

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA

ESTUDIO EXPLORATORIO DE NIVELES FREÁTICOS CON FINES DE DRENAJE
SUBSUPERFICIAL E IMPLEMENTACIÓN DE PRACTICAS DE AGRICULTURA DE
PRECISIÓN EN CAÑA DE AZÚCAR (*Sacharum Spp*) EN LA CORPORACIÓN
PANTALEÓN CONCEPCIÓN S.A.

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

POR

MIGUEL ESTUARDO RIVERA PERALTA

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIRO AGRONOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

EN EL GRADO ACADEMICO DE

LICENCIADO

GUATEMALA, FEBRERO 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR

Lic. CARLOS ESTUARDO GALVEZ BARRIOS

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	MSc. Francisco Javier Vásquez Vásquez
VOCAL PRIMERO	Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. Walter Arnoldo Reyes Sanabria
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. Oscar René Leiva Ruano
VOCAL CUARTO	P. Forestal Axel Esaú Cuma
VOCAL CINCO	P. Contador Carlos Monterroso González
SECRETARIO	MSc. Edwin Enrique Cano Morales

GUATEMALA, FEBRERO 2010

Guatemala. Febrero del 2010

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 realizado en el **Departamento de Ingeniería Agrícola de la Corporación Pantaleón Concepción S.A**, como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción, en el grado académico de Licenciado.

‘‘ID Y ENSEÑAD A TODOS’’

Miguel Estuardo Rivera Peralta

ACTO QUE DEDICO

A

Dios mi amado padre celestial, gracias por permitirme alcanzar esta meta, pidiéndote que tu presencia y tu gracia nunca dejen de acompañarme.

Mis Padres Miguel Estuardo Rivera Peralta y Hilda Francisca Peralta de Rivera, por brindarme su apoyo incondicional y sus valores aportados durante toda mi vida.

Mi hermano Carlos Alfonso Rivera Peralta por su apoyo brindado.

Mis abuelos Flaviano Rivera, Graciela de Rivera, Víctor Peralta (+) y Zoilita Peralta por sus oraciones y buenos deseos para mi vida.

Mis tíos Elmer Peralta, María Izabel de Peralta, Fredy Peralta, Coty de Peralta, Orlando Peralta y Cristina de Peralta (+) por siempre estar en los momentos más indicados y brindarme su apoyo incondicional.

Mis primos Víctor Peralta, Laura Peralta, Adriana Peralta, Flor Peralta, Fredy Peralta, Carlos Peralta, Elmer Peralta, Izabel Peralta, Andrea Peralta, Marcos Peralta, María Cristina Peralta, Ana Rivera, Alfonso Rivera, Estuardo Rivera, Raquel Rivera por brindarme momentos de alegría y ser parte de mi motivación para seguir adelante.

Mi Iglesia Bosques de Oración por verme crecer y enseñarme a ser cada día una mejor persona.

Mis amigos José Montejo, Marco Hip, Jorge Calderón, Pedro Solares, David García, Donni Gómez, Marlon Chávez, Norberto Lux, Melisa Gudiel, Juan Orellana, Priscilla Monterroso, Marcos Fausto, Salomón Medina, Werner Gramajo, Sindi Baños, Heidi Baños, Yeimi paredes, Elsa Girón, Elisa Lima, Jhony Rodríguez, Yulmi Ramos, Joel García, Fabricio Alvarado, Hugo Molina, Susy Padilla, Karen Armengol y Nancy López por haber compartido momentos importantes y brindarme su apoyo incondicional siempre.

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

A

DIOS

MI PATRIA GUATEMALA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA

CARRERA EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

COORPORACIÓN PANTALEÓN CONCEPCIÓN S.A

IGLESIA DE DIOS BOSQUES DE ORACIÓN

AGRADECIMIENTOS

A mis asesores Ing. Agr. Ezequiel López e Ing. Agr. David Juárez, por su apoyo brindado a lo largo de todo el proceso, su dedicación apoyo incondicional y sus acertadas aportaciones para poder haber culminado exitosamente el trabajo de graduación.

Al coordinador del Departamento de Diseño Agrícola Ing. Agr. Mauricio Rodríguez, por su colaboración, apoyo y confianza brindada a lo largo del proceso de EPS.

A los ingenieros Agrónomos Erick Veliz, Edwin Mijangos, Vicente Esquit y demás personal del departamento de Ingeniería Agrícola por sus conocimientos aportados y colaboración. .

A mis Catedráticos Ing. Agr. Juan Herrera, Ing. Agr. Waldemar Nufio, Ing. Agr. Manuel Martínez, Ing. Agr. Amílcar Sánchez e Ing Agr. Fernando Bracamontes por compartir sus experiencias y conocimientos adquiridos, brindándome las bases para mi carrera profesional.

GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
INDICE DE FIGURAS.....	vi
INDICE DE CUADROS.....	vii
RESUMEN GENERAL.....	ix
CAPITULO I. DIAGNÓSTICO DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA AGRÍCOLA.....	1
1.1 PRESENTACIÓN.....	2
1.2 MARCO REFERENCIAL.....	3
1.2.1 Ubicación geográfica.....	3
1.3 OBJETIVOS.....	6
1.3.1 General.....	6
1.3.2 Específicos.....	6
1.4 METODOLOGÍA.....	7
1.5 RESULTADOS.....	11
1.5.1 Reseña histórica del Ingenio Pantaleón.....	11
1.5.2 Descripción del departamento de Ingeniería Agrícola.....	11
1.5.3 Objetivos del departamento de Ingeniería Agrícola.....	11
1.5.4 Estructura Organizacional del departamento de Ingeniería Agrícola.....	12
1.5.4.1 Jefe de Ingeniería Agrícola.....	12
1.5.4.1 Coordinador de Diseño Agrícola.....	13
1.5.4.3 Supervisor de riegos.....	13
1.5.4.4 Encargado del sistema de riego por gravedad aspersion.....	13
1.5.4.5 Encargado de los sistemas de riego por compuertas.....	14
1.5.5 Riego mecanizado.....	15
1.5.5.1 Funciones y procedimientos.....	16

CONTENIDO	PÁGINA
1.5.6 Compuertas mangas.....	18
1.5.6.1 Funciones y procedimientos.....	19
1.5.7 Riego por aspersion gravedad.....	20
1.5.7.1 Funciones y procedimientos.....	20
1.5.8 Diseño agrícola.....	21
1.5.8.1 Diseño de campo.....	22
1.5.8.2 Planificación del diseño agrícola.....	22
1.5.9 Aplicación de vinaza.....	22
1.5.10 Recursos del departamento de Ingeniería Agrícola.....	25
1.5.10.1 Recursos físicos.....	25
1.5.10.2 Recursos humanos.....	25
1.5.10.3 Horarios.....	26
1.5.10.4 Prestaciones laborales.....	26
1.6 ANÁLISIS FODA.....	27
1.6.1 Estrategias del análisis FODA.....	32
1.7 JERARQUIZACIÓN DE PROBLEMAS.....	33
1.8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	34
1.9 BIBLIOGRAFIA.....	36
CAPITULO II. ESTUDIO EXPLORATORIO DE NIVELES FREÁTICOS CON FINES DE DRENAJE SUBSUPERFICIAL EN LAS ZONAS DE PRODUCCIÓN DE LA CORPORACIÓN CONCEPCIÓN S.A.....	37
2.1 PRESENTACIÓN.....	38
2.2 MARCO TEÓRICO.....	40
2.2.1 Marco conceptual.....	40
2.2.1.1 Almacenamiento de agua.....	40

CONTENIDO	PÁGINA
2.2.1.2 Agua subsuperficial.....	40
2.2.1.3 Medición de la profundidad del nivel freático.....	41
2.2.1.4 Pozos no revestidos.....	42
2.2.1.5 Pozos revestidos.....	43
2.2.1.6 Distribución de pozos de observación.....	43
2.2.1.7 Procesamiento de datos de agua subterránea.....	44
2.2.1.8 Mapas de agua subterránea.....	44
2.2.1.9 Curvas de fluctuación de agua subterránea.....	44
2.2.1.10 Mapa de isofreáticas.....	45
2.2.1.11 Gradiente hidráulico.....	45
2.2.1.12 Producción relativa (porcentaje en tonelaje) a distintas profundidades.....	46
2.3 MARCO REFERENCIAL.....	47
2.3.1 Clima.....	47
2.3.2 Zonas de vida.....	47
2.3.3 Suelos.....	47
2.4 OBJETIVOS.....	50
2.4.1 General.....	50
2.4.2 Específicos.....	50
2.5 METODOLOGÍA.....	51
2.5.1 Fase de reconocimiento.....	51
2.5.2 Diseño de la investigación.....	51
2.5.3 Ubicación del área a muestrear.....	52
2.5.5 Coordenadas.....	55
2.5.6 Distribución.....	55
2.5.7 Identificación de pozos.....	58
2.5.8 Número y frecuencia de lecturas.....	58

CONTENIDO	PÁGINA
2.5.9 Estructura y profundidad del pozo.....	58
2.5.8 Número y frecuencia de lecturas.....	58
2.5.9 Estructura y profundidad del pozo.....	58
2.5.10 Recolección de información.....	58
2.5.11 Materiales.....	58
2.5.12 Tiempo.....	59
2.5.13 Colaboradores.....	59
2.5.14 Capacitación.....	59
2.5.15 Análisis de información.....	60
2.5.16 Profundidad de agua subterránea.....	60
2.5.17 Isofreáticas.....	60
2.5.18 Gráficas de fluctuaciones de agua subterránea.....	61
2.5.19 Gradientes hidráulicos.....	61
2.5.20 Conveniencia de pozos no revestidos.....	61
2.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	62
2.6.1 Planos de profundidad de agua subterránea.....	62
2.6.2 Isofreáticas.....	66
2.6.3 Gradiente hidráulico.....	69
2.6.4 Curva de fluctuaciones de agua subterránea.....	72
2.6.5 Conveniencia de pozos no revestidos.....	76
2.7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	80
2.8 BIBLIOGRAFÍA.....	81
2.9 APÉNDICE.....	83
CAPITULO III. IMPLEMENTACIÓN DE PRACTICAS DE AGRICULTURA DE PRECISIÓN CON FINES DE RETENCIÓN DE HUMEDAD Y FERTILIZACIÓN EN FINCA EL PRÁ.....	92

CONTENIDO	PÁGINA
3.1.1 PRESENTACIÓN.....	93
3.1.2 OBJETIVOS.....	94
3.1.2.1 General.....	94
3.1.2.2 Específicos.....	94
3.1.3 METODOLOGÍA.....	95
3.1.3.1 Área de estudio.....	95
3.1.3.2 Tratamientos.....	95
3.1.3.3 Muestreo de suelos.....	96
3.1.3.4 Sensores de humedad.....	97
3.1.3.5 Aplicación de nitrógeno y potasio.....	100
3.1.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	102
3.1.4.2 Capacidad de campo y lamina de agua aprovechable.....	106
3.1.4.3 Lectura de sensores de humedad.....	107
3.1.4.4 Pruebas de humedad de laboratorio.....	108
3.1.5 CONCLUSIONES.....	111
3.1.6 RECOMENDACIONES.....	112
3.1.7 BIBLIOGRAFÍA.....	113

INDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
1. Ubicación del Ingenio Pantaleón Concepción.....	3
2. Organigrama del departamento de Ingeniería agrícola.....	12
3. Distribución de vinaza.....	23
4. Tubería de conducción de vinaza y cajas de captación.....	24
5. Comportamiento del nivel freático.....	41
6. Estructura del pozo de muestreo de niveles freáticos.....	42
7. Curva de fluctuación, pozo de observación de nivel freático.....	45
8. Producción relativa para cinco profundidades de nivel freático.....	46
9. Distribución de pozos de muestreo.....	55
10. Zonas de producción.....	56
11. Distribución de pozos de niveles freáticos.....	57
12. Estructura del barreno holandés.....	59
13. Profundidad de agua subterránea en fincas administradas 2008.....	64
14. Profundidad de agua subterránea en fincas administradas 2009.....	65
15. Curvas isofreáticas en zona California.....	67
16. Curvas isofreáticas en finca California.....	68
17. Plano de gradientes hidráulicos finca California.....	71
18. Curva de fluctuación de agua subterránea, zona Playa Grand.....	73
19. Curva de fluctuación de agua subterránea, zona Baúl.....	73
20. Curva de fluctuación de agua subterránea, zona California.....	73
21. Curva de fluctuación de agua subterránea, zona Verapaz.....	74
22. Curva de fluctuación de agua subterránea, zona Pantaleón.....	74
23. Curva de fluctuación de agua subterránea, zona Limones.....	74
24. Curva de fluctuación de agua subterránea, zona Concepción.....	75

FIGURA	PÁGINA
25. Subárea hidrológica dividida por estratos latitudinales.....	76
26. Pozos de niveles freáticos solvados y no solvados, invierno.....	78
27. Pozos de niveles freáticos solvados y no solvados, verano.....	79
28A. Formulario de registro de profundidades de niveles freáticos.....	82
29A. Profundidad de agua subterránea, zona Pantaleón.....	84
30A. Profundidad de agua subterránea, zona California.....	85
31A. Profundidad de agua subterránea, zona limones.....	86
32A. Profundidad de agua subterránea, zona Playa Grande.....	87
33A. Profundidad de agua subterránea, zona Concepción.....	88
34A. Profundidad de agua subterránea, zona Baúl.....	89
35A. Profundidad de agua subterránea, zona Verapaz.....	90
36. Área de estudio, agricultura de precisión.....	94
37. Área con presencia de vetas arenosas.....	95
38. Distribución de tratamientos.....	96
39. Ubicación de puntos de muestreo y coordenadas.....	97
40. Dosis ubicación de sensores de humedad.....	99
41. Estructura del sensor de humedad.....	100
42. Plano de dosis de potasio.....	104
43. Plano de dosis de nitrógeno.....	104
44. Análisis de campo natural.....	106
45. Capacidad de campo ideal.....	106
46. Comportamiento de humedad, profundidad de 0 a 25 cms.....	108
47. Comportamiento de humedad, profundidad de 25 a 50 cm.....	109
48. Promedio de comportamiento de humedad, 0 a 25 cms.....	109
49. Promedio de comportamiento de humedad, 25 a 50 cms.....	109

INDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
1. Principales ríos.....	5
2. Distribución y sistemas de riego.....	15
3. Tipos de pivotes.....	18
4. Recursos físicos de la unidad del departamento IngenieríaAgrícola.....	25
5. Matriz FODA.....	28
6. Matriz FODA de forma analítica.....	30
7. Parámetro de elaboración de pozos de niveles freáticos por hectárea.....	43
8. Fincas muestreadas, dividida en estratos latitudinales.....	52
9. Rangos utilizados para la clasificación de niveles freáticos.....	60
10. Área con problemas de niveles freáticos superficiales.....	63
11. Pendiente de las cotas de curvas de isofreáticas.....	70
12. Promedios de altura de niveles freáticos.....	76
13 A. Presupuesto estimado.....	82
14. Dosis aplicadas de hidrorretenedor.....	98
15. Rangos y criterios de datos.....	101
16. Dosis a aplicar de fertilizante.....	102
17. Análisis físico.....	105
18. Lecturas de sensores de humedad de 0 a 25 cms.....	107
19. Lecturas de sensores de humedad de 25 a 50 cms.....	108
20. Datos de humedad (porcentaje) en laboratorio.....	110

RESUMEN GENERAL

El Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) fue realizado de julio 2008 a mayo 2009, en el Departamento de Ingeniería Agrícola de la Corporación Pantaleón Concepción S.A, el cual tiene a su cargo establecer proyectos de riego, drenaje, diseño de campos de cultivo, mantenimiento de los sistemas de información geográfica (SIG) y mejorar la eficiencia en el uso de los sistemas de riego.

Entre las actividades realizadas se elaboró un diagnóstico de la situación actual del departamento, donde se mencionan cada uno de las actividades y responsabilidades que este tiene a su cargo. Por medio de un análisis FODA se dieron a conocer las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas, proponiendo posibles soluciones y recomendaciones.

Además se realizó la investigación denominada "Estudio exploratorio de niveles freáticos con fines de drenaje sub superficial en las distintas zonas de producción de la Corporación Pantaleón Concepción S.A". Este estudio se llevó a cabo en las siete zonas de producción que el ingenio administra: Pantaleón, Baúl, Limones, Playa Grande, Verapaz, California y Concepción. Dividiéndose en dos épocas, de octubre a noviembre 2008 (época lluviosa) y de marzo a abril 2009 (época seca).

Entre los principales resultados del estudio exploratorio se identificaron las fincas con problemas de niveles freáticos superficiales, siendo las fincas que integran la zona California, donde se presentaron los mayores niveles en comparación a las demás zonas de producción. Con las lecturas de pozos obtenidas se realizaron hidrogramas agua

subterránea e isobatas que mostraron el comportamiento subterráneo del agua y flujo a través del gradiente hidráulico. Los pozos realizados no fueron revestidos como normalmente se elaboran, ya que se quería evaluar la conveniencia de los pozos no revestidos en este tipo de estudios, donde en época lluviosa solo el 17% de los pozos se mantuvieron intactos y el 33% en época seca.

Como servicios se brindó apoyo al departamento de Ingeniería Agrícola durante el Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), implementando prácticas de agricultura de precisión en la finca El Pará, ubicada en el municipio de la Gomera, realizando las siguientes actividades

- A. Muestreo de suelos con el fin de conocer las propiedades físicas y químicas, para la aplicación de Hidrorretenedor y dosis variables de fertilizantes.
- B. Aplicación de seis dosis de hidrorretenedor, para la evaluación de la retención de humedad.
- C. Instalación de sensores de humedad (bloques de yeso), para observar el efecto del hidrorretenedor.
- D. Calibración y aplicación de dosis variables de Nitrógeno (N) y Potasio (K), con el fin de evaluar al final del estudio, que dosis fue la más adecuada para el cultivo.

CAPITULO I

**DIAGNÓSTICO ACTUAL DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA AGRÍCOLA DE
LA CORPORACIÓN PANTALEÓN CONCEPCIÓN S.A, ESCUINTLA.**

1.1 Presentación

El Ingenio Pantaleón S.A pertenece a la Corporación Pantaleón Concepción S.A; es el mayor productor de azúcar de Guatemala. En la zafra 2007-2008 de acuerdo con los datos reportados en el Boletín estadístico de CENGICAÑA (CENGICAÑA 2008), este Ingenio procesó 446,803 tm de caña, lo que produjo 971, 311,200 tm de azúcar.

La administración agrícola del ingenio está conformada por las áreas de Producción y Servicios Técnicos Agrícolas, dentro de este último se encuentra el departamento de Ingeniería Agrícola, que es el encargado del diseño y la operación de sistemas de riego, drenaje, diseño de campos de cultivo y la administración de los sistemas de información geográfico (GIS); en las siete zonas que el Ingenio administra: Pantaleón, Playa Grande, Agrícola Limones, Verapaz, Concepción, California y Baúl.

El departamento de Ingeniería Agrícola se ubica dentro del casco del Ingenio Pantaleón en el kilometro 86 carretera al Pacifico (CA-2), a cuatro kilómetros del municipio de Siquinala y a dos kilómetros del municipio de Santa Lucia Cotzumalguapa.

Este departamento es integrado por los sistemas o procesos de riego: gravedad; compuertas y mangas y el riego mecanizado, este último encargado de la supervisión y el manejo de los cuatro sistemas de pivotes que posee el Ingenio: pivote fijo, móvil, frontal y frontal pivoteable.

El objetivo del diagnóstico fue analizar la situación actual del Departamento de Ingeniería Agrícola. Como parte de la metodología para obtener información se realizaron entrevistas al personal del departamento y consultas bibliográficas.

Con el presente diagnostico se muestran los distintos procesos y actividades que llevan a cabo en el departamento de Ingeniería Agrícola, identificando los problemas que existen y se proponen soluciones y recomendaciones para un mejor funcionamiento.

Con el presente diagnostico se desea fortalecer las debilidades y disminuir las amenazas de las distintas actividades que se realizan en el departamento de Ingeniería Agrícola con el objetivo primordial de mejorar y aumentar la eficiencia de los procesos que las integran.

1.2 Marco Referencial

1.2.1 Ubicación geográfica

El casco central de la finca Pantaleón, donde se ubica el departamento de Ingeniería Agrícola, se encuentra en jurisdicción del municipio de Siquinalá, dentro de las coordenadas geográficas Latitud $14^{\circ}20'04''$ Norte y Longitud $90^{\circ}59'31''$ Oeste, a una altitud de 460 metros sobre el nivel de mar.

En la figura 1 se muestra la ubicación del Ingenio Pantaleón y Concepción

- **Colindancias y vías de acceso**

La finca Pantaleón colinda al Norte con la comunidad Morelia, al Sur con la finca el Bálsamo, al Este con la cabecera de Siquinalá y al Oeste con el municipio de Santa Lucia Cotzumalguapa.

El acceso al casco central es por la carretera al Pacífico CA-2 en el kilómetro 86.5 al costado sur de la cinta asfáltica a cuatro kilómetros del municipio de Siquinalá y dos kilómetros del municipio de Santa Lucia Cotzumalguapa, estos del departamento de Escuintla.



Figura 1. Ubicación del Ingenio Pantaleón y Concepción en el departamento de Escuintla, Guatemala.

- **Condiciones climáticas**

Según el sistema de clasificación de zonas de vida de Guatemala, realizado por de la Cruz basado en el sistema de Holdridge (Natareno, J. 2008.), la finca Pantaleón se encuentra ubicada en la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical cálido (bmh-S (c)), que se caracteriza por mantener una precipitación anual que varía entre 2,000 y 3,500 milímetros, con una temperatura que varía de 15 y 36 grados centígrados siendo los meses más cálidos marzo y abril.

- **Suelo**

El orden predominante en el área de estudio son los molisoles, que ocupan el 40% de la zona cañera de Guatemala. (Pálala, M. 2007).

- **Hidrología**

El departamento administra sus actividades en los cuatro estratos en la cual se encuentra dividida la región cañera: alto (>300 msnm), medio (100 a 300 msnm), bajo (40 a 99 msnm) y litoral (0 a 39 msnm). Según encargados de realizar aforos existen 263 fuentes de agua, que son utilizados para los diferentes tipos de riego (canales, riachuelos, zanjones, tomas, salidas de sedimentos, etc.). En el cuadro 1 se presentan los nombres de los principales ríos.

Cuadro 1. Principales ríos.

Num.	Río	Num.	Río
1	Achíguate	24	Jaronú
2	Agüero	25	Lagarto
3	Blanco	26	Chorrera
4	Cojolate	27	Cenizas
5	Colorado	28	La Mora
6	Cristóbal	29	Pajal
7	Gobernador	30	Lempas
8	El Julin	31	Seco 9
10	Flor de sitio	32	Cabeza
11	Graciela	33	Texcuaco
12	Helado	34	Agüerito
13	Limonos	35	La Parida
14	Los Sietes	36	María
15	Madre Vieja	37	Obispo
16	Mázate	38	Nahualate
17	Michatoya	39	Acome
18	Naranja	40	El Tigre
19	Pantaleón	41	Ballastera
20	Platanares	42	Mángales
21.	Río	43	Río
22	Rivera	44	La Noria
23	Siguacán	45	Aceituno

Fuente: Localización de afloros 2007, Disponibilidad de agua subterránea 1,991 (Pálala M. 2007).

1.3 Objetivos

1.3.1 General

- A. Analizar la situación actual del Departamento de Ingeniería Agrícola de la Corporación Pantaleón Concepción S.A, con la finalidad de detectar la problemática existente y proponer soluciones a la misma.

1.3.2 Específicos

- A. Describir la estructura organizacional del departamento de Ingeniería Agrícola. De trabajo del departamento de Ingeniería Agrícola.
- B. Describir las actividades y metodología de trabajo del departamento de Ingeniería Agrícola.
- C. Jerarquizar los problemas técnicos encontrados en el departamento de Ingeniería Agrícola.

1.4 Metodología

Para el cumplimiento de los objetivos propuestos en este diagnóstico se realizaron las actividades siguientes.

A. Reconocimiento del área de estudio

El estudio de diagnóstico se realizó en el departamento de Ingeniería Agrícola del Ingenio Pantaleón S.A.

Para la elaboración del diagnóstico se utilizaron métodos de recaudación de información como: entrevistas, revisión de literatura y la observación de las diversas actividades que se realizan por la coordinación del departamento de Ingeniería Agrícola, con el fin de tener un panorama bastante general de los procesos que reliza este departamento.

B. Entrevistas estructuradas

Para llevar a cabo esta fase se entrevisto a los encargados del departamento de Ingeniería Agrícola, dentro de los cuales se encuentran los encargados de riego por aspersión, riego mecanizado, riego por compuertas mangas, aplicación de vinaza y diseño agrícola, obteniendo por medio de la entrevista información sobre elementos técnicos, administrativos, actividades y procedimientos realizados por estos.

C. Revisión de literatura

A manera de enriquecer el trabajo se recopiló toda la información posible para conocer más de los proceso y actividades que se realizan en el departamento de Ingeniería Agrícola .

Las fuentes consultadas fueron los instructivos que se encuentra archivados en el departamento de Ingeniería Agrícola (instructivos para realizar el riego mecanizado, aspersión gravedad y compuertas mangas 1-ST 1014) en donde se explica por medio de diagramas las actividades que se realizan para llevar a cabo cada proceso. Estos

instructivos se elaboran con un formato de diagrama de flujo ya que debido a la certificación (ISO 9001 2000) con la que cuenta el Ingenio Pantaleón.

Se consultaron páginas electrónicas para obtener información sobre la caña de azúcar (*Saccharum spp*), tipos de riego e información general sobre los procesos realizados en los ingenios.

D. Reuniones con el personal

El desarrollo de la mismas consistió en un recorrido por las instalaciones del departamento de ingeniería agrícola, con el objetivo de conocer la estructuración de dicho departamento. Durante el recorrido de la misma se realizó la presentación de las personas que integran el departamento, así mismo de manera general se obtuvo información sobre las labores que desempeñan cada una de las personas que lo integran por medio de preguntas.

E. Sistematización de la información

El diagnóstico se realizó de Agosto 2008 a Mayo 2009 y la información recaudada y obtenida se analizó y se documentó en las oficinas del departamento del Ingeniería Agrícola, dentro del casco del Ingenio Pantaleón S.A

Esta consistió en organizar toda la documentación adquirida en cada una de las áreas de acuerdo a las actividades que se desarrollan en el departamento de ingeniería agrícola, además un ordenamiento de las entrevistas que se realizaron a los encargados de los diferentes tipos de riegos que utiliza el departamento para el suministro de agua en el cultivo de la caña además de recopilar la información recaudada en campo donde se utilizaron los mismo métodos de recaudación de información como la entrevista a topógrafos, auxiliares de campo y demás personal.

F. Análisis FODA

Para conocer la situación actual del departamento de Ingeniería Agrícola, se realizó un análisis FODA, el cual fue desarrollado tomando en cuenta y conociendo las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas. Las cuales se obtuvieron por medio de charlas que se tuvieron con el encargado de cada departamento.

- Fortalezas: Esta es la parte positiva de una organización, están referidas a todas aquellas variables dentro de la empresa que tienen un control, las podrían llegarse a convertir en grandes ventajas para el departamento de Ingeniería Agrícola (Natareno. J. 2008).
- Oportunidades: Se generan en un ambiente externo donde la organización no tiene un control directo de las variables, sin embargo son elementos que por su relación directa o indirecta pueden afectar positivamente a su desempeño (Natareno. J. 2008).
- Debilidades: Son aquellos factores que provocan una situación desfavorable en comparación a otros departamentos (Natareno. J. 2008).
- Amenazas: Estas provienen prácticamente del entorno del departamento de Ingeniería Agrícola y que puedan llegar a perjudicar y atentar contra la permanencia del mismo (Natareno. J. 2008).

G. Matriz FODA de forma analítica.

Posteriormente a esto, se realizó el análisis de la información obtenida, el cual es un concepto muy simple y claro, pero detrás de su simpleza residen conceptos fundamentales de la administración. Dicho análisis tuvo como objetivo, convertir los datos obtenidos de departamento de Ingeniería Agrícola, en información procesada y lista para así poder tomar decisiones estratégicas y de esta manera identificar las actividades que se realizaran durante el periodo de Ejercicio Profesional Supervisado (EPS).

La matriz FODA indica las estrategias alternativas conceptualmente distintas: algunas de las estrategias se traslapan o pueden ser llevadas a cabo de manera concurrente y de manera concertada.

- Estrategia DA (Mini-Mini): el objetivo general de la estrategia DA (Debilidades vrs Amenaza), es el poder minimizar tanto las debilidades como las amenazas (Natareno. J. 2008).
- Estrategias DO (Mini- Maxi): la segunda estrategia DO (Debilidades vrs Oportunidades) intenta minimizar las debilidades y maximizar las oportunidades (Natareno. J. 2008).
- Estrategias FA (Maxi-Mini): la estrategia FA (Fortalezas vrs. Amenazas), se basa en las fortalezas del departamento que puedan minimizar las amenazas. Su objetivo es maximizar las primeras mientras se minimizan las segundas (Natareno. J. 2008).
- Estrategia FO (Maxi-Maxi): el aplicar la estrategia FO (Fortalezas vrs. Oportunidades), es la que mejor sería en una organización (Natareno. J. 2008).

1.5 Resultados

1.5.1 Reseña histórica del Ingenio Pantaleón

El 20 de agosto de 1,849, don Manuel María Herrera, adquirió la finca Pantaleón y con una gran visión Pantaleón se diversificó, la producción, transformándose de una hacienda ganadera en una finca de cañera, productora de panela y finalmente convirtiéndose en un ingenio azucarero.

En 1,983 Carlos Herrera Luna se convierte en el encargado de la empresa y con la venta de algunas propiedades, invierte para expandir la capacidad del ingenio, el cual se convierte en el mayor productor de azúcar de Guatemala. En el año 1,993 se une Pantaleón con Concepción y cambia el nombre a Corporación Pantaleón Concepción, Sociedad Anónima.

1.5.2 Descripción del departamento de Ingeniería Agrícola

Al departamento de Ingeniería Agrícola se le conocía como departamento de riegos y drenajes, pero a partir del año 2007 por decisiones administrativas cambio a su actual denominación, el cual tiene como objetivo principal la implementación de proyectos de riego, drenaje y el diseño de los campos de cultivo en las distintas fincas del ingenio y otros proveedores de caña (*Saccharum spp*).

1.5.3 Objetivos del departamento

Los objetivos y metas del departamento se mencionan a continuación:

- A. Establecer proyectos de riego y drenaje en las fincas.
- B. Diseñar los campos de cultivo.
- C. Evacuar el agua en áreas inundadas.
- D. Determinar mediante logística la operación de la maquinaria y cosecha en los bloques de manejo.
- E. Mejorar la eficiencia en el uso de los sistemas de riego.

- F. Proponer nuevos sistemas de riego.
- G. Aforar las fuentes de agua utilizadas por el ingenio (fabrica) y riego.
- H. Mantenimiento al sistema de información geográfico.

1.5.4 Estructura organizacional

La organización actual del departamento de Ingeniería Agrícola se detalla en la figura 2.

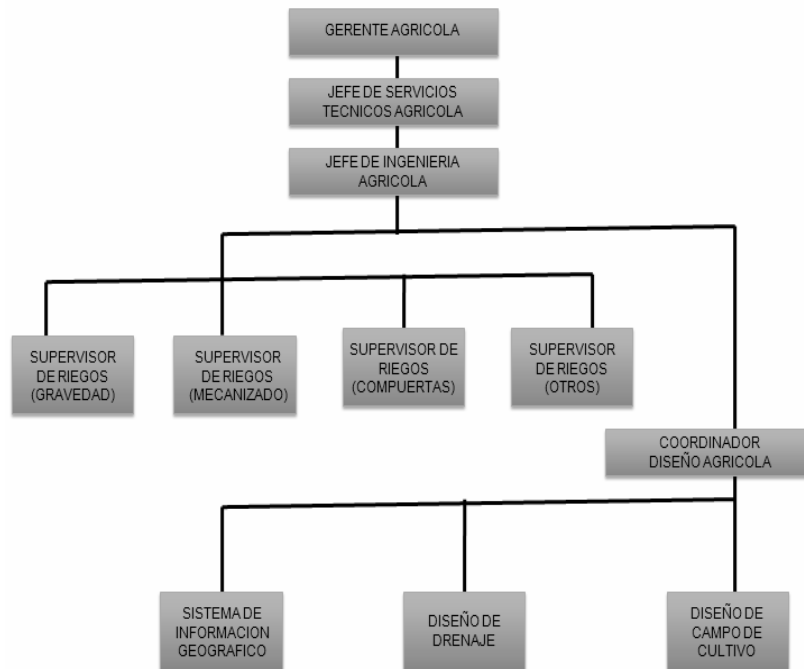


Figura 2. Organigrama del departamento de Ingeniería Agrícola.

Fuente: Instructivo de documentación general (2007)

La planificación de las actividades es con base en la estructura del organigrama, las funciones del personal se muestran a continuación:

1.5.4.1 Jefe de Ingeniería Agrícola

Misión: Administrar los recursos humanos y materiales para asegurarse que las actividades de estudios de riego y drenaje se realicen con base en lo planificado.

Responsabilidades del puesto: elaborar y considerar el plan maestro de riego, desarrollando proyectos de riego y determinando el método más aconsejable.

El jefe de Ingeniería Agrícola vela porque lo planificado por el personal que integra el departamento de ingeniería se realice de acuerdo a los objetivos y metas trazadas.

1.5.4.2 Coordinador de Diseño Agrícola

Misión: diseñar los campos de cultivo para el establecimiento del sistema de riego adecuado y que permita la evacuación de los excesos de agua, la logística de operación de la maquinaria y la cosecha en los bloques de manejo.

Es el encargado de planificar, de acuerdo a las solicitudes de trabajo de diseño realizados por los encargados de zona. Las actividades a planificar van enfocadas a: diseño de campo en renovación, diseño de drenaje, medición de fincas nuevas, remediación de fincas, diseño de campo, trazo de obras civiles, elaboración y actualización de planos temáticos, medición de áreas agregadas a fincas y mediciones de finca de los distintos proveedores.

1.5.4.3 Supervisor de Riegos

Misión: Supervisar y coordinar las actividades de la aplicación del sistema de riegos en las plantaciones de caña para lograr la utilización eficiente de agua en los cultivos y el máximo aprovechamiento de los recursos naturales y del equipo.

El supervisor de riegos planifica los porcentajes de áreas a regar durante la época seca, cantidad de personal a utilizar esto de acuerdo a qué tipo de riego y el presupuesto a utilizar en toda la época de aplicación de riego al cultivo.

1.5.4.4 Encargado del sistema de riego por gravedad aspersión

Encargado de programar y requerir el personal necesario para las labores técnicas agrícolas relacionadas con el funcionamiento y eficiencia del sistema de riego por gravedad y aspersión.

1.5.4.5 Encargado de los sistemas de riego por compuertas mangas

Programa, coordina, supervisa y ejecuta todos los trabajos relacionados con estos sistemas y con el drenaje. Es el responsable de la funcionalidad y eficiencia de la operación de los sistemas y del diseño y eficiencia del drenaje. Como parte de sus actividades laborales está la de programar y requerir el personal necesario para las labores técnicas agrícolas relacionadas con la funcionalidad y el correcto desempeño de estos sistemas de riego y también del drenaje.

1.5.4.6 Encargado de sistemas de riego mecanizados

Programa, coordina supervisa y ejecuta todos los trabajos relacionados con estos sistemas. Es el encargado de la funcionalidad y eficiencia de la operación de los sistemas. Es el encargado de programar y requerir el personal necesario para las labores técnicas agrícolas relacionadas con la funcionalidad y el correcto desempeño de estos sistemas de riego.

1.5.4.7 Supervisores de riego

Los supervisores de riego distribuyen tareas en el campo, supervisan el trabajo realizado por los operadores a su cargo, elaboran los reportes requeridos y llevar control de los registros de las labores que fueron realizadas.

1.5.4.8 Área cubierta por el departamento de Ingeniera Agrícola

El departamento de Ingeniería Agrícola tiene a su cargo 48,235.50 hectáreas de las cuales el área de riego disponible es de 32,595 hectáreas y las áreas sin riego son de 15,639.90, hectáreas por lo que se tiene un porcentaje de cobertura de riego de 60%.

Las aplicaciones de riego se realizan por siete distintos procesos, esto dependiendo de las condiciones del terreno y se mencionan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Distribución y sistemas de riego.

Sistemas de Riego	Hectáreas	Porcentaje
Motobombas	16,500.00	34.21
Gravedad aspersión	5,400.00	11.20
Gravedad surcos	5,675.00	11.77
Mecanizados	3,821.28	7.92
Mangas / compuertas	1,079.32	2.23
Infiltración	120.00	0.25
Sin Riego	15,639.90	32.42

TOTAL	48,235.50 (100%)
--------------	-------------------------

Fuente: Departamento de Ingeniería Agrícola, Corporación Pantaleón Concepción S.A

1.5.5 Riego mecanizado

El riego mecanizado incluye equipos para realizar una aplicación uniforme y precisa del agua de riego sobre las plantaciones de caña de azúcar. El agua es aplicada a una presión determinada a través de una estructura o tubería regante, que se mueve en círculo alrededor de un punto fijo (pivote central fijo y móvil) o se desplaza en línea recta a lo largo de un canal de riego (avance frontal y frontal pivoteadle). La tubería está sostenida por torres de metal que son movidas por ruedas auto propulsadas por motores eléctricos o hidráulicos.

El total del área regada con riego mecanizado es de 3,821.28 hectáreas lo que corresponde al 7.92 % del área total con riego.

1.5.5.1 Funciones y procedimientos del riego mecanizado

Las funciones que tiene a cargo el supervisor del proceso de riego mecanizado, son la supervisión de los operadores, auxiliares de campo (I Y II) y peones. Estos a su vez tienen las funciones:(que están contenidas en el Instructivo para realizar el riego mecanizado (1-ST 1014)). (Natareno, J. 2008).

- A. Coordinar la introducción de agua: el auxiliar de campo se ocupa de la introducción del agua en los distintos canales de conducción de los sistemas de riego mecanizado, con el fin de lograr su abastecimiento. El peón agrícola tiene como trabajo ejecutar o llevar a cabo las tareas para la introducción del agua a los canales como también reparaciones en la infraestructura de riego.
- B. Determinar las áreas a regar: labor que se realiza de manera visual con la finalidad determinar condición de las distintas áreas de los cañales. Esta labor se realiza por si se tiene algún inconveniente lo cual puede impedir, dificultar o ser un atraso para la aplicación del riego.
- C. Programar el riego: este trabajo se lleva a cabo considerando factores como: etapa de crecimiento de la caña de azúcar (*Saccharum spp*), época del año y otros factores. Este trabajo se realiza con la ayuda del auxiliar de campo donde se programa también de acuerdo a los parámetros de operación.
- D. Revisar los niveles del motor: verificar que los niveles de aceite del motor estén entre los rangos requeridos.
- E. Verificar la disponibilidad de agua: verificar el caudal que está llegando a la estación de bombeo, y que este sea el requerido para la operación del equipo, el cual es determinado de manera visual.
- F. Filtrar el agua: el operador debe filtrar el agua utilizando la caja de captación o canal de conducción. Este trabajo se realiza mediante la colocación o instalación de telas metálicas o utilizando el sistema de auto limpias de la succión.

- G. Cebarr la bomba de succión: el operador debe de llenar con agua la pichacha, manguera, tubo y bomba de succión con ayuda de cubetas, antes de arrancar el equipo.
- H. Encender el motor del equipo: encender el motor a bajas revoluciones y con una serie de procedimientos necesarios con el fin de no afectar o perjudicar el motor.
- I. Uniformizar la descarga de agua: se debe esperar el tiempo necesario para lograr llenar el equipo y uniformizar la descarga de agua en el equipo, lo cual se logra cuando el agua llena hasta el último aspersor
- J. Encender el panel de control del equipo: debe de encender el panel de control accionando el interruptor para iniciar el funcionamiento del sistema.
- K. Iniciar la operación del equipo: luego de los pasos anteriores el operador debe de iniciar la operación del equipo ajustando la aceleración del motor de 1,600 a 1,900 rpm y una presión mínima de 24 mca (24 psi). Ajustar el calibrador de la lámina de aplicación de acuerdo a los parámetros predeterminados. Oprimir el botón de la dirección de avance en el sentido en que se desea desplazar el equipo (hacia adelante o hacia atrás).
- L. Verificar el funcionamiento del equipo durante la operación: debe de verificar bajantes y aspersores corrigiendo cualquier defecto que se pueden destacar como aspersores faltantes y falta de contrapesos. El operador de la motobomba debe verificar constantemente el estatus del equipo en el panel de control, para asegurarse que el alineamiento de las torres es el adecuado. Si el indicador marca desalineación o error de seguridad el operador de motobomba deberá revisar las torres y determinar cuál es la falla entre las cuales se pueden mencionar: atascamiento, rotura de transmisiones y fallas eléctricas.
- M. Desacoplar y Trasladar el equipo: desacople de la motobomba y la tubería y sus accesorios luego se debe proceder a trasladar con tractor para equipos móviles (pivote móvil, frontal pivoteable). Desacoplar la motobomba y la tubería con sus accesorios cuando esta no está integrada al carrito. (Natareno, J. 2008).

N. Verificación del equipo: verificar al menos cada 15 días el correcto funcionamiento del motor del equipo y estar atento si se presenta alguna anomalía como: sonidos extraños, fugas de agua, fugas de aceite, malas lecturas del tacómetro, vibraciones excesivas, entre otras. Verificar el funcionamiento del panel de control del equipo.

En el cuadro 3, se detallan las láminas de agua y frecuencias que normalmente son utilizadas para los equipos de riego mecanizado.

Cuadro 3. Lamina de agua aplicada por los equipos de riego mecanizados..

Sistemas Mecanizados	Lamina (mm)	Días de operación	Lamina de Rep. Diaria
Pivote Fijo	14	3.5	4
Pivote Móvil	44	11	4
Desplazamiento Frontal	16	4	4
Desplazamiento Frontal Pivoteable	16	4	4

Fuente: Departamento de Ingeniería Agrícola, Corporación Pantaleón Concepción S.A

1.5.6 Compuertas mangas

En este proceso existen dos sistemas de riego que operan por compuertas, los cuales difieren por la flexibilidad de la manga.

A. Tubería de PVC

B. Tubería de Polietileno

Estos son dos sistemas distintos de riego, pero funcionan de la misma manera, una de las diferencias es por el material que cada uno de ellos está elaborado. Ambos tipos son accionados por efecto de la gravedad. (Veliz 2008).

1.5.6.1 Funciones y procedimientos

Las funciones que tiene a cargo el supervisor del departamento de riego por compuertas mangas, son entre ellas la supervisión de los operadores, auxiliares de capo (I Y II) y peones que tiene a cargo, y que cumplan con las funciones que se encuentran en el instructivo para realizar el riego por compuertas gravedad en caña de azúcar (1-ST 1015).

- A. Llenado del sistema de riego: consiste en abrir los hidrantes fijos del sistema de riego para evacuar el aire de las tuberías. Esta metodología se realiza únicamente para el sistema con tubería PVC.
- B. Filtrado del agua: el agua que pasa por los canales del sistema de riego debe ser filtrada evitando así el paso de materiales no deseados, este paso se lleva a cabo utilizando telas mecánicas de diferentes tamaños.
- C. Cierre de los hidrantes fijos del sistema de riego: cuando el agua haya sustituido el aire dentro de las tuberías, es decir cuando solamente sale agua y no aire. Esta actividad se lleva a cabo solo al momento de utilizar tubería PVC.
- D. Acoplar tuberías: acoplamiento de la tubería al punto de toma de agua, también llamado hidrante fijo o caja disipadora de energía.
- E. Instalación de las tuberías: instalar la tubería a los largo de la cabecera de los surcos, o dentro del cañaveral cuando sea necesario y abrir las compuertas de la tubería y colocar nylon en la descarga de agua (material de polietileno).
- F. Abertura de la llave del hidrante: abrir la llave abre hidrante en el sistema con tubería de PVC o la tubería de polietileno para iniciar el riego. Mantener abierta la compuerta hasta que el agua llegue al final del surco o hasta donde la pendiente lo permita y realiza antes un bordillo de tierra con la finalidad de humedecer bien esa parte.
- G. Entrega del equipo: el peón agrícola es el encargado de cuantificar y firmar de recibido por todo el equipo que se le entregue luego de haber sido este utilizado.

1.5.7 Aspersión por gravedad e inundación surcos

Este es un sistema de riego que es accionado por efecto de la gravedad. El agua es conducida a presión hasta el terreno donde se aplica, semejando una lluvia; esto se logra con el empleo de tubería y aspersores rotativos tipo cañón. Estos aspersores tienen la función de romper el chorro de agua en pequeñas gotas, para que de esta manera se aplique a la superficie del suelo de un modo uniforme y con una intensidad menor a la que se infiltra en el mismo, para que el agua sea aprovechada por la planta (Osorio 2005).

El total del área de riego por gravedad aspersión es de 5, 400 hectáreas, para un porcentaje de área de 11.20%, y el área de riego por inundación surcos es de 5,675.00, un porcentaje de 11.77 %.

1.5.7.1 Funciones y procedimientos

Las funciones que tiene a cargo el supervisor del departamento de riego por aspersión gravedad, son entre ellas la supervisión de los operadores, auxiliares de capo (I Y II) y peones que tiene a cargo. Los cuales realizan las actividades que se encuentran en el instructivo para realizar el riego por aspersión gravedad en caña de azúcar (1-ST 1013).

- A. Conexión de tubería: conectar la tubería móvil al punto de toma de agua en el campo llamado "hidrante enterrado". Esta conexión se realiza a través de un codo abridor.
- B. Instalar hidrante: se coloca uno a cada 45 cm de distanciamiento en la tubería principal móvil. En cada hidrante móvil fijo se instala un lateral de riego, este es conectado al hidrante móvil fijo utilizando un codo abridor y un cuello de ganso y el tapón.
- C. Instalar lateral: se coloca de forma lateral de riego de una manera que cada 36 m exista un hidrante móvil a la cual posteriormente se debe acoplar un aspersor.

- D. Instalar llave de paso: se realiza después del segundo o tercer hidrante móvil fijo, lo que permitirá regar mientras se está instalando tubería.
- E. Calcular la presión de operación del aspersor: por medio del radio mojado, este debe cubrir tres tubos de los cuatro tubos entre hidrantes móviles (equivalente a 27 metros).
- F. Verificar presiones: la presión de operación del aspersor se debe encontrar en un mínimo de 21 metros de columna de agua o a un máximo de 24 metros de columna de agua (30 a 35 libras por pulgada cuadrada), estos datos son obtenidos con ayuda de un nanómetro. Luego medir la profundidad de humedad un día después del riego.
- G. Traslado del equipo de bodega y a campos: Recibir el equipo de la bodega y llevarlo a campo de cultivo con la ayuda del tractorista para empezar a operar. Trasladar el equipo cuando del hidrante enterrado ya no se pueda regar más áreas llevándolo a cabo de dos maneras con personal y tractor.

1.5.8 Diseño agrícola

Este proceso presenta tres tipos de diseño:

- A. Diseño de drenaje
- B. Diseño de campos de cultivo
- C. Sistema de información geográfica

Los encargados del diseño agrícola del departamento de Ingeniería Agrícola tienen a su cargo la elaboración de proyectos de diseños de riego y drenaje que se encuentran en el instructivo para riego y drenaje (1-ST –PO10) y algunas de estas se mencionan a continuación:

1.5.8.1 Diseño de campo

Elaboración de diseños de los campos de cultivo que permitan hacer más eficiente la distribución de las áreas de cultivo, la logística de operación agrícola y cosecha.

1.5.8.2 Planificación del diseño agrícola

Para la planificación se realizan las siguientes actividades:

- A. Recibir el requerimiento de diseño agrícola.
- B. Realizar un reconocimiento de las áreas a diseñar.
- C. Recolectar la información topográfica existente del área a diseñar o coordinar su recolección en campo.
- D. Elaborar el diseño solicitado.
- E. Planificar y programar el diseño.

1.5.9 Aplicaciones de vinaza

La vinaza es un residuo industrial que se genera durante la destilación del alcohol. Presenta en su composición química altos contenidos de materia orgánica, Potasio y Calcio, además cantidades moderadas de Nitrógeno y Fósforo.

En la actualidad es utilizada para fertirrigar plantaciones de caña de azúcar, este producto es disuelto junto con el agua en una caja de captación, donde se mezcla con el agua y es aplicada por aspersion.

Las materias primas utilizadas para la producción de vinaza, son las siguientes:

- A. Melaza de caña de azúcar
- B. Jugo de caña de azúcar
- C. Mieles de caña de azúcar
- D. Mezclas mixtas de jugo y mieles

La vinaza es aplicada a un área de 5,000 hectareas por medio del sistema aspersión gravedad; esta es trasladada de la fabrica al campo por medio de tres vinaza ductos los cuales tienen alcance a 15 distritos de operación, ubicados 2 al Sur (El Bálsamo y San Bonifacio) y 1 al norte (Pantaleón norte), por estas tubería se traslada la vinaza y es aplicada a las plantaciones de caña mayores de 2 meses.

La vinaza es aplicada principalmente como una fuente de potasio y de materia orgánica pero provee también cantidades menores de nitrógeno y fosforo. El contenido de potasio que aporta esta es de 420 kilogramos por hectárea.

En la figura 3 de muestra la cantidad de vinaza aplicada en la última zafra 2007 – 2008.

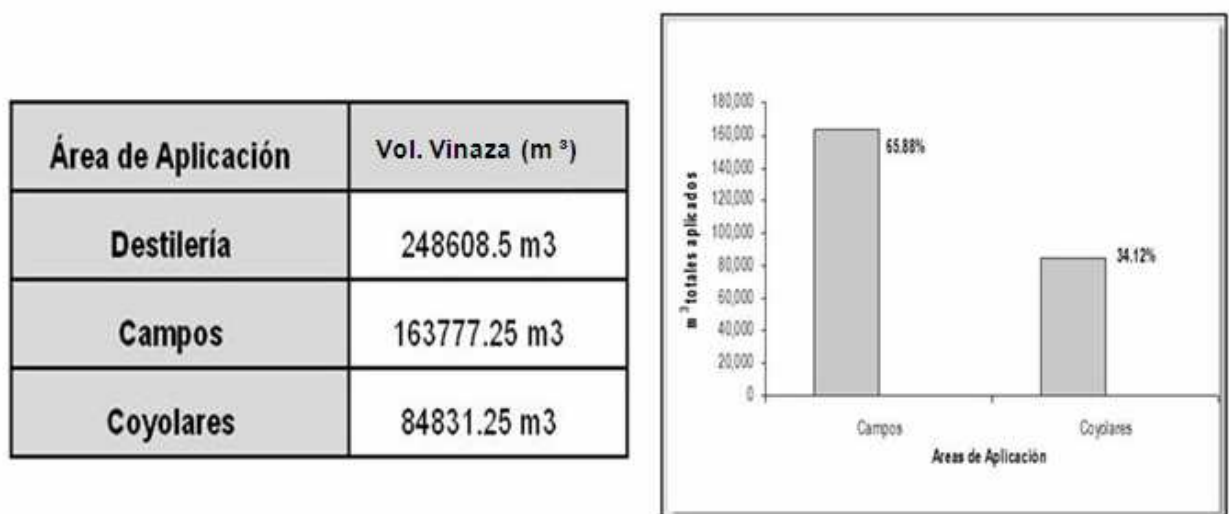


Figura 3. Distribución de vinaza.

Fuente: Departamento de Ingeniería Agrícola, Corporación Pantaleón Concepción S.A

En la figura 4 se muestra la distribución de las tubería instalada en las fincas Pantaleón, San Bonifacio y Balsamo, aplicándoles vinaza por medio de fertirriego utilizando cajas de captación donde se realiza la mezcla de vinaza con agua.

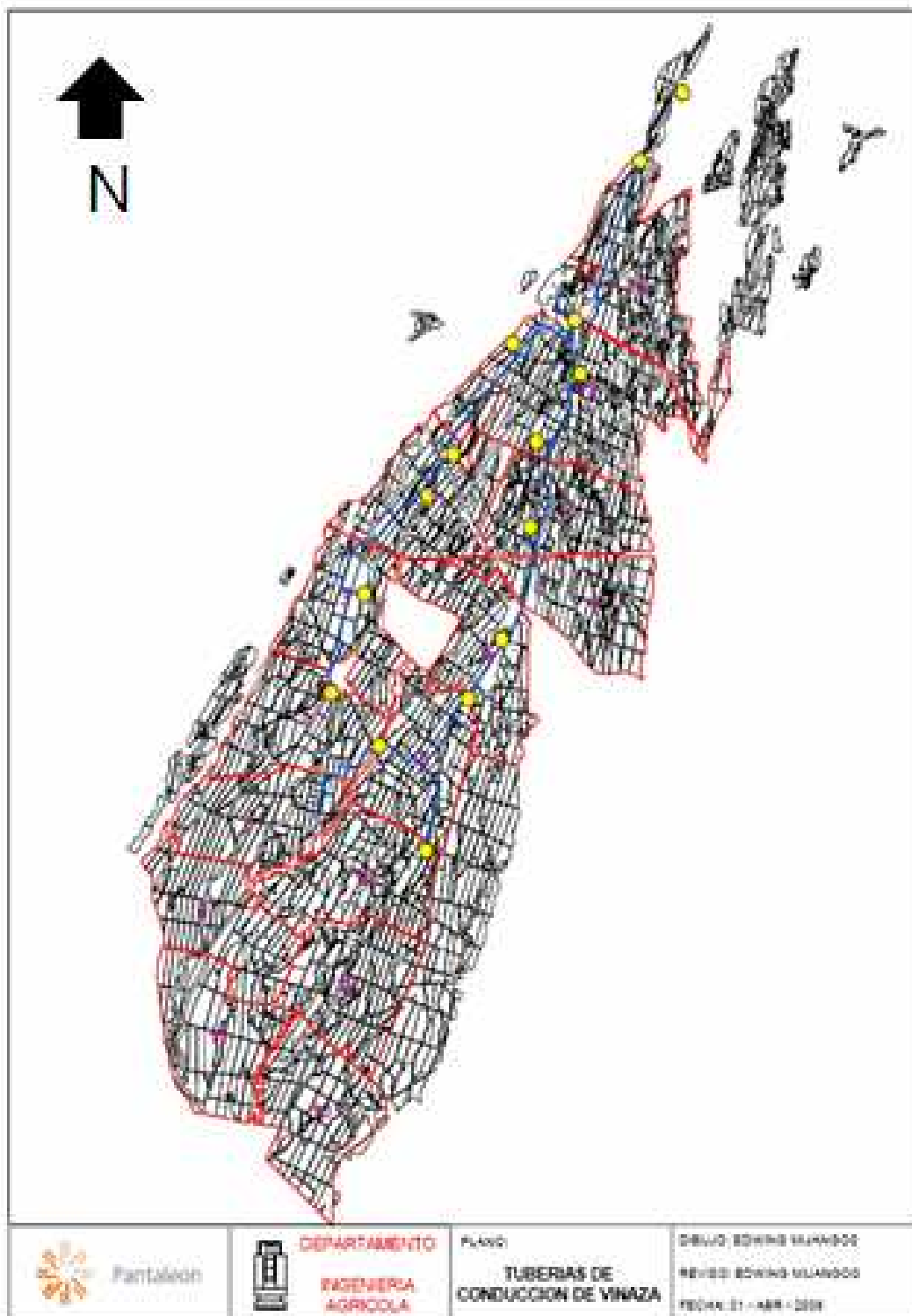


Figura 4. Tubería de conducción de vinaza (línea roja) y cajas de captación (círculo amarillo).

1.5.10 Recursos utilizados en el departamento de Ingeniería Agrícola

1.5.10.1 Recursos físicos

En el cuadro 4 se listan los recursos físicos con que cuenta el departamento, los cuales son utilizados para los distintos sistemas de riego como para el diseño de los mismos.

Cuadro 4. Recursos físicos de la unidad del departamento de Ingeniería Agrícola.

Cantidad	Descripción	Observaciones
10	Computadoras	Uso del departamento de Ingeniería Agrícola
2	Estacion total	Uso topógrafos
3	Niveles	Uso topógrafos
3	Estadales	Uso topógrafos
8	Bastones	Uso topógrafos
7	Mesas de metal	Uso del departamento de Ingeniería Agrícola
19	Sillas	Uso del departamento de Ingeniería Agrícola
10	Barrenos	Uso niveles freáticos
3	GPS	Uso topógrafos
13	Equipo de pivotes	Riego mecanizado
12	Equipos (tuberías de pvc y polietileno)	Riego compuertas mangas
106	Equipos (tuberías, válvulas, llaves, etc)	Riego gravedad aspersión

Fuente: Departamento de Ingeniería Agrícola, Corporación Pantaleón Concepción S.A

1.5.10.2 Recursos Humanos

Los recursos humanos que conforman el departamento son: Jefe del departamento de Ingeniería Agrícola, Coordinador de diseño agrícola, Supervisor de informática de diseño, 2 asistentes de informática de diseño, 4 supervisores de riegos, un supervisor de la aplicación de vinaza, un asistente administrativo y 405 entre supervisores y peones (Natareno J. 2008).

1.5.10.3 Horarios

A. Temporada de reparación (no zafra) junio a mayo.

Lunes a viernes de 7: 00 am a 6:00 pm, con dos horas de almuerzo de 12:00 am a 2:00 pm sin trabajar el sábado (45 horas semanales).

B. Temporada de zafra (noviembre – mayo)

Lunes a viernes de 7: 00 am a 5:00 pm, con dos horas de almuerzo de 12:00 am a 2:00 pm y sábados de 7:00am a 12:00 pm

1.5.10.4 Prestaciones Laborales

Las prestaciones laborales que la corporación les otorga a los trabajadores del departamento de Ingeniería Agrícola, son las siguientes:

- A. Servicio médico laboral: atiende a los trabajadores que sufren de alguna enfermedad o han tenido algún accidente, así mismo se les proporciona un botiquín portátil, para que se utilice en casos de emergencia, además al personal se le instruye en como prestar primeros auxilios.
- B. Servicio médico familiar: atiende a toda la familia del trabajador por enfermedad común.
- C. Servicio odontológico: dirigido a todo el personal y su familia, afectado por problemas dentales.
- D. Servicio de bus: Para transportar al personal a distintos lugares como: Santa Lucia Cotzumalguapa, Siquinalá y Escuintla, en horarios establecidos en relación a jornada laboral.
- E. Servicio de club social: Se cuenta con club para la recreación en el cual hay piscinas, canchas de futbol y servicio de restaurante.
- F. Servicio de banco y cajero automático: dirigido a todo el personal, siendo Banco Internacional el que presta sus servicios a toda hora.

- G. Educación: está dirigido a los trabajadores e hijos, cuenta con un centro educativo, en jornada matutina y vespertina en las cuales se imparten los niveles de primaria, básico y bachillerato.
- H. Cooperativa: esta es para todo el personal, vende alimentos, televisores y computadoras.
- I. Otros: todo lo establecido en las leyes del país, vacaciones, aguinaldo, bono 14, IGSS y la indemnización.

1.6 Análisis FODA (fortalezas, oportunidades, debilidades, amenazas)

El análisis FODA se desarrolló para diagnosticar el departamento de Ingeniería Agrícola y de esta manera poder determinar posibles proyectos de mejora ya que el departamento, es un ente técnico administrativo y organizacionalmente estructurado por tal motivo es preciso y practico poderse desarrollar.

En el cuadro 5, se detallan Las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas del departamento de Ingeniería Agrícola.

Cuadro 5. Matriz FODA

Cuadro FODA	
Sujeto: Departamento de Ingeniería, Corporación Pantaleón Concepción S.A	
Fortalezas	Oportunidades
<p>Jefes y supervisores con experiencia en el área de riegos, drenajes y diseño agrícola.</p> <p>Certificación ISO 9001-2000.</p> <p>Fácil acceso al departamento de Ingeniería Agrícola.</p> <p>Fácil acceso a las fincas donde se realizan actividades de riego y diseño agrícola (mediciones topográficas).</p> <p>Pioneros en Guatemala en la implementación de sistemas de riego por gravedad aspersión.</p> <p>Implementación del sistema de gestión de calidad.</p> <p>Información actual respecto a datos climáticos.</p>	<p>Centros de capacitación y experimentación en relación con Ingeniería Agrícola (CENGICAÑA).</p> <p>Existen áreas aptas para implementar sistemas de riego.</p> <p>Áreas con riego cada vez expandiéndose más.</p> <p>Investigaciones y estudios enfocados al manejo y rendimiento de la caña de azúcar (<i>Saccharum Spp</i>).</p> <p>Existe la capacidad de obtener tecnología nueva para riego.</p>

<p>Información actual respecto a las distintas fincas administradas.</p> <p>Buena comunicación y respeto entre el personal.</p> <p>Buen trato y motivación del personal por parte de jefes y encargados.</p>	
Debilidades	Amenazas
<p>Poca cantidad de personal para ejecutar las actividades del departamento.</p> <p>Dificultad al trasladar al personal a sus distintas labores dentro del campo.</p> <p>Pérdida de tiempo en movilización del equipo en fincas lejanas.</p> <p>No se cuenta con tubería resistente a altas temperaturas, cuando se realiza la aplicación de vinaza por gravedad aspersión.</p> <p>Pérdida de control de temperatura de vinaza por parte de fábrica.</p>	<p>Daños en los equipos mecanizados por parte de fábrica y mala operación.</p> <p>Daños provocados por fenómenos atmosféricos (vientos, inundaciones, huracanes, etc.).</p> <p>Pérdida de accesorios por parte de los colaboradores.</p> <p>Robo de accesorios de los distintos sistemas de riego.</p> <p>Reducción de recursos al departamento de Ingeniería Agrícola.</p> <p>Contaminación y pérdida de afluentes proveedores de agua.</p>

Cuadro 6. Matriz FODA de forma analítica.

<p style="text-align: center;">Factores Internos</p> <p>Factores Externos</p>	<p style="text-align: center;">Lista de fortalezas</p>	<p style="text-align: center;">Lista de debilidades</p>
	<p>F1</p>	<p>D1</p>
	<p>F2</p>	<p>D2</p>
	<p>F3</p>	<p>D3</p>
<p>F4</p>	<p>D4</p>	
<p>Listado de oportunidades</p> <p>O1</p> <p>O2</p> <p>O3</p>	<p>FO (Maxi-Maxi)</p> <p>Estrategias para maximizar tanto la F como las O.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Seguir con la capacitación de jefes y supervisores en sistemas de riego y diseño agrícola. 2. Buenas relaciones interpersonales. 3. Seguir innovando con nuevos sistemas de riego más avanzados. 4. Mantenimiento de los accesos a las distintas fincas. 	<p>DO (Mini-Maxi)</p> <p>Estrategias para maximizar tanto la D y maximizar O.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Motivación de tipo laboral en las distintas áreas. 2. Coordinación para aprovechar al máximo el tiempo en las mediciones de fincas. 3. Estrategias de tiempo para la movilización del equipo a los distintos puntos de trabajo, por medio de la obtención de más vehículos.

Listado de amenazas	FA (Maxi-Maxi)	DA (Mini-Maxi)
A1	Estrategias para maximizar tanto la F y minimizar las A.	Estrategias para minimizar tanto las D como las A.
A2	1. Estar pendiente de la información climática.	1. Motivar y hacer conciencia de tipo laboral al personal en cada una de las áreas de trabajo donde este laborando.
A3	2. Velar por los accesorios de riego para evitar pérdidas.	
A4	3. Establecer medidas de control y supervisión al personal que controla o labora maquinaria.	2. Mantenimientos constantes en los equipos de riego mecanizado. 3. Vigilar las tubería y accesorios se los sistemas de riego por gravedad y compuertas mangas, para evitar la pérdida y robo de piezas.

1.6.1 Estrategias del análisis de la matriz FODA, de forma analítica.

- Estrategia DA (Mini-Mini): el motivar y poder hacer conciencia a los colaboradores tanto en el área de riego, como a los de diseño agrícola, tiende a que estos realicen sus actividades de una mejor manera y que se sientan a gusto en las actividades que estos realizan logrando su permanencia en cada una de las áreas. También el realizar constantemente chequeos sobre el buen funcionamiento de los equipos de riego mecanizados evitaría la pérdida de tiempo al momento que esté presente algún inconveniente. Integrar medidas de vigilancia al equipo de riego, evitando así el robo de partes y piezas en el sistema.
- Estrategias DO (Mini- Maxi): la motivación es parte importante en una organización ya que es una herramienta básica para que las personas se mantenga a gusto en el trabajo y evitar que constantemente se tenga que contratar personal nuevo lo cual ocasiona que la persona tenga que aprender las labores. La coordinación con el personal de diseño agrícola principalmente para la medición de fincas que se encuentran en lugares bastantes lejanos incrementaría la eficiencia de áreas medidas.
- Estrategias FA (Maxi-Mini): los fenómenos atmosféricos son sin duda alguna de las amenazas de mayor magnitud, para lo cual se debe contar con información de estaciones meteorológicas, se podría estar sin duda precavido al momento de que estos se presenten. El crear responsabilidad de cada uno de los accesorios de riego podría reducir la pérdida de los mismos en la temporada de época seca.
- Estrategia FO (Maxi-Maxi): la capacitación tanto de superiores como subalternos es de importancia en el departamento ya que de esta manera se podría tener nuevos conocimientos y poderlos llevar a la práctica para ser cada día más competitivos.

1.7 Jerarquización de problemas

- A. Operadores de riego con poca experiencia.
- B. Colaboradores dejan constantemente de laborar.
- C. Falta de coordinación en diseño agrícola lo cual ocasiona pérdidas de tiempo en movilización a fincas lejanas.
- D. Daños en los equipos mecanizados por fábrica y mal operación.

1.8 Conclusiones y recomendaciones

El departamento de Ingeniería Agrícola se encuentra estructurado por el jefe del departamento, los coordinadores de diseño agrícola, auxiliares de campo, los cuales están distribuidos en los distintos sistemas de riego y los encargados de la aplicación de vinaza, la cual es utilizada por ser fuente de Potasio y esta es inyectada al sistema de riego por gravedad aspersión.

Las fortalezas con las cuales cuenta el departamento de ingeniería agrícola son: personal con experiencia en el área de riegos y diseño agrícola, certificados con ISO 9001 – 2000, fácil acceso a las fincas en donde se realizan las actividades de riego y diseño agrícola, pioneros en la implementación de riegos mecanizados, implementación del sistema de gestión de calidad, información actualizada de datos climáticos y la implementación de riego aspersión gravedad.

Entre las oportunidades que se tienen podemos mencionar las siguientes: se cuenta con centros de capacitación y experimentación que son de cooperación al departamento de ingeniería agrícola, existencia de áreas con potencial de riego y la adquisición de áreas aptas para la implementación de cualquier sistema de riego.

Las debilidades que se tienen en el departamento de ingeniería agrícola son las siguientes: operadores de riego con poca experiencia, colaboradores dejan constantemente de laborar, no se cuenta con tubería resistente a altas temperaturas que se tienen en la aplicación de vinaza y en el área de diseño agrícola se tiene la pérdida de tiempo en movilización a las áreas de trabajo.

Las amenazas que afectan al departamento son las siguientes; daños en los equipos mecanizados por fabrica, mal operación, daños ocasionados por factores atmosféricos y la pérdida de accesorios por parte de los colaboradores principalmente en el riego por gravedad aspersión.

Realizar constantemente capacitaciones sobre el manejo y mantenimiento de los equipos de riegos y hacer conciencia a los colaboradores de los problemas que pueden

tener al momento de no cumplir con los mismos. Platicas de parte de los auxiliares de campo para su personal para una buena relación en el desempeño laboral.

Coordinar al personal de diseño agrícola cuando estos realicen mediciones en fincas lejanas al departamento, es una de las estrategias para poder minimizar las debilidades y las amenazas que pueden afectar en el desarrollo de las actividades, así también los chequeos para un buen funcionamiento de los equipos de riego mecanizados.

Delegar responsabilidades a los colaboradores sobre los accesorios de los diferentes sistemas de riego.

1.9 Bibliografía

1. Aguilar, B. 2005. Manual del proceso del riego compuertas mangas. Escuintla, Guatemala, Ingenio Pantaleón Concepción, Departamento de Ingeniería Agrícola. 78 p.
2. CENGICAÑA (Centro de Investigación de la Caña de Azúcar, GT). 2008. Memoria: presentación de resultados de investigación, zafra 2007-2008. Guatemala. 288 p.
3. Ingenio Pantaleón Concepción, GT. 2008. Datos climáticos y recursos hídricos del departamento de Ingeniería Agrícola. Escuintla, Guatemala. 17 p.
4. _____. 2007. Planos distribución de vinaza. Escuintla, Guatemala. Página SIG.
5. _____. 2007. Planos ubicación de principales afloros. Escuintla, Guatemala. Página SIG.
6. Natareno, J. 2008. Diagnóstico del departamento de riego y drenaje, Ingenio Pantaleón Concepción, S.A., Escuintla. Diagnostico EPSA. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 46 p.
7. Osorio, R. 2005. Manual del proceso del riego por aspersión gravedad. Escuintla, Guatemala, Ingenio Pantaleón Concepción, Departamento de Ingeniería Agrícola. 65 p.
8. Pálala, M. 2007. Diagnóstico del departamento de riego y drenajes, Ingenio Pantaleón Concepción, S.A., Escuintla. EPSA Diagnóstico. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 56 p.
9. Rodríguez, M. 2005. Manual del proceso de riego mecanizado. Escuintla, Guatemala, Ingenio Pantaleón Concepción, Departamento de Ingeniería Agrícola. 43 p.

CAPITULO II

**ESTUDIO EXPLORATORIO DE NIVELES FREÁTICOS CON FINES DE DRENAJE
SUBSUPERFICIAL EN LAS ZONAS DE PRODUCCIÓN DE LA CORPORACIÓN
PANTALEÓN CONCEPCIÓN S.A, ESCUINTLA.**

2.1 Presentación

Debido a la gran demanda de azúcar el cultivo de la caña (*Sacharum Spp*) se ha expandido en varias regiones tropicales del mundo. En Guatemala las plantaciones de caña de azúcar se localizan principalmente en la costa sur y en pequeñas áreas cercanas a la costa Atlántica (Polochic).

La Corporación Pantaleón Concepción S.A está dividida en siete zonas agrícolas de producción, dentro de las cuales existen áreas que presentan problemas de niveles freáticos superficiales causando una reducción en el contenido de Oxígeno, disminuyendo la respiración en las raíces de la planta, poca absorción de agua, nutrientes y formación de sustancias tóxicas.

Como causa de los factores mencionados anteriormente produce un retardo en su desarrollo lo que significa bajos rendimientos del cultivo, ya que un nivel freático a poca profundidad puede constituir un serio problema para la producción agrícola.

La planicie costera de Guatemala normalmente presenta altos niveles superficiales (menos de 0.70 m) durante la época lluviosa, profundizándose éstos durante la época seca si carecen de otro tipo de alimentación aparte de la lluvia. (Cruz R, 1,995).

Uno de los problemas que enfrentan las zonas de cultivo del Ingenio Pantaleón S.A, es que no se conoce la tabla de agua existente de la mayoría de zonas de producción que administra el ingenio. Anteriormente se han realizado este tipo de estudio únicamente en fincas en donde el daño causado por los niveles freáticos superficiales ha sido notorio, el área estudiada fue de 38,588.40 hectáreas de las 48,235.50 hectáreas que administra el Ingenio Pantaleón S.A. Encontrándose fincas con problemas de exceso de humedad a causa de los niveles freáticos superficiales.

Estudios realizados en CENICAÑA (Colombia 1991), muestran que la producción puede disminuir hasta 35 toneladas, cuando el nivel freático se mantiene a una profundidad menor de -0.70 m y otros estudio realizados en BSES (Australia 1991) indican que se puede llegar a perder 0.5 toneladas por día si el nivel freático permanece a una profundidad menor o igual a -0.50 m. Si la planta crece en estas condiciones durante

un tiempo prolongado, especialmente durante el periodo de crecimiento rápido (tercero y cuarto mes), se produce un retardo en su desarrollo vegetativo y por ende, una disminución en la producción aproximada del 37 % (CENGICAÑA 2008).

Estudios realizados en CENGICAÑA indican que la planicie costera de Guatemala normalmente presenta altos niveles freáticos en la época lluviosa, los cuales llegan a profundizarse durante la época seca si estos llegan a carecer de algún tipo de alimentación como canales de riego y el llenado de los canales de drenaje, las cuales son las únicas fuentes de alimentación del nivel freáticos durante la época seca y la retención del agua causa un efecto en el ascenso del nivel freático sucediendo lo contrario al suspender el riego y remover diques o compuertas de contención de agua, profundizándose el nivel freático de nuevo (Juárez D. Sandoval.1999).

Dentro de las características importantes de los estratos bajos y litorales (planicie costera), puede mencionarse la predominancia de suelos molisoles y la ausencia casi total de lluvias durante la época seca (noviembre a mayo) (Juárez D, Sandoval J. 1999).

El estudio consistió en monitorear el nivel freático durante la época lluviosa (octubre a noviembre 2008) y la época seca (marzo a abril 2009), en un área de 38,588.40 hectáreas mediante la perforación de pozos de observación a una profundidad de 1.5 metros. Se caracterizó el nivel freático en el espacio y tiempo, determinando aquellas áreas con problemas de drenaje superficial con el objetivo de mejorar el rendimiento del cultivo.

2. 2 Marco teórico

2.2.1 Marco conceptual

2.2.1.1 Almacenamiento de agua

Cuando el agua de riego y el agua de lluvia que se distribuye sobre el terreno se prolongan durante largos períodos, el agua en exceso puede acumularse en la superficie del suelo, trayendo como consecuencia el encharcamiento. Para eliminar el agua encharcada de la superficie del terreno, se aplica el drenaje superficial. Parte del agua de riego o de lluvia que se infiltra en el suelo quedará almacenada en los poros y será utilizada por los cultivos y otra parte, se perderá por percolación profunda originando la elevación del nivel freático. Cuando el nivel freático alcanza la zona radicular, las plantas pueden sufrir daños debido al anegamiento. Para eliminar el agua en exceso de la zona radicular y las sales disueltas del suelo se utiliza el drenaje el cual permite el flujo de agua freática hacia los drenes (Cruz R, 1995).

En muchos proyectos de irrigación debido al anegamiento se obtienen rendimientos muy bajos de los cultivos, dando como consecuencia en muchos casos, el abandono de tierras por la pérdida total de producción. Según información consignada de la FAO, entre el 10% al 15% de los 25 millones de hectáreas aproximadas bajo riego en el mundo, están afectadas por el anegamiento (ILRI, 1996).

2.2.1.2 Agua subsuperficial

Toda el agua que se encuentra en forma natural por debajo de la superficie terrestre se llama agua subsuperficial, independientemente que este en la zona saturada o en la no saturada. En la figura 5 se indica el agua que se encuentra en la zona saturada, es decir, la que se encuentra debajo del nivel freático, también llamada agua subterránea (Price M.2000).

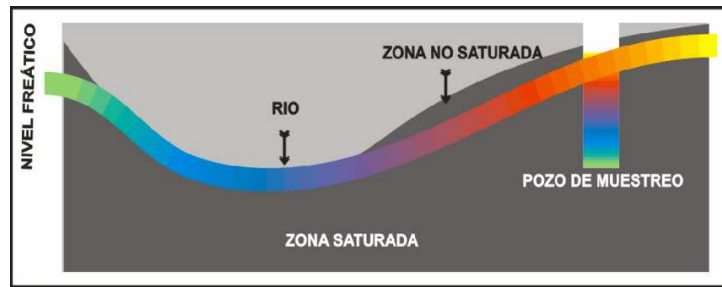


Figura 5. Comportamiento del nivel freático.

Fuente: (Price M.)

2.2.1.3 Medición de la profundidad del nivel freático

Según Cruz Rodríguez (1995) el nivel freático (NF) lo constituye el nivel superior del agua subterránea libre que tiene una presión igual a la presión atmosférica. Para un tratamiento adecuado de problemas 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 de los niveles de agua en pozos de observación (piezómetros), instalados en línea recta entre los canales de drenaje.

Un pozo de observación (Figura 6) puede ser un agujero de una profundidad de importancia agronómica entre 1.0 y 2.0 m. 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. (Cruz R, 1,995).

Datos obtenidos por CENGICAÑA consistieron en monitorear el nivel freático mediante pozos de observación en un área de 430 hectáreas después de alimentar los canales de riego y drenaje principales en el área de estudio instalando 60 pozos de observación y cuatro baterías piezómetros.

Las lecturas fueron tomadas cada 15 días, donde del total de pozos 41 fueron distribuidos siguiendo una cuadrícula en toda la finca Tehuantepec, los cuales fueron

protegidos con PVC perforados de 1plg de diámetro y 2 m. de longitud (Juárez D, Sandoval J. 1999).

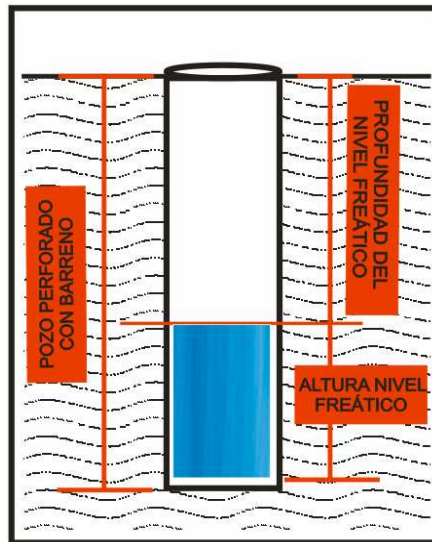


Figura 6. Estructura del pozo de muestreo de niveles freáticos.

Fuente: (Ritzema, Kselik y Chanduli 1,996)

Si se perfora un pozo desde la superficie del suelo hacia abajo y se penetra en la zona saturada, el agua fluirá del material saturado, hasta alcanzar un nivel constante. Este estará cerca del nivel debajo del cual todos los poros están llenos de agua, es decir, el nivel superior de la zona saturada, llamado nivel freático (Price M, 2,000).

La distancia que es necesario perforar o cavar para llegar al nivel freático varía de lugar a lugar, puede ser de menos de un metro y más de cien metros. En general, el nivel freático no es plano, de modo que es más profundo por debajo de las montañas y somero debajo de las planicies y valles (Price M, 2,000).

2.2.1.4 Pozos no revestidos

Estos tipos de pozos pueden realizarse fácilmente con un excavador manual como el que se usa en las inspecciones de suelos, y puede ser de 50 a 80 mm de diámetro.

Estos pueden ser usados con éxito en suelos bastantes estables para prevenir el colapso del agujero perforado. Estos también son medios económicos de medir los niveles freáticos durante la primera fase de un proyecto (inspección de reconocimiento), cuando el objetivo primario es obtener una idea gruesa de las condiciones de agua subterránea en el área del proyecto (ILRI, 1974).

2.2.1.5 Pozos revestidos

Cuando se hace un pozo de observación en suelo inestable, se tiene que usar un entubado temporal de 80 ó 100 mm de diámetro. Este entubado previene deslaves y socavaciones y hace posible perforar un agujero que sea lo suficientemente profundo para asegurar que mantenga siempre agua. Cualquier material para revestir localmente disponible puede ser usado: hojas de metal, tubos de drenaje, o tipos estándar comerciales para el revestimiento de pozos de hierro o PVC (ILRI, 1974).

2.2.1.6 Distribución de pozos de observación

Esta se puede hacer en forma sistemática en cuadrícula o rectángulo, o por concentración de puntos de acuerdo con las áreas críticas, colocándolos en sitios de fácil acceso y evitando que queden cercanos a canales, drenes, ríos, pozos de bombeo y caminos o vías de tránsito para prevenir su destrucción (Ritzema, Kselik y Chanduli 1,996). El número de pozos de observación depende de los fines y de la precisión deseada. En el cuadro 7 se muestran los parámetros establecidos dependiendo el área de muestreo.

Cuadro 7. Parámetro de elaboración de pozos de niveles freáticos por hectárea.

Área (Hectáreas)	Número de puntos de observación	Número de puntos de observación por 100 hectáreas
100	20	20
1,000	40	4
10,000	100	1
100,000	300	0.3

Fuente: (ILRI, 1974)

Las lecturas en los pozos se deben hacer cada 15 días en época lluviosa y cada 30 días en época seca.(Pizarro Cabello, F. 1978).

2.2.1.7 Procesamiento de datos de aguas subterráneas

Antes de que cualquier decisión pueda ser tomada acerca de la causa, extensión y severidad de los problemas de drenaje de un área, los datos desordenados sobre aguas subterráneas sobre niveles de agua tienen que ser procesados. Ellos entonces tienen que ser relacionados a geología e hidrogeología del área. Los resultados presentados en gráficas, mapas y secciones transversales, nos habilitarán para hacer un diagnóstico de los problemas (ILRI, 1974).

2.2.1.8 Mapas de agua subterránea

Un mapa de curvas de niveles freáticos muestra la elevación y la configuración del nivel freático en una fecha. Para construirlo, primero tenemos que convertir los datos de niveles de agua de la forma de profundidad debajo de la superficie a la elevación del nivel freático (altura del nivel de agua sobre un plano de elevaciones, por ejemplo nivel medio del mar). Estos datos son ploteados sobre un mapa topográfico base y líneas de igual elevación del nivel freático son dibujadas. (ILRI, 1974)

2.2.1.9 Curvas de fluctuación de agua subterránea

Cuando la cantidad de agua subterránea en almacenamiento se incrementa, los niveles freáticos se elevan; cuando disminuye, los niveles freáticos bajan. Esta respuesta al nivel freático a los cambios en almacenamiento puede ser observada en un hidrograma (Figura 7). Las curvas de fluctuación de agua subterránea muestran las lecturas de los niveles de agua, convertidos a niveles de agua debajo de la superficie del suelo, contra su correspondiente tiempo. La curva de fluctuación deberá ser ploteada para cada pozo de observación (ILRI, 1974). El drenaje de tierras, es importante saber la tasa de elevación del nivel freático y aún más importante, la de su caída. Si el agua subterránea no está siendo recargada, la caída del nivel freático dependerá de la transmisibilidad de la capa transmisora de agua (KH), el almacenamiento de esta capa (S) y el gradiente hidráulico (dh/dx) (ILRI, 1974).

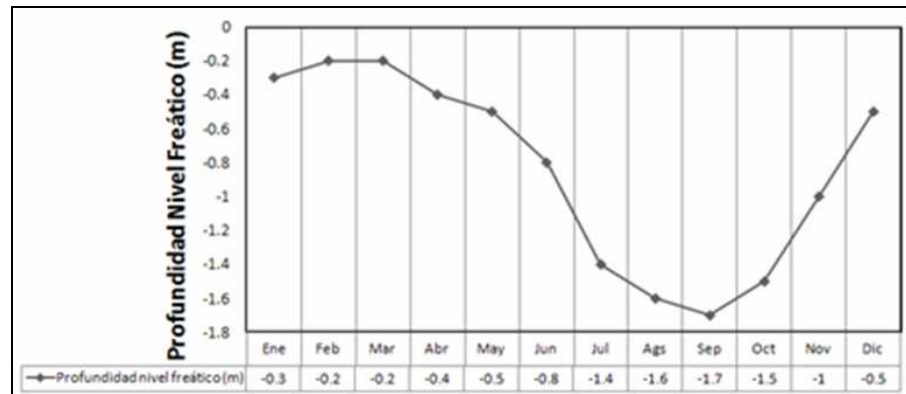


Figura 7. Curva de fluctuación, pozo de observación de nivel freático.

Fuente: (ILRI, 1974)

2.2.1.10 Mapa de Isofreáticas

Este tipo de mapas muestra la distribución espacial de la profundidad del nivel freático debajo de la superficie de la tierra. Puede ser preparado en dos formas. Los datos del nivel de agua de todos los pozos de observación para una cierta fecha son primero convertidos en niveles de agua debajo de la superficie de la tierra. Se plotean entonces en un mapa topográfico base y se dibujan las isobatas las cuales son líneas de igual profundidad del agua subterránea (ILRI, 1974).

2.2.1.11 Gradiente hidráulico

En un acuífero libre el nivel freático tiene cierta pendiente, lo que origina un cambio en el espesor saturado y por lo tanto en el área por donde pasa.

Cuando existe flujo en un acuífero libre, el nivel freático debe presentar cierto declive, debido a esta inclinación existe una componente vertical de flujo en la porción superior de la zona saturada, lo que significa que existe un gradiente hidráulico vertical. Este debe medirse comparando los niveles de agua entre pozos comparándose con las cotas obtenidas, en ese momento o de estudio anteriores (Price M).

2.2.1.12 Producción relativa de caña de azúcar (porcentaje en tonelaje) para distintas profundidades del nivel freático (cm)

La mayoría de pastos, incluyendo a la caña de azúcar (*Sacharum spp*) desarrollan un sistema radicular superficial, lo cual hace tolerantes a niveles freáticos elevados teniendo una zona de ramificación densa aproximadamente a 70 cm. Sin embargo, a manera de orientación se recomiendan las siguientes profundidades freáticas: suelos textura fina entre 60 y 80 cm y suelos arenosos entre 40 y 60 cm.

Figura 8. Producción relativa de caña de azúcar (% tonelaje) para cinco profundidades del nivel Freático (cm)

Caña de azúcar (<i>Sacharum spp</i>)					
Profundidades del nivel freático (cm)	40	60	90	120	150
Rendimiento en porcentaje	58%	77%	89%	95%	100%

Fuente: (Ritzema, Kselik y Chanduli, 1996)

Desde un punto de vista técnico, la profundidad óptima de la capa freática es la que no ocasiona disminución en la producción de los cultivos. En muchos de los casos esta profundidad es antieconómica para la instalación de un sistema de drenaje y se prefiere que los rendimientos de los cultivos no alcancen el máximo a cambio de lograr un menor costo de las obras de drenaje. En este sentido la profundidad optimas es la que origina una mayor relación beneficio costo (Ritzema, Kselik y Chanduli, 1996).

2.3 Marco referencial

2.3.1 Clima

Según el mapa climatológico de Thornthwaite, el departamento de Escuintla se encuentra dentro de una zona que se clasifica como A' a ' Bi donde: (CENGICAÑA 2998).

A' = Cálido, a' = sin estación fría bien definida, B = Húmedo, i = con invierno seco.

2.3.2 Zonas de vida

Según el sistema de clasificación Holdrige, las fincas que integran los cuatro estratos ya antes mencionados, se encuentran en la siguiente clasificación. (CENGICAÑA 2998).

- A. **Bosque húmedo subtropical** bh-S (c): Con límites climáticos a una temperatura media anual entre 18 y 24 °C y un promedio anual de lluvias entre 1000 y 2000 mm.
- B. **Bosque muy húmedo subtropical cálido** bmh-S (c): Con límites climáticos a una temperatura media anual entre 17 y 24 °C.

2.3.3 Suelos

De acuerdo con el “Estudio Semidetallado de Suelos de la Zona Cañera del Sur de Guatemala”, existen en la región 6 órdenes, 26 subgrupos y 37 familias de suelos. Los 4 órdenes más importantes en el área representan 34 familias y 23 subgrupos de suelos. A continuación se presentan las características de los principales órdenes de suelo existentes en la región estudiada, además en el anexo puede observarse el mapa de la agrupación de órdenes de suelo de la zona cañera de Guatemala (CENGICAÑA 2008).

A. Mollisoles: Ocupan el 40% del área cañera de Guatemala. Se encuentran en el cuerpo y pie de los abanicos, cerca de la planicie costera en relieve ligeramente plano a plano. Presentan un horizonte superficial grueso de color oscuro, rico en materia orgánica,

saturación de bases mayor de 50% en todos sus horizontes y un grado de estructuración de moderado a fuerte. Predominan las texturas franco arenosas, franca y franco arcillo arenosa, y de subsuelo frecuentemente arenoso. El pH varía de ligeramente ácido a neutro (CENGICAÑA 2008).

B. Andisoles: Ocupan el 26% del área y se encuentran en el cuerpo y ápice de los abanicos al pie de la cadena montañosa, su origen son cenizas volcánicas. El relieve es ligero a fuertemente ondulado en las partes altas y ligeramente inclinado en el cuerpo de los abanicos. Son suelos poco evolucionados de color muy oscuro, con altos contenidos de materia orgánica, de baja densidad aparente, consistencia friable a suelta, desarrollados principalmente sobre materiales amorfos. Reacción ácida a ligeramente ácida y de alta calidad de retención de fósforo. Textura franca a franco arenosa (CENGICAÑA 2008).

C. Entisoles: Son los suelos menos evolucionados presentes en el área de estudio y ocupan un 16% de la misma. Se encuentran en los valles y enclavamientos aluviales en forma de fajas angostas y largas con ampliaciones en el cuerpo y pie de los abanicos cercanos a la costa. Tienen poca o ninguna evolución y muy poca o ninguna evidencia de desarrollo de horizontes genéticos. Son suelos permeables de texturas gruesas y arenosas. El subsuelo es generalmente arenoso y gravilloso incluídas las vetas arenosas presentan déficit de agua durante la estación seca (CENGICAÑA 2008).

D. Inceptisoles: Se encuentran en un 11% del área en el ápice y cuerpo de los abanicos. Presentan un relieve plano a ligeramente inclinado, desarrollados principalmente sobremateriales arcillosos, mezclados con cenizas volcánicas y fragmentos de roca. Son suelos medianamente evolucionados y presentan horizontes de alteración con estructuras bien desarrolladas que han perdido bases o hierro y aluminio, pero aún retienen ciertos minerales fácilmente alterables lo que los hace tener capacidades medias a altas de intercambio catiónico. Su textura es franca y arcillosa sobre un subsuelo arcilloso (CENGICAÑA 2004).

E. Alfisoles: Ocupan solamente el 1.6% de los suelos del área, y se localizan en el cuerpo de los abanicos antiguos, en relieve ondulado a ligeramente ondulado. Estos suelos se caracterizan por tener un horizonte B argílico, en donde parte de la arcilla de los horizontes superiores del perfil migró hacia el subsuelo. Las texturas predominantes son arcillosas, los horizontes masivos y compactos son frecuentes, lo mismo que la presencia de sales o sodio. Las características químicas y físicas de estos suelos, exigen prácticas de manejo especiales para evitar su degradación total (CENGICAÑA 2008).

F. Vertisoles: Los vertisoles ocupan una mínima extensión (0.5%) y se caracterizan por su alto contenido de arcilla especialmente montmorillonita, lo cual hace que los suelos se agrieten fuertemente en la época seca y se hinchen en la estación lluviosa (CENGICAÑA 2008).

2.4 Objetivos

2.4.1 Generales

A. Realizar el estudio exploratorio de niveles freáticos con fines de drenaje subsuperficial en un área de 38,588.40 hectáreas que corresponden a las zonas de producción de la Corporación Pantaleón Concepción S.A.

2.4.2 Específicos

- A. Cuantificar las áreas con problemas de niveles freáticos superficiales.
- B. Conocer el comportamiento del flujo subterráneo mediante planos de isofreáticas y curvas de fluctuación de niveles freáticos en las zonas exploradas.
- C. Evaluar la conveniencia de los pozos no revestidos mediante parámetros establecidos en este tipo de estudios.

2.5 Metodología

2.5.1 Fase de reconocimiento

El estudio de reconocimiento comprendió las investigaciones de campo y de gabinete necesarias, para obtener un conocimiento general del potencial del desarrollo del área del proyecto. Un buen grado de confianza pudo obtenerse a través de información existente o sobre fuentes indirectas de información.

2.5.2 Diseño de la investigación

Para poder llevar a cabo la investigación fue necesario realizar las siguientes actividades.

- a. Revisión bibliográfica con el objetivo de conocer las metodologías utilizadas para la elaboración de pozos de muestreo, toma de datos y el análisis de la información recaudada.
- b. Visita a las fincas que integran las siete zonas agrícolas de producción del Ingenio Pantaleón S.A.
- c. Obtener los materiales necesarios para la perforación de los pozos de muestreo tales como: planos de ubicación de pozos, barrenos, cintas métricas, etc.
- d. Realizar los muestreos en los pozos de observación.
- e. Tabulación de datos obtenidos en las siete lecturas realizadas en cada pozo de muestreo.
- f. Elaborar los planos de isobatas y gradientes hidráulicos de las áreas de estudio.
- g. Elaborar planos con áreas críticas para el desarrollar proyectos de drenaje.
- h. Elaboración de las conclusiones y recomendaciones.

2.5.3 Ubicación del área a muestrear

El estudio exploratorio se llevó a cabo en un área de 38,588.40 hectareas administradas por el Ingenio Pantaleón, lo que corresponde al 80% del área total de producción.

Este se llevó a cabo en los cuatro estratos en los que actualmente se encuentra dividida la zona cañera: estrato alto (mayor de 300 msnm), estrato medio (100 a 299 msnm), estrato bajo (40 a 99 msnm) y estrato litoral (0 a 39 msnm). Estos integrados por los municipios Escuintla, Siquinalá, Santa Lucía Cotzumalguapa, La Democracia, La Gomera, Guanagazapa, Masagua, Nueva Concepción y Tiquisate del departamento de Escuintla.

Dentro de los estratos latitudinales se encuentran las siete zonas de producción que el ingenio administra siendo estas las siguientes: Pantaleón, Concepción, California, Baúl, Playa Grande, Limones y Verapaz, estas con un área similar de 7,000 hectáreas teniendo cada una características y ubicaciones geográficas distintas, por lo cual se encuentra dividido de esta manera.

En el cuadro 8 se presenten las fincas que integran los cuatro estratos latitudinales, donde se llevó a cabo el estudio exploratorio de niveles freáticos.

Cuadro 8. Fincas muestreadas, divididas en los cuatro estratos latitudinales.

Estrato Alto (>300 msnm)						
Zona Concepción						
Ubicación	Finca	Municipio	Ubicación	Finca	Municipio	Área (ha)
Z.C.E	Mirandilla	Escuintla	Z.C.E	Los Encantos	Escuintla	43.33
Z.C.E	Cuchilla Coronado	Escuintla	Z.C.E	Pueblo Nuevo	Escuintla	86.66
Estrato Medio (100 a 299 msnm)						
Zona Concepción, Zona Pantaleón; Zona Baúl, Zona Concepción						

Or.	Finca	Municipio	Ubicación	Finca	Municipio	Área (ha)
Z.C.E	Torolita	Escuintla	Z.C.E	Jaronú	Escuintla	234.25
Z.C.E	Sagitario	Escuintla	Z.C.E	Guachipilín	Escuintla	567.9
Z.C.E	San Bernardo	Escuintla	Z.C	Asunción de María	Democracia	934.43
Z.C	La Isla	Escuintla	Z.C	San Juan Bosco	Democracia	321.11
Z.C	San José Miramar	Siquínala	Z.C	El Carmen	Democracia	678.34
Z.C	La Cantadora	Siquínala	Z.C	San Bonifacio	Santa Lucia	890.34
Z.C	Florida Pantaleón	Democracia	Z.C	El Bálsamo	Santa Lucia	200.34
Z.C	Génova	Democracia	Z.C	La Reforma	Santa Lucia	657.68
Z.C	La Cabaña	Democracia	Z.C	San Luis Espinoza	Santa Lucia	401.21
Z.C	San Felipe Quintana	Santa Lucia	Z.C.O	Buenos Aires Ch.	Nueva Concepción	678.9
Z.C	San Juan la Prov.	Santa Lucia	Z.C.O	S. Felipe Costa R.	Nueva Concepción	890.45
Z.C	San Sebas. Buena V	Santa Lucia	Z.C.O	Acarigua	Nueva Concepción	956.9
Z.C.O	Manantiales	Nueva Concepción	Z.C.O	Barquisimeto	Nueva Concepción	1306.83
Estrato Bajo (40 a 99 msnm) Zona Playa Grande, Zona Limones, Zona Baúl						
Or.	Finca	Municipio	Ubicación	Finca	Municipio	Área (ha)
Z.O	San Judas Baúl	Tiquisate	Z.C.O	Rio Dulce	Nueva Concepción	345.78
Z.O	San Judas Tadeo	Tiquisate	Z.C.O	Tucupita	Nueva Concepción	123.89
Z.O	Antigua	Tiquisate	Z.C.O	Barranquilla	Nueva Concepción	904.56
Z.O	La Pampa	Tiquisate	Z.C	El Búfalo	La Gomera	678,45
Z.O	Mojarras	Tiquisate	Z.C	El Portal	La Gomera	674.35
Z.O	Almendros	Tiquisate	Z.C	La Presa	La Gomera	324.67
Z.O	Rancho Siguacan	Tiquisate	Z.C	El Cadejo	La Gomera	367.89
Z.O	Rancho Dallas	Tiquisate	Z.C	El Pará	La Gomera	568.94
Z.O	Puyumate	Nueva Concepción	Z.C	La Agrícola	La Gomera	671.11
Z.O	Hacienda Pangola	Nueva Concepción	Z.C	Las Pampas	La Gomera	278.34
Z.O	Pamplona	Nueva Concepción	Z.C	Buenos Aires C.	La Gomera	984.12
Z.O	San Andrés	Nueva Concepción	Z.C	Agua Blanca	La Gomera	259.76
Z.C.O	La Consentida	Nueva Concepción	Z.C	Limones 9	La Gomera	957.89

Z.C	Limonos Potreros	La Gomera	Z.C	Limonos S.A	La Gomera	1500.67
Z.C	Obraje	La Gomera	Z.C	Limonos Pantaleón	La Gomera	890.34
Z.C	Churubusco	La Gomera	Z.C	Campamento	La Gomera	789.34
Z.C	La Havana	La Gomera	Z.C	Santa Marta	La Gomera	500.34
Z.C	Playa Grande	La Gomera	Z.C	Quien Sabe	La Gomera	934.96
Z.C	Quien Sabe 1	La Gomera				650.04
Estrato Litoral (0 a 39 msnm) Zona California, Zona Baúl, Zona Verapaz						
Or.	Finca	Municipio	Ubicación	Finca	Municipio	Área (ha)
Z.C.O	Verapaz	Tiquisate	Z.C.O	Capitanes Jo I,II,III	Tiquisate	1238.87
Z.C.O	La Fe	Tiquisate	Z.C.O	Barberena	Tiquisate	902.45
Z.C.O	Cristalina	Tiquisate	Z.C.O	Las Conchas	Tiquisate	2500.98
Z.C.O	San Fernando	Tiquisate	Z.C.O	Capitanes Jo V	Tiquisate	1056.78
Z.C	Las Chuspas	La Gomera	Z.C	Texas	La Gomera	1015.78
Z.C	El Progreso	La Gomera	Z.C	Anaite	La Gomera	903.45
Z.C	Ofelia Santa Marta	La Gomera	Z.C.E	Perú	Masagua	2987.9
Z.C.E	Bariloche	Masagua	Z.C.E	El Trópico	Masagua	1560.45
Z.C.E	La Virgen	Masagua	Z.C.E	José Félix	Masagua	1078.46
Z.C.E	La Promesa	Masagua	Z.C.E	El Paraíso	Masagua	2030.56
Z.C.E	La Virgen	Masagua				1236.28

Z= Zona, O= Oeste, C= Centro, E= Este

Fuente: Departamento de Ingeniería Agrícola, Corporación Pantaleón Concepción S.A.

Las 9,647.10 hectareas restantes que corresponden al 20% de la zona total de producción no se tomaron en cuenta ya que dentro de ellas ya se han realizado estudios de niveles freáticos y también algunas se encuentran en el estrato alto (mayor 300 msnm) en las cuales no existe problema con niveles freáticos superficiales.

2.5.4 Número de pozos

Según la revisión bibliográfica se debe construir un pozo por cada 10,000 metros para un estudio no tan detallado. (ILRI, 1974).

Utilizando estos parámetros correspondía realizar 386 pozos de muestreo, pero por ser un estudio exploratorio semi detallado se elaboraron 1,208 pozos, ya que se tienen los recursos y el personal para llevar a cabo este estudio.

2.5.5 Coordenadas

Estas se obtuvieron al distribuir los puntos de muestreo en el plano general que incluía las siete zonas de producción, el cual se elaboro utilizando el software ARCGIS 9.2, permitiendo calcular las coordenadas UTM para cada punto de muestreo.

En la Figura 6 se muestra la ubicación y distribución de los pozos de muestreo de niveles freáticos.

2.5.6 Distribución

Los pozos fueron distribuidos en las siete zonas de producción a una distancia de 500 metros lineales entre ellos en forma de cuadrícula, utilizando una escala de 1:4,000, encontrándose los mismos en los distintos lotes de producción de las siete zonas a muestrear. El formato utilizado como referencia para indicar la posición de cada pozo de muestreo se presenta en la Figura 9.

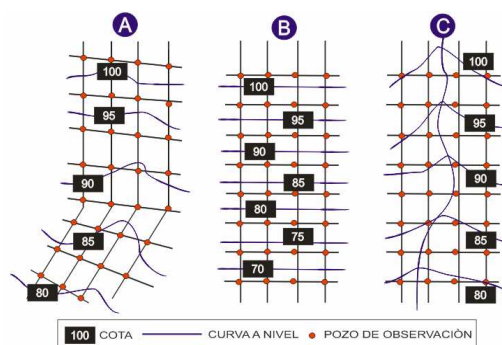


Figura 9. Distribución de pozos de muestreo.

Fuente: (Ritzema, Kselik y Chanduli 1,996)

En la figura 10 se muestran las siete zonas de producción que el Ingenio administra y en la figura 11 se indica la distribución general de los pozos de observación de niveles freáticos.

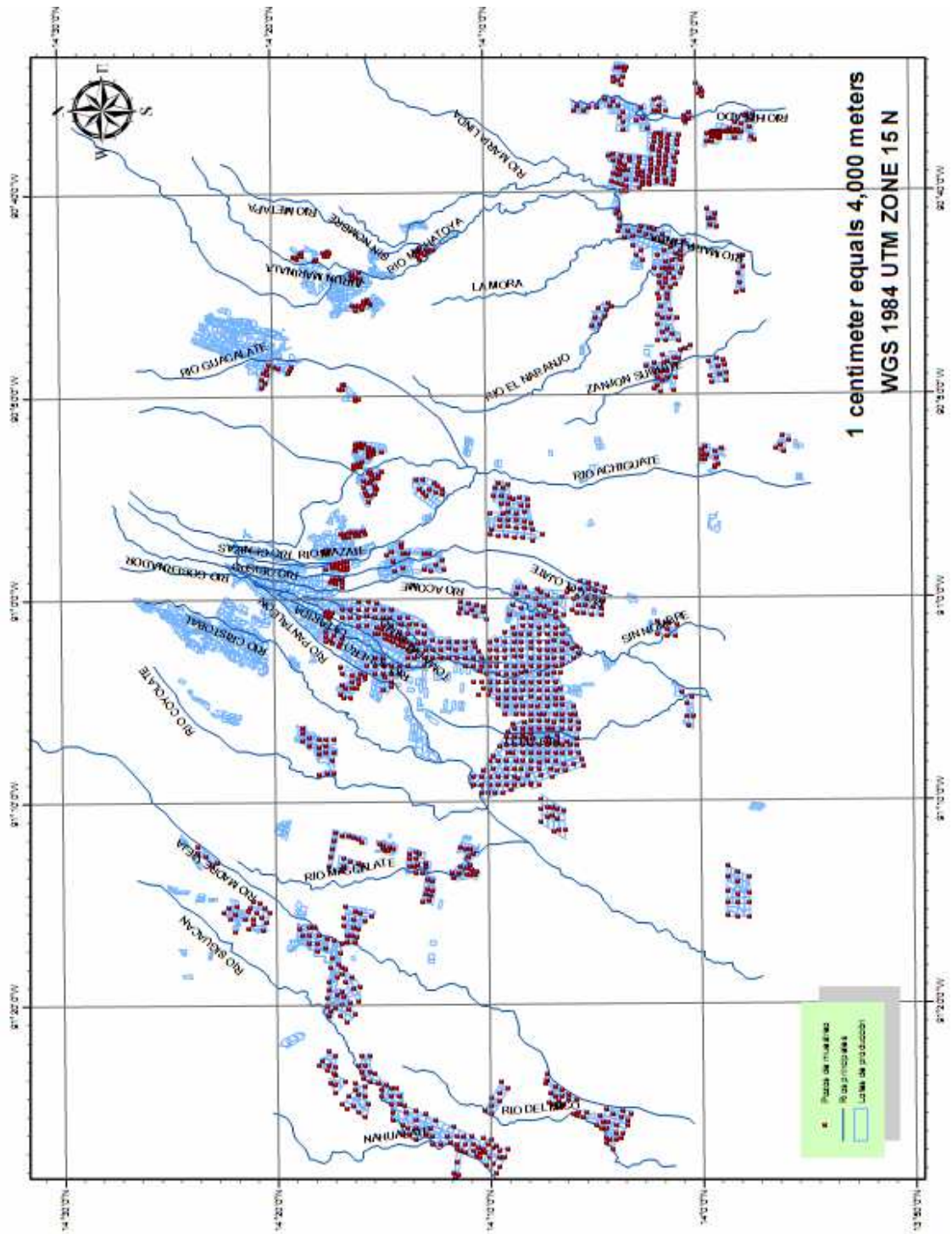


Figura 11. Distribución de pozos de niveles freáticos distribidos en las siete zonas de producción de la Corporación Pantaleón Concepción S.A, 2008-2009.

Fuente: Departamento de Ingeniería Agrícola, Corporación Pantaleón Concepción S.A.

2.5.7 Identificación de pozos

A cada pozo se le asignó un código, éstos se encuentran desde un rango de 1 a 1208, colocado al lado del punto rojo. La asignación del código se realizó en forma correlativa, pues al ingresar los datos de lecturas en el software ARCGIS 9.2, este los ubicaba con sus coordenadas correspondientes.

2.5.8 Número y frecuencia de lecturas

Se realizaron siete lecturas, la primeras cuatro tomadas de octubre a noviembre del 2008 y las tres restantes tomadas de marzo a abril del 2009, a un intervalo de 15 días entre ellas para la época lluviosa y 30 días para la época seca, esto según (ILRI 1974). La primera lectura se realizó al momento de hacer el pozo.

2.5.9 Estructura y profundidad del pozo

Los pozos elaborados tuvieron una profundidad de 1 a 1.5 m (esto dependiendo de las condiciones del terreno) y un diámetro de 0.10 m, elaborados con barrenos de metal. Tomando en consideración que la densa ramificación de la zona radicular de la caña de azúcar (*Sacharum Spp*) se extienden hasta una profundidad aproximada de 70 cm.

2.5.10 Recolección de Información

Los datos fueron obtenidos mediante la medición con una cinta métrica. La información fue recolectada y anotada al momento de tomar la lectura en campo en un formulario (Anexo 1).

2.5.11 Materiales

En este estudio se consideraron los materiales necesarios para llevar a cabo los pozos de muestreo, por ejemplo: barrenos, cintas métricas, pliegos de papel bond (impresión de planos).

Para la elaboración de los pozos de muestreo fue necesario utilizar barrenos de metal. En la Figura 12 se muestran la estructura y las dimensiones del barreno tipo holandés utilizado.

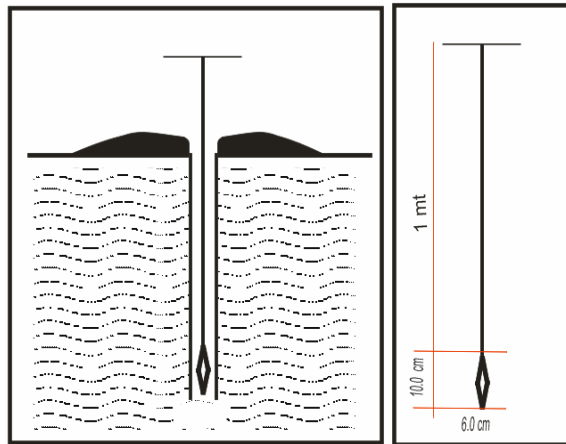


Figura 12. Estructura del barreno holandés.

Fuente: Departamento de Ingeniería Agrícola, Corporación Pantaleón Concepción S.A.

2.5.12 Tiempo

Con el objetivo de tomar datos de la época lluviosa y de la época seca y observar el comportamiento de los niveles freáticos dentro de las 7 zonas agrícolas, iniciando cada ronda de lecturas en cada quincena.

2.5.13 Colaboradores

Se eligieron auxiliares de campo de las distintas zonas agrícolas de producción que colaboraron con el estudio de niveles freáticos además de la contratación de nuevo personal. Estos entregaron diariamente o semanalmente el formulario que se mencionó anteriormente los registros obtenidos para luego poder ser ingresados y analizados.

2.5.14 Capacitación

Esta se llevó a cabo una semana antes al inicio de la primera toma de lectura, con el fin de mostrarles a los auxiliares de campo y demás personal como se debían elaborar los pozos y el procedimiento a realizar para la toma de lecturas de los niveles freáticos.

2.5.15 Análisis de información

Entregando los formularios con los datos de altura de niveles freáticos, fueron ingresados a una tabla de Excel en donde se colocó el código de pozo, la primera, segunda, tercera, cuarta lectura y la finca de localización. La información tabulada fue exportada al software ARCGIS 9.2, en donde se realizó el análisis de la información y planos finales.

2.5.16 Profundidad de agua subterránea

Utilizando el software ARCGIS 9.2 se interpolaron los datos de profundidad de niveles freáticos, dividiéndolos en 5 rangos para identificar las áreas más afectadas.

En el Cuadro 9 se muestran los rangos utilizados para la clasificación e identificación de profundidades de niveles freáticos.

Cuadro 9. Rangos utilizados para la clasificación de altura de niveles freáticos en el área de producción de la Corporación Pantaleón Concepción S.A, 2008-2009.

Rango Altura Nivel Freático (m)	Color
0.00 a -0.30	Anaranjado
-0.30 a -0.50	Rojo
-0.50 a -0.75	Amarillo
-0.75 a -1.50	Azul
>1.50	Verde

2.5.17 Isofreáticas

Restando la cota del terreno con el dato de profundidad del nivel freático se obtiene la cota en la que se encuentra el agua subterránea, elaborando curvas a 1 m de distancia entre ellas.

2.5.18 Gráficas de fluctuación de agua subterránea

Con las siete lecturas tomadas (4 en época lluviosa y 3 en época seca) en cada pozo, se realizaron gráficas por temporada mostrando el promedio de las lecturas, estas elaboradas en Excel, utilizando la herramienta de tablas dinámicas.

Las Figuras 13, 14, 15, 16, 17, 18 y 19 muestran el comportamiento que tuvo el nivel freático durante el lapso de 60 días.

2.5.19 Gradientes hidráulicos

Utilizando las curvas obtenidas de la profundidad de los niveles freáticos se trazo la dirección del flujo hidráulico, permitiendo conocer la dirección que toma el agua, utilizando de guía la forma y cota de las distintas curvas creadas estas distanciadas a 1 m.

2.5.20 Conveniencia de pozos no revestidos

Según la revisión de literatura citada (ILRI, 1974), es recomendable revestir los pozos que se realicen, pero en este estudio se optó por ver la conveniencia de los pozos no revestidos.

Los pozos que no se encontraron solvados se identificaron y graficaron, localizando las áreas donde se pueden llevar a cabo los pozos no revestidos.

2.6 Resultados y discusión

2.6.1 Planos de profundidad de agua subterránea

Con la elaboración de los 1,208 pozos distribuidos en las fincas que integran las siete zonas de producción, se determinaron aquellas áreas con presencia de niveles freáticos superficiales, que potencialmente perjudican el rendimiento de la caña de azúcar (*Sacharum Spp*), interpolando las profundidades de niveles freáticos obtenidos en campo se dividió la información en cinco rangos, los cuales se muestran en el cuadro 4.

En la Figura 8 se observan los cinco rangos de profundidades de niveles freáticos lo cual corresponde a las lecturas tomadas durante la época lluviosa, donde dependiendo del estrato latitudinal así fue cambiando la profundidad del agua. Mientras que en la figura 9 se tiene un solo rango de profundidad lo cual corresponde al estudio realizado durante la época seca, donde el color verde indica que la profundidad de nivel freático se encontró mayor a mayor a -1.00 m. no siendo este un problema para fines de riego y drenaje en caña de azúcar.

El 41.83% que corresponde a un área de 16,141.52 hectáreas de las 38,588.40 hectáreas, bajo estudio presentaron problemas de niveles freáticos superficiales durante la estación lluviosa, mientras que en la estación seca no se tuvieron problemas ni presencia de estos, siendo mayores a -0.70m.

La zonas que presentaron mayores problema son las zonas California y Baúl debido a que las fincas que integran estas zonas se encuentra la mayoría dentro del estrato litoral (0 a 39 msnm). Con estos resultados se inició la implementación de sistemas de drenes en algunas fincas que integran la zona California y Baúl con el objetivo de controlar el nivel freático y evitar que este perjudique el rendimiento del cultivo.

En el Cuadro 10 se menciona el área y el porcentaje por zona afectada durante el estudio exploratorio con niveles freáticos menores a -0.70 m durante la temporada lluviosa.

Cuadro 10. Área con problemas de niveles freáticos superficiales. (Profundidad menor a 0.70 m)

Zona	Área general en hectáreas	Área general en porcentaje
Pantaleón	1,341.36	8.31
California	6,080.51	37.67
Limonas	1,615.76	10.01
Playa Grande	506.84	3.14
Concepción	732.82	4.54
Baúl	5400.95	33.46
Verapaz	463.26	2.87
Total	16,141.52	100

Fuente: Departamento de Ingeniería Agrícola, Corporación Pantaleón Concepción S.A.

El plano de profundidad de agua subterránea (Figura 20) ayudo a identificar las áreas con problemas de niveles freáticos superficiales, siendo de utilidad y de suma importancia ya que se delimitaron las áreas que necesitan la implementación de un sistema de drenajes para control los niveles freáticos superficiales, la mayoría de estos se presentan durante el época lluviosa mientras que en la época seca las profundidades de los niveles freáticos no son tan superficiales, estos son mayores a -1.00 m. de profundidad, debido a que la frecuencias de lluvia disminuyen siendo la única fuente de alimentación del manto freático los canales y quíneles de riego, los cuales elevan el nivel de este en pozos cercanos a los mismos.

En las figuras 38 A, 39 A, 40 A, 41 A, 42 A, 43 A y 44 A que se encuentran en el apéndice, se muestran los planos de profundidades de niveles freáticos por zona de producción pertenecientes al muestreo realizado durante la época lluviosa, ya que en la época seca la profundidad fue la misma por lo tanto no se colocaron planos por zona individual. En estos planos aparecen las cruces que ayudan a ubicar y obtener las coordenadas de algún punto de interés.

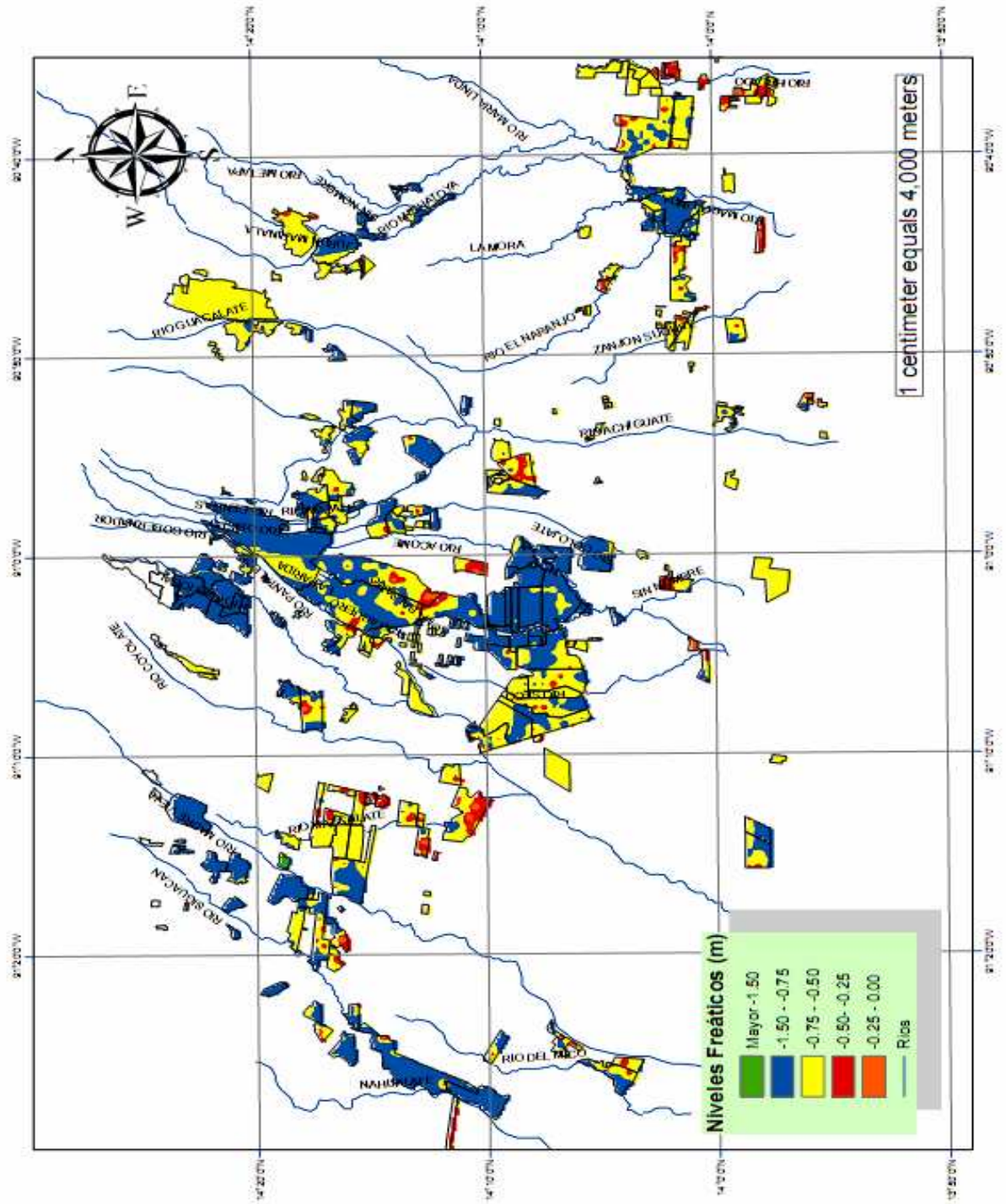


Figura 13. Profundidad de agua subterránea de las fincas administradas por la Corporación Pantaleón S.A, de septiembre a octubre 2008.

Fuente: Departamento de Ingeniería Agrícola, Corporación Pantaleón Concepción S.A.

2.6.2 Isofreáticas

Restando la cota del terreno con la de la profundidad del nivel freático, se obtuvo la cota real a la que se encuentra el agua subterránea creando curvas isofreáticas, estas elaboradas a 1 m de intervalo, clasificando las curvas de cotas isofreáticas en cuatro rangos para su clasificación.

En la figura 15 se muestra la zona California con sus curvas de isofreáticas, se eligió esta zona debido a que fue la que presentó mayor problemas de niveles freáticos superficiales, debido a que las fincas que integran esta zona se encuentran en el estrato litoral (0 a 39 msnm).

El movimiento potencial del flujo de agua es de mayor a menor con dirección Norte a Sur, coincidiendo las cotas del terreno natural con las cotas de la tabla de agua en la que se encuentra el agua subterránea, identificándose las curvas de color rojo las que se encuentran en las cotas más altas y de color gris las cotas más bajas.

En la Figura 16 se muestra la finca California la cual pertenece a la zona California donde se puede observar el comportamiento de las isofreáticas, estas en un rango de 05 a 25 msnm, donde la tendencia es la misma dirigiendo el flujo hacia las distintas fuentes de descarga (norte – sur)

Debido a la escala y generalidades del estudio el plano solo muestra las tendencias en la dirección del flujo de agua subterránea.

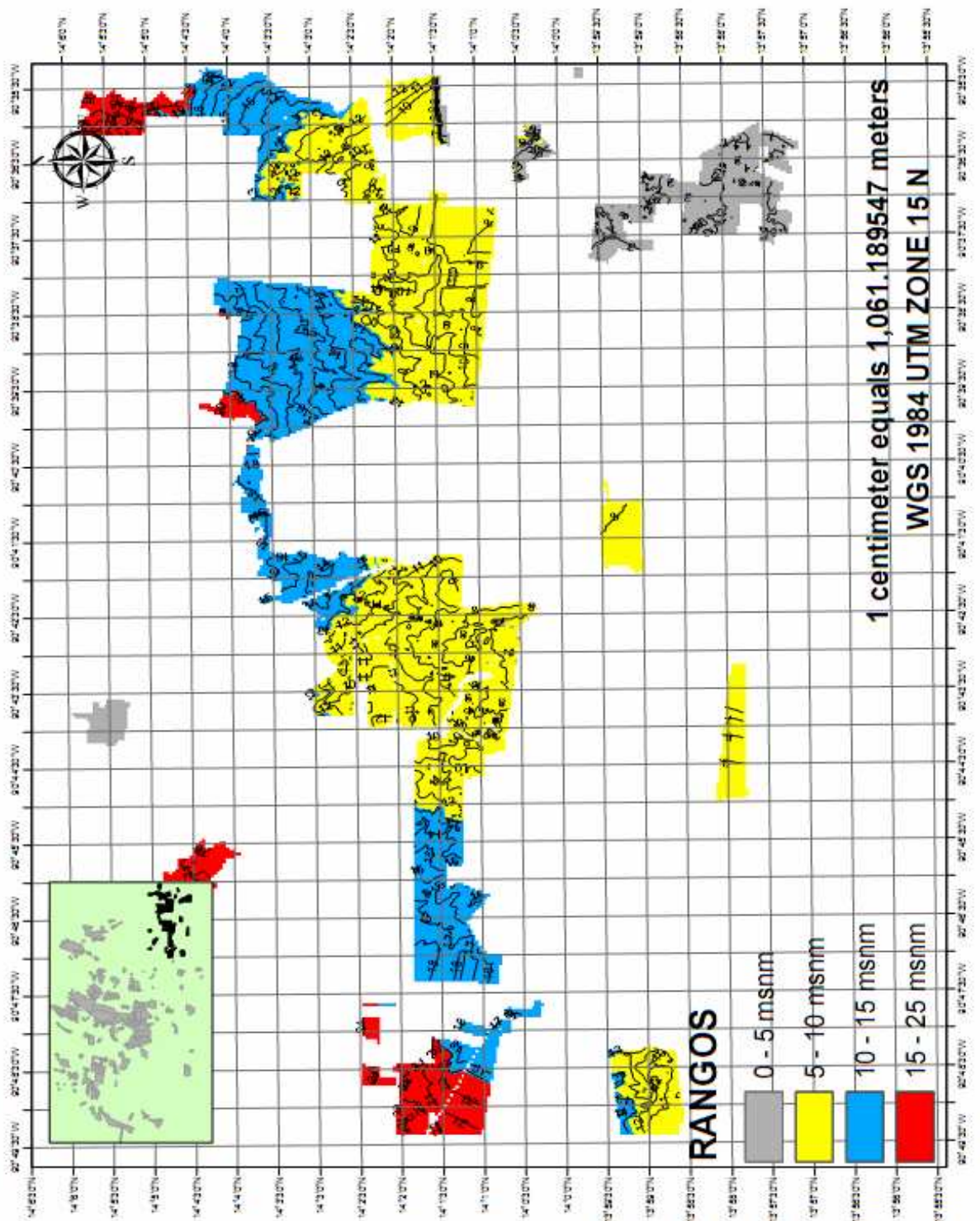


Figura 15. Curvas isofreáticas de la zona California, municipio de Chiquimulilla, septiembre – octubre 2008

Fuente: Departamento de Ingeniería Agrícola, Corporación Pantaleón Concepción S.A.

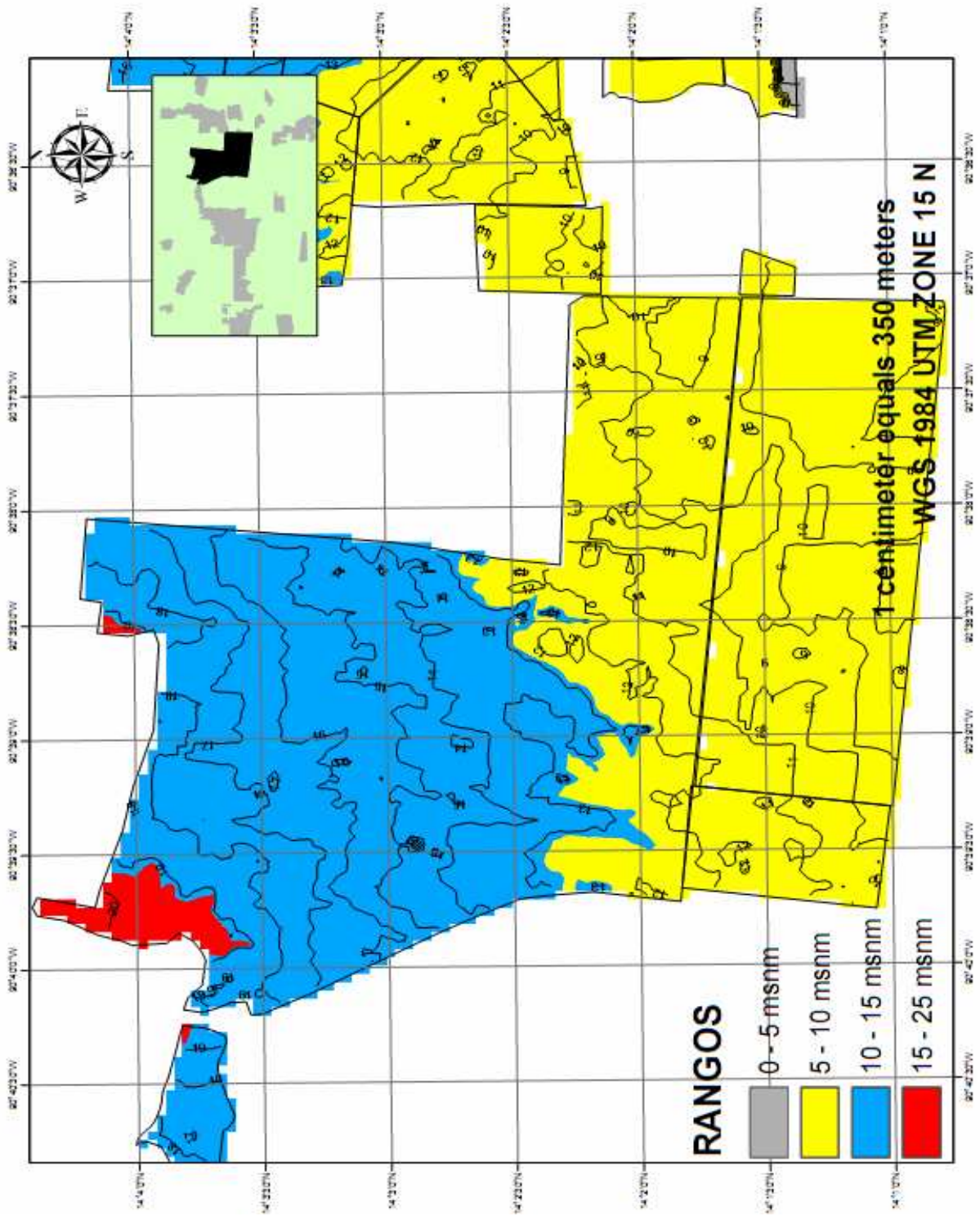


Figura 16. Curvas isofreáticas de la finca California, municipio de Chiquimulilla, septiembre – octubre 2008

Fuente: Departamento de Ingeniería Agrícola, Corporación Pantaleón Concepción S.A.

2.6.3 Gradiente hidráulico

Las curvas de isofreáticas nos indican las cotas de niveles freáticos, las cuales nos ayudan a definir la dirección que tiende a tomar el flujo de agua. Los cambios de este flujo pueden darse debido a un cambio de textura o la presencia de una falla geológica siendo estos los factores que trazan el flujo o dirección del agua.

El potencial hidráulico subterráneo se dirige hacia las áreas con cotas menores las cuales pueden ser drenajes, riachuelos, ríos u otras fuente de agua presentes en el área.

En la figura 17 se muestran las curvas isofreáticas de la finca California, perteneciente a la zona California la cual se encuentra ubicada dentro del estrato bajo (40 a 99 msnm) y litoral (0 a 39 msnm). En la figura se puede observar el curso que toma el agua subterránea la cual se indica con flechas de color negro, estas dirigiéndose hacia las distintas fuentes de agua presentes en el área (riachuelos, drenajes, ríos; etc) las cuales llegan a descargar toda el agua acumulada hacia el mar, se intento cuantificar con fines de conocimiento prácticos generales, indicando de manera general el curso que tomo el flujo de agua subterráneo.

En el cuadro 11 se presentan las pendientes de cotas de terreno natural y cotas de curvas de isofreáticas de las distintas zonas de producción, las cuales ayudan a tener un conocimiento bastante general de la diferencia de altura que existe entre las curvas del terreno y las curvas de profundidad de agua subterránea, tratando de cuantificar de manera general la pendiente promedio en ambas alturas, partiendo de la cota 500 (estrato alto) a la 10 (estrato litoral) calculadas al 1 por ciento, lo que significa que a cada 1,000 m se tiene un desnivel de 1m.

Los datos de diferencia de altura se muestran en el cuadro 11, donde por ejemplo en la zona Pantaleón existe una diferencia de 26.28 m a cada 1,000 m de distancia, respecto a la cota de curvas isofreáticas encontrándose esta en el estrato medio lo cual nos indica que el terreno es bastante inclinado, por lo tanto el flujo del agua tiende a llevar una mayor velocidad en comparación con la zona Limones, Playa Grande y California, donde los terrenos son bastante planos teniendo una diferencia promedio de 4.43 m por cada 1,000 m de distancia, cuya velocidad del agua disminuye siendo más lenta su evacuación a las principales fuentes de agua.

Cuadro 11. Pendientes de las cotas de curvas isofreáticas, de las siete zonas de producción de la Corporación Pantaleón S.A, 2008-2009

Zona	Cota de terreno			Cota curvas isofreáticas		
	Diferencia de altura entre cotas (m)	Longitud entre cotas (m)	Pendiente (por mil)	Diferencia de altura entre cotas (m)	Longitud entre cotas (m)	Pendiente (por ciento)
California	10	4,314.05	2.31	10	3,759.22	2.66
Limones	40	8,768.90	4.56	40	8,122.29	4.92
Baúl	20	4,980.67	4.01	20	4,024.35	4.96
Verapaz	20	4,115.78	4.85	20	3,689.66	5.42
Playa Grande	30	5,012.12	5.98	30	5,240.69	5.72
Concepción	30	3,345.09	8.96	30	3,689.66	13.75
Pantaleón	80	4,689.67	17.05	80	4,633.86	26.28

Debido a estos datos es recomendable realizar limpieza en los sistemas de drenes principalmente en las zonas del estrato bajo y litoral, pues esto impide que exista un flujo efectivo del agua superficial evitando que esta se acumule, encontrándose obstáculos y tapas lo que dificulta la circulación, provocando que el área cercana sea afectada por niveles freáticos superficiales, no teniendo el terreno mucha pendiente debido a que se encuentran en áreas bastantes planas lo cual dificulta la evacuación del exceso de agua.

Considerando que el suelo predominante en el estrato bajo y litoral son los mollisoles los cuales son de color oscuro con texturas predominantes franco arenosas y complejo saturado, el cual beneficia un poco a la absorción del agua por medio del proceso de percolación pero luego de un determinado tiempo principalmente en época lluviosa estos se saturan surgiendo problemas de retención de humedad.

En la figura 17 se muestra el flujo subterráneo mediante líneas de color negro, tomando como guía las curvas de isofreáticas a 1 m de intervalo.

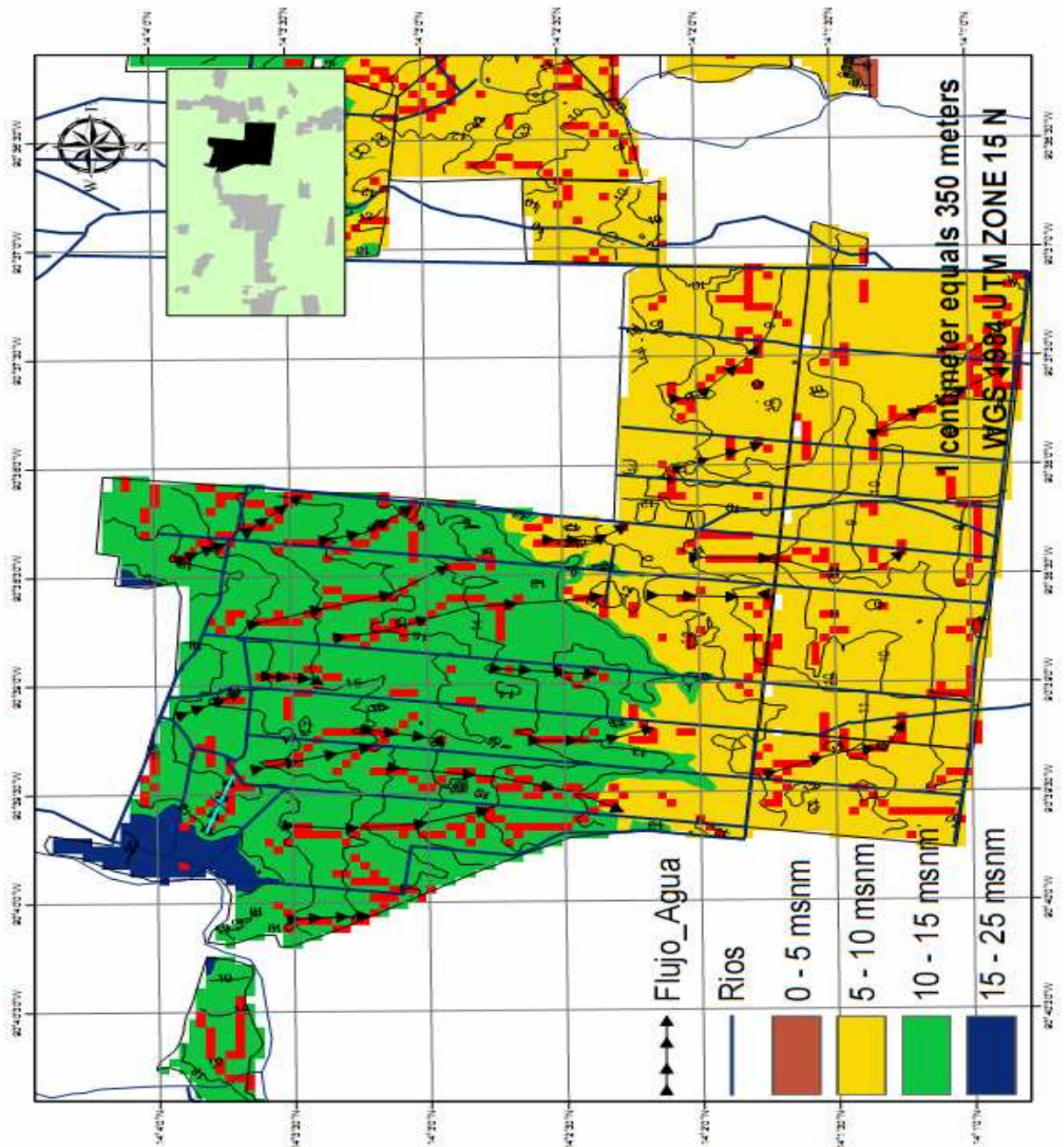


Figura 17. Plano de gradientes hidráulicos de la finca California, zona de producción California, septiembre a octubre 2008.

Fuente: Departamento de Ingeniería Agrícola, Ingenio Pantaleón Concepción S.A

2.6.4 Curvas de fluctuaciones de agua subterránea

Las curvas de agua subterránea nos ayudan a observar y estudiar el comportamiento del agua subterránea por medio de lecturas tomadas en campo en época lluviosa y en época seca.

Las curvas elaboradas en época lluviosa (septiembre – octubre 2009) presentaron variación debido a la ubicación de las fincas en los estratos latitudinales en que se encuentra dividida la zona cañera, ya que por ejemplo las fincas que se encuentran ubicadas en el estrato litoral (0 – 39 msnm) presentan variación en cada punto de la curva, debido a que las intensidades de lluvia eran cada vez más intensas estas influyeron en el incremento de los niveles freáticos. Las curvas elaboradas en época seca (marzo – abril 2009) no presentaron mucha variación debido a que los niveles freáticos se profundizan, debido a que las intensidades de lluvia disminuyen y se inician la toma de las fuentes de agua para el riego de la caña azúcar.

En época seca los canales de riego son llenados para realizar las distintas aplicaciones de riego al cultivo, incrementando de nuevo el nivel del agua subterránea en el área cercana a estos solo que a una menor profundidad en comparación con el estudio realizado en época lluviosa siendo esta la única manera en que el nivel freático es alimentado.

Se realizaron siete curvas de fluctuación de agua subterránea las cuales corresponden al promedio de las lecturas obtenidas de los pozos elaborados en las fincas muestreadas durante la época lluviosa 2008. Los datos obtenidos durante el muestreo en la época seca 2009 eran mayores a -1.00 m por lo tanto no se colocaron gráficas correspondientes a estos.

En las Figuras 26, 27,28, 29, 30, 31 y 32 se muestran las gráficas por zona de producción las cuales indican el promedio de lecturas de profundidad de nivel freático durante la época lluviosa (septiembre – octubre 2009).

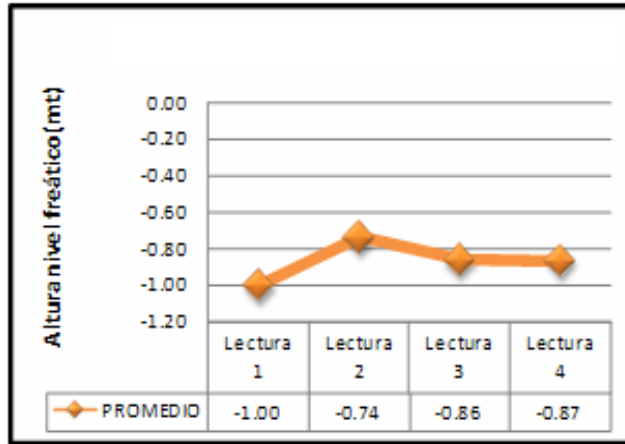


Figura 18. Curva de fluctuación de agua subterránea de la zona de producción Playa Grande, 2008-2009.

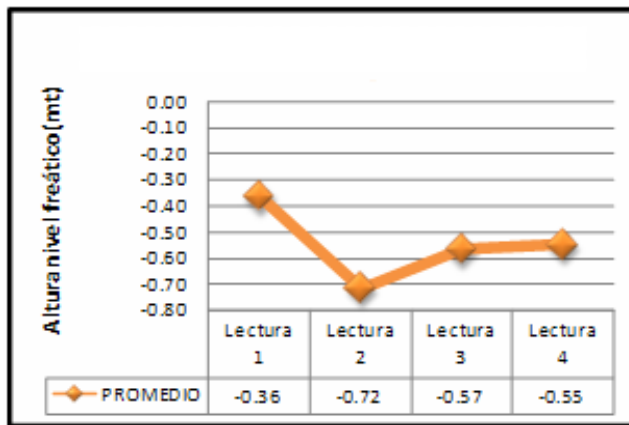


Figura 19. Curva de fluctuación de agua subterránea de la zona de producción Baúl, 2008-2009.

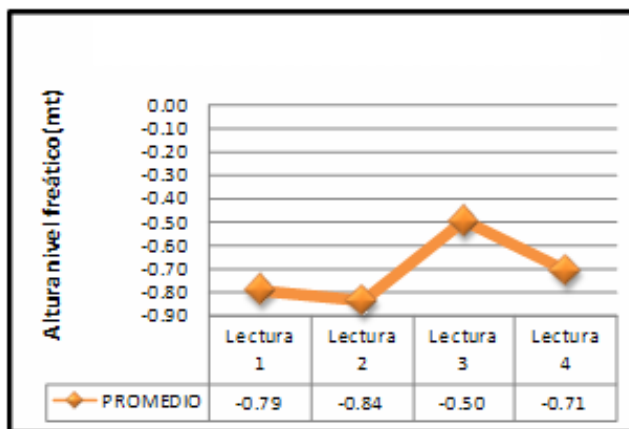


Figura 20. Curva de fluctuación de agua subterránea de la zona de producción California, 2008-2009.

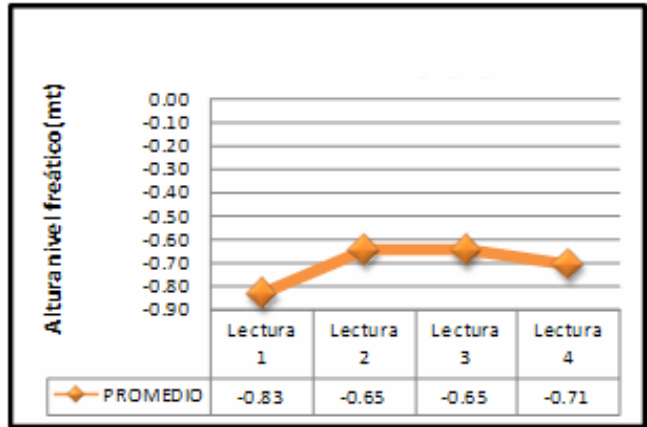


Figura 21. Curva de fluctuación de agua subterránea de la zona de producción Verapaz, 2008-2009.

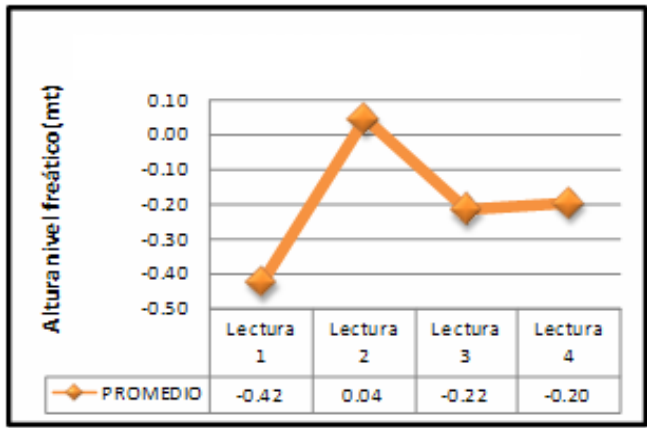


Figura 22. Curva de fluctuación de agua subterránea de la zona de producción Pantaleón, 2008-2009.

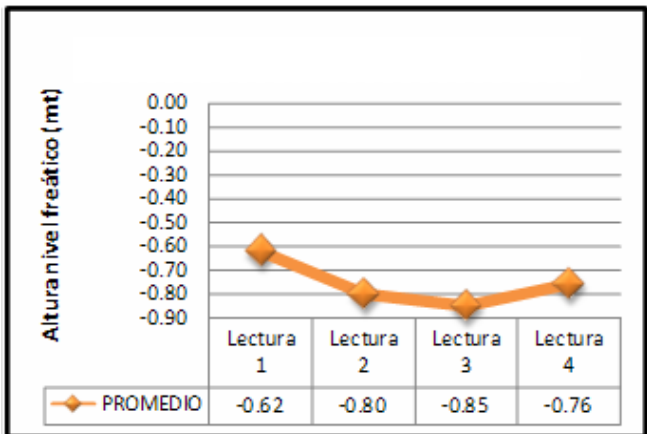


Figura 23. Curva de fluctuación de agua subterránea de la zona de producción Limones, 2008-2009.

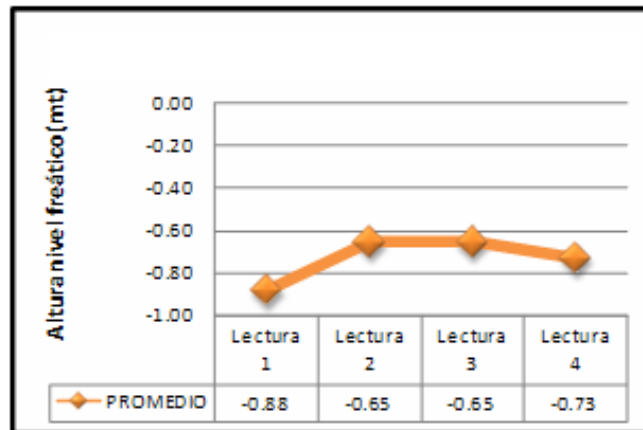


Figura 24. Curva de fluctuación de agua subterránea de la zona de producción Concepción, 2008-2009.

El Cuadro 12 muestra el promedio de la zona California la cual posee el valor más superficial siendo este de -0.50 m debido a que se encuentra en el estrato litoral y es una zona que posee una gran cantidad de canales de riego y drenaje, los cuales alimentan aparte de la lluvia el nivel freático de la región, ya que por la textura y permeabilidad de los suelos predominantes (Franco arenoso) es de esperar altas tasas de percolación profunda y lateral.

En la Figura 25 se muestra el promedio de altura de nivel freático del estrato litoral, y se puede observar la diferencia entre el promedio durante las épocas lluviosas y seca. Por ejemplo en el estrato litoral la diferencia de profundidad fue de 0.81 metros, este dato obtenido de la resta del promedio del estrato litoral de época lluviosa y de época seca, dando la diferencia de profundidad lo cual nos indica que durante la época lluviosa el nivel freático en ese estrato es bastante superficial por la presencia de las precipitaciones constantes que lo alimentan.

Cuadro 12. Promedio de altura de niveles freáticos del área administrada por la Corporación Pantaleón Concepción S.A, 2008-2009.

Estrato / Estación	Alto >300 msnm	Medio 100 a 300 msnm	Bajo 400 a 100 msnm	Litoral <40 msnm
Estación lluviosa	-0.72	-0.81	-0.82	-0.69
Estación seca	-1.44	-1.5	-1.5	-1.5

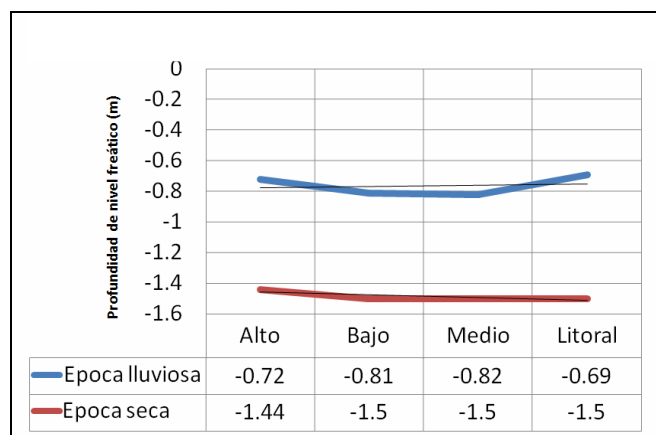


Figura 25. Subárea hidrológica dividida por estratos del área administrada por la Corporación Pantaleón Concepción S.A, 2008-2009.

Fuente: Departamento de Ingeniería Agrícola, Corporación Pantaleón Concepción S.A.

2.6.5 Conveniencia de pozos no revestidos.

El 17% de los pozos realizados en este estudio durante la primera toma de resultados de octubre a noviembre del 2008 se mantuvieron intactos y en buenas condiciones, el 83% restante se azolvieron, perforando de nuevo para la siguiente toma de lectura de profundidad de agua, esperando un tiempo considerable para que el nivel del agua se estabilizara.

La segunda parte de la exploración de niveles freáticos el 33% de los pozos se mantuvieron y el 67% restante se realizaron de nuevo, siendo estos menores a la primera parte del estudio debido a que el suelo presentaba consistencia y compactación.

En la Figura 26 y 27 se muestra el área general de producción en donde las áreas de color azul pertenecen al rango en donde los pozos no se solvarón mientras que el color verde son las áreas donde se elaboraron los pozos en cada muestreo realizado.

Estudios de este tipo se realizan frecuentemente con el revestimiento de los pozos generalmente de pvc, la elaboración de estos es más conveniente y durable en comparación a los no revestidos, en los cuales se dificulta la toma de lectura debido al asolvamiento, significa volverlos a elaborar y esperar un tiempo considerado para la recuperación del nivel freático, lo que implica la pérdida de tiempo y desgaste de los implementos que se utilizan.

Las zonas Limones, Playa Grande, Baúl y California están conformadas por fincas que integran el estrato bajo y litoral, donde se presentan suelos bastantes arenosos de textura arenoso y franco arenoso, siendo estos un 35% del área administrada por el ingenio, es de considerar este factor al momento de elaborar un estudio de niveles freáticos especialmente en zonas con presencia de arena pudiendo implementar tuvo PVC o aluminio para la conservación de los mismos.

Se estableció un parámetro para evaluar la pérdida de tiempo en la elaboración de los pozos de niveles freáticos que se asolvaban ya que si estos eran mayor al 25% del total de pozos elaborados representaba pérdida en tiempo, ya que aproximadamente se realizaron en la primera toma de lecturas de 10 a 15 pozos por día, teniendo retraso y alterando el calendario establecido.

El muestreo estaba establecido para un tiempo de dos meses pero por los inconveniente que se tuvieron a causa del asolvamiento de los pozos de niveles freáticos el estudio se prolongo 13 días más lo que significó el 15% del presupuesto final.

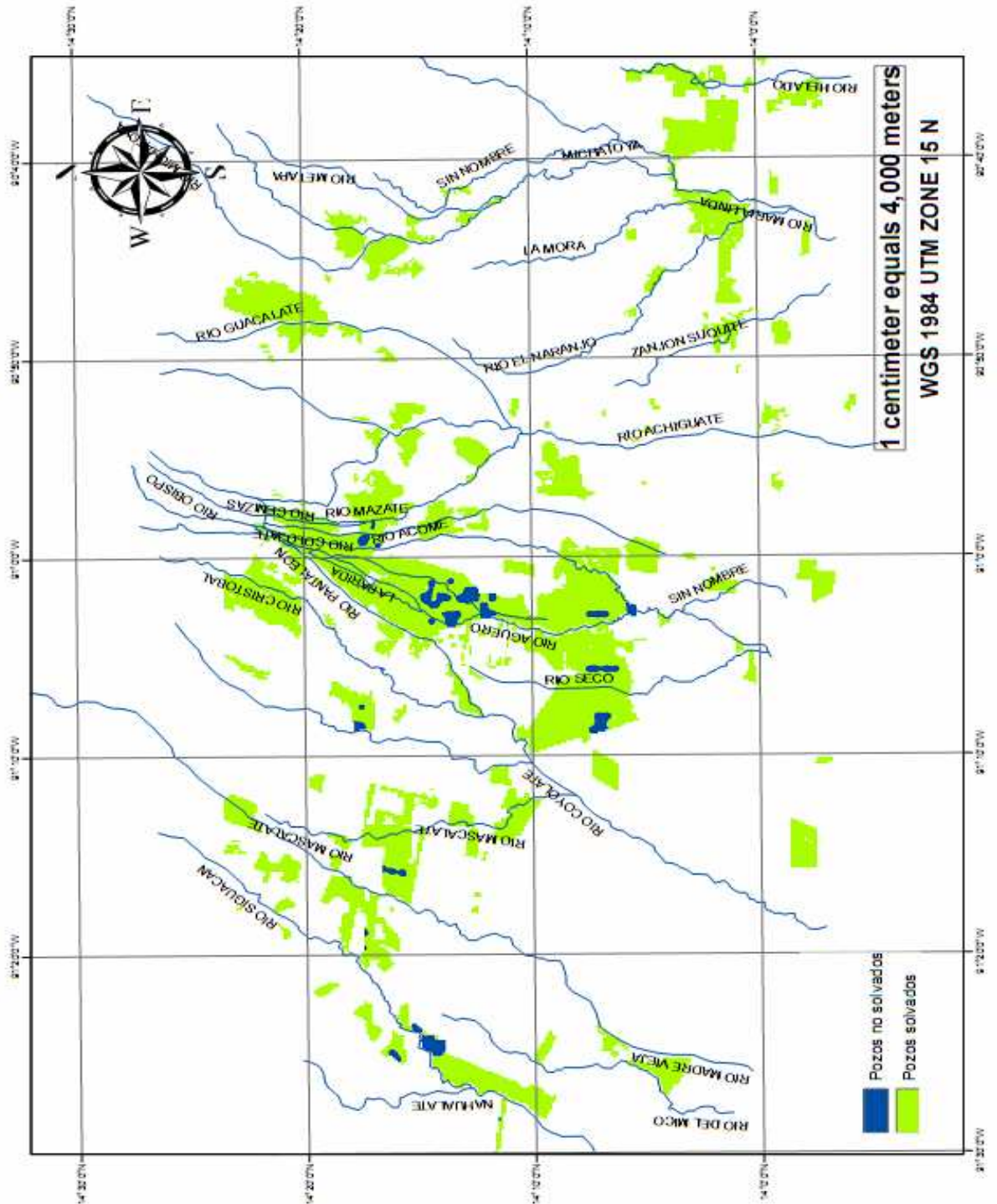


Figura 26. Pozos de niveles freáticos solvados y no solvados distribuidos en las siete zonas de producción de la Corporación Pantaleón Concepción S.A, septiembre a octubre 2008.

Fuente: Departamento de Ingeniería Agrícola, Corporación Pantaleón Concepción S.A

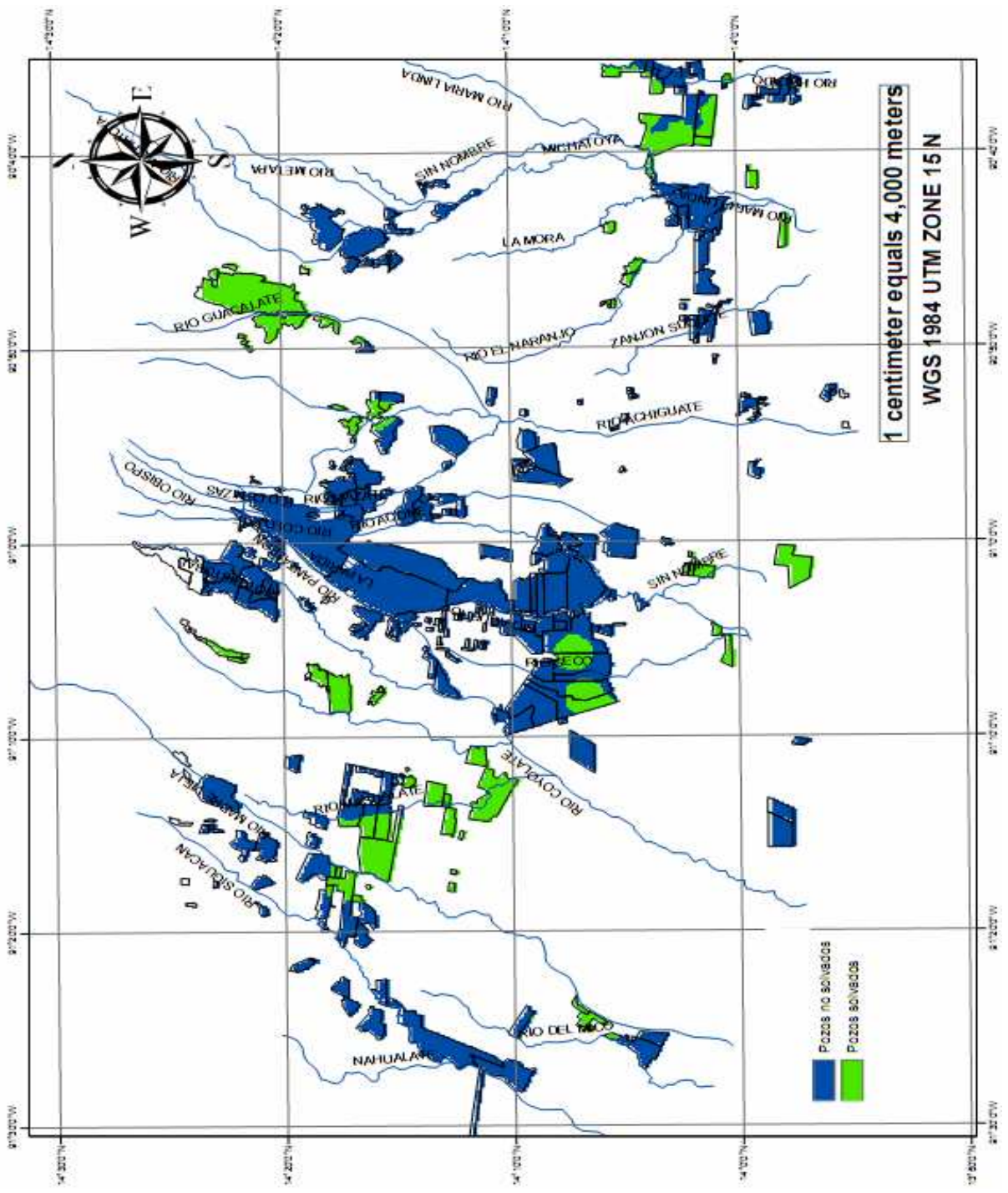


Figura 27. Pozos de niveles freáticos solvados y no solvados distribuidos en las siete zonas de producción de la Corporación Pantaleón Concepción S.A, septiembre a octubre 2008.

Fuente: Departamento de Ingeniería Agrícola, Corporación Pantaleón Concepción S.A

2.7 Conclusiones y recomendaciones

- A. Mediante la elaboración de 1,208 pozos de muestreo realizados en 91 fincas que conforman un área de 38,588.40 hectáreas que integran las siete zonas agrícolas de producción, se identificaron las áreas con presencia de niveles freáticos superficiales menores a -0.70 m, en el 41.83% del área de estudio. Este porcentaje se encuentra dividido en las zonas de producción, siendo la zona California la que presenta mayor problema respecto a niveles freáticos superficiales con el 37.67% siguiéndole la zona Baúl con un 33.46%.
- B. Por medio de gráficas de fluctuación del promedio de agua subterránea que se realizaron en las zonas de producción, se observó el comportamiento del manto freático, el cual está influenciado principalmente por las precipitaciones constantes que caracterizan esa época.
- C. El curso del agua subterránea fluye de las cotas más bajas pudiendo llegar a ser pequeñas corrientes de agua, drenajes naturales, riachuelos o ríos que conducen el flujo hacia el mar. Es importante tomar en cuentas esto en el trazo y diseño de un sistema de drenes.
- D. La conveniencia de no revestir pozos de agua subterránea depende de la época del año en que se esté realizando el muestreo, siendo más conveniente que estos sean revestidos. En la época lluviosa el 17% del promedio de todas las lecturas de pozos se mantuvieron intactos mientras que en la época seca fue el 33%, debido a que las precipitaciones intensas y constantes solvaban los pozos, disminuyendo la cantidad de estos en los pozos elaborados en la época de verano.
- E. . Dar seguimiento al presente estudio para conocer el comportamiento del agua subterránea en un tiempo más prolongado y más detallado en las zonas de producción.
- F. Realizar este tipo de estudio en fincas nuevas para la implementación de un sistema de drenes si está lo necesita.

2.8 Bibliografía

1. BSES, AU. 1991. Surfece drains. Australia. 115 p.
2. Castro, O; Muñoz, E. 2000. El comportamiento de la humedad en suelos con niveles freáticos caso: finca Irlanda, Tierra Buena: presentación de resultados de investigación: zafra 1,999–2000. Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala, CENGICAÑA. 112 p.
3. CENGICAÑA (Centro de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, GT). 2004. Informe anual 2003-2004. Guatemala. 32 p.
4. _____. 2008. Informe anual 2007–2008. Guatemala. 75 p.
5. CENICAÑA (Centro Nacional de Investigación de la Caña de Azúcar, CO). 1991. Efecto del nivel freático en la producción. Colombia. 233 p.
6. Cruz, RD. 1995. El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia. Cali, Colombia, CENICAÑA. 65 p.
7. ILRI (International Institute for Land Reclamation and Improvement, NZ). 1996. Drainage principles and applications. Wageningen, Holanda. 51 p. (Publication no. 16).
8. Juárez, D; Muñoz, E. 1998. Requerimiento de riego de la caña de azúcar en la costa sur de Guatemala (estudio exploratorio). Santa Lucia Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala, CENGICAÑA. 69 p.
9. Juárez, D; Sandoval, J. 1999. Efecto sobre el nivel freático del represamiento de agua en canales de drenaje. Santa Lucia Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala, CENGICAÑA, Boletín Informativo Técnico 7(1):78.
10. Pizarro Cabello, F. 1978. Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos. Madrid, España, Editora Agrícola Española. 30 p.
11. Price, M. 2000. Agua subterránea. México, Limusa / Noriega Editores. 200 p.
12. Ritzema, H; Kselik, R; Chanduvi, F. 1996. Drainage of irrigated lands. Rome, Italy, FAO. 31 p.
13. Rodríguez Rouanet, F. 1996. Diccionario municipal de Guatemala. 2 ed. Guatemala, Fondo de Cultura Editorial / Instituto de Estudios y Capacitación Cívica de Guatemala. 253 p.

14. Van der Zel, H. 1999. Procedimientos en estudios de drenaje. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía / Hydrological and Enviromental Engineering / International Institute for Infrastructural. 44 p. (Documento 13).

2.9 Apéndice

1. Formulario, Registro de profundidad de nivel freático.

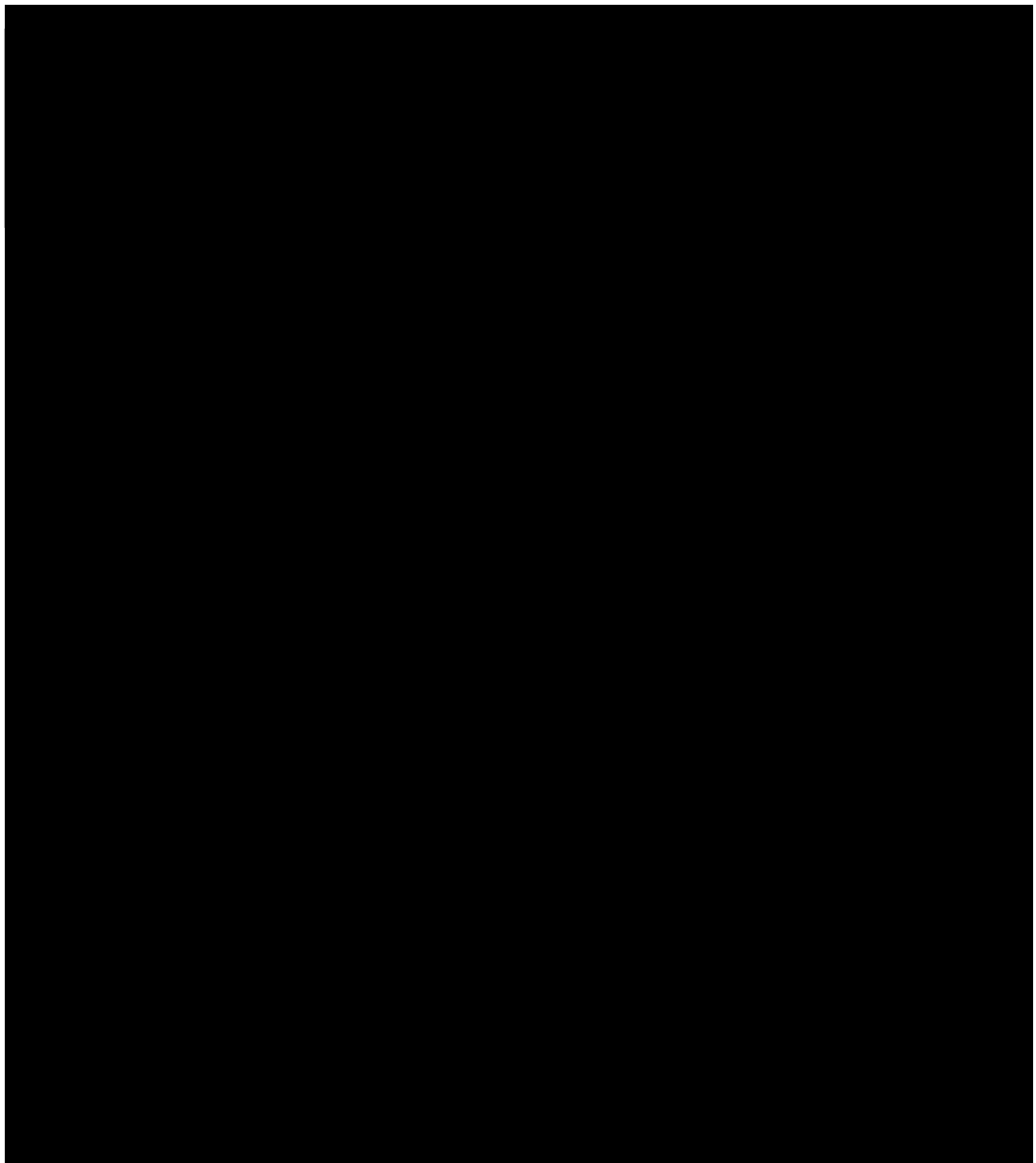


Figura 28 A. Formulario de registro de profundidades de niveles freáticos.

2. Presupuesto.

Cuadro 13 A. Presupuesto estimado.

Material o Actividad	Cantidad	Precio unidad (Q)	Precio Acumulado (Q)	
Barrenos	7	467.00	3,269.00	
Barreno con motor	1	1,600.00	1,600.00	
Auxiliares de campo	9	4,200.00 (mes)	75,600.00	
Cadeneros	5	2,200.00	11,000.00	
Planos	7	1,500.00	10,500.00	
Vehículo (combustible)	2	6,500.00	6,500.00	Precio Total
Fotocopias	150	00.20	30.00	108,499.00

2. Planos de profundidad de agua subterránea.

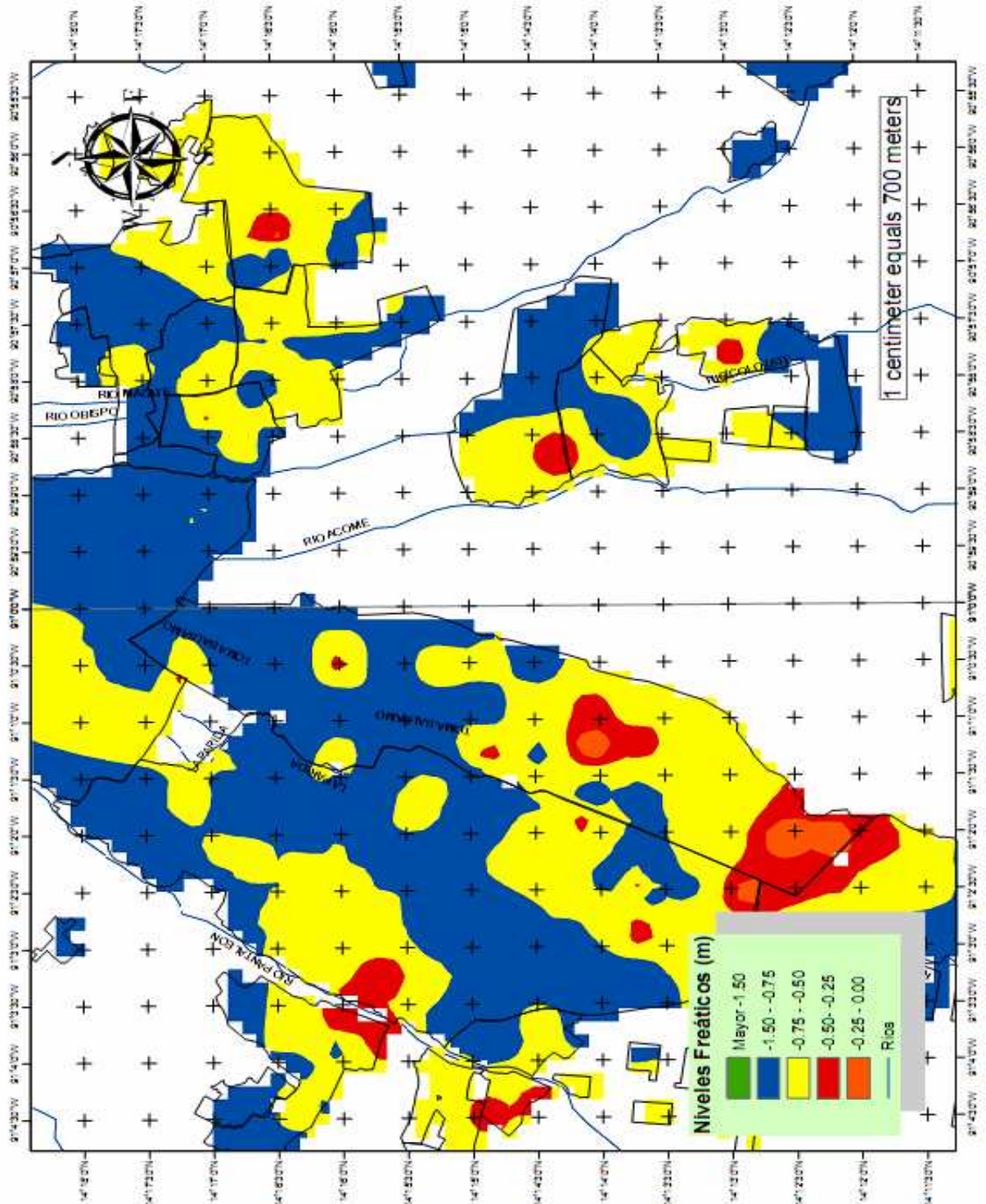


Figura 29 A. Profundidad de agua subterránea zona Pantaleón, de septiembre a octubre 2008.

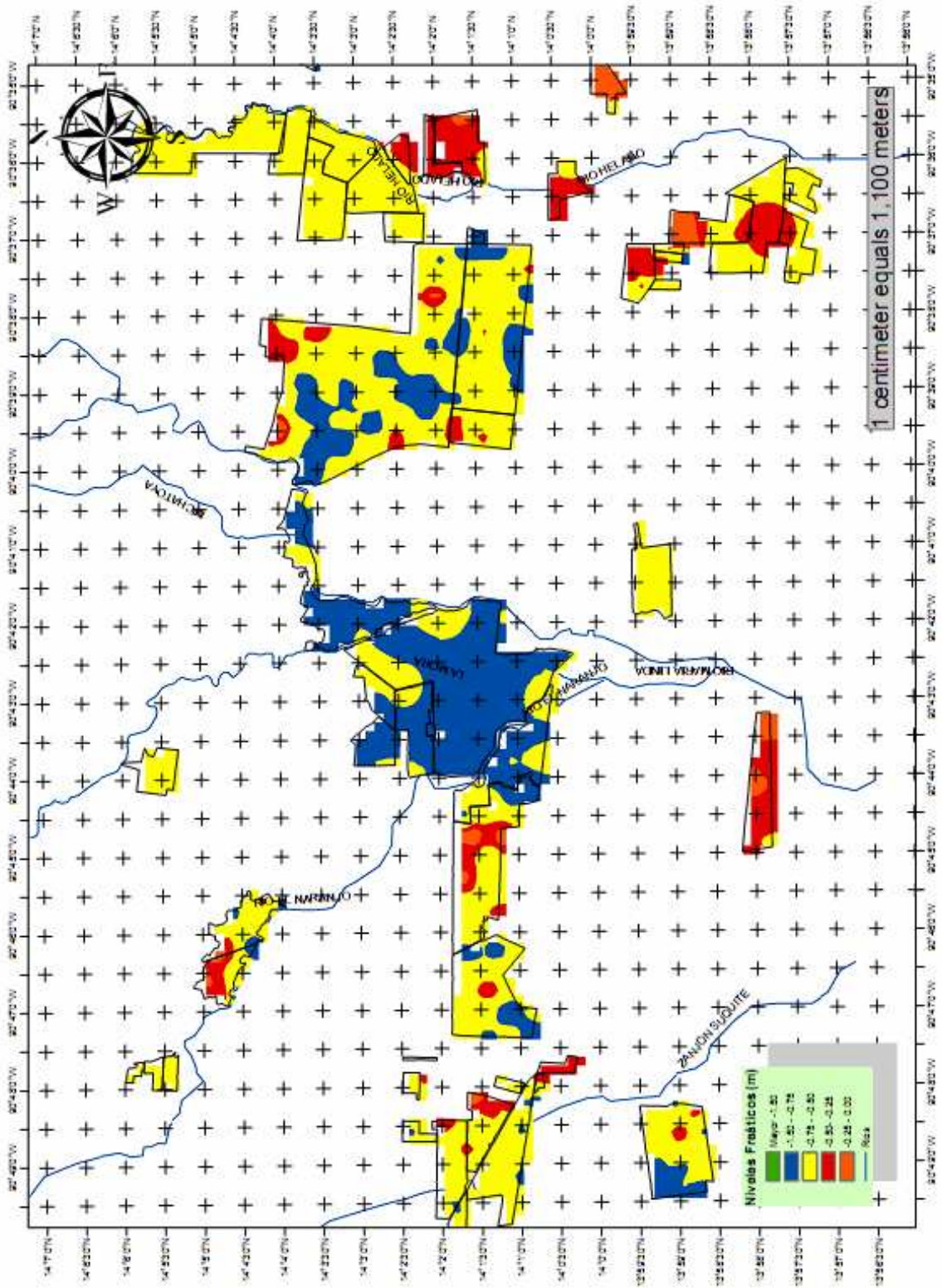


Figura 30 A. Profundidad de agua subterránea zona California, de septiembre a octubre 2008.

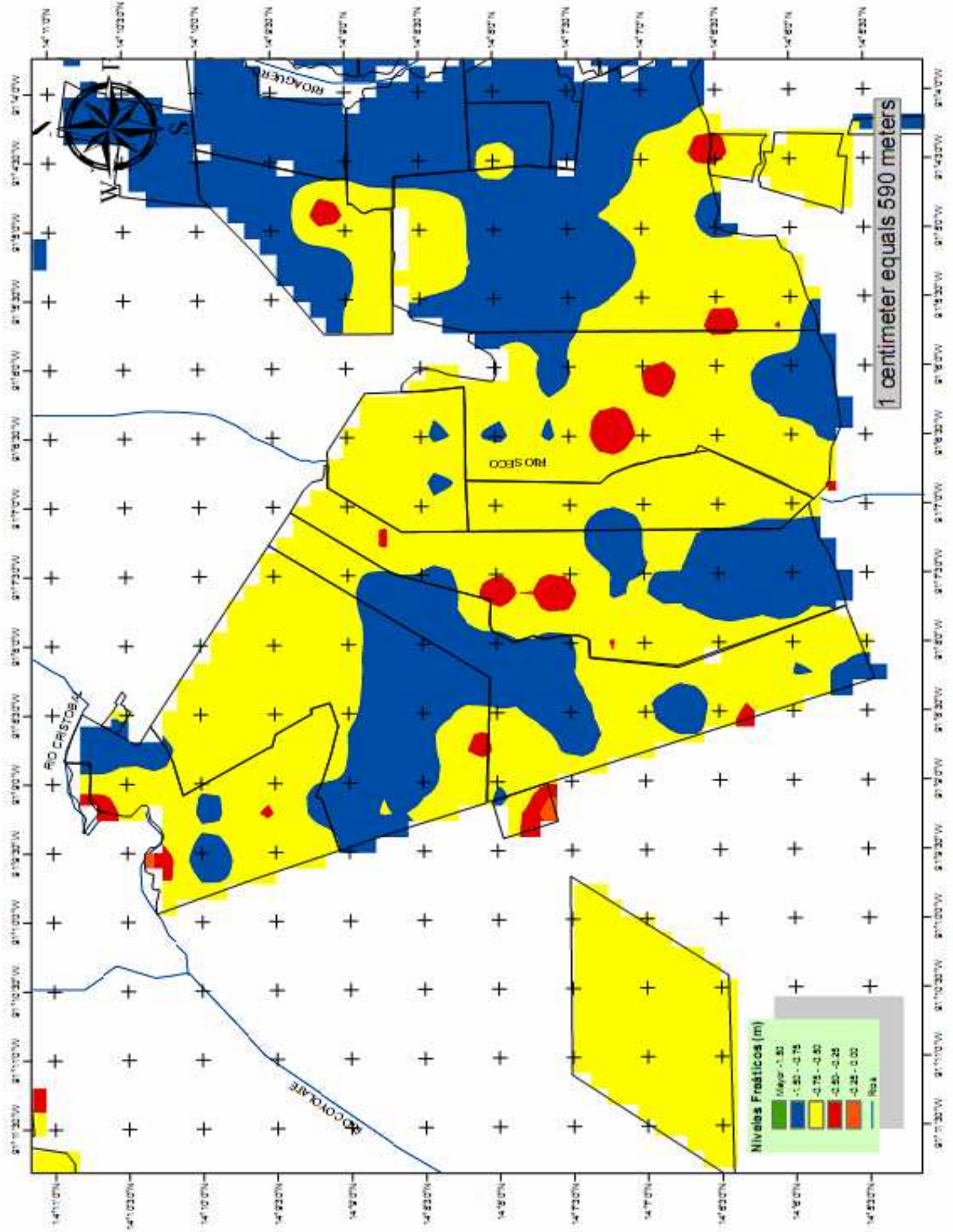


Figura 31 A. Profundidad de agua subterránea zona Limones, de septiembre a octubre 2008.

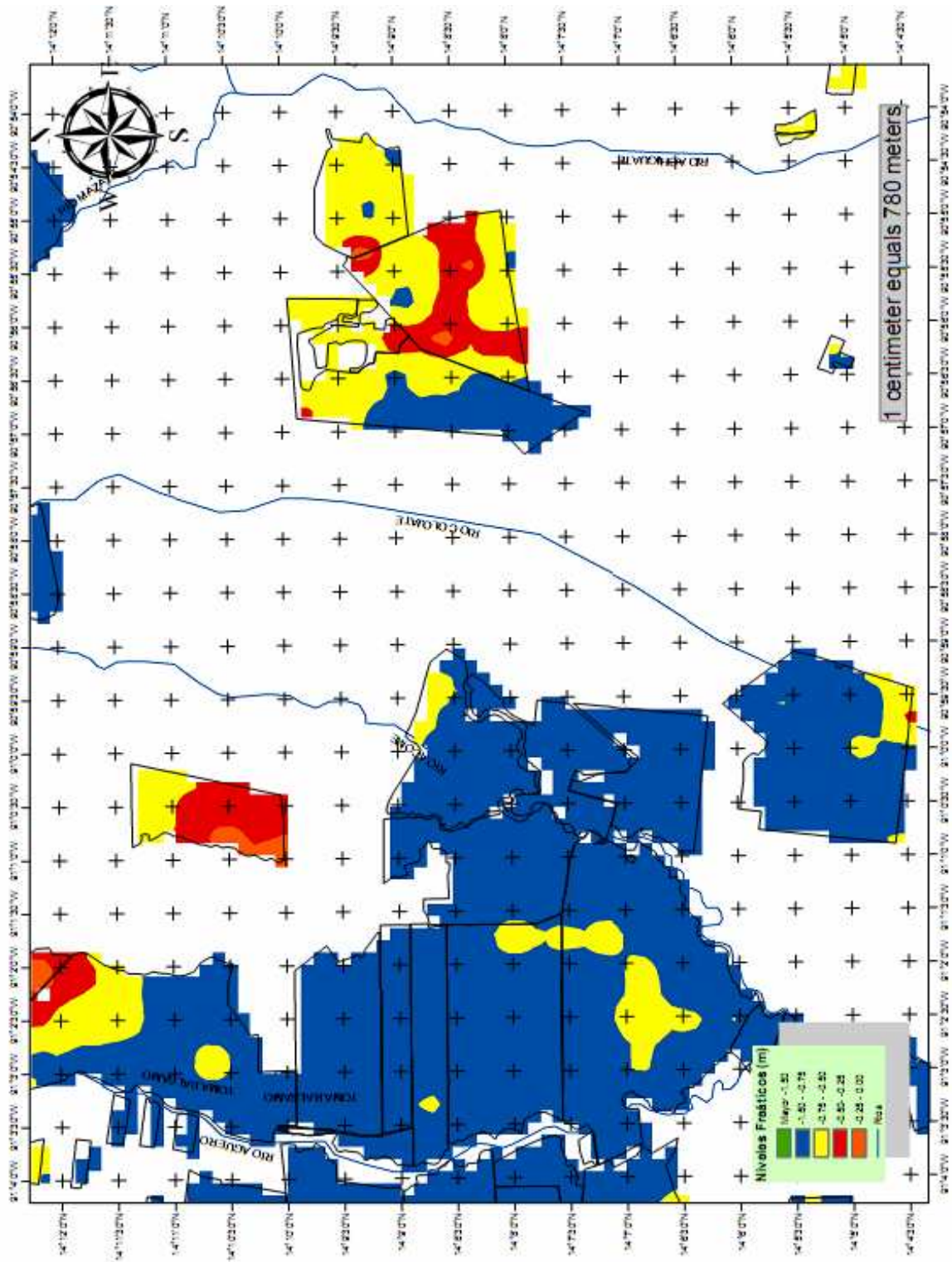


Figura 32 A. Profundidad de agua subterránea zona Playa Grande, de septiembre a octubre 2008.

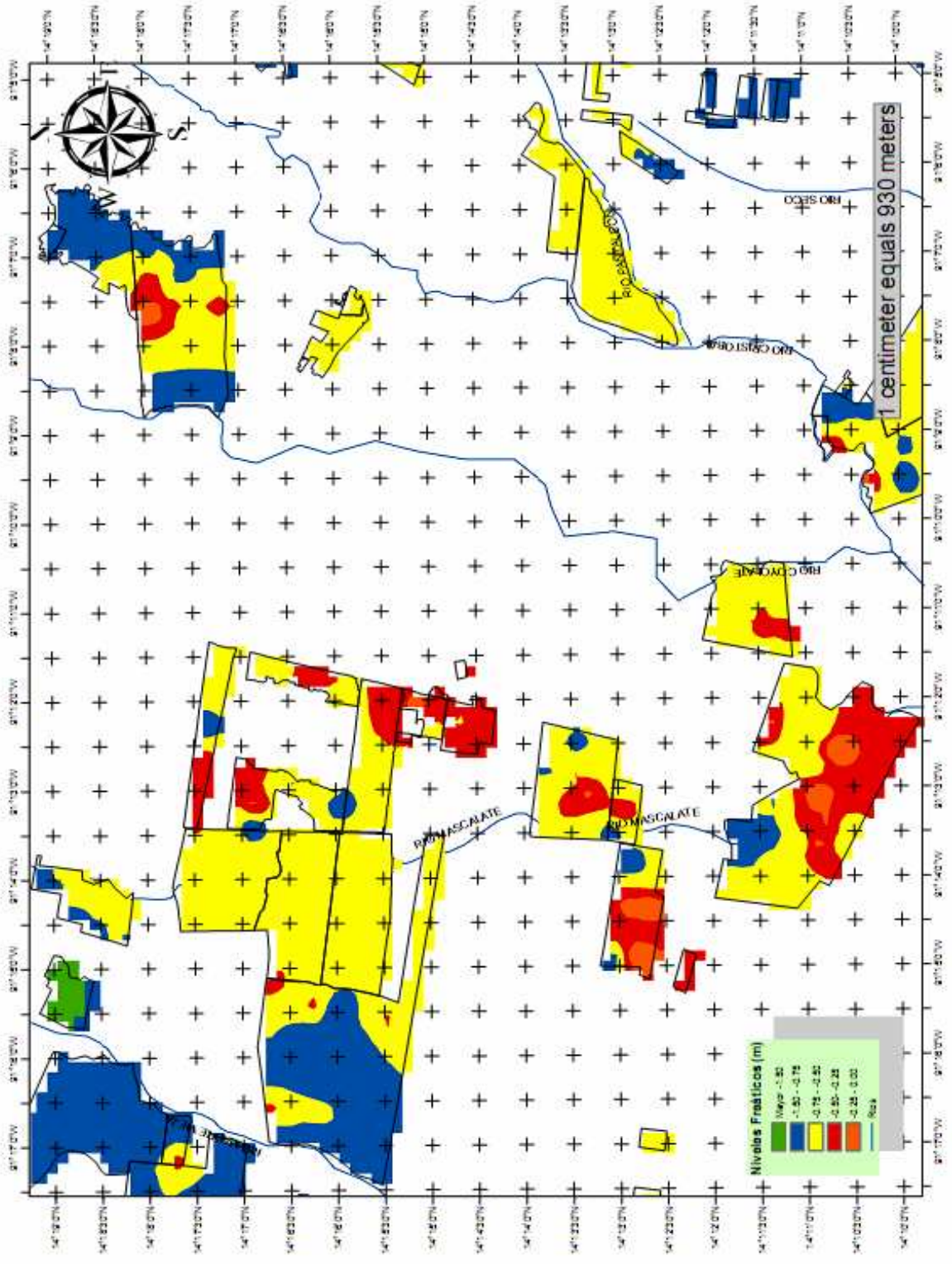


Figura 34 A. Profundidad de agua subterránea zona Baúl, de septiembre a octubre 2008.

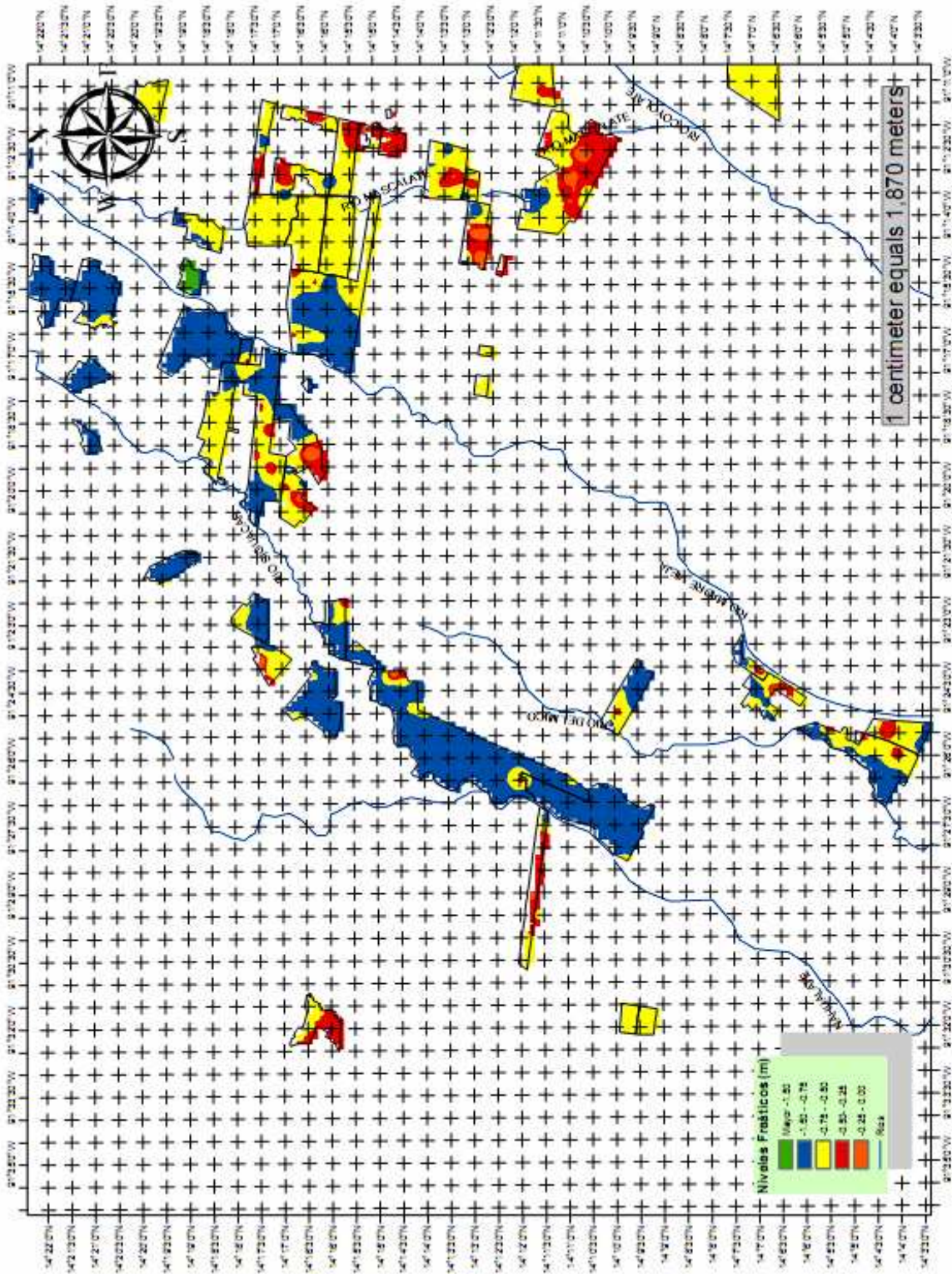


Figura 35 A. Profundidad de agua subterránea zona Verapaz, de septiembre a octubre 2008.

CAPITULO III

Implementación de prácticas de agricultura de precisión con fines de retención de humedad y fertilización en la finca El Pará, La Gomera, Escuintla.

3.1 Implementación de prácticas de agricultura de precisión con fines de retención de humedad y fertilización en la finca El Pará, La Gomera, Escuintla.

3.1.1 Presentación

Agricultura de precisión se define como: “ Aquel tipo de agricultura que incrementa el número de decisiones correctas por unidad de área de suelo y de tiempo con beneficios netos asociados” (Álvarez, R., 2003).

La agricultura de precisión (AP) o también llamada manejo del sitio específico (MSE) abarca un grupo de tecnología que permiten el manejo automatizado del sitio específico, entre ellas se encuentran los sistemas de posicionamiento por satélite (GPS), la percepción remota y los sistemas de información geográfica (SIG), entre otros.

Al implementarse este tipo de tecnologías en el cultivo de caña de azúcar (*Sacharum Spp*) se puede llegar a optimizar el manejo agrotécnico del cultivo.

Las actividades realizadas consistieron en la implementación de nueva tecnología de agricultura de precisión para el control de la retención de humedad y aplicaciones de dosis variables de fertilizante, tres de Nitrógeno y cuatro de Potasio, estas aplicadas con fertilizadora Verion la cual aplica la dosis necesaria para cada área, distribuyéndola por medio de GPS, para poder llevar a cabo las nuevas prácticas de agricultura de precisión fue necesario realizar una serie de actividades previas tales como el reconocimiento del área, identificación y ubicación de vetas arenosas, tipo de riego y un estudio semidetallado de suelos, llevada a cabo en un área experimental de 108.59 hectáreas ubicadas en la finca El Pará perteneciente a la zona Agrícola, La Gomera, Escuintla.

3.1.2 Objetivos

3.1.2.1 General

- A. Implementar prácticas de agricultura de precisión con fines de retención de humedad y fertilización en la Finca El Pará, La Gomera, Escuintla.

3.1.2.2 Específicos

- A. Obtener datos de propiedades físicas y químicas del suelo donde se llevan a cabo las prácticas de agricultura de precisión, para determinar las distintas dosis de potasio y nitrógeno a aplicar.
- B. Observar el comportamiento del cultivo durante los meses de enero a mayo 2009 mediante la aplicación de tres dosis de hidrorretenedor y un testigo,
- C. Describir el comportamiento de la humedad retenida en el suelo, por medio de la

3.1.3 Metodología

3.1.3.1 Área de estudio

Todas las actividades y procedimientos realizados para llevar a cabo las prácticas de agricultura de precisión se realizaron en un área total de 108.59 hectáreas de las 694.18 hectáreas conforman la Finca El Pará (16.64%) con coordenadas UTM (X 700915.52609) (Y 1559783.53946). Esta área integrada por cuatro lotes, dos de estos dividido en 4 partes y los dos restantes en 6 partes, siendo el área de cada uno la siguiente: lote 0505 23.34 hectáreas, 0506 23.03 hectáreas, 0507 32.47 hectáreas y 0508 29.74 hectáreas. En la Figura 35 se muestran los lotes en donde se realizaron las prácticas de agricultura de precisión.

Esta área fue elegida debido a que existe la presencia de vetas arenosas (estos suelos presentan problemas de retención de humedad) y suelos sin presencia de estas, considerándose buenos suelos. En la figura 36 se muestra el área aplicada y la localización y extensión de vetas arenosas.

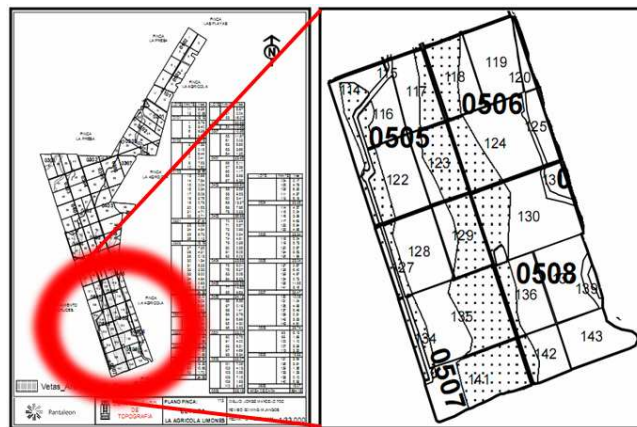


Figura 36. Área de estudio

Fuente: Coordinación Diseño Agrícola, Corporación Pantaleón Concepción S.A

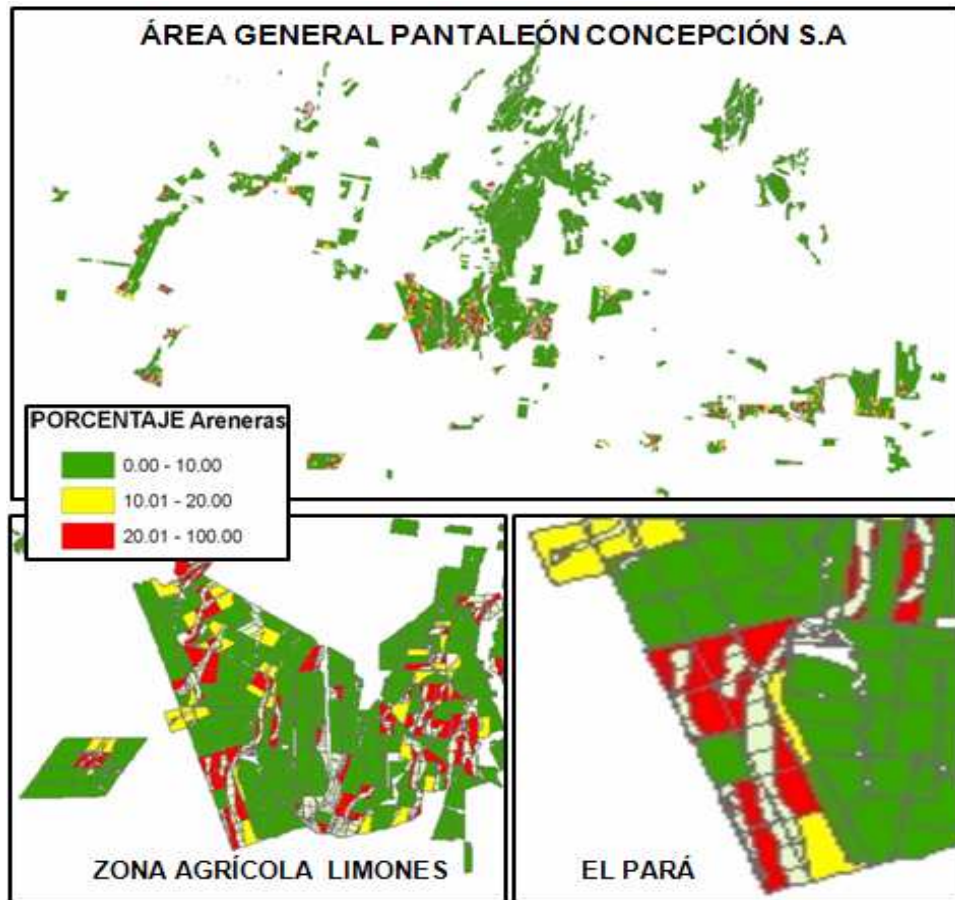


Figura 37. Área con presencia de vetas arenosas.

Fuente: Coordinación Diseño Agrícola, Corporación Pantaleón Concepción S.A

3.1.3.2 Tratamientos

Los tratamientos a evaluar en el experimento de agricultura de precisión se mencionan a continuación.

- A. Hidrorretenedor con fertilización variable.
- B. Hidrorretenedor con fertilización convencional.
- C. Hidrorretenedor con fertilización variable.
- D. Hidrorretenedor con fertilización convencional.

En la figura 38 se muestra la distribución de los tratamientos a evaluar.

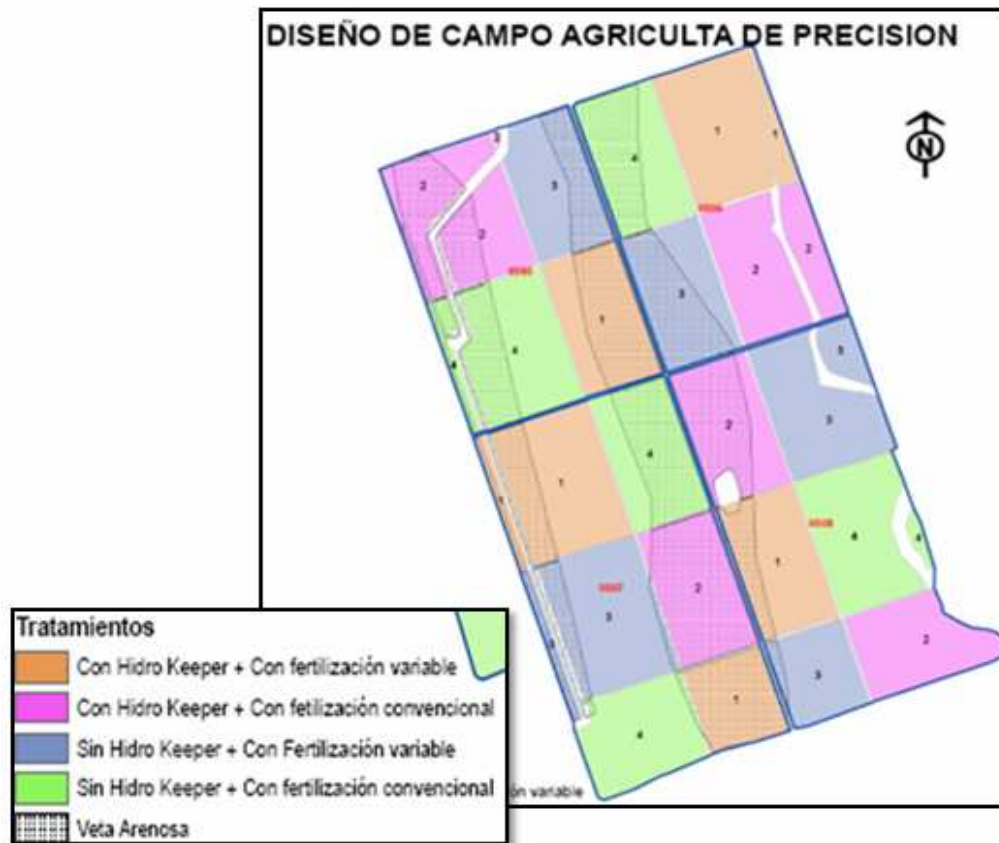


Figura 38. Distribución de tratamientos.

Fuente: Coordinación Diseño Agrícola, Corporación Pantaleón Concepción S.A

3.1.3.3 Muestreo de suelos

La metodología de muestreo de suelos se describe a continuación:

Se distribuyeron 56 puntos de muestreo a los cuáles se les asignó un código dentro de un rango de 0 a 101 con sus coordenadas correspondientes, para facilitar su localización.

En la Figura 39 se muestra la localización de cada punto muestreado con su respectivo código y coordenadas.

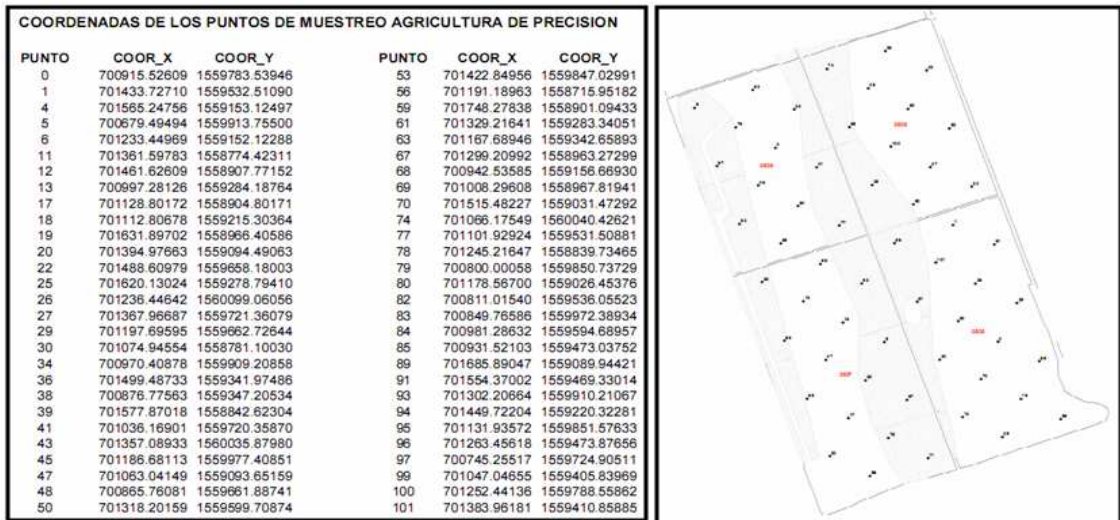


Figura 39. Ubicación de puntos muestreados y coordenadas.

Fuente: Coordinación Diseño Agrícola, Corporación Pantaleón Concepción S.A

A. Frecuencia de la toma de muestras y distanciamiento

La frecuencia del análisis del suelo dependió de la cantidad de muestras a tomar, se realizaron en promedio 28 muestras por día, teniendo las 56 muestras en un lapso de dos días. El distanciamiento entre cada punto de muestreo fue uniforme para todas, siendo este de dos hectáreas distribuida en cuadrícula.

B. Numero de muestras y submuestras

Se definió que el número de submuestras fueran 3 por cada muestra compuesta, teniendo 168 submuestras estas distribuidas de la siguiente manera: mesa, surco y centro teniendo un total de 56 muestras.

C. Profundidad del muestreo

Es recomendable, según CENGICAÑA (2006) realizar un muestreo de 0 a 60 centímetros ya que en este estrato es donde se encuentran las raíces de la planta, pero para este análisis de suelo el muestreo se tomo de 0 a 30 centímetros ya que en esta profundidad es donde se encuentra la zona radicular densa de la planta y la zona donde se acumula la lamina de agua aplicada, por los distintos sistemas de riego.

D. Procesamiento del muestreo y análisis de datos

Para la elaboración y toma de muestras de suelo se emplearon barrenos del tipo holandés y palas convencionales para luego tomar solo una pequeña parte del suelo que se lograba extraer con ambos instrumentos. Las tres submuestras fueron homogenizadas extrayendo aproximadamente una porción de 2 kilogramos, se identificaron y depositaron en bolsas plásticas con su código de muestra correspondiente. La etiqueta de muestreo contenía los siguientes datos: Fecha, Código, Profundidad y muestreador.

Las 56 muestras de suelo fueron trasladadas al laboratorio de suelo de la Escuela Nacional Central de Agricultura –ENCA-, donde se realizó el análisis físico.

E. Aplicación de seis dosis de Hidrorretenedor (AQUAPLAN)

Este es un producto cuya función principal es absorber agua al momento en que es aplicado el riego para luego proporcionarla al suelo cuando este la necesite. La dosis recomendada para su aplicación es de 10 kilogramos por hectárea, dosis recomendada por el proveedor, absorbiendo una gran cantidad de agua aumentando hasta 500 veces su tamaño original.

F. Distribución

Se aplicaron 6 dosis distintas de Hidrorretenedor dentro de los dos tratamientos, siendo distribuidas de manera al azar. En el cuadro 14 se muestran las dosis aplicadas y en la figura 40 la distribución de las dosis.

Cuadro 14. Dosis aplicadas de hidrorretenedor.

Kg/ha	Grs/ha	Distancia (m)	Tiempo (seg)	m.l/ha	Descargas	Grs/onza	Onza/descarga
10	10000	100	36	5714.29	2	28.4	3.08
16	16000	100	36	5714.29	3	28.4	3.29
17	17000	100	36	5714.29	3	28.4	3.49
18	18000	100	36	5714.29	3	28.4	3.70
20	20000	100	36	5714.29	4	28.4	3.08
22	22000	100	36	5714.29	3	28.4	4.52

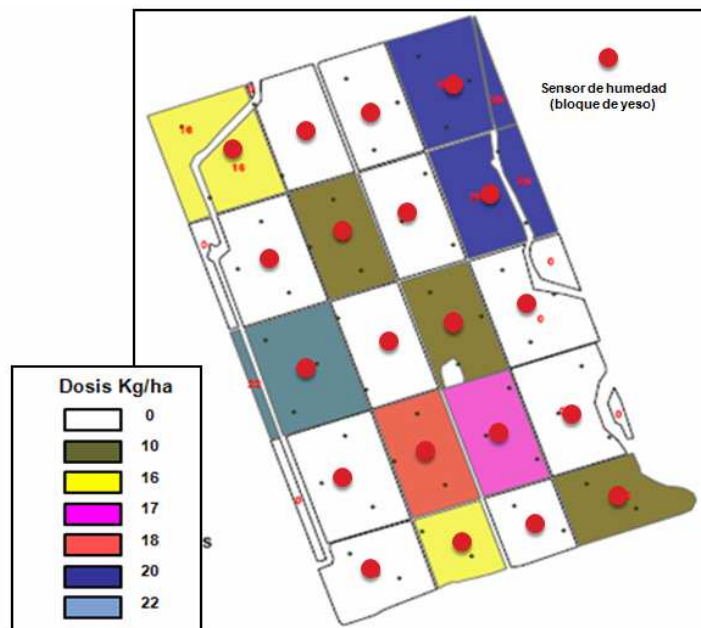


Figura 40. Dosis de hidrorretenedor y ubicación de sensores de humedad.

Fuente: Coordinación Diseño Agrícola, Corporación Pantaleón Concepción S.A

3.1.3.4 Sensores de humedad

El suelo actúa como un depósito en el que se almacena el agua entre riegos o lluvias. La finalidad de utilizar sensores de humedad para medir el agua en el suelo, es la de dar un mayor conocimiento de cómo se va consumiendo en los diferentes puntos de los pantes, de forma que puedan programarse mejor los riegos y evaluar correctamente la verdadera efectividad de las lluvias.

A. Instalación de sensores Watermark

El procedimiento realizado se describe a continuación:

- Se sumergieron los sensores dentro de agua por un tiempo de 24 horas y otras 24 fuera de ella, repitiéndose este procedimiento durante un lapso de seis días. Es importante que los sensores estén siempre bien humedecidos en el momento de su instalación.

- Se instalaron los sensores en campo, dos por cada punto asignado, en dos distintas profundidades a 0.25 metros y otro a 0.50 metros, con un distanciamiento entre ellos de 0.50 metros. en la Figura 5 se muestra la ubicación de los sensores, siendo un total de 40 sensores instalados, 2 por cada pante (20 pantes).
- Para evitar daños que podrían haberse provocado a la membrana exterior de los sensores por su roce con partículas secas y abrasivas, se humedeció el suelo antes de proceder su colocación. Se utilizó un tubo PVC de media pulgada para colocar el sensor. Se utilizó un barreno holandés para hacer el orificio en el suelo hasta la profundidad a la que se planeo colocar el sensor. Siempre en la zona radicular efectiva.
- Rellenar el orificio con el suelo extraído, compactandolo para evitar y eliminar cualquier bolsa de aire.

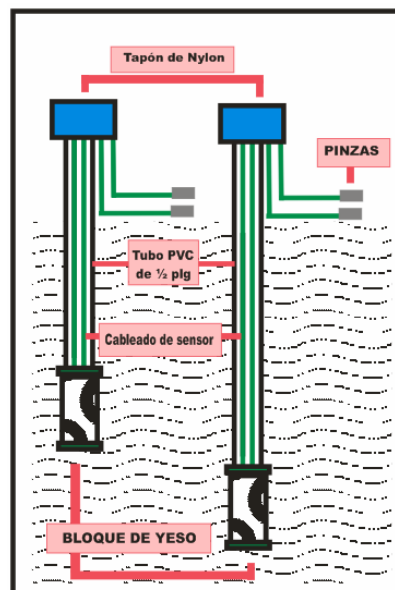


Figura 41. Estructura del sensor de humedad.

Fuente: Manual sensores Watermark

B. Toma de lecturas

Las lecturas fueron tomadas en lapsos de 8 días dando un total de 10 lecturas. Los datos eran proporcionados al colocar las pinzas del cableado del irrometro a los cables del sensor dando la lectura de presión y temperatura de manera inmediata. En la siguiente tabla se muestran los criterios de acuerdo al rango de humedad que el medidor proporcione.

Cuadro 15. Rangos y criterio de datos.

RANGO (centibares)	CRITERIOS
0 – 10	Suelo saturado.
10 – 30	Suelo con suficiente humedad. Excepto los suelos de arena gruesa que empiezan a secarse.
30 – 60	Margen normal para iniciar el riego excepto en los suelos muy arcillosos.
60 – 80	Margen normal para iniciar el riego en los suelos muy arcillosos.
80 +	El suelo se esta secando peligrosamente.

Fuente: Manual sensores Watermark

C. Análisis de datos

Se elaboraron graficas con los datos de las distintas lecturas tomadas en campo, por medio de los sensores de humedad que se instalaron. Observando el comportamiento de esta a través del tiempo y espacio.

3.1.3.5 Aplicación de Nitrógeno y Potasio.

La aplicación de los fertilizantes se realizo por medio de la instalación de la fertilizadora VCOM, la cual posee sistema de GPS, lo que hace que la aplicación de los fertilizantes sea lo que la planta realmente necesito por parte del suelo, aplicando la dosis correspondiente a cada área, utilizando los datos obtenidos del análisis químico que se le aplico a cada muestra, obteniendo datos de materia orgánica, Nitrógeno, Fosforo Y Potasio.

A. Producto

Los productos aplicados fueron los siguientes: Nitrato de amonio (45-0-0) y Potasio (0-0-60). Ambos son aplicados durante el tercer y cuarto mes de edad del cultivo.

B. Dosis

Se determinaron las dosis a aplicar de ambos fertilizantes, siendo cuatro dosis distintas en la aplicación de Nitrógeno y tres dosis para la de Potasio. En el Cuadro 16 se mencionan las dosis utilizadas.

Cuadro 16. Dosis a aplicar de fertilizante.

Kilogramos de Fertilizante / Hectárea	
Nitrato de Amonio	Potasio
130	67
145	117
190	167
232	

C. Calibración de la fertilizadora VCOM

El procedimiento a seguir fue el siguiente:

1. Testear el motor.
 - Seleccionar 100 revoluciones por minuto de motor.
 - Pesar cada salida.
 - Promediar por surco.
 - Promedio/100 = Kilogramo por Línea por RPM (ingresar datos a la computadora).
2. Calcular dosis en distancia.

- Calcular la descarga en 100 m de surco ((3.5 por 100) dividido (10000) por (dosis mas baja)).
- Pesar la descarga de cada salida y que coincida con la dosis calculada.
- Medir 100 metros de longitud en el lote con la dosis más baja a aplicar.
- Recorrer el tractor fertilizando en los 100 metros y medir la descarga para verificar que cuadre con la descarga calculada.

D. Programación

Este paso se realiza directamente en la computadora que se instala en el tractor, el procedimiento a seguir es el siguiente.

1. Descargar el plano.
2. Programar la dosis resultado de la calibración.
3. Simular velocidad.
4. Seleccionar opción nueva aplicación, para que la computadora guarde el área recorrida y el producto total aplicado.

E. Aplicación

Se aplica el fertilizante tratando la manera de que dos salidas pasen sobre el mismo surco para completar la dosis necesaria. En el plano descargado se puede ir observando la ubicación del tractor y marca la dosis que se está aplicando en ese momento. En las Figuras 42 y 43 se muestran los planos en donde se puede observar las dosis que se aplicaron y el área donde fueron distribuidas.

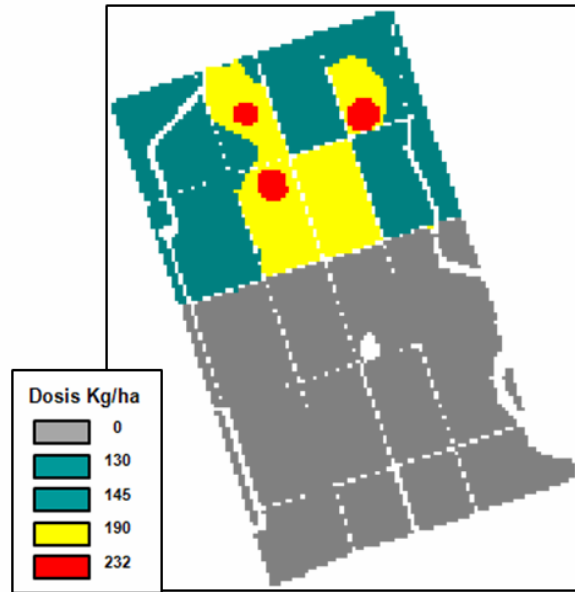


Figura 42. Plano de dosis de potasio.

Fuente: Coordinación Diseño Agrícola, Corporación Pantaleón Concepción S.A

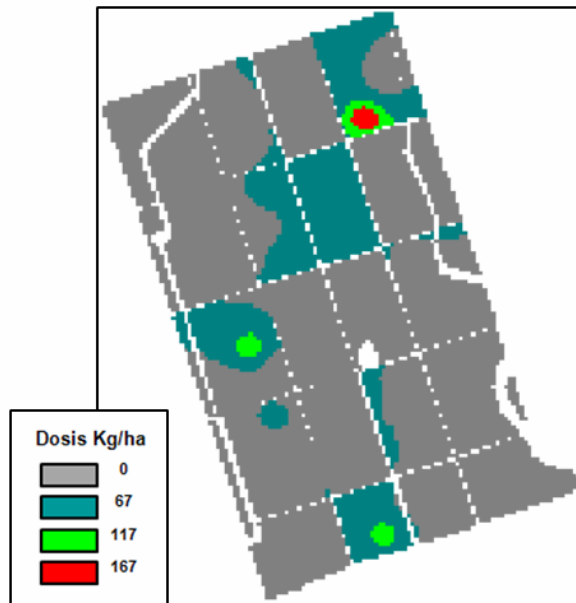


Figura 43. Plano de dosis de nitrógeno.

Fuente: Coordinación Diseño Agrícola, Corporación Pantaleón Concepción S.A

3.1.4 Resultados y Discusión de resultados

3.1.4.1 Análisis físico

Cuadro 17. Análisis físico.

Punto	% Arcilla	% Limo	% Arena	Clase textural	01-Mar Atm.	CC Ideal	15 Atm.	% H aprovechable	Densidad Aparente	LAMINA Real	Punto	% Arcilla	% Limo	% Arena	Clase textural	01-Mar Atm.	CC Ideal	15 Atm.	% H aprovechable	Densidad Aparente	LAMINA Real
0	8.29	22.28	69.43	Franco arenoso	48.08	48.08	19.3408	28.73	0.77	66.33	53	15.12	18	66.88	Arena Franca	54.76	55	26.44	28.32	0.7	59.52
1	10.67	18.08	71.25	Franco arenoso	32.41	45.5	20.59327	11.82	0.8	28.5	56	3.51	8.16	88.33	Arena	22.13	24.6	9.137	12.99	1.3	50.53
4	6.33	18.62	75.06	Arcillo arenoso	40.1	40.1	15.49858	24.6	0.82	60.43	59	9.71	22.63	67.66	Arcillo arenoso	39.71	39.71	14.85	24.86	0.95	70.73
5	17.29	22.39	60.32	Arcillo arenoso	39.81	48.52	23.24173	16.56	0.79	39.32	61	5.59	10.27	84.15	Arena Franca	30.28	30.28	11.45	18.82	1.16	65.53
6	3.56	8.28	88.16	Arena	19.35	25.55	9.285714	10.07	1.23	37.17	63	5.61	8.25	86.13	Arena Franca	28.83	29.7	12.24	16.58	1.15	57.07
11	3.6	8.38	88.02	Arena	18.8	27.63	10.19022	8.61	1.15	29.67	67	3.83	8.9	87.27	arena	22.66	33.75	11.1	11.56	0.88	30.63
12	10.77	22.81	66.43	Arena Franca	51.95	51.95	18.5438	33.41	0.76	75.77	68	10.01	10.6	79.39	Arena Franca	23.29	36.8	16.32	6.97	0.98	20.45
13	8.23	11.06	80.72	Arena Franca	26.77	35.64	13.51468	13.26	0.9	35.99	69	7.85	16.89	75.26	Arena Franca	38.7	38.7	15.65	23.05	0.93	64.18
17	5.71	10.49	83.8	Arena	24.18	30.03	10.86262	13.32	1.04	41.71	70	7.88	16.94	75.19	Arena Franca	36.38	38.75	16.92	19.47	0.92	53.57
18	3.79	17.64	78.56	Arena Franca	36.77	36.98	14.05003	22.72	0.87	59.53	74	3.55	8.25	88.21	Arena	29.17	29.17	11.07	18.1	1.19	64.36
19	7.35	21.87	70.78	Arcillo arenoso	39.78	39.78	17.16785	22.61	0.92	62.68	77	3.55	12.38	84.08	Arena Franca	36.64	36.64	12.86	23.79	1.07	76.53
20	2.89	14.87	82.24	Arena Franca	20.38	30.35	11.25434	9.13	1.05	28.68	78	3.5	8.15	88.35	Arena	24.45	25.85	9.776	14.67	1.25	54.85
22	14.33	18.03	67.64	Arcillo arenoso	36.61	45.7	21.39695	15.21	0.82	37.57	79	22.87	23.47	53.66	Franco Arcillo arenoso	43.71	47.3	23.02	20.68	0.82	51.16
25	13.59	21.36	65.05	Arcillo arenoso	38.12	41.85	19.49334	18.63	0.89	50	80	3.58	18.73	77.69	Arena Franca	34.42	34.42	12.56	21.86	0.98	64.56
26	7.91	18.83	73.26	Arena Franca	41.77	46.72	21.78988	19.98	0.8	48.12	82	17.13	24.4	58.47	Arcillo arenoso	43.95	43.95	20.45	23.5	0.98	68.82
27	12.28	16.04	71.67	Arcillo arenoso	31.15	45.9	22.21766	8.93	0.85	22.66	83	11.96	16.72	71.32	Arcillo Arenoso	28.28	35.8	14.9	13.37	0.96	38.4
29	2.81	8.25	88.94	Arena	20.24	27	10.90573	9.33	1.24	34.8	84	8.36	26.96	64.68	Arcillo Arenoso	49.22	49.22	17.08	32.13	0.75	72.41
30	4.98	14.77	80.25	Arena Franca	34.96	38.3	16.50285	18.46	0.92	50.94	85	7.8	16.77	75.43	Arena Franca	25.08	34.65	13.38	11.71	0.94	33.06
36	12.2	18.21	69.59	Arcillo arenoso	37.73	46.75	21.0403	16.69	0.78	39.04	89	1.46	8.13	90.4	Arena Franca	16.01	25.35	8.715	7.29	1.2	26.36
34	2.79	10.27	86.93	Arena Franca	20.91	20.91	1.765719	19.14	1.22	70.33	91	14.25	23.32	62.43	Arena Franca	38.27	38.27	16.68	21.59	0.93	60.04
38	11.83	12.41	75.75	Arcillo arenoso	20.33	35.7	15.58494	4.75	1	14.19	93	17.4	22.54	60.06	Arena Franca	49.76	49.76	22.43	27.33	0.74	60.91
39	8.52	16.03	75.46	Arena Franca	34.76	42	18.63799	16.13	0.86	41.48	94	5.71	16.8	77.49	Arena Franca	36.42	36.42	13.05	23.37	0.87	61.21
41	3.55	12.37	84.08	Arena Franca	31.79	31.79	13.18996	18.6	1.13	62.91	95	3.55	10.32	86.13	Arena Franca	22.71	26.3	8.386	14.32	1.12	48.02
43	14.74	17.54	67.72	Arcillo arenoso	32.52	46.38	22.13145	10.39	0.83	25.75	96	3.54	14.41	82.05	Arena Franca	32.07	32.07	10.91	21.16	1.09	69.2
45	8.12	19.65	72.23	Arcillo arenoso	46.15	46.15	19.78535	26.37	0.86	67.94	97	11.9	16.64	71.46	Arcillo arenoso	25.81	33.25	13.26	12.55	1	37.74
47	6.25	13.78	79.98	Arena Franca	38.4	40.4	16.44042	21.96	0.84	55.06	99	6.04	33.29	60.68	Arcillo arenoso	41.94	41.94	14.21	27.73	0.78	64.71
48	20.27	23.24	56.49	Franco Arcillo arenoso	52.85	52.85	26.64818	26.2	0.78	61.14	100	7.85	16.88	75.27	Arena Franca	40.41	40.41	15.08	25.33	0.84	63.71
50	8.67	23.3	68.03	Arcillo arenoso	52.65	52.65	22.42453	30.23	0.79	71.37	101	3.57	18.67	77.76	Arena Franca	33.95	33.95	11.81	22.13	0.96	63.93

Fuente: Laboratorio de suelos, Escuela Nacional Central de Agricultura (ENCA).

Los resultados obtenidos en el análisis físico se consideran importantes para conocer la capacidad de campo ideal, aplicando dosis de hidrorretenedor y conocer el

requerimiento nutricional de cada área específica que conforman los cuatro lotes experimentales, aplicando los fertilizantes de manera adecuada y precisa.

Con dichos resultados se puede observar que en cada área del estudio el requerimiento de la lámina de riego y dosis de fertilizante es diferente, esto estimado mediante los análisis de laboratorio realizados.

3.1.4.2 Capacidad de campo y lámina de agua rápidamente aprovechable.

En la Figura 44 se muestra la capacidad de campo natural en porcentaje del área experimental mientras que en la Figura 45 se muestra la capacidad de campo ideal en porcentaje a obtener, modificada por el efecto de la aplicación del hidrorretenedor.

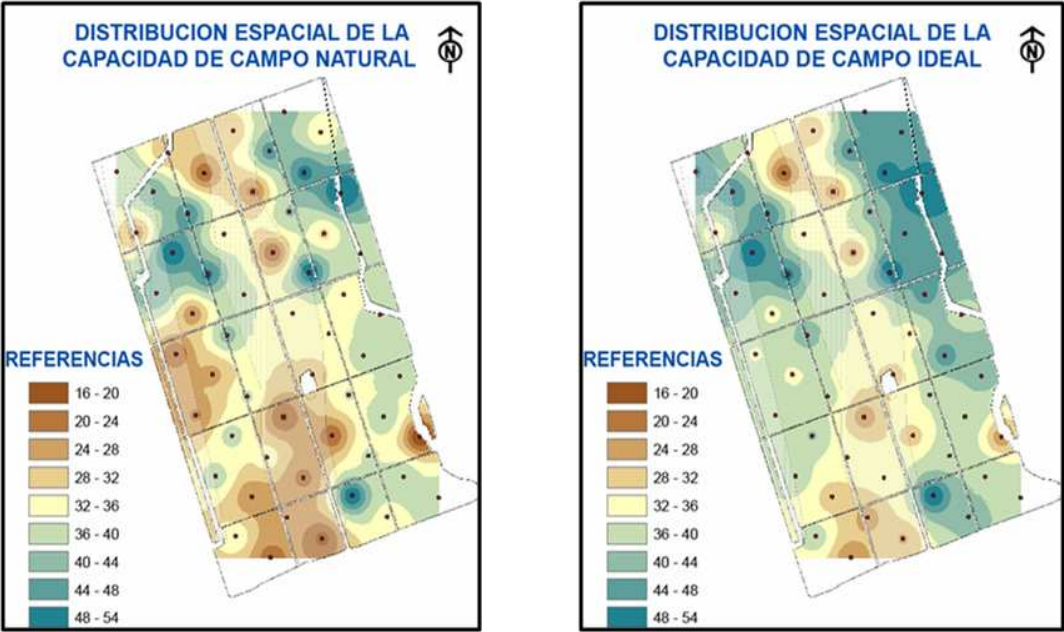


Figura 44. Porcentaje de capacidad de campo natural **Figura 45.** Porcentaje de capacidad de campo ideal.

Fuente: Coordinación Diseño Agrícola, Corporación Pantaleón Concepción S.A

3.1.4.3 Lectura de sensores de humedad

Las lecturas de los bloques de yeso marca WATERMARK, se tomaron a partir de enero a junio, con intervalos de 7 días entre cada lectura.

La temperatura era dada por el sensor, la cual se mantuvo constante siendo esta de 17 grados Celsius, durante todas las lecturas tomadas.

Un buen porcentaje de humedad retenida en el suelo era aquel que se acercara mas a cero, entre mas se alejara el dato obtenido de este valor significaba que la retención de humedad era mínima, debido o influenciado por factores como la percolación. En el Cuadro 18 y 19 se muestran los datos de presión obtenidos en campo, si el dato se aproxima a cero nos indica que existe buena retención de humedad en ese punto, mientras que más cercano sea a 100 la retención de humedad es demasiado baja.

Cuadro 18. Lecturas de sensores de humedad de 0 a 25 cm de profundidad.

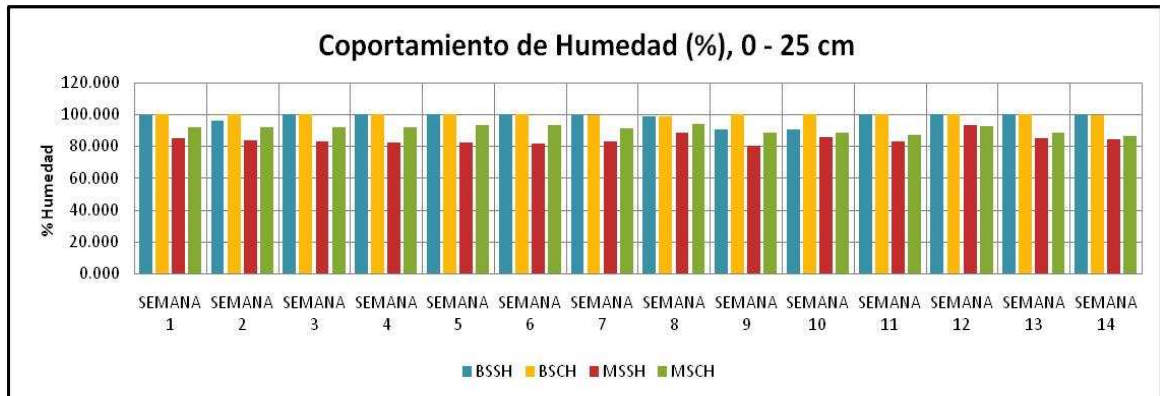
SENSOR	TRAT.	DOSIS	CLAS.	Arena	GEL	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7	SEMANA 8	SEMANA 9	SEMANA 10	SEMANA 11	SEMANA 12	SEMANA 13	SEMANA 14
1	3	16	MSCH	SI	SI	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
2	2	0	BSSH	NO	NO	95.298	72.215	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	50.962	50.962	100.000	100.000	100.000	100.000
3	4	0	MSSH	SI	NO	81.864	77.571	76.684	75.852	75.456	77.120	76.261	83.896	77.571	82.509	100.000	100.000	100.000	100.000
4	1	20	BSCH	NO	SI	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	92.527	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
5	4	0	BSSH	NO	NO	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
6	1	10	MSCH	SI	SI	79.415	75.415	78.458	79.749	77.274	80.090	74.927	74.927	92.053	92.053	100.000	100.000	92.05	92.05
7	2	0	MSSH	SI	NO	87.507	83.810	86.134	84.911	84.346	81.894	83.810	91.892	74.010	74.010	67.370	100.000	74.01	74.01
8	3	20	BSCH	NO	SI	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	99.70
9	1	22	BSCH	NO	SI	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
10	4	0	MSSH	SI	NO	85.659	88.676	85.130	86.787	86.787	86.211	89.369	89.369	89.369	100.000	81.523	80.395	80.40	79.70
11	3	10	MSCH	SI	SI	96.466	100.000	99.134	99.134	100.000	100.000	100.000	94.149	85.797	85.797	76.750	100.000	85.80	76.40
12	2	0	BSSH	NO	NO	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
13	2	0	BSSH	NO	NO	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	81.117	81.117	100.000	100.000	100.000	100.000
14	3	10	MSCH	SI	SI	82.696	85.330	81.509	80.944	88.399	86.052	82.696	100.000	64.306	64.306	59.872	64.306	64.31	64.90
15	1	17	BSCH	NO	SI	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	95.93
16	4	0	BSSH	NO	NO	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
17	4	0	BSSH	NO	NO	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	97.683	92.685	100.000	100.000	100.000	99.079	99.08	99.08
18	1	16	MSCH	SI	SI	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
19	2	0	BSSH	NO	NO	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
20	3	10	BSCH	NO	SI	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000

Fuente: Coordinación Ingeniería Agrícola, Ingenio Pantaleón Concepción S.A

Cuadro 19. Lecturas de sensores de humedad de 25 a 50 cm de profundidad.

SENSOR	TRAT.	DOSIS	CLAS.	Areña	GEL	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7	SEMANA 8	SEMANA 9	SEMANA 10	SEMANA 11	SEMANA 12	SEMANA 13	SEMANA 14	
1	3	16	MSCH	SI	SI	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	92.577	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	
2	2	0	BSSH	NO	NO	66.982	75.397	75.397	95.298	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	
3	4	0	MSSH	SI	NO	92.566	90.164	90.164	90.164	90.164	90.164	90.164	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	
4	1	20	BSCH	NO	SI	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	
5	4	0	BSSH	NO	NO	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	
6	1	10	MSCH	SI	SI	69.975	71.739	73.133	75.169	77.853	80.798	84.951	84.951	100.000	100.000	100.000	100.000	92.05	92.05	
7	2	0	MSSH	SI	NO	87.507	84.911	83.810	84.346	84.346	84.911	84.346	100.000	100.000	100.000	81.894	70.936	100.000	74.01	73.42
8	3	20	BSCH	NO	SI	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	
9	1	22	BSCH	NO	SI	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	
10	4	0	MSSH	SI	NO	86.787	90.097	88.676	88.676	88.676	88.017	88.017	88.017	88.017	80.760	70.027	70.327	100.000	100.000	
11	3	10	MSCH	SI	SI	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	86.463	88.647	85.80	100.000	
12	2	0	BSSH	NO	NO	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	
13	2	0	BSSH	NO	NO	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	0.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	
14	3	10	MSCH	SI	SI	89.250	92.049	92.049	94.158	95.301	96.509	100.000	100.000	100.000	95.301	95.301	100.000	100.000	64.50	64.70
15	1	17	BSCH	NO	SI	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	79.440	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	
16	4	0	BSSH	NO	NO	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	
17	4	0	BSSH	NO	NO	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	
18	1	16	MSCH	SI	SI	100.000	100.000	100.000	100.000	98.710	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	86.18	86.18
19	2	0	BSSH	NO	NO	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	
20	3	10	BSCH	NO	SI	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	

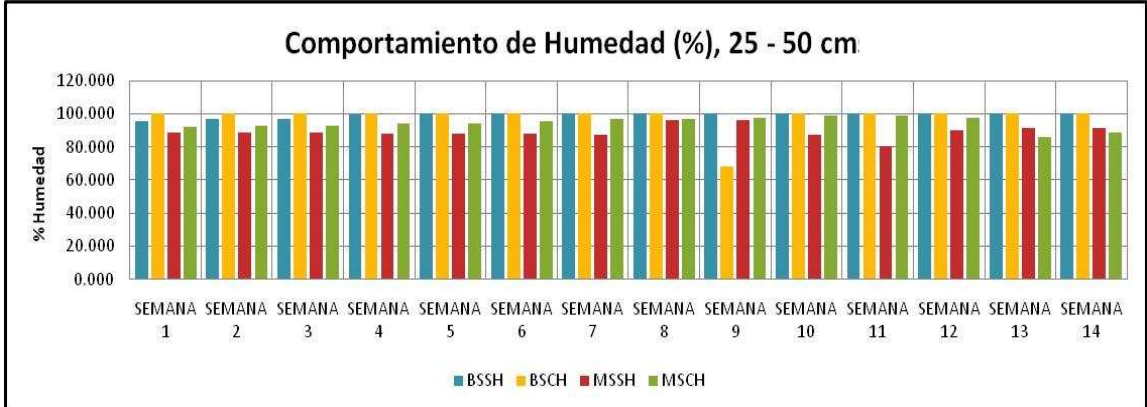
Fuente: Coordinación Ingeniería Agrícola, Ingenio Pantaleón Concepción S.A



Bssh (Buen suelo sin hidrorretenedor), BSCH (Buen suelo con hidrorretenedor),

MSSH (Mal suelo sin hidrorretenedor), MSCH (Mal suelo con hidrorretenedor)

Figura 46. Comportamiento de humedad (porcentaje), profundidad de 0 a 25 centímetros.



**Bssh (Buen suelo sin hidrorretenedor), BSCH (Buen suelo con hidrorretenedor),
MSSH (Mal suelo sin hidrorretenedor), MSCH (Mal suelo con hidrorretenedor)**

Figura 47. Comportamiento de humedad (porcentaje), profundidad de 25 a 50 centímetros.

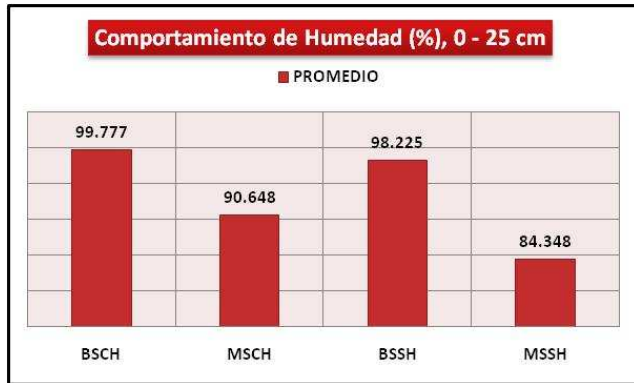


Figura 48. Promedio de comportamiento de humedad (porcentaje), profundidad de 0 a 25 centímetros.

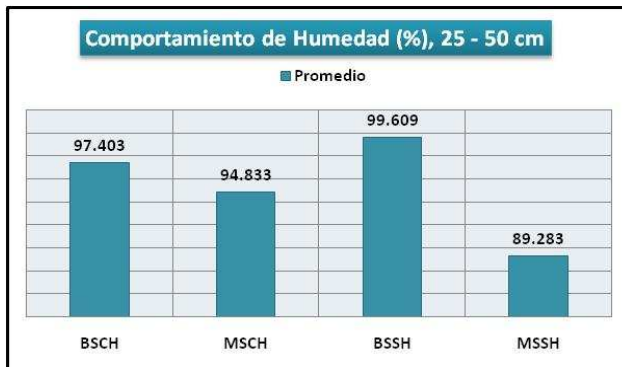


Figura 49. Promedio de comportamiento de humedad (porcentaje), profundidad de 0 a 25 centímetros.

El comportamiento de la humedad en el estrato de 0 a 25 cm, el buen suelo (sin presencia de vetas arenosas) con aplicación de dosis de hidrorretenedor dio los porcentajes de humedad más altos, mientras que en el estrato de 25 a 50 cm los porcentajes más bajos lo tuvo el buen suelo sin aplicación de dosis de hidrorretenedor, esto debido a factores como el de la capilaridad, ya que por ser un buen suelo este retuvo la humedad necesaria para la planta.

3.1.4.4 Pruebas de humedad de laboratorio

Cuadro 20. Datos de humedad (porcentaje) en laboratorio.

DATOS DE HUMEDAD EN %							
CON VETAS ARENOSAS							
CON HIDROGEL				SIN HIDROGEL			
SENSOR	TRAT	0 - 25	25 - 50	SENSOR	TRAT	0 - 25	25 - 50
6	1	17.92	12.1	2	3	20.96	18.23
9	1	17.94	21.83	7	3	17.51	15.34
15	1	25.48	22.6	13	3	35.67	25.6
18	1	16.45	15.29	3	4	24.17	21.98
1	2	40.81	50.01	5	4	45.71	56.36
11	2	17.08	18.9	10	4	22.88	17.96
14	2	17.48	13.99				
SIN VETAS ARENOSAS							
CON HIDROGEL				SIN HIDROGEL			
SENSOR	TRAT	0 - 25	25 - 50	SENSOR	TRAT	0 - 25	25 - 50
4	1	38.82	33.45	12	3	43.86	36.6
8	2	33.51	39.2	19	3	45.66	51.42
20	2	32.4	34.6	16	4	34.23	45.78
				17	4	26.8	18.9

Fuente: Laboratorio de suelos, (CENGICAÑA).

3.1.5 Conclusiones

Se determinó la dosis necesaria de Nitrógeno y Potasio, para cada área donde se realizó el muestreo de suelos, aplicando lo necesario para el desarrollo del cultivo.

Con los planos obtenidos se obtuvieron planos delimitados por medio de interpolaciones, en función de conocer la capacidad de campo y lámina de humedad aprovechable actual e ideal.

Se implementó nueva tecnología, utilizando la fertilizadora con sistema de GPS (VECOM) con la cual se aplicaron 7 dosis distintas en ambos fertilizantes.

3.1.6 Recomendaciones

Realizar muestreos de suelos en las demás fincas de producción de caña de azúcar, para conocer las características físicas y químicas del área.

Seguir utilizando la fertilizadora VCOM y capacitar al personal necesario para que estos puedan aplicar el fertilizante de una manera adecuada.

Dar mantenimiento a los implementos instalados en la fertilizadora, para que estos sigan funcionando correctamente.

Seguir innovando con tecnología de precisión.

3.1.7 Bibliografía

1. Álvarez, R. 2003. Diseño del sistema de información geográfica para la agricultura de precisión en un área cañera seleccionada de la provincia de Holguín: project final report. Argentina, CENPALAB. 63 p.
2. Benjamin, CE; Mailander, MP. 2000. Sugar cane yield monitoring system. St. Joseph, Minnesota, US, ASAE. 123 p. (Paper no. 001125).
3. Cabrera, A; Rodríguez, F; Balmaseda, C; Ponce De León, P. 2000. Variabilidad espacial de los rendimientos cañeros y necesidad de fertilizar por sitio específico. *In* Congreso Latinoamericano (15, 2000, CU); Congreso Cubano de Ciencias del Suelo (5, 2000, CU). Memorias. La Habana, Cuba. p. 43-47.
4. CENGICAÑA (Centro de Investigación de la Caña de Azúcar, GT). 2006. Informe anual 2005–2006. Guatemala. 75 p.
5. Irrrometer Company Watermark, US. 2005. Instrucciones para el servicio y la utilización del medidor y sensores Watermark. California, US. 34 p.