

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR OCCIDENTE
TECNICO EN PRODUCCIÓN AGRICOLA
PRACTICA PROFESIONAL SUPERVISADA



INFORME FINAL DE SERVICIOS REALIZADOS EN DEPARTAMENTO DE
INGENIERIA AGRICOLA EN FINCAS SAN PABLO Y SANTANDER, INGENIO
TULULÁ, SAN ANDRÉS VILLA SECA.

NOMBRE

OSCAR GEOVANY VILLALOBOS IXCAL

CARNE

201641027

ASESOR

Dr. MILTON LEONEL CHAN SANTISTEBAN

MAZATENANGO, OCTUBRE DE 2018

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE**

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos

Rector

Arq. Carlos Enrique Valladares Cerezo

Secretario General

**MIEMBROS DEL CONSEJO DIRECTIVO DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE
SUROCCIDENTE**

Dr. Guillermo Vinicio Tello Cano

Director

REPRESENTANTES DE PROFESORES

MSc. José Norberto Thomas Villatoro

Secretario

Dra. Mirna Nineth Hernández Palma

Vocal

REPRESENTANTE GRADUADO DEL CUNSUROC

Lic. Ángel Estuardo López Mejía

Vocal

REPRESENTANTES ESTUDIANTILES

TPA. Angélica Magaly Domínguez Curiel

Vocal

PEM y TAE. Rony Roderico Alonzo Solís

Vocal

COORDINACIÓN ACADÉMICA

MSc. Bernardino Alfonso Hernández Escobar
Coordinador Académico

MSc. Alvaro Estuardo Gutiérrez Gamboa
Coordinador Carrera Licenciatura en Administración de Empresas

Lic. Edin Anibal Ortiz Lara
Coordinador Carrera de Licenciatura en Trabajo Social

Lic. Mauricio Cajas Loarca
Coordinador de las Carreras de Pedagogía

MSc. Edgar Roberto del Cid Chacón
Coordinador Carrera Ingeniería en Alimentos

Ing. Agr. Edgar Guillermo Ruiz Recinos
Coordinador Carrera Ingeniería Agronomía Tropical

MSc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes
Coordinadora Carrera Ingeniería en Gestión Ambiental Local

Lic. Sergio Rodrigo Almengor Posadas
Coordinador Carrera de Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales
Abogacía y Notariado

Lic. José Felipe Martínez Domínguez
Coordinador de Área

CARRERAS PLAN FIN DE SEMANA

MSc. Tania Elvira Marroquín Vásquez
Coordinadora de las carreras de Pedagogía

Lic. Henrich Herman León
Coordinador Carrera Periodista Profesional y
Licenciatura en Ciencias de la Comunicación

ACTO QUE DEDICO

A:

Dios:

Por permitirme llegar hasta este momento de mi vida y regalarme la sabiduría para culminar mis estudios de nivel técnico en producción agrícola.

A:

Mi Madre:

Por apoyarme y motivarme en todo momento a lo largo de mi trayectoria estudiantil.

A:

Mis hermanos:

Por brindarme su ayuda incondicionalmente cuando lo he necesitado.

A:

Compañeros y amigos:

Porqué de una u otra manera me han ayudado alcanzar una nueva meta en mi vida estudiantil.

AGRADECIMIENTOS

A:

Ing. Agr. Juan Luis Ajanel Ajcot
Ing. Agr. Alexander Herrera Ramos
TPF. Lenin Manuel Ramírez Tello
TSIG. Maycon Danilo Guatzin Pérez

Personal del departamento de ingeniería agrícola, del ingenio Tulumá, quienes permitieron y me ayudaron a realizar las actividades correspondientes a la Práctica Profesional Supervisada.

A:

Ph.D. Milton Leonel Chan Santisteban

Por su orientación para la realización de este documento.

A:

Claustro de Catedráticos de la Carrera de Agronomía Tropical

Por compartir sus conocimientos, para mi formación como profesional.

Mazatenango, 30 de Octubre de 2018.

Señores:

Comisión de Práctica Profesional Supervisada
Centro Universitario de Sur Occidente
Mazatenango, Suchitepéquez

Respetables señores:

De conformidad con lo que establece el normativo del curso de Práctica Profesional Supervisada de la Carrera de Agronomía Tropical del Centro Universitario de Suroccidente de la Universidad de San Carlos de Guatemala, como requisito previo a optar al título de nivel medio de " TÉCNICO EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA", someto a consideración de ustedes el informe Final de Práctica Profesional Supervisada titulado "Informe final de servicios realizados en departamento de ingeniería agrícola en fincas San Pablo y Santander, ingenio Tzulá, San Andrés Villa seca.

Esperando que el presente trabajo merezca su aprobación, sin otro particular me suscribo.



Oscar Geovany Villalobos Ixcal

Carné 201641027



Mazatenango, 30 de Octubre de 2018.

Señores:

Comisión de Práctica Profesional Supervisada
Centro Universitario de Sur Occidente
Mazatenango, Suchitepéquez

Respetables señores:

Atentamente me dirijo a ustedes para informar que como asesor de la Práctica Profesional Supervisada del estudiante de la carrera de TÉCNICO EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA, **Oscar Geovany Villalobos Ixcal**, con número de carné **201641027**, he finalizado la revisión del informe final escrito correspondiente a dicha práctica, el cual considero reúne los requisitos indispensables para su aprobación.

Sin otro particular, me permito suscribirme de ustedes atentamente,

A handwritten signature in black ink is written over a horizontal line. The signature is stylized and appears to be "Milton Chan".

Ph.D. Milton Leonel Chan Santisteban
Supervisor - Asesor

INDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	OBJETIVOS.....	2
a.	Objetivo General.....	2
b.	Objetivos específicos.....	2
III.	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA UNIDAD DE PRACTICA	3
3.1	Antecedentes históricos de la unidad de práctica	3
3.2	Información general de la unidad de práctica.....	4
3.2.1	Nombre de la unidad práctica	4
3.2.2	Localización	4
3.2.3	Vías de acceso	4
3.2.4	Ubicación geográfica	4
3.2.5	Zona de vida.....	4
3.2.6	Clima	5
3.2.7	Tipo de institución.....	5
3.2.8	Objetivos de la institución	5
3.2.9	Servicios que presta	5
IV.	ACTIVIDADES DESARROLLADAS	6
4.1	Estudio del comportamiento del agua subterránea (nivel freático) con fines de drenaje agrícola, en finca San Pablo, Retalhuleu.	6
4.1.1	Problema	6
4.1.3	Revisión bibliográfica.....	6
4.1.4	Objetivo específico	7
4.1.5	Materiales y métodos.....	7
4.1.6	Presentación de resultados y su discusión.....	10

4.2 Muestreos de suelos, con fines de ajuste de humedad en el software del balance hídrico para finca Santander.	20
4.2.1 Problema	20
4.2.3 Revisión bibliográfica.....	20
4.2.4 Objetivo específico.....	21
4.2.5 Materiales y métodos.....	21
4.2.6 Presentación de resultados y su discusión	23
4.3 Construcción de estructuras de conservación en líneas de instalación de tubería subterránea en finca San Pablo.....	26
4.3.1 Problema	26
4.3.3 Revisión bibliográficas	26
4.3.4 Objetivo específico.....	27
4.3.5 Metodología	27
4.3.6 Presentación de resultados y su discusión	28
V. CONCLUSIONES	29
VI. RECOMENDACIONES	30
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	¡Error! Marcador no definido.
VIII. ANEXOS	33

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Georeferenciación de los pozos de observación, finca San Pablo Retalhuleu.....	8
Cuadro 2: Calendario de actividades del servicios de pozos de observación	10
Cuadro 3: Estudio de suelos con fines de riego en finca Santander, Retalhuleu.	21
Cuadro 4: Calendario en que se realizaron los muestreos de suelo	23
Cuadro 5: Resultados de retención de suelo por medio de diques	28
Cuadro 6: Formato para la toma de lecturas del nivel freático	35
Cuadro 7: Formato para el ajuste de humedad para el software de cengirriegos	36

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de isohipsas del nivel freático, finca San Pablo, Retalhuleu.....	11
Figura 2: Mapa de isobatas de la profundidad del nivel freático, finca San Pablo, Retalhuleu	13
Figura 3: Hidrograma de los pozos de observación de la zona de descarga	15
Figura 4: Pluviograma de las fechas en que realizaron las lecturas del nivel freático, finca San Pablo, Retalhuleu.	16
Figura 5: Hidrograma de los pozos de observación ubicados en la zona de recarga, finca San Pablo, Retalhuleu.	17
Figura 6: biométrías relacionadas con el nivel freático, finca San Pablo	18
Figura 7: Grafico del comportamiento de la humedad en el software de cengirriegos, de finca Santander A) Lote 4 B) Lote 5 C) Lote 9 D) Lote 10 E) Lote 11 F) Lote 14 G) Lote 15 H) Lote 16	24
Figura 8: Ubicación de los pozos de observación, finca San Pablo, Retalhuleu ..	33
Figura 9: Perforación de pozos de observación, finca San Pablo, Retalhuleu.	34
Figura 10: Perforación y cortado de los tubos PVC de 2"	34
Figura 11: Instalación de tubería, en los pozos de observación finca San Pablo, Retalhuleu.	34
Figura 12: Toma de lecturas de la profundidad del nivel freático, finca San Pablo, Retalhuleu.	35
Figura 13: Medición biométrica del cultivo de caña de azúcar en finca San Pablo, Retalhuleu	35
Figura 14: Toma de muestras de suelos en finca Santander, Retalhuleu.	36
Figura 15: Cuadro del software de cengirriegos para el ajuste de humedad.....	36
Figura 16: Lectura de los pequeños diques en la carcava del lote 8, finca San Pablo	37
Figura 17: Establecimiento de los cinco diques, en carcava del lote ocho, finca San Pablo, Retalhuleu.....	37

RESUMEN.

El ingenio Tululá se encuentra ubicado en el municipio de San Andrés Villa Seca del departamento de Retalhuleu y se sitúa geográficamente en las coordenadas Latitud N 14°33'25" y Longitud O 90°35'03" a 220 metros sobre el nivel del mar.

El objetivo de los servicios realizados fue contribuir a la solución de los problemas detectados en las fincas San Pablo y Santander bajo la administración de fincas externas del ingenio Tululá S.A.

Para el efecto se realizaron las siguientes actividades, para el estudio del comportamiento del agua subterránea en finca San Pablo, se instalaron pozos de observación a dos metros de profundidad, tomando lectura de la tabla de la profundidad del agua a cada tres días del 18 de Septiembre al cuatro de Octubre bajo las condiciones de la época lluviosa, también se midieron las variables biométricas para relacionarlas con el nivel freático.

Para realizar ajuste de humedad en el software de cengirriegos (herramienta web para el uso óptimo del agua en el riego) de los lotes de finca Santander, se realizaron muestreos de suelo de la primera semana de Septiembre a la primera semana de Octubre, para determinar la humedad real en forma de lámina. Y por último se construyeron diques de piedra y troncos de árboles en una cárcava formada en las líneas de instalación de tubería subterránea en el lote ocho, finca San Pablo.

Se concluye que el flujo del agua subterránea en finca San Pablo es de norte a sur, y la profundidad del agua está entre el rango 0.25 a 0.50 m incidiendo en el desarrollo de las variables biométricas (Altura, diámetro, # entrenudos). La humedad en los lotes de finca Santander en el software de cengirriegos, se mantuvo cercana a capacidad de campo del cinco de Septiembre al cuatro de Octubre. Los cinco diques construidos en la cárcava del lote ocho de finca San Pablo, retuvieron en promedio cuatro cm de suelo.

I. INTRODUCCIÓN

El área de hidrometría del departamento de ingeniería agrícola, tiene una oficina central ubicada en el ingenio Tululá, que se encuentra en el municipio de San Andrés Villa Seca, Retalhuleu en el km 4.5 carretera a San José la Máquina, y las fincas donde se realizaron los servicios una está ubicada en el municipio de Santa Cruz Mulua (finca San Pablo) y otra en el municipio de Retalhuleu (Finca Santander) del departamento de Retalhuleu.

El área de hidrometría del departamento de ingeniería agrícola, se encarga de que operen bien los sistemas de riego, del estudio del agua subterránea para el diseño de drenajes y también vela por el funcionamiento de los pozos que abastecen agua para riego en el cultivo de caña de azúcar *Saccharum officinarum* en las fincas administradas por el ingenio Tululá S.A.

En el área de influencia de la sub área de hidrometría del departamento de ingeniería agrícola en finca San Pablo, existe una problemática con el comportamiento del agua subterránea, ya que se refleja en el desarrollo vegetativo del cultivo de caña de azúcar y que hay diferencia de crecimiento en los diferentes lotes. Por otra parte en la misma finca existe problema con la erosión de suelos que se produce por la escorrentía generada por las precipitaciones en las líneas de instalación de tubería subterránea del lote ocho. Otra problemática que se da en finca Santander es que se necesitan realizar muestreos de suelos para determinar la humedad real dentro del cultivo aun en época lluviosa para realizar el ajuste en el software de cengirriegos ya que el programa solo registra una humedad estimada en base a características de suelos y agrometeorológicas registradas en la base de datos.

En el presente informe se plasma el informe de las actividades que se desarrollaron con el fin de contribuir a la solución de las problemáticas expuestas.

II. OBJETIVOS

a. Objetivo General

- Contribuir a la solución de los problemas, detectados en las fincas San Pablo y Santander de la zona dos del ingenio Tululá.

b. Objetivos específicos

- Determinar el comportamiento del agua subterránea en época lluviosa en finca San Pablo.
- Determinar la humedad real en el suelo para finca Santander, en el software de cengirriegos.
- Construir estructuras de conservación de suelos en las líneas de instalación de tubería subterránea en finca San Pablo.

III. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA UNIDAD DE PRACTICA

3.1 Antecedentes históricos de la unidad de práctica

En el año 2005 el ingenio Tululá, cambio de administración lo cual origino una nueva estructura dentro de su organización. En lo que respecta a la unidad agrícola, no se había delegado un departamento en especial que se encargara de diseñar la preparación de suelo, los riegos y drenajes, sino que cada encargado de zona, era responsable de esas actividades.

Fue hasta en el 2011 que se incluyó un área, que se encargaría del diseño agrícola y preparación de suelo dentro de la estructura agrícola en el ingenio Tululá.

En el 2013 se agregó la actividad de aforos de las fuentes de agua, para obtener el caudal y así diseñar los sistemas de riego con uso eficiente del agua.

Finalmente, en el año 2016 se creó el departamento de ingeniería agrícola, conformado por dos áreas; diseño y preparación de suelos e hidrometría.

Desde el año 2016 el área de hidrometría es el encargado de diseñar, supervisar y asesorar los proyectos nuevos de riego en todas las fincas sembradas con caña de azúcar del ingenio Tululá.

Cabe resaltar que los encargados de ejecutar los riegos en las fincas con producción de caña de azúcar son los jefes de zona uno y dos, los cuales asignan personal desde supervisores hasta operadores de riego para realizar esta actividad.

3.2 Información general de la unidad de práctica

3.2.1 Nombre de la unidad práctica

Área de Hidrometría, del departamento de Ingeniería Agrícola del ingenio Tululá.

3.2.2 Localización

La oficina central del área de hidrometría, está ubicada en el ingenio Tululá que se encuentra en el municipio de San Andrés Villa Seca, Retalhuleu en el km 4.5 carretera a San José la Máquina, atiende a las fincas de la zona uno y dos del ingenio Tululá, con producción de caña de azúcar, las cuales se sitúan en su mayoría en los municipio de San Andrés Villa Seca, Santa Cruz Mulua, otras en jurisdicción de San Sebastián departamento de Retalhuleu y otras dos ubicadas en el municipio de Cuyotenango, Suchitepéquez.

3.2.3 Vías de acceso

Desde la ciudad de Guatemala siguiendo la carretera hacia al pacifico CA-2 occidente se llega al kilómetro 168 en jurisdicción de Cuyotenango, seguidamente se transitan 4.5 km por la carretera hacia San José la Máquina, por último, se toma un desvío hacia al oeste de 0.5 km

3.2.4 Ubicación geográfica

Las instalaciones del área de hidrometría en el ingenio Tululá, se encuentra en el municipio de San Andrés Villa Seca del departamento de Retalhuleu y las coordenadas geográficas son Latitud N 14°33'25" y Longitud O 90°35'03", y las fincas de influencia del área se encuentran en un rango de altitud que va 57 msnm (finca Santander) a 280 msnm (finca Maricon Ralda).

3.2.5 Zona de vida

Según la clasificación de zonas de vida de Guatemala Cruz,(1982) las fincas de producción agrícola con el cultivo de caña de azúcar *S. officinarum* del ingenio

Tululá, que se encuentran a una altura de 57 a 237 msnm, se clasifican como bosque subtropical cálido.

3.2.6 Clima

Según el departamento de planificación y control (PYC) del ingenio Tululá, en el área del ingenio donde se encuentra la oficina de hidrometría el promedio anual de precipitación es de 2088 mm y una temperatura media anual de 26°C.

3.2.7 Tipo de institución

El área de hidrometría es parte del departamento de ingeniería agrícola al servicio de la gerencia agrícola del ingenio Tululá que es una empresa de carácter privado.

3.2.8 Objetivos de la institución

- Diseñar los sistemas de riego nuevos, para el cultivo de caña de azúcar del ingenio Tululá.
- Supervisar la labor de la aplicación del agua de riego mediante el registro hidrométrico
- Recomendar a los jefes de zona acerca del riego en cada finca.
- Monitorear el sistema de operación del balance hídrico.
- Realizar el programa de mantenimiento para los pozos de abastecimiento de agua para riego.

3.2.9 Servicios que presta

- Diseño e investigación para la aplicación del riego en el cultivo de caña de azúcar.
- Mantenimiento y hechura de drenajes dentro del cultivo de caña de azúcar.
- Registro de toda información de carácter hidrométrico (precipitación, porcentaje de humedad en el suelo, lamina de bruta y neta de riego aplicada.
- Aforo de las fuentes de agua, que abastecen las necesidades hídricas del cultivo de caña de azúcar.

IV. ACTIVIDADES DESARROLLADAS

4.1 Estudio del comportamiento del agua subterránea (nivel freático) con fines de drenaje agrícola, en finca San Pablo, Retalhuleu.

4.1.1 Problema

En la finca San Pablo, el cultivo de caña de azúcar presenta diferencia en el desarrollo vegetativo en la mayoría de sus lotes lo que podría atribuirse a problemas con el drenaje del agua subterránea; por lo tanto es necesario investigar el comportamiento del agua subterránea y su relación en el crecimiento del cultivo.

4.1.2 Metas

Construir siete pozos de observación, que permitan saber el comportamiento del agua subterránea en finca San Pablo.

4.1.3 Revisión bibliográfica

El nivel freático (NF) según Rebollo, (2012) en hidrogeología constituye el nivel superior de las aguas subterráneas libres que tienen una presión igual a la presión atmosférica producto de la percolación de las precipitaciones. Para un tratamiento adecuado de problema de drenaje subterráneo, es necesario conocer la profundidad del nivel freático en el espacio y en el tiempo. Este conocimiento se puede lograr mediante lecturas periódicas del niveles de agua en pozos de observación. Cruz, (2009)

Para conocer la situación del nivel freático en una zona se requiere información de varios puntos para lo cual se debe instalar una red de pozos de observación que cubra el área en estudio, debido a que un nivel freático próximo a la superficie del terreno puede ocasionar un problema de la reducción de aireación en las raíces, provocando problemas en el desarrollo fisiológico del cultivo.

El propósito de los estudios del agua subterránea es suministrar la información necesaria acerca de la posición y fluctuación a lo largo de un periodo de tiempo de la tabla de agua en varios puntos del área problema. Este estudio permite determinar zonas afectadas por problemas de drenaje y ayudara a definir la ubicación de los drenes, así como la cantidad de agua a evacuar. Béjar, (2007)

4.1.4 Objetivo específico

- Determinar el comportamiento del nivel freático en finca San Pablo entre los meses de Septiembre a Octubre.

4.1.5 Materiales y métodos

- Métodos

a. Pozos de observación

Según Soto, (2017) colaborador del área de hidrometria del ingenio Tululá, la cantidad de pozos de observación que se realizan en las fincas, esta determinado por el numero de secciones, debido a que en promedio se hacen siete por sección, en este caso finca San Pablo solo tiene una sección.

- Previamente se determino la ubicación de los siete pozos. (Ver figura ocho en anexos)
- Con un machete se limpio el lugar donde se realizaron los pozos
- Posteriormente se perforo con un barreno eléctrico, toda la tubería de material PVC de 2 m de largo por 2 pulgadas de diámetro, a cada 20 cm de distancia en forma circular, que se utilizaron para los siete pozos. (Ver figura diez en anexos)
- Luego se perforo el suelo a la orilla del surco, con un barreno tipo holandés de 1 m y después para profundizar a una altura máxima de 2 m se utilizó otro barreno de 2.20 m. (Ver figura nueve en anexos)

- Al tener los tubos perforados se introdujeron en los agujeros o pozos de observación, colocándole piedrín en las orillas para que actué como filtro. (Ver figura once en anexos)
- Después de haber instalado el tubo se colocó un tapón de costal en la parte superior. (Ver figura once en anexos)
- Luego se georeferenciaron los puntos de cada pozo con un GPS submétrico y se ubicaron en un mapa de curvas a nivel de la finca San Pablo. (Ver figura 8 en anexos)
- También se procedió a generar un formato con coordenadas del sistema UTM para interpolar las lecturas en planos topográficos.

Cuadro 1: Georeferenciación de los pozos de observación, finca San Pablo Retalhuleu.

LOTE	N°. DE POZO	ESTE (X)	NORTE (Y)	ALTITUD (msnm)
08-0110103	POZO 1	645246	1602778	201
08-0110102	POZO 2	644939	1602738	205
08-0110107	POZO 3	644768	1602502	189
08-0110107	POZO 4	644673	1602261	187
08-0110108	POZO 5	645080	1602492	190
08-0110108	POZO 6	644934	1602090	197
08-0110108	POZO 7	645041	1602351	191

Fuente: Autor, (2018)

- A cada tres días se destaparon los pozos de observación y se midieron con un metro, el nivel del agua, para llevar un comportamiento del nivel freático en tiempo y espacio. (Ver figura doce en anexos)
- Se tomaron lecturas de Septiembre hasta la primera semana de Octubre

- Se analizó el comportamiento de los niveles de agua, en el tiempo con hidrogama y plano de isobatas e isohipsas.

b. Biometría

- En cada uno de los puntos de los pozos de observación se realizaron mediciones biométricas.
- Para la medición biométrica se midieron cinco metros lineales del cultivo de caña de azúcar a la par de los pozos de observación.
- Se seleccionaban 5 tallos representativos por metro lineal, con una cinta métrica se midió el largo del tallo hasta el último entrenudo visible, posteriormente con un vernier se midió el diámetro de cada uno de los tallos y por último se contaron el número de entrenudos por tallo.
- Al final se calcularon promedios de cada una de las variables, para analizarlas con la profundidad del nivel freático.

- Materiales

- Un barreno tipo holandés de 2.20 m
- Un barreno tipo holandés 1 m
- Un barreno eléctrico
- Una broca de $\frac{1}{4}$
- Una sierra
- Un machete
- Un metro
- Mapa de la finca
- 3 tubos PVC de 2"
- Libreta de campo

- Dos motocicletas
- Una pala
- Un rollo de pita
- 5 costales
- Un metro de piedrín
- Un GPS submetrico

Calendario

Cuadro 2: Calendarización de actividades del servicios de pozos de observación

Actividad	Fecha
Traslado de los materiales del ingenio a finca San Pablo	06/09/2018
Cortar y perforar los tubos de 2 m de largo	07/09/2018
Perforación e instalación del pozo uno	08/09/2018
Perforación e instalación del pozo dos	10/09/2018
Perforación e instalación del pozo tres	11/09/2018
Perforación e instalación del pozo cuatro	12/09/2018
Perforación e instalación del pozo cinco	13/09/2018
Perforación e instalación del pozo seis	17/09/2018
Perforación e instalación del pozo siete	18/09/2018
Medición biométrica	5/10/2018
Toma de lecturas del comportamiento del nivel freático	A cada tres días después de haber instalado el pozo hasta la primera semana de octubre

Fuente: Autor, (2018)

4.1.6 Presentación de resultados y su discusión

El estudio del agua subterránea o del nivel freático en finca San Pablo, se hizo por medio de lecturas de una red de pozos de observación, para interpretar los resultados es necesario emplear planos topográficos. A continuación, se presenta un plano de isohipsas para la interpretación del nivel freático.

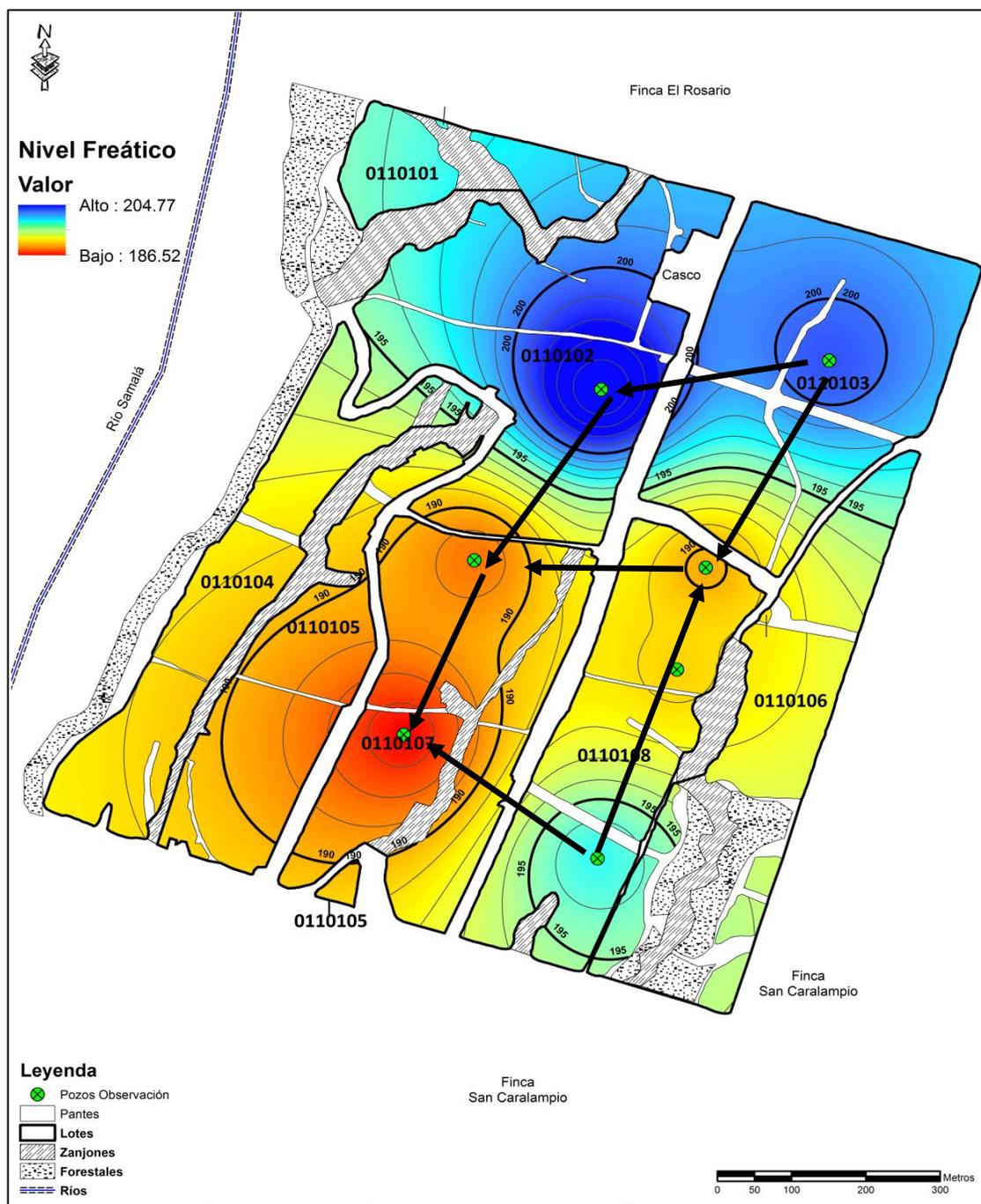


Figura 1: Mapa de isohipsas del nivel freático, finca San Pablo, Retalhuleu.

Fuente: Autor, (2018)

En la figura uno se aprecia un plano de isobatas, que son líneas que unen distintos puntos con el mismo nivel de agua sobre el mar.

Según Rebollo, (2012) el flujo de agua subterránea, se dirige desde los niveles energéticos más altos a los más bajos, es decir desde las zonas con mayor potencial hidráulico total hacia las de menor potencial. Entonces el plano de isohipsas, se interpreta que el flujo de agua en el caso del lote 0110102, 0110105 y 0110107 es de norte a sur como lo marcan las flechas negras en el mapa, siendo el lote dos la zona de mayor potencial hídrico y el lote siete la de menor potencial hídrico. Por otra parte el flujo del agua del 0110103 y 0110108 es converge hacia el lote 0110106 donde hay un nivel freático con menor cota que en los lotes tres y ocho.

La interpretación de los colores, indica que el color azul se refiere a que representa un nivel freático con una cota de agua mayor y como el flujo es de norte a sur, por lo que si se quiere abatir el agua del nivel freático muy próximo a la superficie los drenes deben realizarse de este a oeste.

Cabe señalar en cuanto al nivel de la tabla de agua del acuífero, que la cota de los niveles freáticos de los pozos de observación, no será estable a lo largo del tiempo, sino que está sujeta a variaciones, según las estaciones y otros factores. En época seca debido a la evaporación del calor intenso, el nivel tiende a descender, en épocas lluviosas, en cambio el nivel se acercará más a la superficie del suelo.

- **Plano de isobatas**

Según Cavero, (2013) Cuando los pozos son numerosos, en una región, la posición del nivel freático puede ser cartografiada en detalle mediante el sondeo de las alturas de agua y observando al mismo tiempo las diferentes tendencias de elevación y disminución de la tabla de agua del acuífero libre. Un plano de isobatas es donde se puede observar el comportamiento de la profundidad, por lo que se presentan un plano de esas características a continuación.

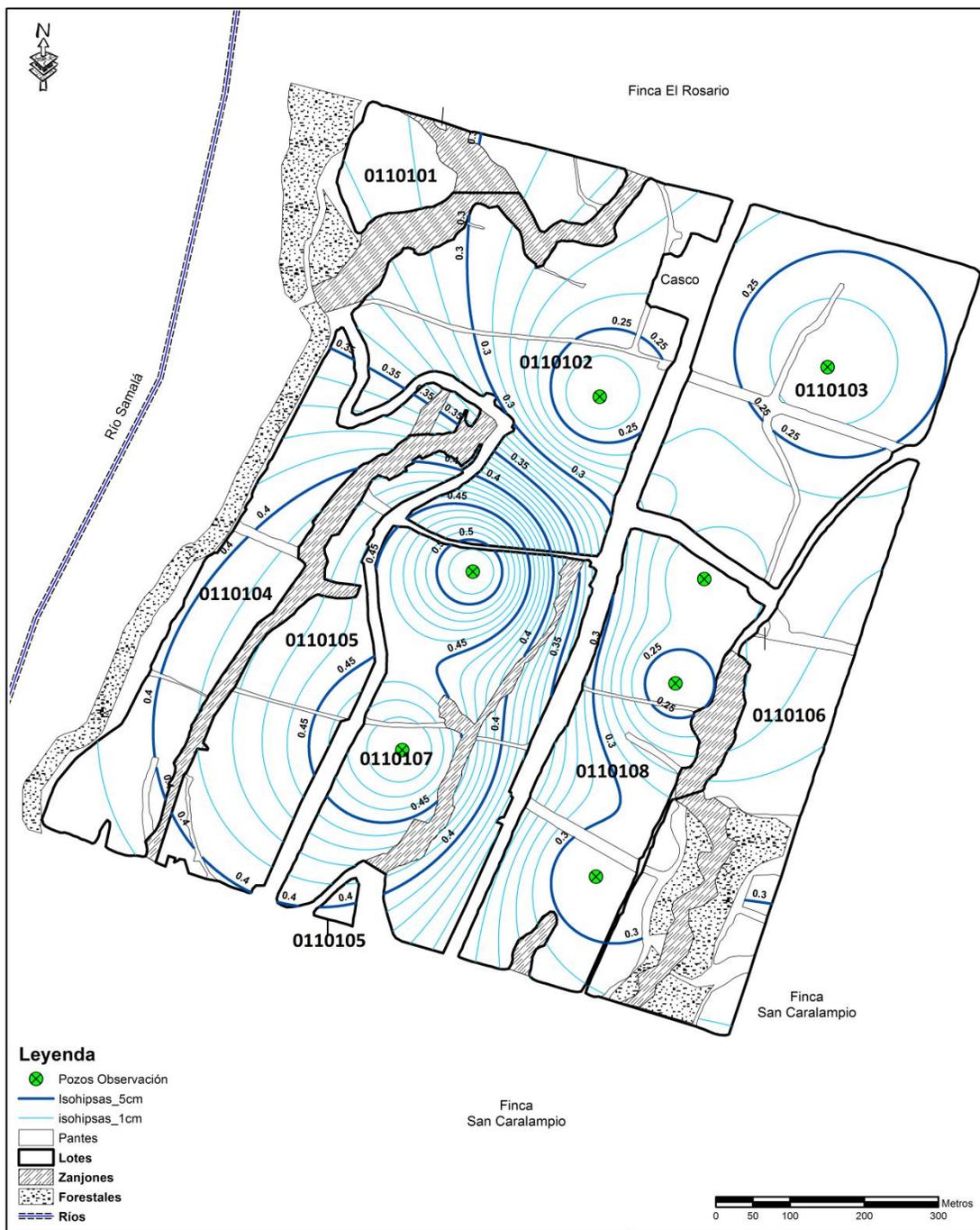


Figura 2: Mapa de isobatas de la profundidad del nivel freático, finca San Pablo, Retalhuleu

Fuente: Autor, (2018)

La relación de la profundidad del nivel freático con el cultivo de caña de azúcar radica en la relación con el sistema radicular, ya que según Amaya, (1995) la profundidad efectiva de las raíces del cultivo de caña independientemente de la variedad y cortes es de 60 cm, por lo que el nivel freático superior a esa profundidad afectaría al cultivo y en finca San Pablo el rango del nivel freático oscila en 0.25 a 0.50 m por lo que estaría afectando la aireación del sistema radicular y según Bejar, (2007) un exceso de humedad ocasiona una disminución del contenido de aire en el suelo, y la falta de oxígeno en la zona radicular trastorna la fisiología de las raíces, dificultando la absorción de agua, nutrientes y su transporte a las partes aéreas, todo lo cual se traduce en poco desarrollo vegetativo.

- **Hidrogramas**

El propósito de los estudios del agua subterránea es suministrar la información necesaria acerca de la posición y fluctuación a lo largo de un periodo de tiempo de la tabla de agua en varios puntos donde se considere que existe problemas, las graficas que muestran la variación de la red de pozos de observación de los distintos niveles freáticos a través del tiempo son los hidrogramas. Por lo anterior descrito se presentan los siguientes gráficos con el comportamiento de la tabla de agua del nivel freático de los distintos pozos de observación (ver la numeración de los pozos en figura 8 en anexos) relacionadas con las precipitaciones registradas en el tiempo de estudio.

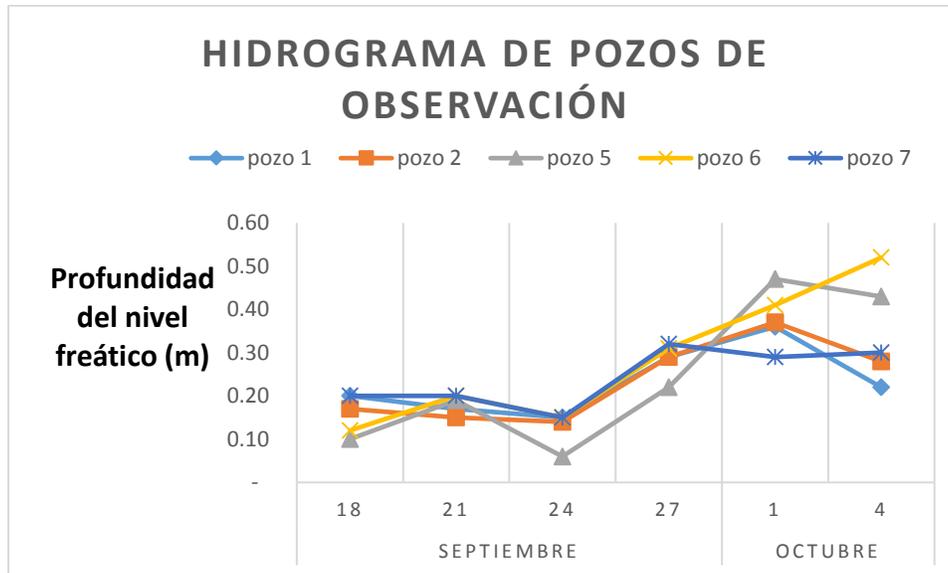


Figura 3: Hidrograma de los pozos de observación de la zona de descarga

Fuente: Autor, (2018)

En la figura tres apreciamos la variación del comportamiento del nivel freático en seis distintas fechas, sin embargo se observa un comportamiento similar de la red de pozos de observación en cada una de las lecturas esto se debe a que según la topografía de finca San Pablo es una parte baja donde están ubicados y es la zona de descarga y según (Rebollo, 2012) en las áreas de descarga el potencial hídrico crece paulatinamente con la profundidad.

Por lo tanto el comportamiento del nivel freático en un rango de 0.10 a 0.50 como se aprecia en el gráfico, está relacionado con el registro de precipitaciones en el periodo de lecturas de la figura cuatro que se presenta a continuación

- Precipitaciones

Uno de los factores importantes a considerar en las fluctuaciones del nivel freático, en finca San Pablo, son las precipitaciones debido a cuando se registran lluvias hay percolación y esto alimenta al acuífero libre, originando una elevación de la tabla del agua a lo contrario que cuando no se registran lluvias disminuye el NF. En la siguiente figura se presentan las precipitaciones de los días de lecturas del agua subterránea de la red de pozos de observación,

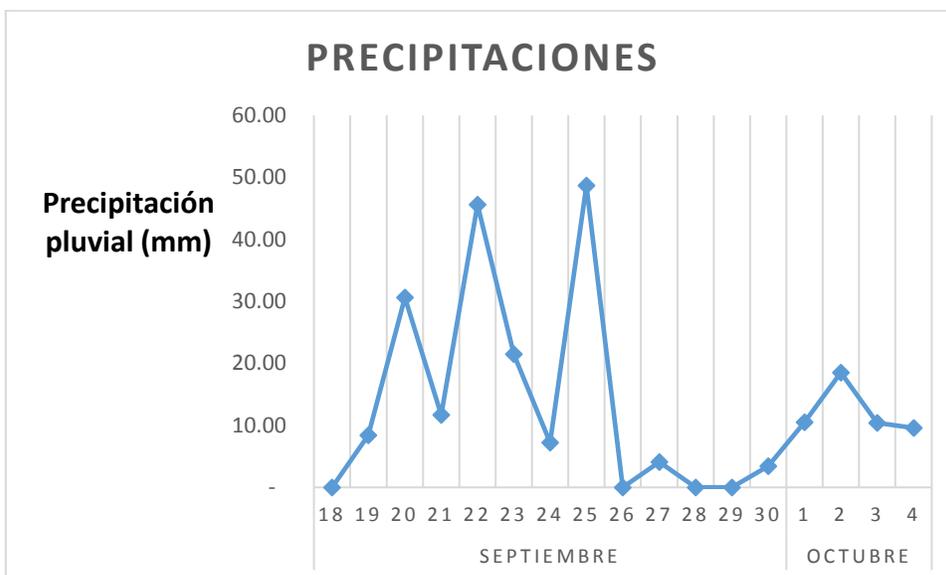


Figura 4: Pluviograma de las fechas en que realizaron las lecturas del nivel freático, finca San Pablo, Retalhuleu.

Fuente: Autor, (2018)

Las precipitaciones registradas en el pluviograma coinciden con las lecturas de los pozos de observación de las figuras tres y cuatro, dando como resultado una tendencia que a mayor precipitación menor profundidad del nivel freático y a menor precipitación mayor profundidad del nivel freático.

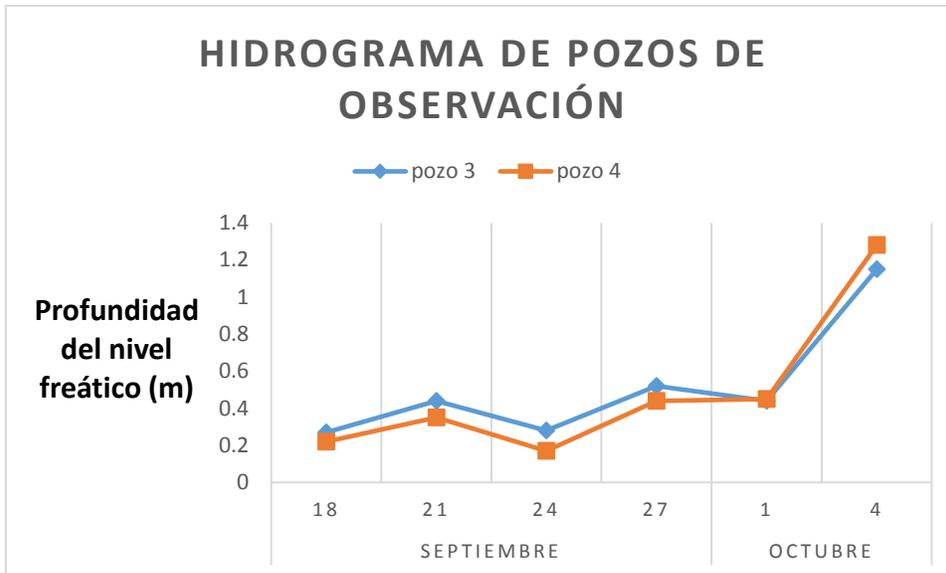


Figura 5: Hidrograma de los pozos de observación ubicados en la zona de recarga, finca San Pablo, Retalhuleu.

Fuente: Autor, (2018)

En la figura cinco podemos apreciar un comportamiento similar que el gráfico anterior, con una similitud en cada una de las lecturas, la diferencia radica que al registrarse pocas precipitaciones como se muestran en la figura cinco, el nivel freático tuvo una tendencia a profundizarse a más de un metro debido a ser una zona de recarga el potencial hidráulico decrece.

- **Medición biométrica relacionada con el nivel freático**

Para relacionar la profundidad de la tabla de agua de la red de pozos de observación, con el desarrollo vegetativo del cultivo, se hicieron mediciones de las variables de altura, diámetro y número de entrenudos, por lo que se presentan el siguiente gráfico con los resultados obtenidos.

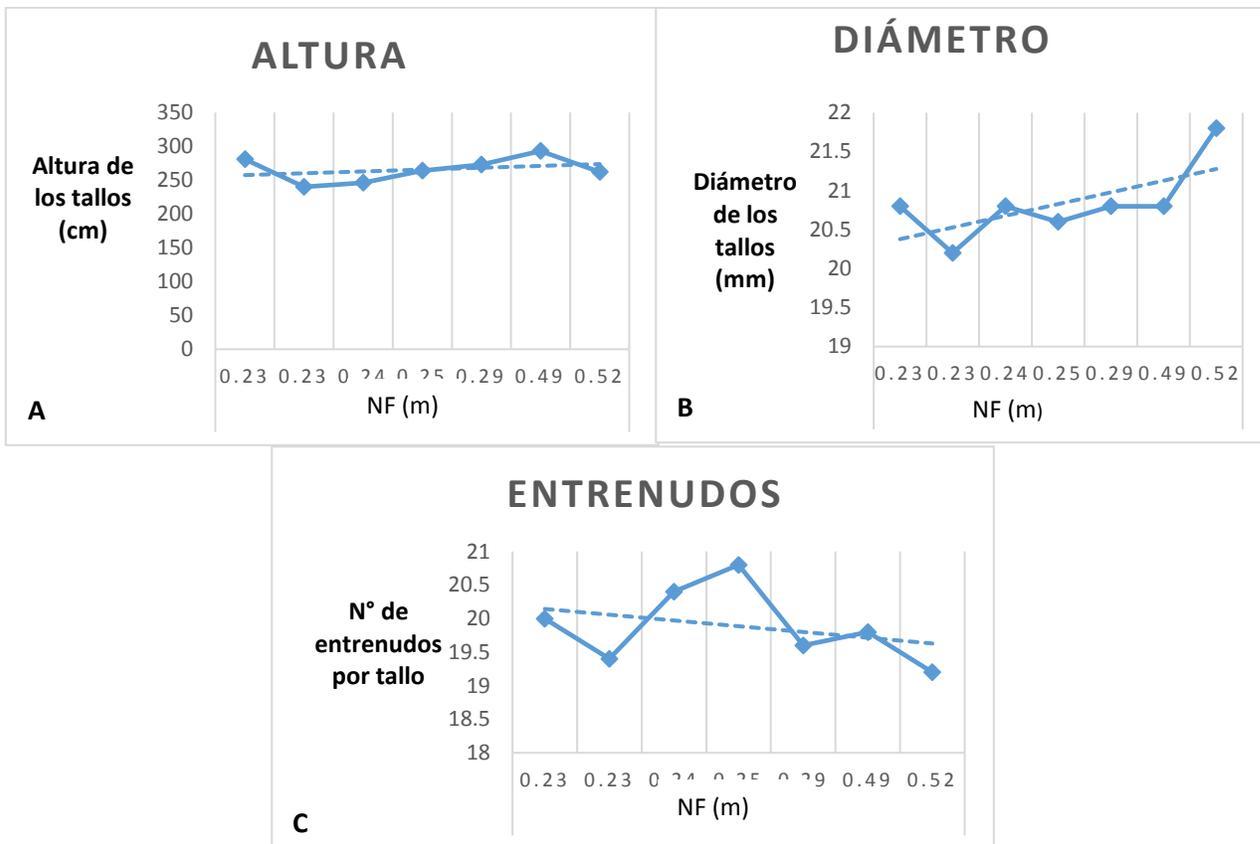


Figura 6: Variables biométricas relacionadas con el nivel freático, finca San Pablo
A) Altura
B) Diámetro
C) # Entrenudos

Fuente: Autor, (2018)

En la figura 6A se observa la relación de la altura promedio de los tallos de caña de azúcar, relacionados con el nivel freático, y donde se puede interpretar que hay un crecimiento similar de los tallos donde se ubican la red de pozos de observación independientemente de la profundidad de la tabla de agua. Un dato referencial más no comparativo es que la variedad CG-02163 que está sembrada en finca San Pablo, existe tiene una altura promedio de la misma variedad y edad de ocho meses en la sección cinco de la finca Santa Julia de 317, estos datos no pueden ser comparativos debido a que las fincas tienen condiciones edáficas y de manejo de cultivo diferentes.

En la figura 6B se observa el diámetro con respecto a la profundidad del nivel freático, interpretando que hay una tendencia que a mayor profundidad del nivel freático mayor diámetro, ya que según Bejar, (2007) cita que un nivel freático profundo, permite la aireación en el sistema radicular y asimismo el adecuado consumo de nutriente, reflejandose en el desarrollo vegetativo del cultivo. De la misma manera que la altura, también existe la referencia del dato del diámetro promedio de la misma variedad en sección cinco de Santa Julia, y según el departamento de agronomía del ingenio Tululá es de 22.8 mm.

Por último en la figura 6C interpretamos el número de entrenudos con respecto al nivel freático, que hay una tendencia similar de crecimiento del número de entrenudos por tallo, tomando en cuenta que se registro una tendencia de que a mayor profundidad del nivel freático menor número de entrenudos y que a menor profundidad mayor número de entrenudos.

Según el jefe del departamento de agronomía del ingenio Tululá, no hay un descriptor estándar para la variedad CG-02163 de caña de azúcar, debido que la variedad la han desarrollado en distintos ambientes edáficos y ecológicos. Al principio la variedad fue empleada por el ingenio tululá en finca Santander en el estrato bajo (40 a 60 msnm) de la zona cañera, debido que un principio la variedad fue creada con resistencia a la sequia más sin embargo con el pasar del tiempo se ha adaptado en el estrato medio (60 a 90 msnm) de la zona cañera donde hay una mayor registro de humedad en el suelo.

4.2 Muestreos de suelos, con fines de ajuste de humedad en el software del balance hídrico para finca Santander.

4.2.1 Problema

La humedad que registra el software de cengirriegos, es una humedad aproximada del suelo con base a las condiciones climáticas que son detectadas por una estación meteorológica que se encuentra a 10 km de finca Santander, por lo que es necesario realizar muestreos de suelos para realizar el ajuste de humedad en el software de cengirriegos, el cual fue propuesto por el sub-comité de riegos de cengicaña para hacer uso eficiente del agua

4.2.2 Metas

Realizar seis muestreos de suelos representativos de los lotes de la finca Santander, para realizar ajuste de humedad en el software de cengirriegos.

4.2.3 Revisión bibliográfica

La determinación del contenido de humedad del suelo juega un papel importante en el manejo técnico de cualquier unidad de riego, independientemente del método que se utilice para su medición.

El contenido de humedad del suelo es un parámetro que sirve de indicador para tomar la decisión de cuándo y cuánto regar, factores que sirven para el diseño y operación de sistemas de riego.

Para medir el contenido de humedad de los suelos existen diferentes métodos dentro de los cuales están los métodos directos y los métodos indirectos. El método gravimétrico que es un método directo y aunque se constituye como un método muy laborioso es el más exacto. Chan, (2018)

El software de cengirriegos es una herramienta web para el uso óptimo del agua en el riego, que nació en el 2012 para realizar diagnóstico retrospectivo de los periodos de déficit hídrico en cada una de las etapas fenológicas del cultivo de

caña de azúcar, el cual su función principal es el seguimiento y monitoreo de la humedad en el suelo (balance hídrico) en el ciclo del cultivo de caña de azúcar, por medio del registro de características edáficas y agrometeorológicas en una base de datos, el cual se encargará de alimentar el área de hidrometría del ingenio Tululá. (Monterroso, 2012)

Para estudios con fines de riego, el departamento de ingeniería agrícola del ingenio Tululá, realizó un estudio de suelos para finca Santander y los resultados se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 3: Estudio de suelos con fines de riego en finca Santander, Retalhuleu.

Estrato	Textura	CC	PMP	DAP	LARA
0-30	Franco Arcilloso	25.7	17.3	1.1	17.35
0-30	Franco Limoso	40.8	26.9	1.2	30.43
0-30	Franco Arcillo Limoso	38.9	23.7	1.3	35.49

Fuente: Departamento de ingeniería agrícola, ingenio Tululá S.A.

4.2.4 Objetivo específico

Corregir la humedad que registra el software de cengirriegos por medio de ajustes de humedad para la finca Santander en el mes de Septiembre y primera semana de Octubre.

4.2.5 Materiales y métodos

Metodología

- Se realizó tomó una muestra representativa por lote, a un estrato de 0-30 cm. (Ver figura catorce en anexos)
- Para sacar la muestra se tuvo que caminar 100 m de la calle hacia dentro del cultivo.

- Se introdujo un barreno de 1.50 m de largo a la orilla de la macolla en el surco.
- Lo que quedo en el barreno adherido a una profundidad de 30 cm, al sacarlo fue la muestra, está se colocó en una bolsa plástica. (Ver figura catorce en anexos)
- Se rotulo con una etiqueta que contiene información de la finca, sección, lote, pante, estrato y nombre de la persona que realizo la muestra. (Ver figura catorce en anexos)
- Posteriormente se trasladó al laboratorio agrícola del ingenio Tuluá, donde secaba cada muestra por 16 horas en el horno a una temperatura de 100°C
- Al obtener los datos de la muestra, se procedió a sacar los cálculos de porcentaje de humedad con las siguientes formulas:

$$\% \text{Hg} = \frac{PSh - PSs}{PSs} * 100$$

Siendo:

%Hg= porcentaje de humedad gravimétrica en el suelo

PSh= peso del suelo húmedo

PSs= peso del suelo seco

$$LH = \frac{\%Hv * Da * Z}{100}$$

Siendo:

LH= lámina de humedad en el suelo (mm)

%Hv= porcentaje de humedad volumétrico en el suelo

Da= densidad aparente del suelo

Z= profundidad en mm

Materiales

- Un barreno helicoidal de 1.50 m
- Bolsas plásticas
- Tarjetas de rotulación
- Libreta de campo
- Mapas
- Lapiceros
- Motocicletas
- Computadora

Calendario

Cuadro 4: Calendario en que se realizaron los muestreos de suelo

Actividad	Fecha
Muestreo 1	05/09/18
Muestreo 2	13/09/18
Muestreo 3	19/09/18
Muestreo 4	26/09/18
Muestreo 5	03/10/18

Fuente: Autor, (2018)

4.2.6 Presentación de resultados y su discusión

El software de cengriegos realiza gráficos estimados del comportamiento de la humedad del suelo en cada uno de los lotes de la finca Santander, por lo que la humedad real es necesaria determinarla directamente por medio de los muestreos de suelos. En el siguiente grafico se presenta el comportamiento del gráfico con un ajuste de humedad en el mes de Septiembre y la primera semana de Octubre.

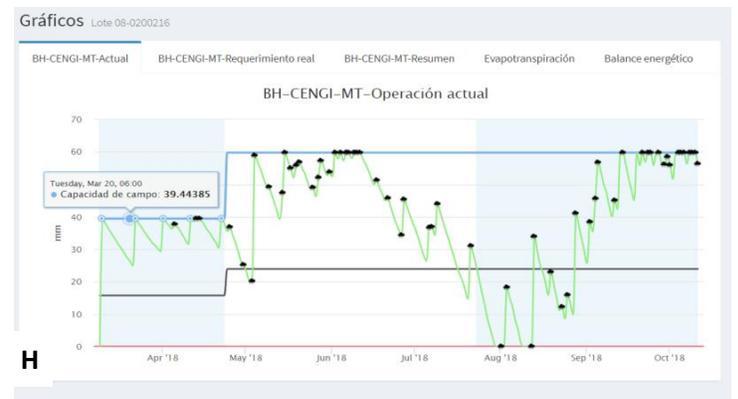
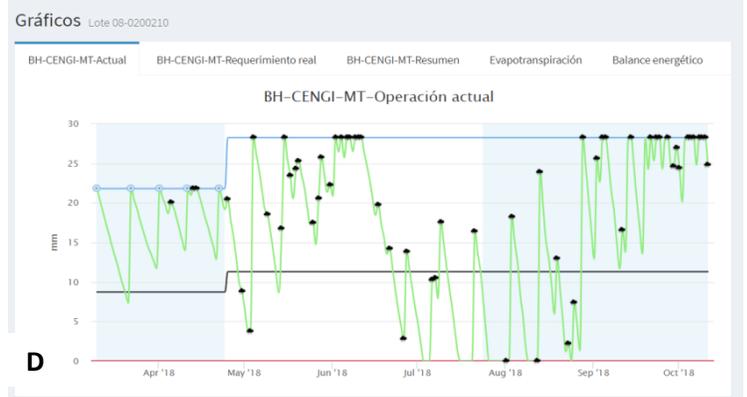
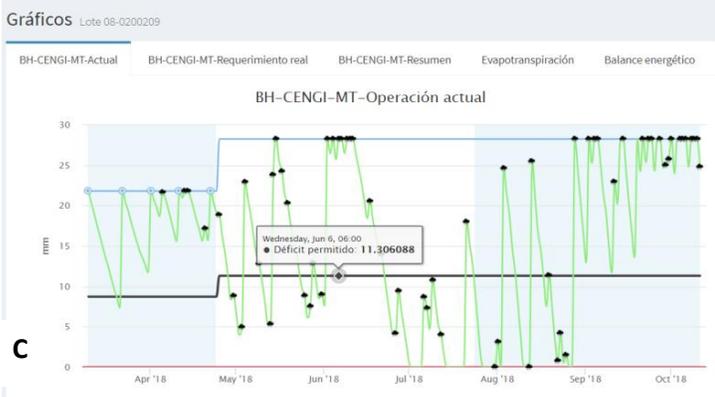
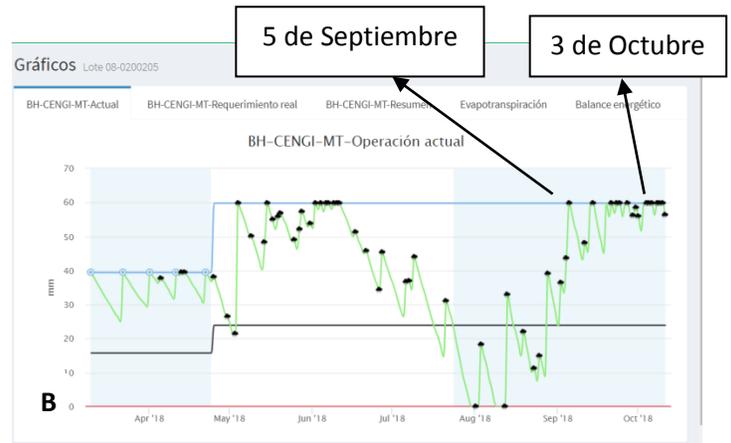
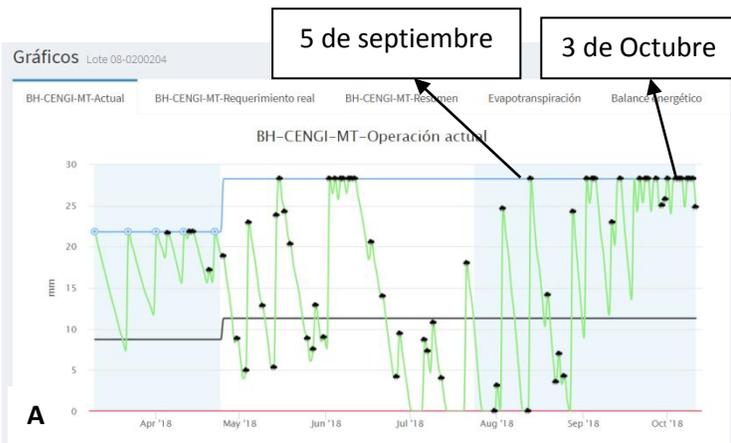


Figura 7: Grafico del comportamiento de la humedad en el software de cengirriegos, de finca Santander A) Lote 4 B) Lote 5 C) Lote 9 D) Lote 10 E) Lote 11 F) Lote 14 G) Lote 15 H) Lote 16

Fuente: Software de cengirriegos, Cengicaña

En la figura ocho se observa el comportamiento de la humedad en el gráfico de software de cengirriegos, el tiempo de Septiembre a la primera semana de Octubre en que se realizaron muestreos de suelo para realizar ajustes de humedad, vemos que la humedad se comportó cercana a capacidad de campo en todos los lotes de la finca Santander

La importancia de los muestreos de humedad con fines de ajuste de humedad, radica en poder llevar un mejor control de la humedad real del suelo, en la figura ocho podemos observar la húmedad antes de los ajustes de humedad y las líneas de humedad tienen una diferencia marcada estando en época lluviosas pero este dato no necesariamente es así, debido que el software solo tiene un dato estimado y al realizarle el ajuste se expresa la lámina de agua real y conocer la lámina de agua en el suelo es necesaria para la futura toma de decisiones de futuras aplicaciones de riego.

Por lo tanto una humedad óptima en los lotes franco arcillosos en finca Santander según la base de datos del departamento de ingeniería agrícola, debería ser una lámina de agua rápidamente aprovechable de 28.07 mm. Los gráficos 7A, 7C, 7D, 7F y 7G representan el ajuste de humedad de la textura franco arcillosa y se aprecia que la lámina de agua aprovechable del cultivo está en la escala de 30 mm por lo que podemos decir que hay una humedad óptima en el cultivo de caña de azúcar.

Por otra parte la textura franco limosa de los lotes de finca Santander la lámina de agua aprovechable es de 59.07 mm y en los gráficos 7B, 7E y 7H se aprecia una lámina de agua que aprovecha arriba de los 60 mm, por lo que podemos decir que también se encuentra una humedad óptima en los lotes que contienen dicha textura en finca Santander.

4.3 Construcción de estructuras de conservación en líneas de instalación de tubería subterránea en finca San Pablo.

4.3.1 Problema

En las líneas de instalación de tubería subterránea del riego de Midi aspersión, existe problemas de pérdida y degradación de suelo, por la escorrentía que se genera por las precipitaciones intensas, formando cárcavas de 0.40 hasta 0.75 m en los lotes ocho y siete de la finca San Pablo.

4.3.2 Metas

Construir cinco diques, que ayuden a retener sedimentos de suelo erosionado, en una cárcava en líneas de tubería subterránea del lote ocho, finca San Pablo.

4.3.3 Revisión bibliográficas

Los Diques son muros de piedra contruidos en forma de media luna, siguiendo las curvas a nivel, para retener el agua de lluvia que forma las cárcavas. Su finalidad es reducir la velocidad de la escorrentía, detener la tierra y otros sedimentos que son arrastrados por la lluvia. Con el transcurso de los años, en esos diques se forman terrazas fértiles donde se pueden plantar frutales, caña, para amarrar y proteger el suelo. (Central, 2012)

La construcción de diques es solo una parte del plan integral de manejo de la parcela o de la cuenca, pero es esencial para recuperar esa parte del terreno.

Las dimensiones y distancia entre los diques dependen de la profundidad de la cárcava y de la pendiente del terreno.

Con el control de cárcavas se busca establecer el equilibrio en el cauce de las aguas. De esta manera se mejora la retención e infiltración del agua y suelo. El control de la erosión y de la escorrentía en la superficie de las laderas, a los lados de la cárcava, es parte esencial para recuperar la parcela.

Los diques de piedra y postes que retoñan se pueden construir en cualquier terreno que tengan problemas de formación de cárcavas. Central, (2012)

4.3.4 Objetivo específico

- Retener sedimentos de suelo a lo largo de 72 m de una cárcava, en la línea de instalación de tubería subterránea del lote ocho en finca San Pablo.

4.3.5 Metodología

- Se midió el largo de la cárcava y en función a su pendiente de 8% del terreno se definió que los topes de piedra o diques se hicieran a una distancia mayor de 15 m. (Ver figura 17 en anexos)
- Se comenzó la construcción diques en la parte más alta de la cárcava, colocando piedras que estaban alrededor del terreno, en forma cóncava, para que su parte más baja sirva de vertedero para evacuar controladamente las aguas acumuladas, infiltrando el suelo arrastrado. (Ver figura 17 en anexos)
- En la parte baja de la cárcava se hicieron los topes o diques usando piedras y troncos de árboles que habían sido descombrados en la preparación de suelo.
- A la semana de haber colocado los diques, se procedió a medir cuantos centímetros de suelo había retenido en la cabecera de la tope de piedras. (Ver figura 16 en anexos)

4.3.6 Presentación de resultados y su discusión

Un dique es sinónimo de un pequeño muro el cual busca disminuir la erosión dentro de las cárcavas, deteniendo el suelo que el agua lleva al pasar. En el caso de la cárcava en el lote ocho de San Pablo, se colocaron cinco Diques de piedra con troncos. En el siguiente cuadro se muestran el suelo retenido proveniente de la escorrentía por cada uno de los diques.

Cuadro 5: Resultados de retención de suelo por medio de diques

	Altura de cárcava (cm)	Altura de medición (cm)	Relleno en cabecera del tope(cm) a los 10 días
Dique 1	42	38	4
Dique 2	39	33	6
Dique 3	41	32.8	8.2
Dique 4	38	35	3
Dique 5	22	20	2
		Promedio	4.64

Fuente: Autor, (2018)

En el cuadro cuatro se observa la altura de la cárcava al inicio y a los diez días de haber colocado los topes o pequeños diques, estas estructuras disminuyeron la velocidad del agua que corre por dicha cárcava en la línea de instalación de tubería subterránea y detuvo 4.64 centímetros de suelo en la cabecera de los topes.

El dique tres retuvo mayor cantidad de suelo, esta diferencia de se debe a que esa parte de la cárcava hay una mayor corriente de agua cuando se registran precipitaciones.

En el control de los sedimentos por medio de los diques se obtiene buenos resultados a largo plazo, por lo que en las mini cárcavas formadas en el lote siete y cinco deberían de implementarse para mejoras de conservación de suelo de las líneas de instalación de tubería subterránea en finca San Pablo.

V. CONCLUSIONES

1. La dirección de flujo del agua subterránea en finca San Pablo va en dirección de norte a sur.
2. La profundidad del nivel freático está entre 0.25 a 0.50 m en finca San Pablo.
3. Las precipitaciones están relacionadas directamente con el nivel freático porque a mayor precipitación menos profundo el nivel freático, mientras que a menor precipitación mayor profundidad del nivel freático.
4. El cultivo de caña de azúcar en finca San Pablo, tiene una tendencia de mayor profundidad del nivel freático mayor crecimiento vegetativo.
5. El ajuste de humedad en el gráfico del software de cengirriegos para la finca Santander se mantuvo a capacidad de campo del cinco de Septiembre al cuatro de Octubre.
6. En diez días, cinco diques instalados en la cárcava de las líneas de tubería subterránea del lote ocho de finca San Pablo retuvieron en las cabeceras en promedio 4.6 cm de sedimento

VI. RECOMENDACIONES

1. Realizar el estudio del agua subterránea en época seca para determinar la mayor profundidad de la tabla de agua sin presencia de precipitaciones.
2. Tomar el dato TCH en la cosecha del cultivo de caña de azúcar en finca San Pablo para determinar si el nivel freático tiene influencia en la producción.
3. Realizar con mayor frecuencia el ajuste de humedad en el software de cengirriegos en especial en la época de riegos o periodos de canícula, para estimar la lámina de agua rápidamente aprovechable por el cultivo de caña de azúcar.
4. Implementar la construcción de más diques en las cárcavas que se forman en las líneas de instalación de tubería subterránea en los lotes siete y seis de la finca San Pablo.

VII. REFERENCIAS

1. Amaya, A. Cock, J. & Hernández, P. (1995). *Morfología de la caña de azúcar S. Officinarum*. Recuperado 18 de Octubre del 2018. Obtenido de www.cenicana/pdf/documentos_no_seriadados/libro_el_cultivo_cana/libro_p31-62.pdf.
2. Cavero, M. (26 de Septiembre de 2013). *Principales factores que afectan el régimen de las aguas subterráneas*. Recuperado el 17 de Octubre del 2018. Obtenido en gidahatari/ih-es/principales-factores-afectan-regimen-aguas-subterranas
3. Chan, M. (2018). *Manual de prácticas de manejo de agua de riego*. Mazatenango, Suchitepéquez: USAC. CUNSUROC
4. Cooperación de Suiza en Suiza en América Central. (1999). *Obras de en conservación de suelos y agua en ladera*. En Proyecto Red SICTA Proyecto Red de Innovación Agrícola. Recuperado el 18 de Octubre del 2018. Obtenido en https://portal.uah/GP_EPD67044/red_sicta/conservación_de_suelos_agua_laderas.pdf.
5. Cruz, R. (2009). *Drenajes en el cultivo de caña de azúcar S. Officinarum*. Colombia: Centro de estudios de la caña azucarera. Guatemala, GT.
6. Monterroso, H. & Castro, O. (2012). *La dinámica del riego*. Guatemala, GT: CENGIRIEGOS
7. Rebollo, L. (2012). *Movimiento del agua en el subsuelo*. Recuperado el 18 de Octubre del 2018. Obtenido en https://portal.uah.es/portal/page/portal/GP_EPD/PG-MA-ASIG/PG-ASIG-67044/TAB42351/T4-Movimiento%20del%20agua%20en%20el%20subsuelo.pdf

8. Soto, D. (2017). *Estudio del comportamiento del agua subterránea en finca Santander. Ingenio Tzulá S.A.*, San Andrés Villa Seca, Retalhuleu, Guatemala, GT.
9. Villón, M. (2007). *Libro de Drenaje*. Costa Rica: Editorial Tecnológica. Recuperado el 17 de Octubre del 2018. Obtenido en <https://books.google.com.gt/books?id=CmZpRBTAAn0C&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=true>

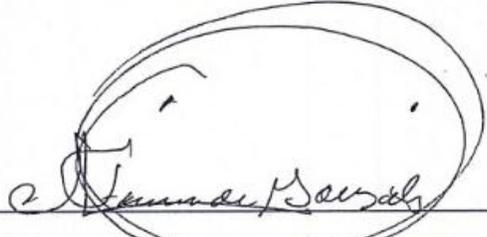

Vo. Bo. Licda. Ana Teresa Cap Yes





Figura 9: Perforación de los pozos de observación, finca San Pablo, Retalhuleu.

Fuente: Autor, (2018)



Figura 10: Perforación y cortado de los tubos PVC de 2"

Fuente: Autor, (2018)



Figura 11: Instalación de tubería, en los pozos de observación finca San Pablo, Retalhuleu.

Fuente: Autor, (2018)



Figura 12: Toma de lecturas de la profundidad del nivel freático, finca San Pablo, Retalhuleu.

Fuente: Autor, (2018)

Cuadro 6: Formato para la toma de lecturas del nivel freático

Fecha	Pozo N°	Lote	N° Lectura	Altura del pozo con respecto al nivel del suelo	Lectura (m)	Profundidad de la tabla del agua (bajo la superficie del terreno	Cota superficie del terreno (m.s.n.m)	Cota (m.s.n. m)

Fuente: Autor, (2018)



Figura 13: Medición biométrica del cultivo de caña de azúcar en finca San Pablo, Retalhuleu

Fuente: Autor, (2018)



Figura 14: Toma de muestras de suelos en finca Santander, Retalhuleu.

Fuente: Autor, (2018)

Cuadro 7: Formato para calcular el ajuste de humedad para el software de cengirriegos

Lámina actual	L actual (mm)	DPM	Lámina a cargar (mm)
Lote 04 (1)	74.21	Promedio*0.6	42
Lote 04 (2)	64.27		
Promedio	69.24		

Fuente: Autor, (2018)

Figura 15: Cuadro del software de cengirriegos para el ajuste de humedad

Fuente: Software de cengirriegos, Cengicaña.



Figura 16: Lectura de los pequeños diques en la cárcava del lote 8, finca San Pablo

Fuente: Autor, (2018)



Figura 17: Establecimiento de los cinco diques, en cárcava del lote ocho, finca San Pablo, Retalhuleu.

Fuente: Autor, (2018)

Mazatenango, 30 de Octubre de 2018.

Oscar Geovany Villalobos Ixcal
Estudiante de la carrera de Técnico en Producción Agrícola

Vo. Bo. _____
Ph.D. Milton Leonel Chan Santisteban
Supervisor - Asesor



Vo. Bo. _____
M.Sc. Bernadino Alfonso Hernández Escobar
Coordinador Académico



Vo. Bo. _____
Dr. Guillermo Vinicio Tello Cano
Director CUNSUROC

“IMPRIMASE”