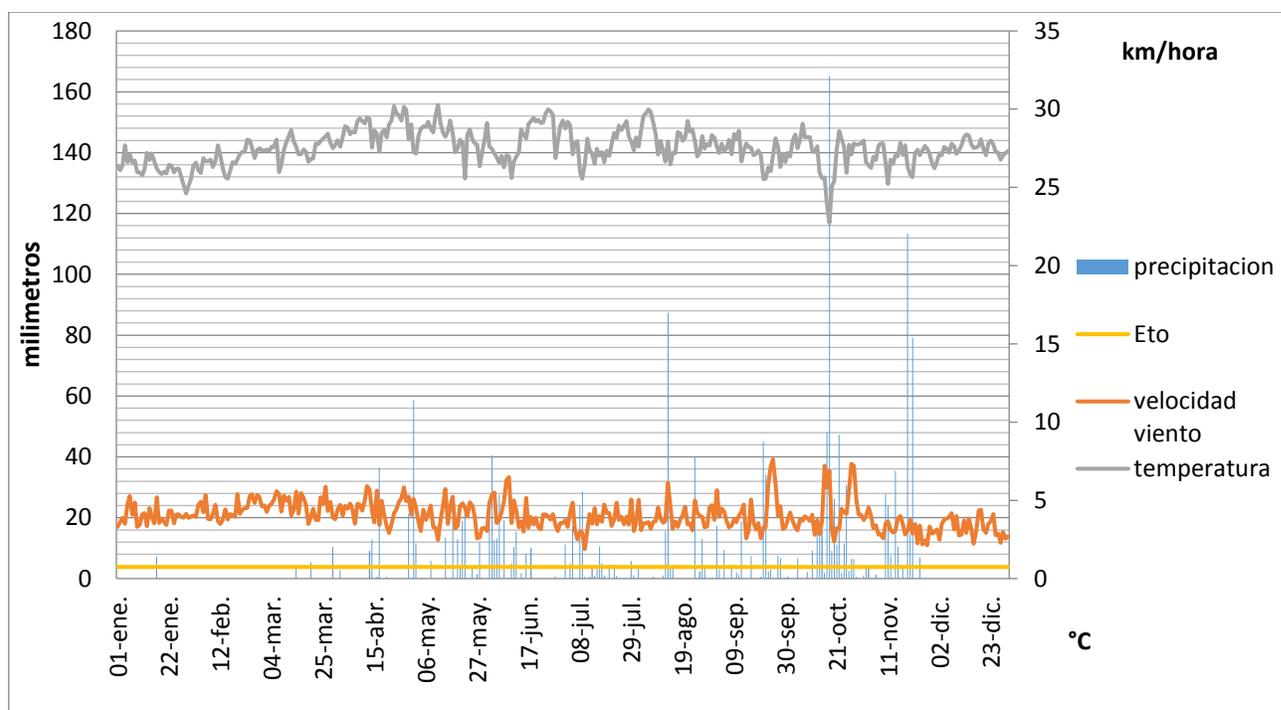
(Portal Cengicaña)

Figura 10 Climadiagrama estación meteorológica Bonanza para el año 2015, con datos registrados en el portal de Cengicaña

b. Estación meteorológica Tehuantepec

Está ubicada en el estrato bajo a una altitud de 68 msnm. Esta estación tiene influencia en las fincas la presa, donde se encuentra el punto de muestreo 6.

En la figura 11 se observa que en el año 2015 se tiene al inicio (mayo) una precipitación de 21 milímetros, temperaturas entre 26 a 28 °C y velocidades de viento 3 a 6 kilómetros/hora y al final (octubre) una precipitación de 165 milímetros, temperaturas entre 23 a 27 °C, velocidades de viento 3 a 8.5 kilómetros/hora y la evapotranspiración (Eto) de 3.8 milímetros.



(Portal Cengicaña)

Figura 11 Climadiagrama estación meteorológica Tehuantepec para el año 2015, con datos registrados en el portal de Cengicaña

2.3 Objetivos

2.3.1 General

Estimar el nivel de compactación y su relación con la infiltración en un suelo franco arenoso bajo el cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum spp.*), La Gomera, Escuintla, Guatemala, C.A.

2.3.2 Específicos

1. Cuantificar los niveles de compactación del suelo en las fincas Limones, Agrícola, Churubusco y Las Pampas que presentan suelos con textura franco arenosa.
2. Comparar la velocidad de infiltración según sean los niveles de compactación en suelos con textura franco arenosa.

2.4 Metodología

2.4.1 Asignación de lotes Departamento de Riegos, Ingenio Pantaleón

El área comprende las fincas: La Agrícola, Churubusco, Limoncitos, Limones y Las Pampas, distribuidas cada una de ellas por lotes, de estos se asignaron 10 lotes los cuales reúnen las características: Cosecha del cultivo de forma mecanizada y Caña soca; de cada lote se seleccionó un punto de muestreo (Figura 12) para conocer la textura del suelo.



(Departamento de Diseño, Ingenio Pantaleón)

Figura 12 Ubicación geográfica del área y lotes asignados (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10) en donde se realizaron las muestras de suelo para su clasificación textural y puntos muestreados (2, 6 y 7)

De los suelos con textura Franco Arenosa se procedió a tomar la infiltración y compactación para observar su relación.

2.4.2 Muestreo del suelo

Con un barreno de acuerdo al perfil de suelos se tomaron muestras de 0 a 10, 10 a 20, 20 a 30 y 30 a 40 centímetros de profundidad. Las muestras se identificaron y trasladaron al laboratorio de suelos del Centro Guatemalteco de Investigación de la Caña (Cengicaña) (Ver figura 13) para su análisis textural.

En la figura 13 observamos la manera de cómo se obtuvieron las muestras de suelo con el instrumento llamado barreno, cada muestra fue de 1 kilogramo de suelo. Para conocer cantidad de partículas de arcilla, limo y arena y así clasificar por clase textural.



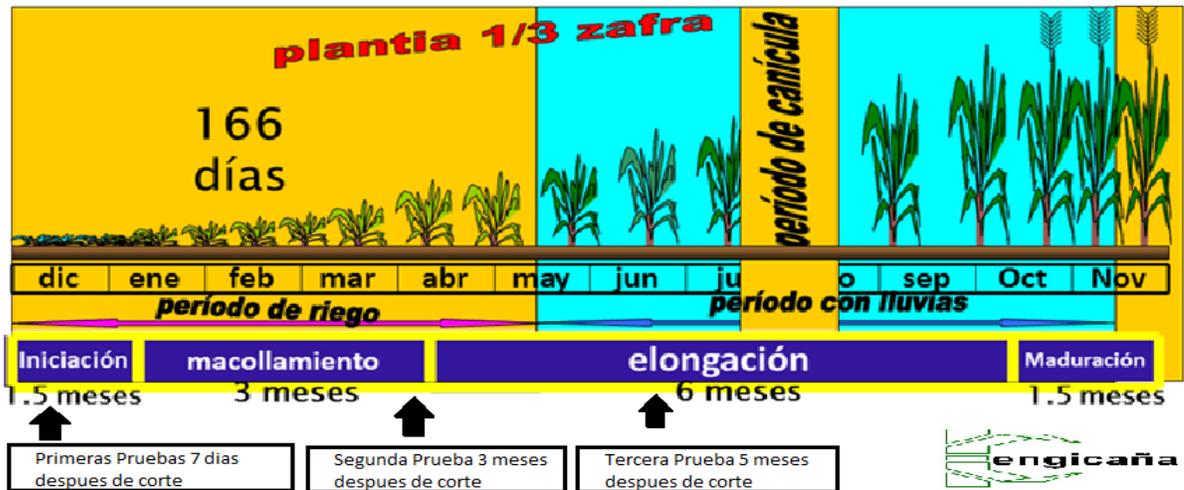
Figura 13 Metodología para la toma de muestras con barreno para clasificación de clase textural.

Teniendo ya la clase textural de cada uno de los puntos (lotes), se seleccionaron los lotes que presentan textura del tipo Franco Arenosa para determinar su velocidad de infiltración y compactación.

A. Calculo de la velocidad de infiltración y compactación de suelo de lotes con textura franco arenosa

Los datos de infiltración y compactación se tomaron en tres épocas de desarrollo del cultivo de caña de azúcar: (Figura 15 y 16)

- la primera muestra a los siete días después del corte (Iniciación)
- la segunda tres meses después del corte (Macollamiento)
- la tercera cinco meses después del corte (Elongación)



(Cengicaña)

Figura 14 Etapas de desarrollo del cultivo de la caña de azúcar y escala de tiempo de realización de pruebas y toma de datos

En la figura 14 se observa las etapas de desarrollo de la caña de azúcar y se indica el tiempo en que se realizó cada una de las pruebas de compactación e infiltración.

a. La compactación del suelo se tomó por medio del penetrometro

Con el penetrometro se determinó el nivel de compactación del suelo en cada punto de muestro y en cada una de las etapas de desarrollo del cultivo de la caña de azúcar.



Figura 15 Utilización del penetrometro para la determinación del nivel de compactación del suelo.

En la figura 15 se observa la manera de cómo se tomó paso a paso la compactación con el penetrometro, introduciendo la varilla en el suelo y presionado hacia abajo y donde la varillas ya no pasara se tomaba el dato que nos mostraba la pantalla o medidor.

b. La infiltración se tomó por el método de infiltrómetro de doble cilindro

Es uno de los métodos más comunes que se utilizan ya que su resultado es bastante acorde a la realidad, Se compone de dos anillos de aluminio el primero mide 15.75pulg. * 9.84pulg. de diámetro y el segundo mide 15.75pulg. * 15.75pulg. de diámetro.



Figura 16 Metodología para la determinación de la infiltración por el método de infiltrómetro de doble cilindro

En la figura 16 se observa la forma en la cual se instala y utiliza el infiltrómetro de doble cilindro, introduciendo los 2 cilindros 10 centímetros en el suelo, se vierte agua en el primer cilindro y luego se vierte en el segundo tratando que no haya golpe del agua en el suelo y luego se toman lecturas en la regla 1, 3, 5, 10, 15, 30, 60, 90 y 120 minutos realizando 3 repeticiones por cada tiempo.

La velocidad de infiltración se determinó por el método de Kostiakov Lewis, se utilizó este método por su eficiencia para describir el comportamiento de infiltración, por medio de:

$$Ib = K * (-600 * n)^n$$

Donde:

Ib= Infiltración básica (cm/hr)

K= parámetro que representa la velocidad de infiltración cuando el tiempo es un minuto

n= parámetro que indica la forma en que la velocidad de infiltración se reduce con el tiempo. Tiene valores entre -1 y 0, siendo su valor más común 0.5.

2.4.3 Determinación de línea de tendencia central para observar comportamiento de compactación e infiltración del suelo.

Se realizaron líneas de tendencia central con Microsoft Excel ya que únicamente se tienen dos datos de cada una de las tres épocas de desarrollo del cultivo, esto para observar el comportamiento de la compactación e infiltración durante el crecimiento de la caña de azúcar.

2.5 Discusión de resultados

2.5.1 Análisis de suelos

Con los resultados del laboratorio de suelos de CENGICAÑA, se obtuvo el porcentaje de arcilla, limo y arena de cada muestra y se clasificó el suelo por su clase textural pertenece, de las cuales se seleccionaron las muestras con textura franco arenoso.

En el cuadro 5, observamos las muestras con textura franco arenoso que en su mayoría está compuesta por partículas de arena comprendiendo entre 60 a 78%, estas se realizaron por estrato de 0 a 40 cm de profundidad.

Cuadro 5 Resultado de análisis físico de suelo donde la textura es franco arenosa

Punto	Finca	Lote	Estrato	Arcilla	Limo	Arena	Tipo de Textura
2 14.28465Norte -91.08585Oeste	Churubusco	1301	0 a 10	9.90	28.18	61.92	Franco arenoso
		1301	10 a 20	10.61	25.34	64.05	Franco arenoso
		1301	20 a 30	10.63	23.47	65.90	Franco arenoso
		1301	30 a 40	8.23	23.63	68.15	Franco arenoso
6 14.14575Norte- 91.117717Oeste	Las Pampas	101	0 a 10	8.59	27.77	63.64	Franco arenoso
		101	10 a 20	12.18	37.24	50.59	Franco arenoso
		101	20 a 30	12.85	35.93	51.21	Franco arenoso
		101	30 a 40	8.73	31.59	59.67	Franco arenoso
7 14.1187Norte- 91.114833Oeste	Limoncitos	1701	0 a 10	16.89	33.91	49.20	Franco arenoso
		1701	10 a 20	11.97	24.31	63.73	Franco arenoso
		1701	20 a 30	12.63	27.49	59.88	Franco arenoso
		1701	30 a 40	11.98	26.38	61.65	Franco arenoso

En el cuadro 5 se tienen los puntos donde la textura obtenida fue franco arenosa, la ubicación de cada uno de ellos y se observa la variabilidad que se tiene de arcilla, limo y arena de una misma textura

2.5.2 Valores de K y n (Kostiakov Lewis) muestras con textura franco arenosa

Cuadro 6 Valores de k y n(Kostiakov Lewis) muestras con textura franco arenoso

Punto	Finca	Lote	Época	k	n	Infiltración
2 14.28465Norte -91.08585Oeste	Churubusco	1301	1	651.026826	-1.45059944	0.35
		1301	2	65.137937	-0.89827388	2.29
		1301	3	23.5900032	-0.4105795	4.59
6 14.14575Norte- 91.117717Oeste	Las Pampas	101	1	1.83840312	-0.13364062	1.02
		101	2	2.48877727	-0.37740378	3.22
		101	3	1.51199363	-0.15782786	7.37
7 14.1187Norte- 91.114833Oeste	Limoncitos	1701	1	2.7315252	-0.44426792	2.28
		1701	2	1.12018281	-0.12291722	6.60
		1701	3	2.28621094	-0.05052674	9.24

Estos valores se utilizaron para determinar la Infiltración básica (I_b) de cada uno de los puntos donde se realizó la prueba de doble cilindro, esto se sustituyó en la ecuación:

$$Ib = K * (-600 * n)^n$$

Ej. Punto 1, época 2

$$Ib = 65.137937 * (-600 * -0.898227388)^{n-0.898227388} Ib\left(\frac{mm}{hr}\right) = 2.2$$

2.5.3 Datos obtenidos de compactación e infiltración en las tres épocas de desarrollo fenológico del cultivo de caña de azúcar

En el cuadro 7, podemos observar que los valores de compactación mayores se obtuvieron en el estrato de 20 a 30cm (190 a 220 lb/pulg²) en las tres fincas; en el macollamiento, el estrato de 10 a 20cm en el perfil del suelo se observaron los valores más altos de compactación (110 a 210 lb/pulg²) en las tres fincas; en el desarrollo, los valores de compactación mayores se encontraron en el estrato de 20 a 30cm, siendo estos en el rango de (140 a 170 lb/pulg²).

El valor de infiltración menor se obtuvo en la iniciación (cinco días después del corte), se considera que fue por el paso de maquinaria durante la zafra (corte, alza y transporte), los valores mayores de infiltración se obtuvieron en el desarrollo.

Cuadro 7 Datos de Infiltración y compactación de cada punto donde se realizaron las mediciones. ddc*: días después del corte

Finca	Lote	Estrato	Iniciación (7 ddc*)		Macollamiento (60 ddc*)		Desarrollo (90 ddc*)	
			Infiltración	Compactación	Infiltración	Compactación	Infiltración	Compactación
			mm/hr	lb/pulg ²	mm/hr	lb/pulg ²	mm/hr	lb/pulg ²
Churubusco	1301	0 a 10	0.354	150	2.292	140	4.593	110
		10 a 20	0.354	200	2.292	210	4.593	130
		20 a 30	0.354	220	2.292	170	4.593	170
		30 a 40	0.354	200	2.292	130	4.593	150
Las Pampas	101	0 a 10	1.023	150	3.215	160	7.374	100
		10 a 20	1.023	180	3.215	200	7.374	120
		20 a 30	1.023	190	3.215	150	7.374	150
		30 a 40	1.023	160	3.215	140	7.374	80
Limoncitos	1701	0 a 10	2.284	150	6.603	80	9.242	60
		10 a 20	2.284	180	6.603	110	9.242	90
		20 a 30	2.284	200	6.603	105	9.242	140
		30 a 40	2.284	160	6.603	90	9.242	100

A. Comportamiento de la compactación en las diferentes etapas del cultivo y en los diferentes estratos

La compactación en un mismo tipo de textura se comportó de manera diferente. En las figuras 17, 18 y 19 observaremos el comportamiento de la compactación en cada etapa de desarrollo a diferentes profundidades (estratos), por finca.

En la figura 17, en suelos de la finca Churrubusco observamos que la compactación disminuye (160lb/pulg^2 a 140lb/pulg^2) según el tiempo de crecimiento de la planta. La compactación se presenta en los primeros tres estratos y en el caso del macollamiento que presenta una capa bastante compactada a los 20cm (200lb/pulg^2).

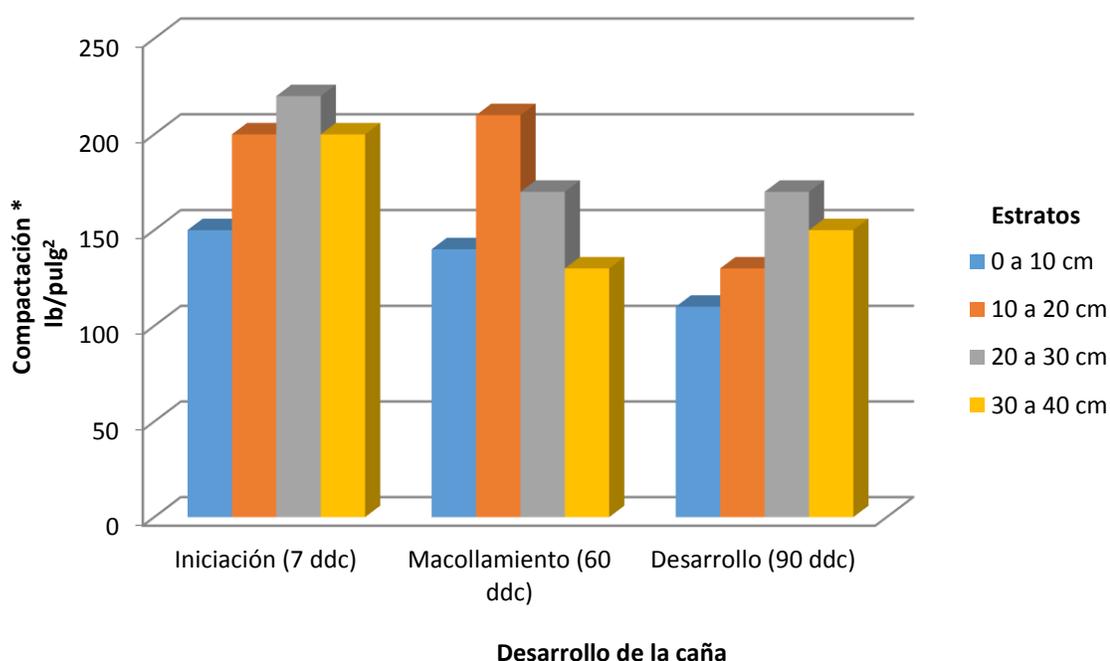


Figura 17 Comportamiento de la compactación en finca Churrubusco en cada una de las diferentes profundidades por época (ddc: días después del corte). * Unidad de medida dada por el penetrometro

En la figura 18, en suelos de la finca Las Pampas observamos que la compactación disminuye (170lb/pulg^2 a 110lb/pulg^2) según el tiempo de crecimiento de la planta. En la iniciación y desarrollo la compactación aumenta según aumenta la profundidad. Y en el caso del macollamiento que presenta una capa bastante compactada a los 20cm (190lb/pulg^2).

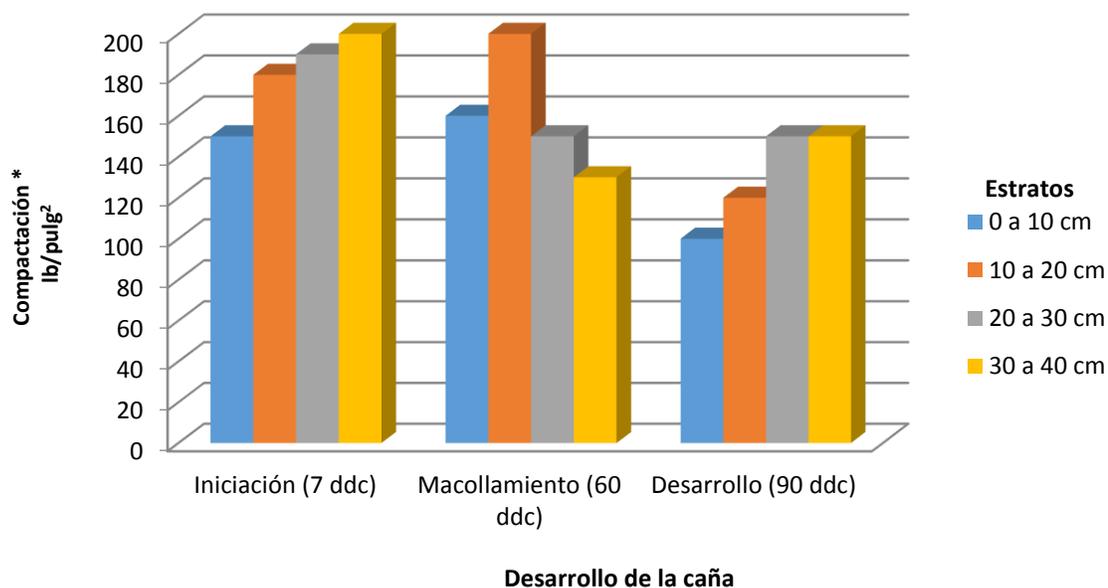


Figura 18 Comportamiento de la compactación en finca Las Pampas en cada una de las diferentes profundidades por época (ddc: días después del corte). * Unidad de medida dada por el penetrometro

En la figura 19, en suelos de la finca Limoncitos observamos que la compactación disminuye (170 lb/pulg^2 a 95 lb/pulg^2) según el tiempo de crecimiento de la planta. Se tiene un aumento de la compactación en la iniciación y desarrollo en el estrato 20 a 30 (100 a 200 lb/pulg^2) a comparación de los demás estratos.

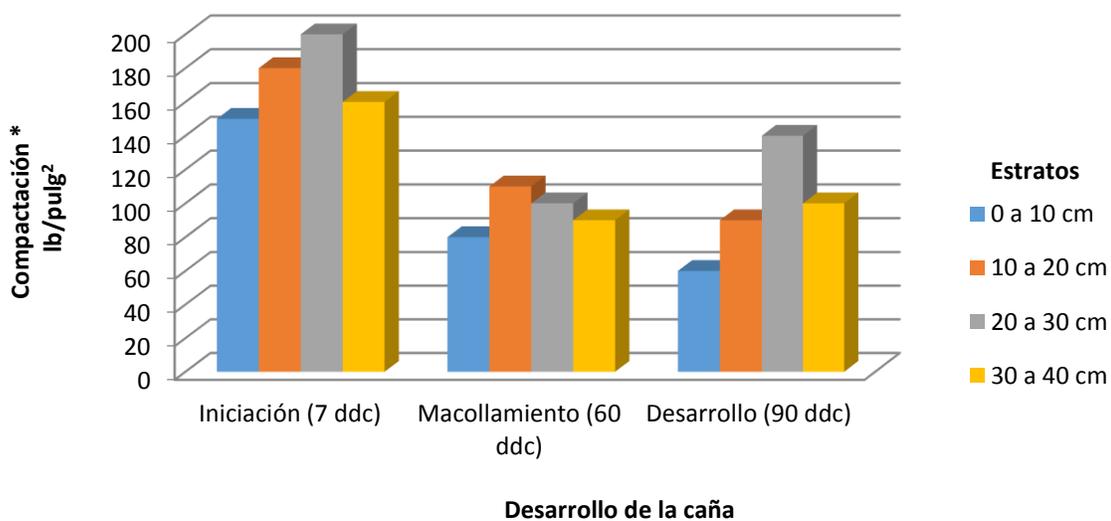


Figura 19 Comportamiento de la compactación en finca Limoncitos en cada una de las diferentes profundidades por época (ddc: días después del corte). * Unidad de medida dada por el penetrometro

En las figuras 17, 18 y 19 se observa una disminución de la compactación según el tiempo de crecimiento de la planta, esto se deba posiblemente a que el peso de la maquinaria y personal durante la cosecha, durante el desarrollo, se observa una compactación baja relacionada con una reducción del paso de maquinaria y personal de labores. Esto sucede por el crecimiento de la caña dando en cada etapa una cantidad mayor de raíces en el suelo y de esa manera disminuye la resistencia mecánica dejando el mismo en condiciones. La finca Las Pampas en comparación con Churrubusco y Limoncitos presenta una mayor compactación en sus suelos con textura franca arenosa.

2.5.4 Relación de la velocidad de infiltración con el grado de compactación por estrato

La velocidad de infiltración se comporta de manera inversa a la compactación entre mayor sea la compactación menor será su infiltración y viceversa.

B. Comportamiento de la velocidad de infiltración según la compactación en el estrato 0 a 10

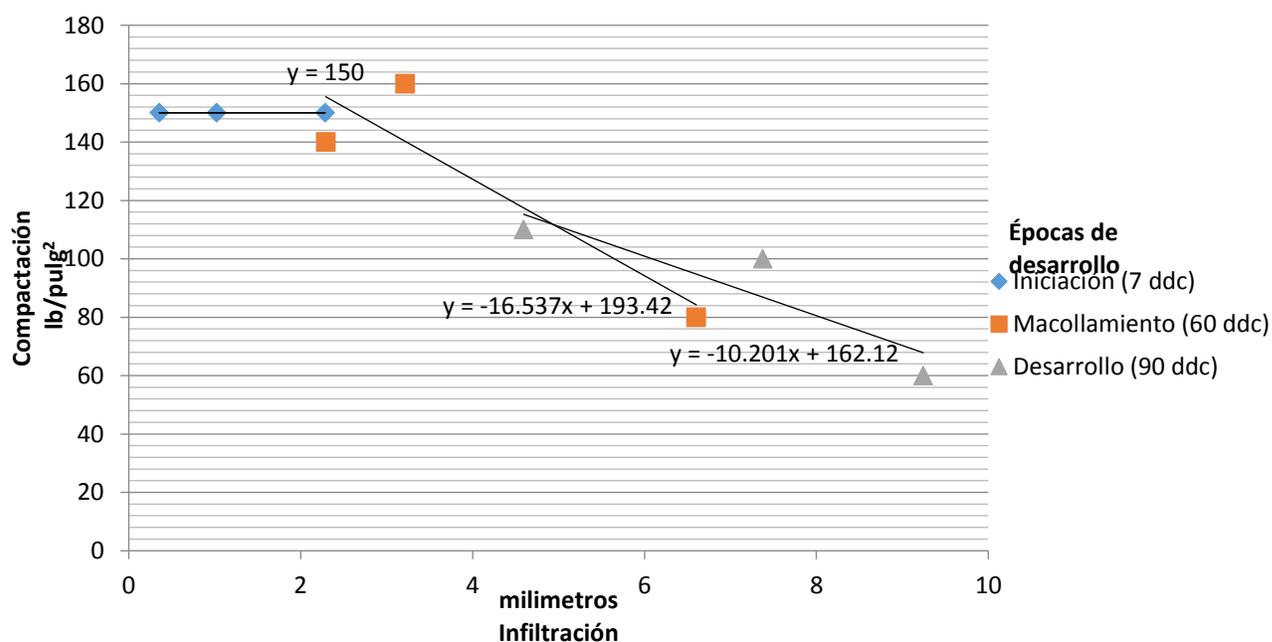


Figura 20 Comportamiento de la velocidad de infiltración según la compactación en el estrato 0 a 10 cm

En la figura 20, en la etapa de iniciación la compactación se mantiene constante (150 lb/pulg²), la velocidad de infiltración (0.354 a 2.284 mm/hr) aumenta paulatinamente, en cambio en el macollamiento y desarrollo se muestra como la compactación (80 a 160 lb/pulg²) disminuye y la velocidad de infiltración (2.292 a 6.603 mm/hr) aumenta.

D. Comportamiento de la velocidad de infiltración según sea la compactación de cada una de las fincas en el estrato de 10 a 20 cm de profundidad.

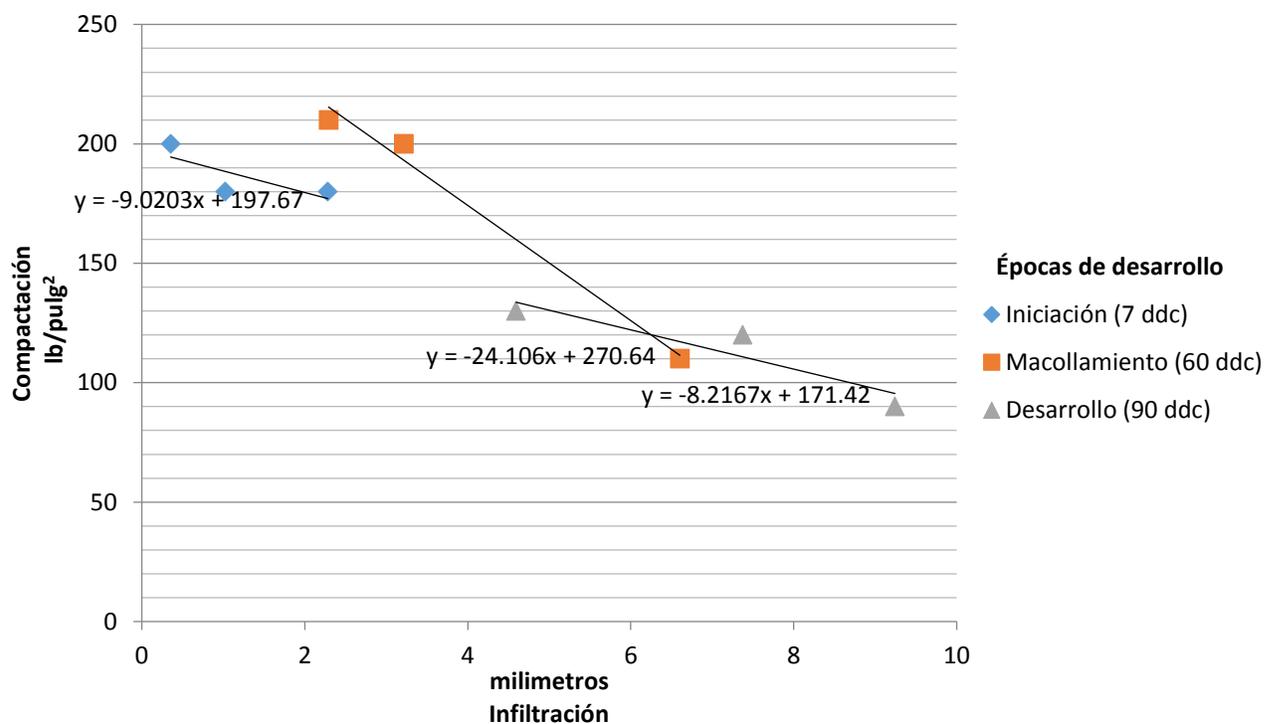


Figura 21 Comportamiento de la velocidad de infiltración según la compactación en el estrato 10 a 20 cm

En la figura 21, en la etapa de iniciación se observa una compactación (180 a 200 lb/pulg²); en el macollamiento de (110 a 210 lb/pulg²) y en el desarrollo (90 a 30 lb/pulg²); la velocidad de infiltración para los tres muestreo es de 0.354 a 9.242 mm/hr, disminuyendo la compactación en cada uno de los épocas y aumentando la velocidad de infiltración.

E. Comportamiento de la velocidad de infiltración según sea la compactación de cada una de las fincas en el estrato de 20 a 30 cm de profundidad.

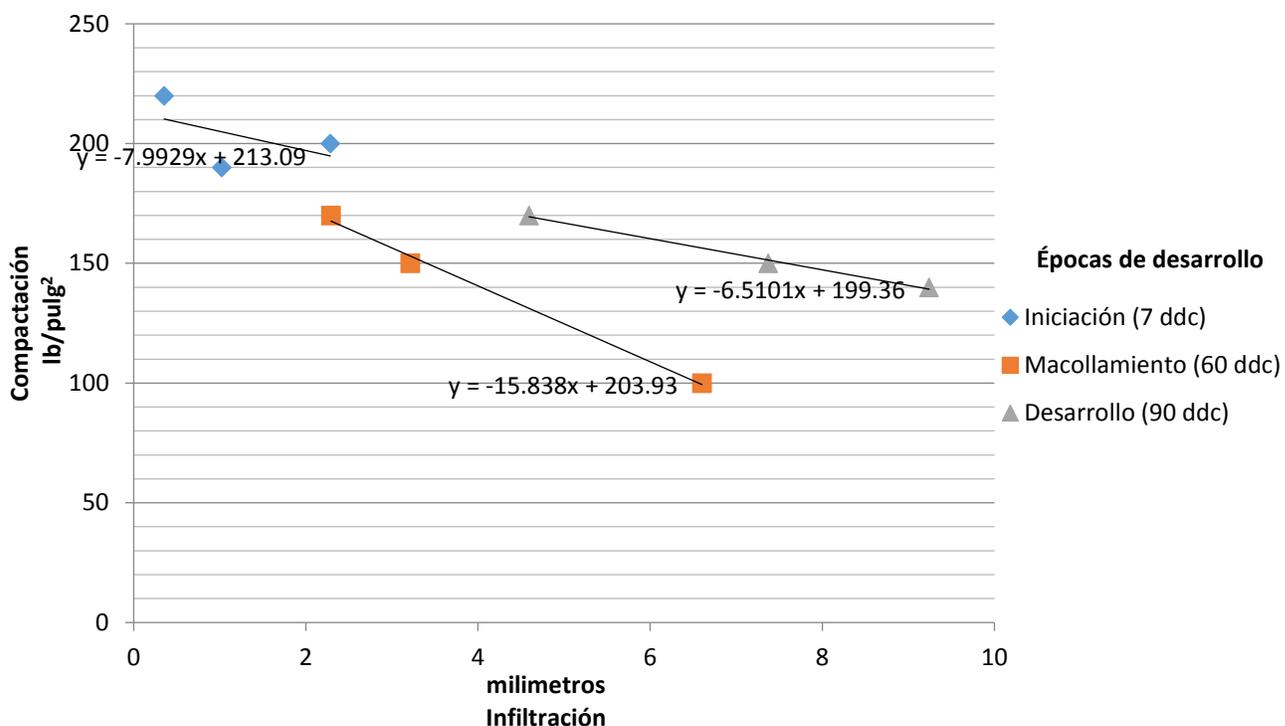


Figura 22 Comportamiento de la velocidad de infiltración según la compactación en el estrato 20 a 30 cm

En la figura 22, en la etapa de iniciación se observa una compactación (190 a 220 lb/pulg²) y una velocidad de infiltración (0.354 a 2.284 mm/hr) dando un comportamiento similar al estrato 10 a 20 cm de profundidad; en el macollamiento (100 a 170 lb/pulg²) con una velocidad de infiltración (2.292 a 6.603 mm/hr) y en el desarrollo (140 a 170 lb/pulg²) dando una velocidad de infiltración (4.593 a 9.242 mm/hr), el comportamiento de la velocidad de infiltración en este estrato aumenta conforme la compactación disminuye.

F. Comportamiento de la velocidad de infiltración según sea la compactación de cada una de las fincas en el estrato de 30 a 40 cm de profundidad.

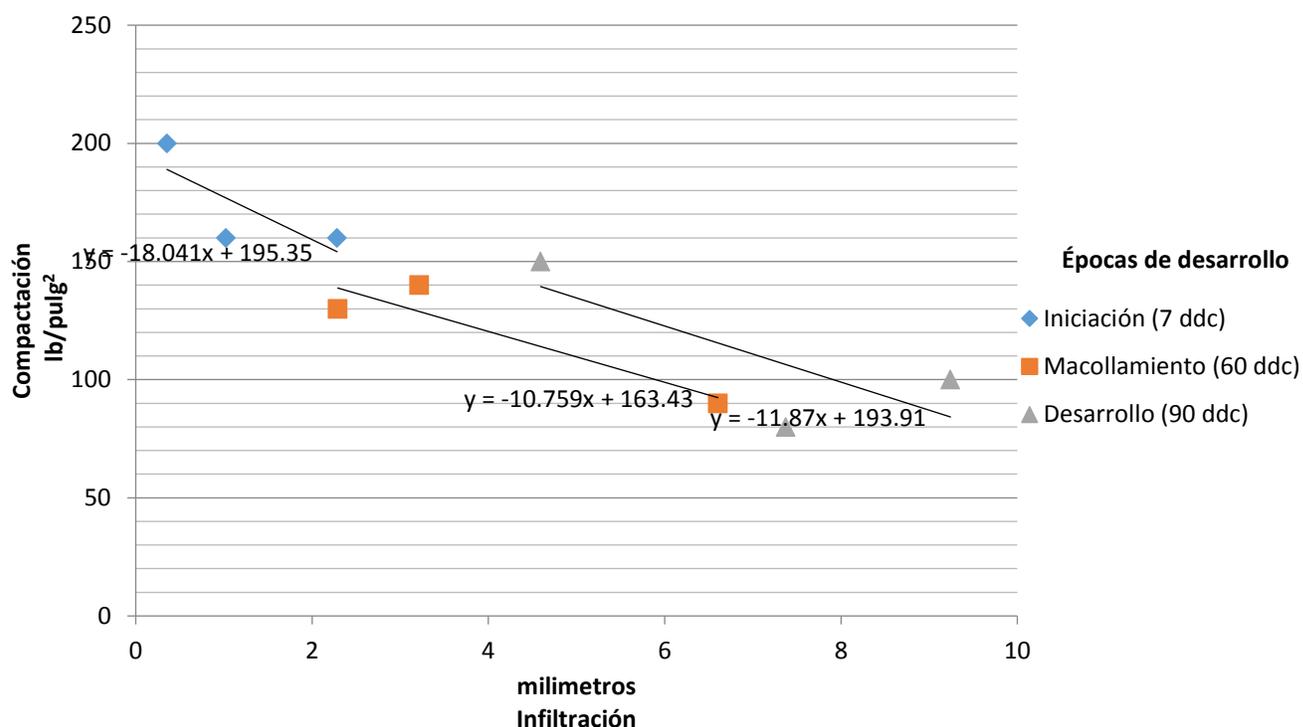


Figura 23 Comportamiento de la velocidad de infiltración según la compactación en el estrato 30 a 40 cm

En la figura 23, se observa un comportamiento similar a los demás estratos en donde difiere en una mínima parte es en los valores de compactación que van desde 80 lb/pulg² hasta los 200 lb/pulg², el valor más alto que se tiene es en la iniciación. Entre mayor sean los valores de compactación menor es la velocidad con que se infiltra agua al suelo.

G. Unificación del comportamiento de la velocidad de infiltración con el grado de compactación de cada una de las fincas en todos los estratos 0 a 40 cm de profundidad.

En la figura 24, en esta nos muestra la unificación de todas las figuras anteriores 20, 21, 22 y 23, donde, como ya se observó con anterioridad que entre mayores sean los

niveles de compactación la velocidad con que el agua se infiltra en el suelo es menor y entre menores sean los valores de compactación la velocidad con que el agua se infiltra en el suelo será mayor, esto lo vemos en que los puntos de estrato son paralelos a la línea de tendencia o línea de regresión.

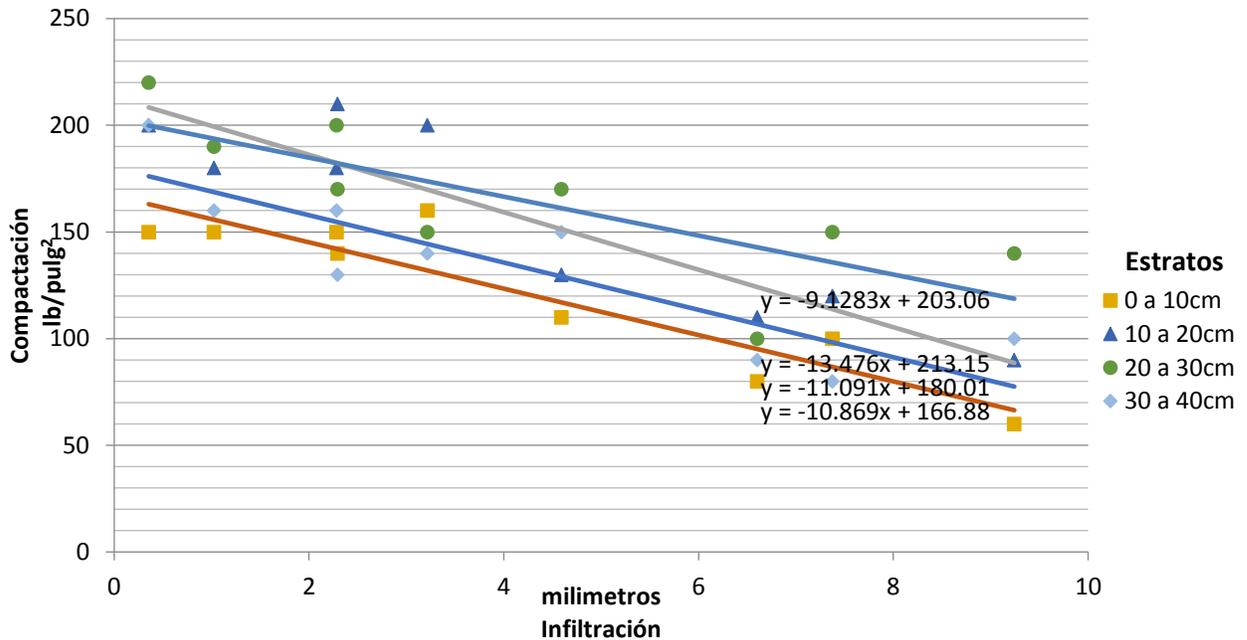


Figura 24 Comportamiento de la velocidad de infiltración con el grado de compactación en cada uno de los estratos.

2.6 Conclusiones

1. Los niveles de compactación que presentan los suelos franco arenosos de las fincas Churrubusco, Las Pampas y Limoncitos son valores diversos, como tenemos niveles de 60 lb/pulg² en donde indica que son poco compactos y hasta niveles de 220 lb/pulg² donde los suelos están altamente compactados esto hace que haya una baja infiltración de agua y donde habrá poco desarrollo de la caña, reduciendo las TCH (Toneladas de Caña por Hectárea),

2. Los porcentajes de partículas de arena, limo y arcilla son variables para un mismo tipo de textura de suelo, esto hace que el suelo se compacte menos en donde los valores de porcentaje de arena son mayores y los porcentajes de arcilla y limo son menores, ya que entre más arenas tiene un suelo la cantidad de macro poros es mayor y tiene espacios que permiten que el agua se infiltre.

2.7 Bibliografía

1. Amézquita, C.E.; Chávez, O.L.F. 1999. La compactación del suelo y sus efectos en la productividad de los suelos. *In* Congreso costarricense de la ciencia del suelo (1999, Costa Rica). San José, Costa Rica, Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo (ACCS).
2. Becher, H. 1994. Tecnología del suelo: la compactación del suelo (en línea). *In* Compactación de suelos. US. 5 p. Consultado 10 mar. 2015. Disponible en http://www.udc.gal/iux/almacen/articulos/cd34_art13.pdf
3. CENGICAÑA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña, Guatemala). 2012. El cultivo de la caña de azúcar: caracterización de la zona cañera. Eds. Mario Melgar, Adlai Meneses, Héctor Orozco, Ovidio Pérez y Rodolfo Espinoza. Guatemala, Artemis Edinter. 512 p.
4. De la Cruz S, JR. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, INAFOR. 42 p.
5. De León González, F; Payán Zelaya, F; Sánchez, RS. 2001. Localización de capas compactadas en el perfil del suelo mediante penetrometría (en línea). *Terra* 16(4):303-307. Consultado 10 mar. 2015. Disponible en <http://www.chapingo.mx/terra/contenido/16/4/art303-307.pdf>
6. FAO, Italia. 1986. Investigaciones de riego (en línea). Roma, Italia, FAO, Boletín de Suelos. 188 p. Consultado 10 mar. 2015. Disponible en <ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/sb79s.pdf>
7. González Toro, C. 2015. Guía educativa sobre la salud del suelo (en línea). Puerto Rico, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio de Extensión Agrícola / Universidad de Puerto Rico, Colegio de Ciencias Agrícolas. 56 p. Consultado 10 mar. 2015. Disponible en

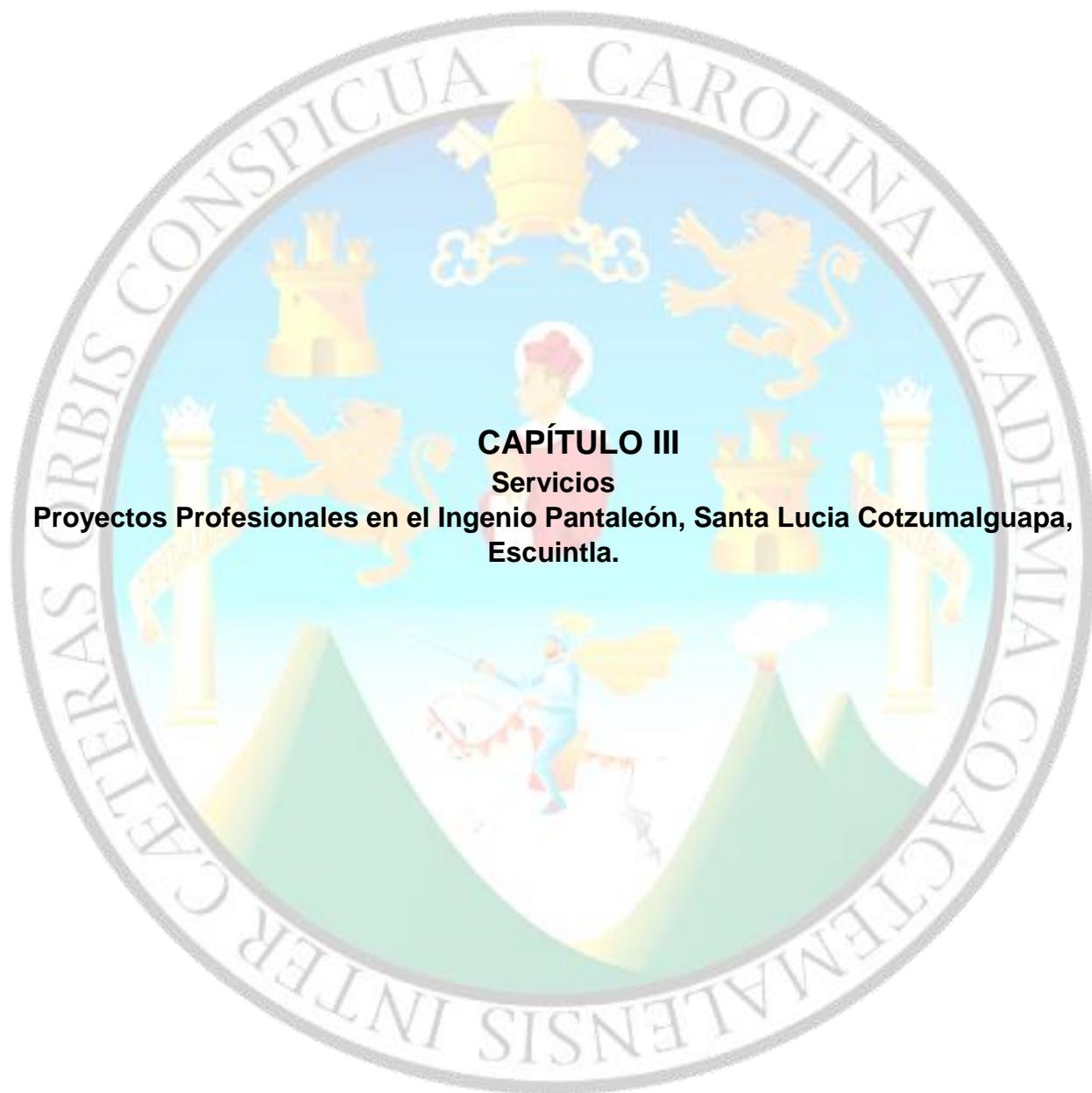
https://www.nrcs.usda.gov/wps/PA_NRCSCconsumption/download?cid=nrseprd428624&ext=pdf

8. Ibáñez, J. 2006. El comportamiento de la compactación en el suelo (en línea). España. Consultado 20 nov. 2015. Disponible en <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2006/12/25/55938>
9. Lal, R.J. 2000. Manejo de las propiedades de suelos de los trópicos. Ciencia del Suelo no. 3:192-207.
10. León Arteta, R. 2003. Manual edafológico de campo. 2 ed. Veracruz, México, Universidad Veracruzana. 205 p.
11. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Guatemala). 2002. Mapa de zonas de vida de Holdridge República de Guatemala. Guatemala. Consultado 10 mar. 2015. Disponible en <http://web.maga.gob.gt/wp-content/blogs.dir/13/files/2013/maps/nac/250/ambientales/vegetacion/zonas-de-vida.pdf>
12. Martínez, A. 1996. Relaciones agua-suelo-planta-atmósfera. 4 ed. México, Universidad Autónoma de Chapingo. 30 p.
13. Medina Méndez, F De; Volke Haller, F; Ríos, F; Spinola, G; Cruz, S; Flores, C. 2006. Cambios en las propiedades físicas del suelo a través del tiempo en los sistemas de maíz bajo temporal y mango bajo riego en luvisoles del estado de Campeche (en línea). Publicaciones Uciencia. Consultado 10 mar. 2015. Disponible en <http://www.publicaciones.ujat.mx/publicaciones/uciencia/diciembre2006/8%20Articulo197.pdf>
14. Pocasangre, R. 2015. Aplicaciones y usos del riego en campo (entrevista). Guatemala, Ingenio Pantaleón, Departamento de Riego.
15. Rodríguez-Absi, J. 2002. Métodos de análisis de suelos y plantas. España, Trillas. 187 p.
16. Sandoval Illescas, JE. 2002. Principio de riego y drenaje. Guatemala, USAC, Editorial Universitaria. 104 p.
17. Santa, O; Valero, J. 1993. Agronomía del riego. Madrid, España, Mundi Prensa. 731 p.
18. Simmons, C; Tárano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación a nivel de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José de Pineda Ibarra. 1000 p.
19. Spectrum Technologies, US.2010. Product manual item # 6100. US. 2 p.

20. Tobías, H. 2000. Primera aproximación al mapa de clasificación taxonómica de los suelos de la república de Guatemala (diapositivas). Guatemala. 50 diapositivas. Color.
21. USDA. 1999. Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo; Estructura de suelo (en línea). US, USDA. 82 p. Consultado 10 mar. 2015. Disponible en https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1044786.pdf
22. Wild, A. 1992. Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Rusell. España, MundiPrensa. 35 p.

No. 30. *Polanco B. Ramos.*





CAPÍTULO III
Servicios
Proyectos Profesionales en el Ingenio Pantaleón, Santa Lucía Cotzumalguapa,
Escuintla.

3.1 Presentación

Se realizaron los proyectos: Establecer la disponibilidad de motobombas en correcto y mal estado en las fincas de la empresa, entre los objetivos que se plantearon, se encuentran conocer por región que equipos están operando y cuáles no, de esta manera agilizar el proceso de reparación por parte de taller o la empresa que se le alquilan los equipos y conocer los requerimientos de motobombas; se contabilizaron en la región Oeste 568 días paradas las bombas por desperfectos mecánicos de 86 bombas que se tienen en el área eso equivale a que 4 bombas paradas durante la temporada de riego; en la región centro 654 días paradas las bombas por desperfectos mecánicos de 116 bombas que equivalen a 6 bombas paradas durante la temporada de riego y la región este 1133 días paradas las bombas por desperfectos mecánicos de 81 bombas que equivalen a 9 bombas paradas durante la temporada de riego, la región en donde hay mayor problemática con desperfectos mecánicos es la región Este, proponiendo renovación de 28 motobombas. Elaboración de catálogo de accesorios para sistema de riego semifijo midi, con el objetivo de establecer los accesorios utilizados por el sistema, conocer el nombre que el personal le da y estandarizar su nombre, se encontraron 17 accesorios entre los que tenemos: tubo, hidrante, codo, abrazadera, válvulas de alivio, tee, elevador, regulador, aspersor, tapón, en 9 accesorios el personal de operación lo nombra de diferente manera y por esa razón se estandarizó un nombre correcto mediante la capacitación y la elaboración del estado actual y proyecciones futuras del recurso hídrico en cuanto a cantidad y calidad, con el objetivo de actualizar datos de precipitación tomados con los pluviómetros que están distribuidos en todas las regiones y así realizar balance hídrico para la correcta aplicación de láminas, según la cantidad de agua que precipita en el área.

3.2 Disponibilidad de la flota de sistemas de riego móviles de la corporación Pantaleón

3.2.1 Presentación

En Guatemala se manifiestan dos épocas; una conocida como seca que va noviembre a abril y la otra como húmeda que va de mayo a octubre. Razón por la cual el riego es uno de los aspectos fundamentales para el cultivo durante la época seca. La corporación riega utilizando los métodos: aspersión motobomba diésel y gas, aspersión gravedad, surcos, compuertas, avances frontales y pivotes.

En la corporación Pantaleón existen 283 motobombas para la succión del agua, la mayoría de los sistemas de riegos utilizan bomba centrífuga.

Debido a diferentes situaciones de traslado durante el uso, se generan problemas mecánicos, sufren deterioros y dejan de funcionar. Para conocer estos daños y la disponibilidad de motobombas se realizó el conteo de las motobombas que operaran con normalidad y las que no operan. Con datos obtenidos de noviembre a abril, se contabilizaron en la región Oeste un total de 568 días de bombas paradas por desperfectos mecánicos de 86 bombas, equivale a 4 bombas paradas durante la temporada de riego; en la región Centro 654 días de bombas paradas de 116 bombas, que equivalen a 6 bombas paradas durante la temporada de riego; en la región Este 1133 días de bombas paradas de 81 bombas, que equivalen a 9 bombas durante la temporada de riego, la región con mayor cantidad con desperfectos mecánicos fue la región Este, con esta información la reparación de los equipos se realizaron 28 renovaciones de motobombas que no cumplen las especificaciones.

3.2.2 Objetivos

A. General

- Conocer el estado operativo de las motobombas en las regiones Este, Centro y Oeste para proponer un plan de mantenimiento y reparación que aseguren un riego efectivo.

B. Especifico

- Conocer por región los equipos que se encuentran operando y cuáles no.
- Conocer en que finca se necesita motobomba para realizar sus labores de riego.

3.2.3 Metodología

1. Recopilación de datos de motobombas de enero a finales de abril que operan y las que no.
2. Ordenamiento de datos por fecha en una hoja de cálculo de Excel.
3. Se determinó por medio de reportes dados por cabina de radio que es el ente a donde se reporta la situación de los equipos, la disponibilidad de motobombas en buen estado y cuantas se encuentran en mal estado que no permiten su uso.

3.2.4 Resultados

Se obtuvieron datos de la cantidad de motobombas por zona que no se usan por desperfectos mecánicos.

En el cuadro 8 tenemos de 162 días de operación de cada motobomba durante la época de riego se muestra la cantidad de días que estuvieron paradas por desperfectos, de las 283 bombas que hacen un total de 45,846 días, equivale a que el 5% del total de días de operación estuvieron sin operar, afectando directamente a la planta por alargar frecuencias de riego.

Cuadro 8 Total de días parados por desperfectos mecánicos de motobombas de las zonas agrícolas.

Zonas agrícolas de producción	Bombas por zona agrícola	Total de días de operación por zona	Total días parados por desperfectos mecánicos	% de días parados por desperfectos
1	33	5346	75	1%
2	32	5184	258	5%
3	16	2592	200	8%
4	5	810	35	4%
5	36	5832	231	4%
6	29	4698	152	3%
7	21	3402	77	2%
8	30	4860	194	4%
9	20	3240	188	6%
10	37	5994	613	10%
11	24	3888	332	9%
	283	45846	2355	

Cuadro 9 Cantidad de días en que estuvieron descompuestas las motobombas.

Región	Meses/días sin operar						Total días parados por desperfectos mecánicos	Bombas por región	Porcentaje de bombas paradas por desperfectos mecánicos
	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.			
Oeste	27	54	125	144	107	111	568	86	4%
Centro	57	85	193	121	96	102	654	116	3%
Este	41	99	289	321	177	206	1133	81	9%
						TOTAL	2355	283	

Cada motobomba trabaja 162 días, la región Oeste con 86 motobombas equivale a 13,932 días operados, estuvieron parados 568 días eso corresponde que 4 motobombas no trabajaron la temporada; región Centro con 116 motobombas equivale 18,792 días operados, estuvieron parados por 654 días, corresponde a que 3 motobombas no trabajaron la temporada y la región Este con 81 motobombas equivale a 13,122 días operados, estuvieron parados por 1,133 días eso corresponde que 9 motobombas no trabajaron la temporada, se observa que la región donde tuvieron mayor problemática es la región Este.

3.2.5 Evaluación

Se logró obtener la cantidad de días en la cuales estuvieron descompuestas cada una de las motobombas y con eso se pudo demostrar las faltas de taller por mala reparación, el atrasó y el costo que implicaba mantener las motobombas paradas, así también se pudo obtener cuantas motobombas se renovarían.

3.3 Elaboración de catálogo de accesorios de un sistema de riego semifijo midi

3.3.1 Presentación

La Corporación Pantaleón, cuenta con una amplia variedad de sistemas de riego por aspersión, dentro de ellos el sistema por aspersión semifijo midi, estos presentan inconvenientes originado por el personal que los utiliza. Básicamente debido a una confusión en los nombres de los accesorios, originando que se solicite materiales incorrectos o bien accesorios que no se van a utilizar, incrementando los costos directos del ingenio y afectando la eficiencia de riego. Para dar respuesta a la problemática se realizó un catálogo de los accesorios que contienen los sistemas de riego por aspersión midi, con el propósito que los operadores del sistema conozcan el nombre de los accesorios y se pida el correcto. Eliminado las compras erróneas, disminuyendo los costos de producción.

Se contabilizaron 17 accesorios, 9 de estos el personal de operación lo nombraba de diferente manera; se estandarizaron los nombres de accesorios y se capacitó a el personal para conozcan el nombre correcto.

3.3.2 Objetivos

A. General

- ✓ Estandarizar los nombres de los accesorios entre los usuarios del sistema de riego semifijo midi utilizados en las fincas de ingenio Pantaleón para riego de caña de azúcar.

B. Especifico

- ✓ Elaborar catálogo de accesorios de sistema de riego semifijo midi.
- ✓ Capacitar a los usuarios del sistema de riego semifijo midi.

3.3.3 Metodología

1. Se determinó con que accesorios cuentan los sistemas de riego semifijos midi
2. Se recopiló información con los operadores sobre los nombres que ellos le dan a los accesorios.
3. Los accesorios del sistema de riego midi en campo se observaron e identificaron.
4. Se tomaron fotos de los accesorios con que cuentan los sistemas de riego semifijos midi
5. Se recopiló nombre correcto de los accesorios por medio de las empresas que las distribuyen.
6. Se editó un catálogo con información general de los accesorios estandarizando los nombres.
7. Se realizó capacitación sobre nombres de cada accesorio del sistema midi.
8. Se imprimió el catálogo y entregó una copia a cada operador para que se familiaricen con los nombres y hagan pedidos correctos cuando sea necesarios.

3.3.4 Resultados

En el cuadro 10 se comparan los nombres de accesorios dado por los operadores y su nombre correcto, 9 de los 18 accesorios los identifican de diferente manera.

Cuadro 10 Comparación de nombres correctos con nombres que le ponen los operadores.

Nombre dado por el personal que opera	Nombre correcto
	Tubo de 10"
	Codo sin abrazadera 10"x 10" x 90°
Respiradero	Válvula de Aire Vacío 2" Emek
Respiradero	Válvula de aire 1"
	Codo Operador 3"x3"
	Codo sin abrazadera 3"x 3" x 90°
Codo adaptador	Codo con abrazadera 3"x 3" x 90°
	Abrazadera para acople rápido macho de 3"
	Acople rápido hembra de 3"
	Tee con abrazaderas 3"x 3" x 3"
Subidor de aspensor	Elevador del Aspensor
	Regulador de presión
Chorro	Aspensor
Tapa	Tapón Final 3"
Avión	Válvula de alivio Rápido 2"
	Adaptador hembra 1"
Salida	Hidrante
Lanza	Bipodi con abrazadera

3.3.5 Evaluación

Con el catalogo (anexos), dando a conocer el nombre correcto y por medio de la fotografía facilitar el reconocimiento del accesorio en campo se estandarizo el nombre de los diferentes accesorios dentro de las operaciones, de igual manera se entregó una copia a cada encargado de riego para corroborar nombre, se capacitó a los encargados de operación de riegos de la región Este.

3.4 Estado actual y proyecciones futuras del recurso hídrico en cuanto a cantidad y calidad

3.4.1 Presentación

La Corporación Pantaleón, cuenta con estudios hídricos anuales del año 2009 al 2014, estos le han servido para verificar la cantidad de agua precipitada y determinar el área que necesita mayor volumen de agua para riego.

Se realizó una actualización de estos datos de precipitación y elaboró el balance hídrico utilizando datos de evapotranspiración proporcionados por Cengicaña, para aplicar la lámina de riego según la humedad del suelo. Se realizó durante el periodo de lluvia del año 2009 al 2014.

3.4.2 Objetivos

A. General

- Determinar el estado actual y proyecciones futuras del recurso hídrico en cuanto a cantidad, con el fin de permitir desarrollar lineamientos de riego efectivo.

B. Específicos

- Actualizar datos de precipitación tomados con el pluviómetro Senninger del año 2009 al 2014.
- Realizar un balance hídrico en todas las fincas del ingenio Pantaleón del año 2009 al 2014.
- Determinar la lámina requerida por el suelo para hacer un uso racional del agua en tiempo y espacio.

3.4.3 Metodología

1. Se realizó una recopilación de datos de precipitaciones pluvial del año 2009 al 2015 de pluviómetros instalados en las fincas.

2. Se ordenaron los datos de lluvias en milímetros por mes.
3. Con respecto al seguimiento de los reportes de precipitaciones pluviales se estableció en una hoja de Excel, por medio de un sistema de codificaciones (data) que se manejan dentro del departamento de ingeniería agrícola.
4. Se hicieron reportes con el balance hídrico de cada mes durante el año 2015.
5. Se realizó charla con los encargados de riego de las diferentes fincas, para verificar la humedad en el suelo y establecer la lámina que habría que aplicar.

3.4.4 Resultados

Con los datos actualizados de precipitación y evapotranspiración se determinó un balance hídrico y la lámina requerida por el suelo, así como se obtuvo el inicio y final del invierno del año 2015.

Por medio del balance se tomaron decisiones de la aplicación de riego en la mayoría de fincas cuando lo ameritaban y cuando no, así como también para ver el comportamiento del invierno del año 2015 y años anteriores y con esto poder tener indicios de cómo estarán las lluvias el año siguiente e incluso determinar si habrá efecto niño o niña. Con esto se pudo determinar láminas de riego acordes a la necesidad del área, esto dependiendo de la cantidad de agua que precipite.

Los datos obtenidos para este servicio se encuentran en la base de datos del departamento de riegos del ingenio Pantaleón. El Medio de Verificación es por carta firmada y redactada por el coordinador de riego (Ver anexos).

3.4.5 Evaluación

Se da por medio de una carta dada por el coordinador del departamento de riegos de Ingenio Pantaleón en el cual abala el servicio. (Ver anexo)

3.5 Bibliografía

1. Abamotor Energía, España. 2012. Equipos de motobombas sus partes uso y condiciones de trabajo. Vizcaya, España. 204 p.
2. Heras, R. 1981. Balance hidrico. *In* Sokolov, A. A.; Chapman, T. C. (ed.). Métodos de cálculo de balance hidrico: Guía internacional de investigación y métodos. España, Instituto de Hidrología / UNESCO. 191 p.
3. PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, El Salvador). 2010. Curso sub regional de manejo integrado de agua y áreas costeras (diapositivas). Rivera, San Salvador, El Salvador. 87 diapositivas

Yo. B.  Ramos

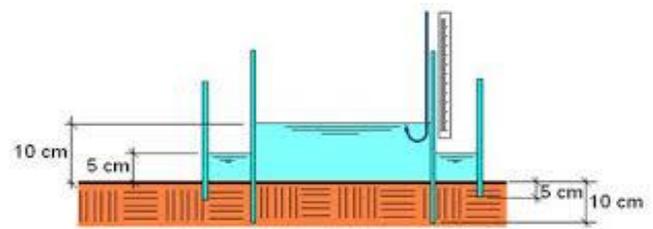
TESIS Y DOCUMENTOS DE GRADUACIÓN
FAUS
REVISIÓN

3.6 Anexos

Determinación de la velocidad de infiltración por el método de doble cilindro

1. Lugar: sin vegetación, grietas, sin compactación o cualquier perturbación del suelo.
2. Profundidad de los cilindros: de 10 - 15 cm. de la superficie del suelo.
3. Agua en los cilindros: hasta una altura de 10 – 15 cm.
4. Se coloca el plástico en el interior del cilindro pequeño, para proteger el suelo del impacto del agua.
5. Con ayuda de la regla y tomando el tiempo transcurrido se llenaran las columnas 3 y 5 de la hoja de registro. Las lecturas al inicio deben ser a intervalos menores de tiempo, que al final. Se iniciara la prueba con intervalos de 1 minuto entre lecturas, luego a intervalos de 3 minutos, cada 5 minutos, cada 10, 15, 30, 60, 90 y 120 minutos.
6. Llegará un momento en que el nivel de agua habrá bajado tanto que será necesario llenar de agua a una altura de 15 cm., pero antes se anota la lectura y el tiempo transcurrido de la lectura anterior. Se recomienda que la altura de agua no descienda los 5 cm., es necesario tener agua disponible.

7. Se deberá de mantener el mismo nivel de agua en ambos cilindros, para asegurar que el agua del cilindro interior si este teniendo un movimiento vertical en el perfil del suelo.
8. Finalizará la prueba de velocidad de infiltración, hasta que las velocidades de infiltración tenga un comportamiento constante.
9. Posteriormente a nivel de gabinete, se determina la infiltración básica, utilizando la ecuación de Kostiakov-Lewis.



CILINDROS INFILTROMETROS

Hoja de toma de datos en campo

Lectura	Hora	Intervalo de tiempo (min)	Tiempo acumulado (min)	Lectura (cm)	Diferencia entre lectura (cm)	Infiltración en cm/hora
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
Etc.						


Pantaleon

CATALOGO

Accesorios de Sistema de Riego Semi-Fijo

Finca: Punián


Pantaleon

Contenido

Tubo 10"x 10".....	1
Codo sin abrazadera 10"x 10"x 90°.....	1
Válvula de alivio Rápido 2".....	2
Válvula de Aire Vacío 2" Emek.....	2
Válvula de aire 1".....	2
Adaptador hembra 1".....	2
Hidrante.....	3
Codo Operador 3"x3".....	3
Codo sin abrazadera 3"x3"x90°.....	3
Codo con abrazadera 3"x 3"x 90°.....	4
Abrazadera para acople rápido macho de 3".....	4
Acople rápido hembra de 3".....	4
Tee con abrazaderas 3"x3"x3".....	5
Bipodi con abrazadera.....	5
Elevador del Aspersor.....	5
Regulador de presión.....	6
Aspersor.....	6
Tapón Final 3".....	6


Pantaleon

Nombre: Tubo 10"x 10"
Equipo: 1004 0307
Material de Fabricación: PVC blanco
Proveedor: Raesa





Nombre: Codo sin abrazadera 10"x 10"x 90°
Equipo: 1004 0307
Material de Fabricación: PVC blanco
Proveedor: Amanco

1


Pantaleon



Nombre: Regulador de presión
Presión: 45 psi (lbs/pulg²)
Equipo: 1004 0307
Material de Fabricación: Plástico
Proveedor: Amanco

Nombre: Aspersor
Modelo: 7025-2-1"
Equipo: 1004 0307
Material de Fabricación: Plástico
Proveedor: Senninger





Nombre: Tapón Final 3"
Equipo: 1004 0307
Material de Fabricación: PVC blanco
Proveedor: Amanco

6





Nombre: Hidrante
Equipo:1004 0307
Material de Fabricación: Aluminio
Número de Serie:
Proveedor: Amanco

Nombre: Codo Operador 3"x3"
Equipo:1004 0307
Material de Fabricación: PVC
Proveedor: Raesa





Nombre: Codo sin abrazadera 3"x3"x90°
Equipo:1004 0307
Material de Fabricación: PVC blanco
Proveedor: Amanco

3





Nombre: Válvula de alivio Rápido 2"
Equipo:1004 0307
Material de Fabricación: Aluminio
Numero de Serie:
Proveedor: Amanco

Nombre: Válvula de Aire Vacío 2" Emek
Equipo:1004 0307
Material de Fabricación: Plástico
Proveedor: Raesa





Nombre: Válvula de aire 1"
Equipo:1004 0307
Material de Fabricación: Plástico
Proveedor: Amanco

Nombre: Adaptador hembra 1"
Equipo:1004 0307
Material de Fabricación: PVC blanco
Proveedor: Amanco



2





Nombre: Tee con abrazaderas 3"x3"x3"
Equipo:1004 0307
Material de Fabricación: PVC blanco
Proveedor: Amanco

Nombre: Bipodi con abrazadera
Equipo:1004 0307
Material de Fabricación: Aluminio
Proveedor: Amanco





Nombre: Elevador del Aspersor
Equipo:1004 0307
Material de Fabricación: Aluminio
Proveedor: Amanco

5





Nombre: Codo con abrazadera 3"x 3"x 90°
Equipo:1004 0307
Material de Fabricación: PVC blanco y celeste.
Proveedor: Amanco

1. Nombre: Abrazadera para acople rápido macho de 3"
2. Nombre: Acople rápido hembra de 3"
Equipo:1004 0307
Material de Fabricación: PVC celeste
Proveedor: Amanco





Nombre: Tee sin abrazaderas 3"x3"x3"
Equipo:1004 0307
Material de Fabricación: PVC blanco
Proveedor: Amanco

4

Nota de aprobación de la investigación emita por el instituto de Investigaciones Agronómicas y Ambientales (IIA), la cual los asesores y la Dirección del IIA hacen constar que el estudiante ha cumplido con las normas de la Facultad en lo referente a la Investigación y lleva los vistos buenos de los asesores y la firma y sello del Director del IIA.

Nota del coordinador del Área Integrada y Asesor docente en la cual se hace constar que el estudiante ha cumplido con las normas de la Facultad de Agronomía y se emite el trabajo de graduación a Decanatura para su orden de impresión.

Orden de impresión por parte del Decano.

Guatemala, 17 octubre 2015

Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Agronomía
Área Integrada

A quien interese:

El motivo de la presente es para informarles que al alumno **Luis Francisco Palencia Villatoro** que se identifica con carne **200915980**, realizo sus servicios en el área de Ingeniería Agrícola, en la sub área del Departamento de Riegos, del Ingenio Pantaleón. Como parte de sus servicios, el alumno Luis Palencia, elaboró un **análisis de la oferta del recurso hídrico, actual y proyectada a 5 años**, esto con el fin de permitir priorizar la inversión, en construcción de obras para obtener dicho recurso hídrico. Para esto realizó la recopilación de datos climáticos (precipitación, temperatura, radiación solar) y de datos de afluentes de aguas superficiales, del año 2009 al 2015. Dado que los datos son tomados en fincas propiedad e Pantaleón, con equipos, herramienta y recursos en general, de Pantaleón, son manejados con mucha confidencialidad y no pueden ser divulgados.

Por lo anterior escrito, espero su comprensión para que tomen las consideraciones necesarias, con el fin de que la información generada en este servicio en particular sea manejada con suma confidencialidad.

Atentamente,


Ronald Giovanni Pocasangre Garcia
Jefe Departamento de Riegos
Ingenio Pantaleón



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA -FAUSAC-
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS
Y AMBIENTALES -IIA-



REF. Sem. 06/2018

EL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO: "ESTIMACIÓN DEL NIVEL DE COMPACTACIÓN Y SU RELACIÓN CON LA INFILTRACIÓN EN UN SUELO FRANCO ARENOSO BAJO EL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum spp.*), MUNICIPIO DE LA GOMERA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A."

DESARROLLADO POR EL ESTUDIANTE: LUIS FRANCISCO PALENCIA VILLATORO

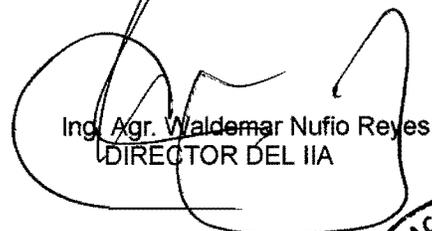
CARNE: 200915980

HA SIDO EVALUADO POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. David Juárez
Dr. Tomás Padilla Cámara
Ing. Agr. Fernando Rodríguez Bracamonte

Los Asesores y la Dirección del Instituto de Investigaciones Agronómicas y Ambientales de la Facultad de Agronomía, hace constar que ha cumplido con las Normas Universitarias y el Reglamento de este Instituto. En tal sentido pase a la Dirección del Área Integrada para lo procedente.


Dr. Tomás Padilla Cámara
A S E S O R


Ing. Agr. Fernando Rodríguez Bracamonte
SUPERVISOR-ASESOR


Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
DIRECTOR DEL IIA

WNR/nm
c.c. Archivo



Ref. SAIEPSA.55. 2018

Guatemala, 24 de octubre de 2018

TRABAJO DE GRADUACIÓN: ESTIMACIÓN DEL NIVEL DE COMPACTACIÓN Y SU RELACIÓN CON LA INFILTRACIÓN EN UN SUELO FRANCO ARENOSO BAJO EL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum spp.*), DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN INGENIO PANTALEÓN LA GOMERA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.

ESTUDIANTE: LUIS FRANCISCO PALENCIA VILLATORO

No. CARNÉ: 200915980

Dentro del Trabajo de Graduación se presenta el Capítulo II que se refiere a la Investigación Titulada:

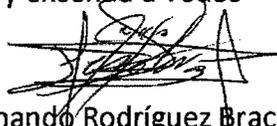
“ESTIMACIÓN DEL NIVEL DE COMPACTACIÓN Y SU RELACIÓN CON LA INFILTRACIÓN EN UN SUELO FRANCO ARENOSO BAJO EL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum spp.*) MUNICIPIO DE LA GOMERA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.”

LA CUAL HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. David Juárez
Dr. Tomás Padilla Cámara
Ing. Agr. Fernando Rodríguez Bracamonte

Los Asesores de Investigación, Docente Asesor de EPSA y la Coordinación del Área Integrada, hacen constar que ha cumplido con las normas universitarias y Reglamento de la Facultad de Agronomía. En tal sentido, pase a Decanatura.

“Id y enseñad a Todos”




Agr. Fernando Rodríguez Bracamonte
Docente – Asesor de EPS


Vo. Bo. Ing. Agr. Silvel A. Elías
Coordinador Área Integrada





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

Acreditada Internacionalmente



No. 66-2018

Trabajo de Graduación:

“ESTIMACIÓN DEL NIVEL DE COMPACTACIÓN Y SU RELACIÓN CON LA INFILTRACIÓN EN UN SUELO FRANCO, ARENOSO BAJO EL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum spp.*), DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN INGENIO PANTALEÓN LA GOMERA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.”

Estudiante:

Luis Francisco Palencia Villatoro

Carné:

200915980

“IMPRÍMASE”

Ing. Agr. Mario Antonio Godínez López
DECANO

