



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 2

Neiva, 19 de Septiembre

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El suscrito:

Heyder Andres Rojas Vargas

con C.C. No. 1075274795

Autor del trabajo de grado

Titulado **Plan De Ordenamiento de Obras Y Control Hídrico Para Una Plantación de Palma de Aceite**

Presentado y aprobado en el año 2018 como requisito para optar al título de

Ingeniero Agrícola;

Autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales “open access” y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores” , los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

2 de 2

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma:



TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO: Plan De Ordenamiento de Obras Y Control Hídrico Para Una Plantación de Palma de Aceite

AUTOR O AUTORES:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Rojas Vargas	Heyder Andres

DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Torrente Trujillo	Armando

ASESOR (ES):

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Arévalo Hernández	Jhon Jairo
Izquierdo Bautista	Jaime

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Ingeniero Agrícola

FACULTAD: Ingeniería

PROGRAMA O POSGRADO: Ingeniería Agrícola

CIUDAD: Neiva

AÑO DE PRESENTACIÓN: 2018

NÚMERO DE PÁGINAS: 83

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):

Diagramas Fotografías Grabaciones en discos Ilustraciones en general Grabados
Láminas Litografías Mapas Música impresa Planos Retratos Sin ilustraciones
Tablas o Cuadros

Vigilada mieducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



SOFTWARE requerido y/o especializado para la lectura del documento:

MATERIAL ANEXO:

PREMIO O DISTINCIÓN (*En caso de ser LAUREADAS o Meritoria*):

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

<u>Español</u>	<u>Inglés</u>
1. <u>Palma de aceite</u>	1. <u>Oil Palm</u>
2. <u>Pozos de observación</u>	2. <u>Observation wells</u>
3. <u>Balance hídrico</u>	3. <u>Water balance</u>
4. <u>Obras hidráulicas</u>	4. <u>Hydraulic works</u>

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

El objetivo fue identificar y reconocer las principales obras hidráulicas con fines de riego y drenaje, formular el balance hídrico agrícola diario e instalar una red de pozos de observación para el control del estado hídrico del cultivo de palma de aceite (*Elaeis guineensis Jacq.*) en Unipalma de los Llanos S.A. localizada en el municipio de Cumaral, Meta y dedicada a la extracción de aceite crudo de palma y palmiste. El estudio permitió reconocer espacialmente la ubicación y el estado de las principales estructuras de riego-drenaje, verificar la planeación para el mantenimiento más acertado de las obras hidráulicas, programar las actividades de riego con base en el balance hídrico, hacer seguimiento al nivel freático apoyado en la red de freatimetría instalada y en operación, lo que permitió la reestructuración de la red de drenaje y de calles de cosecha. Se recomendó el mantenimiento periódico de canales y la lectura oportuna de la red de observación, así como de las estaciones para alimentar el balance hídrico



ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

The objective was to identify and recognize the main hydraulic works for irrigation and drainage purposes, formulate the daily agricultural water balance and to install a network of observation wells for the control of the water status of oil palm cultivation (*Elaeis guineensis* Jacq.) at Unipalma de los Llanos S.A. located in the municipality of Cumaral, Meta and dedicated to the extraction of crude palm and palm kernel oil. The study made it possible to spatially recognize the location and condition of the main irrigation-drainage structures, verify the planning for the most successful maintenance of the hydraulic works, program the irrigation activities based on the water balance, monitor the water table supported in the installed and operating freatimetry network, which allowed the restructuring of the drainage network and harvest streets. The periodic maintenance of canals and the timely reading of the network of observation wells, as well as the stations to feed the water balance, were recommended.

APROBACION DE LA TESIS

Nombre Presidente Jurado: ARMANDO TORRENTE TRUJILLO

Firma:

Nombre Jurado: JHON JAIRO ARÉVALO HERNÁNDEZ

Firma:

Vigilada mieducación



**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS**

DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO



CÓDIGO

AP-BIB-FO-07

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

4 de 4

Nombre Jurado: JAIME IZQUIERDO BAUTISTA

Firma:

Vigilada mieducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.

**PLAN DE ORDENAMIENTO DE OBRAS Y CONTROL HÍDRICO PARA UNA
PLANTACIÓN DE PALMA DE ACEITE**

HEYDER ANDRES ROJAS VARGAS

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRICOLA
NEIVA – HUILA
2018

**PLAN DE ORDENAMIENTO DE OBRAS Y CONTROL HÍDRICO PARA UNA
PLANTACIÓN DE PALMA DE ACEITE**

Trabajo de Grado para optar al Título de Ingeniero Agrícola

Presentado a la Facultad de Ingeniería y Programa de Ingeniería Agrícola por

HEYDER ANDRES ROJAS VARGAS

Director de Pasantía

M.Sc., Ph.D. ARMANDO TORRENTE TRUJILLO

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRICOLA
NEIVA – HUILA
2018

Dedicatoria

Dedico este escrito, resultado del desarrollo de mi práctica profesional a mi madre **Ninfa Rojas Vargas**, quien ve en mi hermana Ana María Rojas y en mi muchos de sus sueños que no logró ejecutar, por dedicarse al cuidado del hogar para formarnos con valores y principios, y su vez enseñarnos que todo se logra con esfuerzo y sacrificio. La consecución de este título es la oportunidad de agregarle un momento más de felicidad, a la vida de esta gran mujer, mi mami.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a Dios por la vida, la salud y la familia con la cual he compartido mi vida, a mi mamá Ninfa Rojas por brindarme su apoyo incondicional y a mi novia Laura Daniela Peñalver quien me apoya y me da consejo para obtener buenos resultados.

Para conseguir el desarrollo exitoso de este trabajo tuve la colaboración de muchas personas, algunos viejos conocidos y otros, nuevos amigos que se sumaron para brindar su apoyo. Dentro de estas personas me gustaría destacar a:

El Profesor Armando Torrente, quien por su reconocimiento y trayectoria logro el contacto con la empresa Unipalma de los Llanos S.A. y permitió hacer realidad mi práctica profesional en un sector que hoy en día se posiciona como uno de los escenarios futuristas para la producción de alimentos y energía. Agradezco de él sus conocimientos transmitidos y su acompañamiento a lo largo del desarrollo de la práctica.

A Ingeniera Blanca Lilia Romero Guerrero, quien fue la persona a cargo de mi práctica en la Empresa, persona con la cual adquiri nuevas capacidades de las cuales no se aprende en la universidad.

Ingenieros Carlos Estupiñán, Yordan Diaz, Julio Martínez por su conocimiento transmitido a cerca del cultivo de la palma de aceite y por su amistad.

Al señor Alirio Rodríguez, Paul Chinchilla, Omar Combita, Alfonso Alférez y Felipe Leguizamón quienes desarrollaron en conjunto la recolección de la información en campo para alimentar este informe.

Para finalizar, agradezco a todo el personal de Unipalma, por quienes siento respeto y cariño.

CONTENIDO

	pag
1. INTRODUCCIÓN	12
2. OBJETIVOS	14
2.1. GENERAL.....	14
2.2. ESPECÍFICOS.....	14
3. JUSTIFICACIÓN	15
4. MARCO TEÓRICO.....	16
4.1. CULTIVO DE LA PALMA AFRICANA.....	16
4.2. REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS	16
4.3. IMPORTANCIA DEL BALANCE HÍDRICO EN EL CULTIVO DE LA PALMA DE ACEITE.....	17
4.4. RELACIONES HÍDRICAS EN EL SUELO	18
4.5. NIVEL FREÁTICO	19
4.6. DENSIDAD DE LA RED DE POZOS DE OBSERVACIÓN DEL NIVEL FREÁTICO	20
4.7. POZOS DE OBSERVACIÓN	20
4.8. MAPAS DE LA PROFUNDIDAD DEL NIVEL FREÁTICO (ISÓBATAS) ...	21
5. METODOLOGÍA.....	22
5.1. LOCALIZACIÓN	22
5.2. DESARROLLO DEL BALANCE HÍDRICO.....	23
5.3. LEVANTAMIENTOS DE OBRAS PRINCIPALES	24
5.3.1. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	25
5.4. DETERMINACIÓN DE LA GRILLA PARA POZOS DE OBSERVACIÓN .	26
5.4.1. Determinación de la zona de estudio	26
5.4.2. Construcción de la cuadrícula	26
6. RESULTADOS Y ANALISIS.....	27
6.1. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DE LA ZONA	27
6.1.1. Temperatura.....	27
6.1.2. Precipitación y Evapotranspiración	28
6.2. BALANCE HÍDRICO	29
6.2.1. Estudio de suelos detallado (Escala 1:10.000)	29

6.2.2. Desarrollo del balance.....	33
6.3. LEVANTAMIENTO DE LAS PRINCIPALES OBRAS.....	38
6.4. POZOS DE OBSERVACIÓN.....	45
6.4.1. Verificación de la estratigrafía de los suelos típicos de la plantación .	47
6.4.2. Construcción e instalación de los pozos de observación	50
7. CONCLUSIONES.....	53
8. RECOMENDACIONES	55
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56
10. ANEXOS.....	59

LISTA DE GRAFICAS

Grafica 1. Balance hidrológico decadiario año 2017	35
Grafica 2. Variación de la reserva en el mes de enero	35

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Asociación de consociaciones con propiedades físicas	30
Tabla 2. Propiedades físicas asociadas a las fincas.	31
Tabla 3. Balance hidrológico decadiario hacienda Santa Barbara	33
Tabla 4. Balance hídrico diario - enero	36
Tabla 5. Criterios para el diagnóstico de las compuertas	39
Tabla 6. Longitud de canales y densidad hacienda Chaparral	42
Tabla 7. Longitud de canales y densidad hacienda Santa Barbara.....	45

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Reserva de agua utilizable.....	19
Figura 2. Funcionamiento del frea�metro	20
Figura 3 (a) Ubicación Unipalma (Cumaral), (b) Ubicación Unipalma (Paratebueno)	22
Figura 4. Metodología para el balance hídrico	23
Figura 5. Acompañamiento del personal en la labor de identificación de obras ...	24
Figura 6. Gps para la identificación de obras	24
Figura 7. Metodología para levantamiento de obras	25
Figura 8. Mapa de suelos Unipalma de los llanos S.A.	29
Figura 9. Identificación de zonas con texturas gruesas.	37
Figura 10. Compuerta tipo plantación Unipalma	38
Figura 11. Sistema de cierre de compuertas de riego.....	40
Figura 12. Erosión del solado en época de riego	40
Figura 13. Estado de las compuertas hacienda Chaparral	40
Figura 14. Estado de las compuertas hacienda Cuernavaca	41
Figura 15. Canales principales riego- drenaje hacienda Chaparral.....	42
Figura 16. Compuertas hacienda Santa Bárbara	43
Figura 17. Compuertas detalladas hacienda Santa Bárbara.....	44
Figura 18. Canales principales riego- drenaje hacienda Santa Bárbara	44
Figura 19. Cuadrícula de ubicación pozos de observación (frea�metros)	46
Figura 20. Unidades de suelo unipalma	47
Figura 21. Clases de texturas en los suelos Unipalma	49
Figura 22. Alistado de los pozos de observación	50
Figura 23. Instalación de los pozos de observación.....	51

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1.	Clasificación de las condiciones climáticas para la palma de aceite.....	59
Anexo 2.	Colores planos de isóbatas.....	59
Anexo 3.	Climograma Hacienda Santa Bárbara.....	59
Anexo 4.	Climograma Hacienda Chaparral.....	60
Anexo 5.	Temperatura mensual multianual de la zona de estudio.....	61
Anexo 6.	Temperatura media mensual histórica.....	62
Anexo 7.	Temperaturas de zonas palmeras en Colombia.....	62
Anexo 8.	Datos de precipitación mensual estación Santa Bárbara.....	62
Anexo 9.	Datos de evaporación mensual estación Hacienda La Cabaña.....	63
Anexo 10.	Balance hídrico climático.....	64
Anexo 11.	Unidades cartográficas (consociaciones) de suelos Unipalma.....	65
Anexo 12.	Propiedades físicas de los suelos unidad empresarial Chaparral.....	66
Anexo 13.	Propiedades físicas de los suelos unidad empresarial Santa Bárbara.	67
Anexo 14.	Hoja de balance hídrico.....	69
Anexo 15.	Verificación en campo del estado de las compuertas Chaparral.....	69
Anexo 16.	Verificación en campo del estado de las compuertas Santa Bárbara.....	72
Anexo 17.	Base de datos compuertas Chaparral.....	77
Anexo 18.	Base de datos canales hacienda Cuernavaca.....	77
Anexo 19.	Base de datos compuerta Santa Bárbara.....	78
Anexo 20.	Estratigrafía perfiles puntos de muestreo 1-4.....	78
Anexo 21.	Estratigrafía puntos de muestreo 5-8.....	79
Anexo 22.	Estratigrafía perfiles puntos de muestreo 9-12.....	79
Anexo 23.	Estratigrafía perfiles puntos de muestreo 12-16.....	80
Anexo 24.	Estratigrafía perfiles puntos de muestreo 16-20.....	80
Anexo 25.	Estratigrafía perfiles puntos de muestreo 16-23.....	81
Anexo 26.	Nivel freático hacienda Santa Bárbara febrero de 2018.....	81
Anexo 27.	Nivel freático hacienda Chaparral marzo de 2018.....	82

PLAN DE ORDENAMIENTO DE OBRAS Y CONTROL HÍDRICO PARA UNA PLANTACIÓN DE PALMA DE ACEITE

RESUMEN

El objetivo fue identificar y reconocer las principales obras hidráulicas con fines de riego y drenaje, formular el balance hídrico agrícola diario e instalar una red de pozos de observación para el control del estado hídrico del cultivo de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) en Unipalma de los Llanos S.A. localizada en el municipio de Cumaral, Meta y dedicada a la extracción de aceite crudo de palma y palmiste. El estudio permitió reconocer espacialmente la ubicación y el estado de las principales estructuras de riego-drenaje, verificar la planeación para el mantenimiento más acertado de las obras hidráulicas, programar las actividades de riego con base en el balance hídrico, hacer seguimiento al nivel freático apoyado en la red de freatimetría instalada y en operación, lo que permitió la reestructuración de la red de drenaje y de calles de cosecha. Se recomendó el mantenimiento periódico de canales y la lectura oportuna de la red de observación, así como de las estaciones para alimentar el balance hídrico.

Palabras clave: Palma de aceite, Pozos de observación, Balance hídrico, Obras hidráulicas.

ABSTRACT

The objective was to identify and recognize the main hydraulic works for irrigation and drainage purposes, formulate the daily agricultural water balance and to install a network of observation wells for the control of the water status of oil palm cultivation (*Elaeis guineensis* Jacq.) at Unipalma de los Llanos S.A. located in the municipality of Cumaral, Meta and dedicated to the extraction of crude palm and palm kernel oil. The study made it possible to spatially recognize the location and condition of the main irrigation-drainage structures, verify the planning for the most successful maintenance of the hydraulic works, program the irrigation activities based on the water balance, monitor the water table supported in the installed and

operating freatimetry network, which allowed the restructuring of the drainage network and harvest streets. The periodic maintenance of canals and the timely reading of the network of observation wells, as well as the stations to feed the water balance, were recommended.

Keywords: Oil palm, Observation wells, Water balance, Hydraulic works.

1. INTRODUCCIÓN

La palma de aceite "*Elaeis guineensis Jacq.*" es un importante cultivo en la zona tropical húmeda y es una especie importante como fuente de aceite y lípidos (Lascano, 1998), con alta demanda motivada por los nuevos hábitos alimenticios de la población, como por el uso en la producción de energía (Antonini *et al.* 2015). Por otra parte, el cultivo de la palma de aceite tiene una demanda hídrica entre 2000 y 2500 mm/año bien distribuidos según el centro de investigación en palma de aceite (Cenipalma, 2016), caso que en la zona del piedemonte oriental colombiana no acontece, ya que existen dos periodos bien definidos, siendo estos uno de lluvia entre los meses de abril a noviembre los cuales acumulan un valor anual entre 2000 y 2800 mm y uno seco entre diciembre y marzo.

A causa de esta distribución temporal irregular es necesaria la aplicación de riego suplementario para mitigar los efectos del déficit, ya que como afirma Pabón (1981) se puede considerar que no hay región agrícola donde no sea necesario el riego. De ahí que, en las épocas de necesidad hídrica, la evapotranspiración es mayor que la precipitación, por lo cual se produce una sequía que afecta el crecimiento y la producción de racimos (Mejía, 2000).

En sus orígenes Unipalma S.A. implementó un sistema de riego por gravedad (inundación) para suplir el déficit hídrico, el cual presenta en la actualidad un manejo con baja eficiencia del recurso y poco control de aplicación de este, justificado en la abundante disponibilidad de agua y el bajo costo de adquisición en sus comienzos. Por consiguiente, como afirma Rodríguez (2010), en medio de la acelerada reducción en la disponibilidad de los recursos naturales y la necesidad de adoptar una cultura conservacionista, se hace inviable el sostenimiento de dichos sistemas.

En razón de lo anterior, en Unipalma de los Llanos S.A. propietaria de las haciendas Santa Bárbara y Chaparral y cuya actividad principal es la explotación agroindustrial de la palma desde hace 34 años, se decidió hacer la identificación y el reconocimiento de las principales obras que intervienen en el riego-drenaje, junto con su estado actual, acompañado de un plan de balance hídrico que permita conocer en detalle las épocas óptimas de aplicación y retiro del agua en las zonas de la plantación.

Como logística de monitoreo en campo, se proyecta instalar una red de pozos de observación para monitorear el nivel freático tanto en las época lluviosa y seca, y estudiar los efectos sobre sus fluctuaciones.

2. OBJETIVOS

2.1. GENERAL

Identificar y reconocer las principales obras de riego-drenaje para su diagnóstico y operación eficiente, que incluye además el balance hídrico agrícola detallado y una red de pozos de observación en la plantación Unipalma de los Llanos S.A.

2.2. ESPECÍFICOS

Identificar y geo-referenciar el estado actual de las principales obras del sistema de riego-drenaje.

Diseñar e instalar una red de freatómetros en la plantación de palma de aceite para el diagnóstico de drenaje.

Formular el balance hídrico agrícola diario para administración eficiente del riego-drenaje en la plantación de palma de aceite.

3. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad se evidencia que los recursos naturales y en especial el agua dulce han tenido una disminución en cantidad y calidad, tanto por procesos antrópicos como por el cambio climático. El control del agua de riego como suministro en actividades de producción agrícola, se hace importante por los altos volúmenes requeridos para dicha actividad.

Específicamente la demanda hídrica para un cultivo se determina según las condiciones climáticas de la zona con el planteamiento del balance hídrico, que permite cuantificar el déficit a suplementar con el riego. A partir de la metodología del balance hídrico diario asociado a la variabilidad espacial de los suelos y la zonificación agroclimática, y tomando como información adicional la época de siembra o edad de la palma, se establece la oportunidad de riego y drenaje.

Otro aspecto importante que se debe ejecutar es la georreferenciación de las principales estructuras para planificar las épocas de mantenimiento y limpieza, construcción y corrección de sentidos y posición de los canales de riego – drenaje junto con la ubicación de compuertas. Además, se pretende conocer la época oportuna de aplicación de riego mediante el seguimiento de la humedad del suelo, así como conocer deficiencias del sistema actual y las posibles alternativas de optimización del sistema de riego – drenaje.

De ahí que el diagnóstico e implementación de estrategias como la instalación de pozos de observación y el balance hídrico para una plantación de palma de aceite tiene un gran valor en la actualidad, enmarcado en la necesidad que tienen las empresas de conseguir la certificación en Mesa Redonda sobre Aceite de Palma Sostenible (RSPO, Roundtable on Sustainable Palm Oil) por sus siglas en inglés y de dar un mejor manejo al recurso hídrico enmarcados en un uso racional tomando en cuenta las deficiencias hídricas que tienen los ríos en las épocas secas.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. CULTIVO DE LA PALMA AFRICANA

El cultivo de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) se desarrolla en la zona tropical húmeda y es una especie importante como fuente de aceite y lípidos (Lascano, 1998), siendo la oleaginosa más productiva del planeta, y del cual Colombia es el cuarto productor de aceite en el mundo y el primero en América.

Según Dishington (2013) para el año 2012, Colombia tenía un área sembrada en palma de aceite de 452.435 hectáreas, de las cuales el 41% está ubicada en la zona oriental, este mismo reporte fue realizado por (Cenipalma, 2017) mostrando que al cierre del año 2016 el total de área sembrada es de 512.076 hectáreas de las cuales la zona oriental participa con un 40%.

El potencial del cultivo de palma de aceite en el país es alto, ya que según estudio de la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA) y la Federación Nacional de Cultivadores de Palma (Fedepalma), validaron la zonificación de aptitud a escala 1:100.000 para el cultivo de la palma de aceite, afirmando que 16.188.247 millones de hectáreas son aptas, lo que equivale al 14,2 % del territorio continental del país (UPRA, 2017).

4.2. REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS

Los requerimientos climáticos del cultivo de la palma de aceite según Hartley (1988), como se citó en Corley y Tinker (2003) son:

- Precipitación anual de 2000 mm o mayor, distribuida regularmente sin una estación seca marcada y de preferencia por lo menos con 100 mm en cada mes.
- Una temperatura media máxima alrededor de 29°C a 33°C y una media mínima alrededor de 22°C a 24°C

- Brillo del sol de 5 a 7 horas por día en todos los meses y radiación solar de 15 MJ/m² por día.

Para realizar seguimiento a las variables es preciso clasificar los rangos en los cuales se encuentran las variables climáticas (anexo 1).

4.3. IMPORTANCIA DEL BALANCE HÍDRICO EN EL CULTIVO DE LA PALMA DE ACEITE

El cultivo de la palma de aceite tiene un alto valor comercial por lo cual las plantaciones en las diferentes zonas del país se comprometen para tener las mejores condiciones agronómicas logrando así los máximos potenciales de sus materiales genéticos, es a partir de ello que surge la necesidad de implementar métodos de control hídrico para conocer las épocas de excesos y déficits y tomar decisiones oportunamente.

Una de las herramientas de decisión para esta necesidad es el balance hídrico, el cual es definido como la relación de entradas y salidas de agua del suelo a través del tiempo. Los balances pueden ser de diferentes tipos, tales como: climáticos, agrícolas, agroclimáticos, hidrológicos, agroforestales, de cuencas, de drenaje y riego (Cleves, Toro y Martínez, 2016).

Para este caso particular, se centró la atención en el balance hídrico agrícola diario, para el cual se requiere la capacidad de almacenamiento, la capacidad de retención de humedad, el punto crítico de tensión, la densidad aparente del suelo, la profundidad radicular, la precipitación y evapotranspiración diaria (Cenipalma, 2016). La formulación del balance que se utilizó es la del método exponencial de Thornthwaite y Mather adaptada al cálculo diario empleadas por (Fullat y Moreno, 2015) y (Alfaro, 2017).

Esta metodología permite conocer el estado hídrico del cultivo en un momento determinado, generando alertas tales como los déficits hídricos en zonas de poca

retención de humedad, ya que el déficit hídrico ha sido ampliamente reconocido como uno de los principales factores limitantes de la palma de aceite (Corley, 1976), como se citó en Acosta y Simmonds (2001), directamente relacionado con la capacidad fotosintética de las plantas debido al cierre de estomas y su plasticidad ante las condiciones ambientales determinadas de cada zona palmera (Romero, Ayala y Ruiz, 2007). Esta condición se presenta cuando las reservas de agua se acercan al punto de marchitez permanente produciendo un mayor esfuerzo del vegetal para extraer agua (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - INTA, 2011).

De la misma importancia que los efectos mencionados anteriormente, está el número de racimos de fruta fresca (RFF), el cual por la falta de agua causa el aborto de inflorescencias y también una reducción en la proporción de los sexos, y los dos llevan a producir un menor número de racimos (Corley y Tinker, 2003).

4.4. RELACIONES HÍDRICAS EN EL SUELO

Un suelo agrícola ideal es aquel que logra mantener una proporción entre las tres fases que lo componen, las cuales son sólida, líquida y gaseosa para permitir el desarrollo de raíces de la planta, esta proporción se modifica principalmente por intervenciones de maquinaria agrícola, mal drenaje y riego mal administrado; motivo por el cual se hace necesario las intervenciones de adecuación de tierra para mantener las mejores condiciones.

Una de las relaciones hídricas que ocurren en el suelo es la capacidad de almacenar agua o de reservarla para ser evaporada o consumida por el cultivo (Juncosa, 2009), la cual se modifica principalmente por fenómenos de compactación, reduciendo así la cantidad de poros y la capacidad de infiltración de agua por el suelo (figura 1).

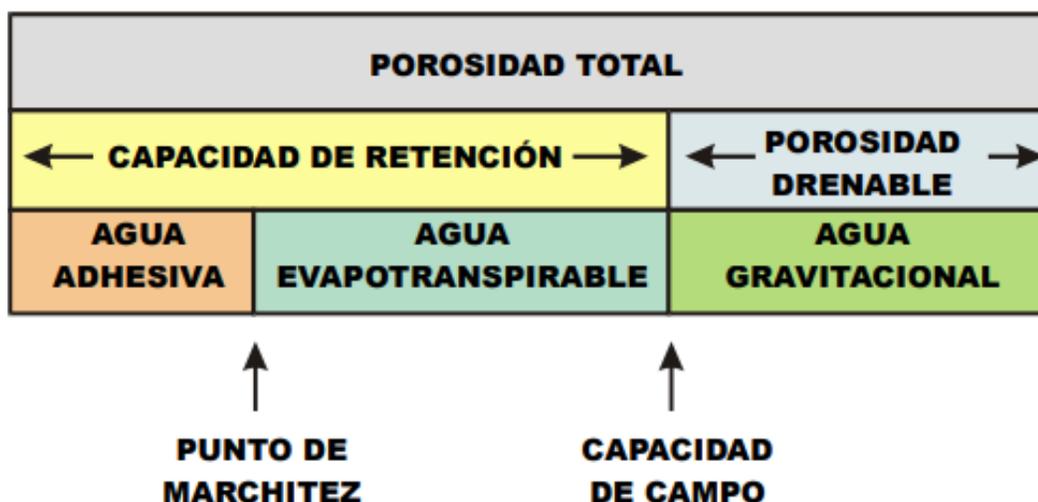


Figura 1. Reserva de agua utilizable

Fuente: Juncosa, 2009

Cuando el suelo no consigue almacenar agua aportada principalmente por lluvia o riego, se generan excesos que se manifiestan en forma de escorrentía o encharcamientos, lo cual produce una condición anaeróbica para las raíces, incidiendo directamente en las funciones biológicas de respiración de la planta.

Los excesos, como afirman Herrera, Duarte, González y Greco (2016), causan sobre humedecimiento de las tierras de cultivo con pendiente suave o moderada de las áreas, incidiendo en la disminución de los rendimientos agrícolas. Debido a la necesidad de contar con una agricultura competitiva es necesaria la implementación de acciones enfocadas a un mejor uso y manejo del agua y el suelo (Namuche, Castillo y Zacarías, 2017).

4.5. NIVEL FREÁTICO

El nivel freático (NF) lo constituye el nivel superior de las aguas subterráneas libres que tiene una presión igual a la atmosférica ($p_{atm} = 0$). Para un tratamiento adecuado de problemas de drenaje y salinidad del suelo es necesario conocer la profundidad del nivel freático en el espacio y en el tiempo (Namuche, Castillo y Zacarías, 2017).

4.6. DENSIDAD DE LA RED DE POZOS DE OBSERVACIÓN DEL NIVEL FREÁTICO

Los pozos de observación o los piezómetros se deben distribuir estratégicamente en el área de estudio. Diferentes autores sugieren establecer una red en forma de cuadrícula que puede llegar a ser muy densa y costosa de instalar, sin embargo, si esta se maneja de forma escalada dependiendo del área de estudio los costos pueden disminuir: 25 pozos por cada 100 hectáreas, 50 pozos por cada 1000 hectáreas y 100 pozos por cada 10000 hectáreas (Torrente, 2017).

4.7. POZOS DE OBSERVACIÓN

Los pozos de observación corresponden a agujeros perforados dentro del suelo, para lo cual se usan barrenos de diámetro pequeño (2,5 a 3,8 cm). Si el suelo es arcilloso y el agujero no colapsa, no es necesario revestir el pozo. En caso contrario, se recomienda instalar un tubo de PVC perforado con agujeros de 1 mm a lo largo del tramo sumergido en el agua (figura 2). Se acostumbra a instalar una malla rodeada de un filtro de arena o grava fina para darle estabilidad al pozo de observación. El nivel freático se define como la superficie del agua freática en donde la presión es la atmosférica ($p/\gamma = 0$).

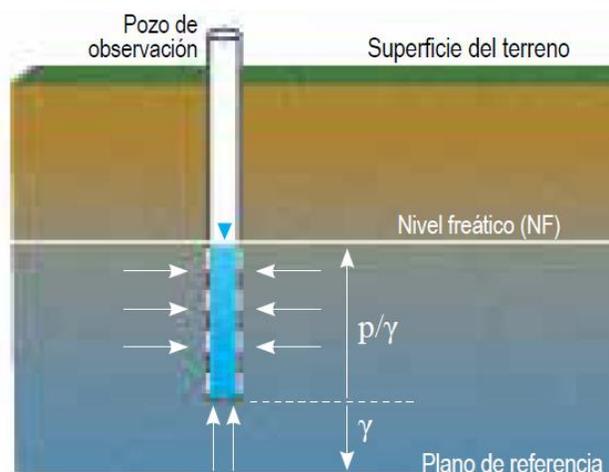


Figura 2. Funcionamiento del Freatómetro

Fuente: Torres, (2014).

4.8. MAPAS DE LA PROFUNDIDAD DEL NIVEL FREÁTICO (ISÓBATAS)

Para cada fecha de lectura, se debe elaborar un plano que muestre las líneas de igual profundidad del NF, conocido como plano de isóbatas, el cual es usado para identificar y cuantificar las áreas afectadas por NF alto. Se acostumbra a demarcar con diferentes colores, en los planos las zonas con NF, en los rangos de 0 a 50 cm, 50 a 100 y 100 a 150 cm de profundidad con colores distintivos (anexo 2) (Torres, 2014).

5. METODOLOGÍA

5.1. LOCALIZACIÓN

Plantaciones Unipalma de los Llanos S.A. está conformada por dos haciendas en los municipios de Paratebuena (Cundinamarca) y Cumaral (Meta), las cuales tienen aproximadamente un área sembrada de 5.200 hectáreas. El núcleo de Cumaral se encuentra ubicado sobre la vía que conduce al corregimiento de Veracruz sobre el km 23, mientras que el núcleo de Paratebuena se encuentra ubicado a 7 km de la vía que de la vereda el Japón conduce a Rancherías. Los dos núcleos se encuentran conectados por vías terciarias sin pavimentar y un puente construido por parte de la empresa con tubos metálicos sobre el río Guacavía con coordenadas 4°16'25" N, 73°12'25" W (figura 3).

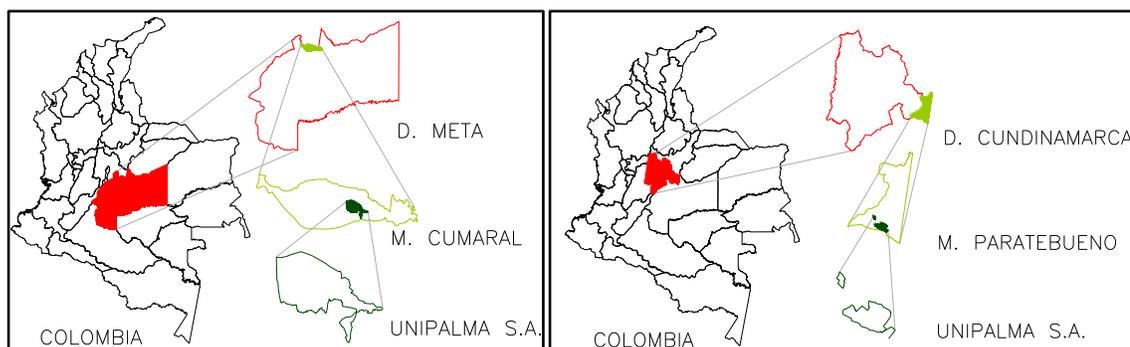


Figura 3 (a) Ubicación Unipalma (Cumaral), **(b)** Ubicación Unipalma (Paratebuena)

Unipalma se ubica sobre el piedemonte llanero a una altura de 230 m.s.n.m. con precipitación anual promedio de 2800 mm. La zona por su geografía de sabanas, bosques de galería y piedemonte, cuenta con una gran riqueza vegetal y animal, así en su vegetación se destacan el Cañofístol, La Ceiba, La Caraña, El Matapalo, La Guadua, la Cañabrava, el Moriche y el Bijao.

La hidrografía de la plantación Unipalma es importante, ya que se encuentra bajo las cuencas de los ríos Guacavía y Humea, de los cuales capta sus aguas en tres

concesiones diferentes. Adicionalmente sobre la plantación pasan caños de mediano nivel como el Carnicerías, La Abeja, Tirriáná, Nancuya, Piedras Negras, Mecasaragua y Arenales, los cuales en periodo seco no aportan aguas al riego de la plantación.

5.2. DESARROLLO DEL BALANCE HÍDRICO

Para llevar a cabo los planes de balance hídrico para la plantación Unipalma de los Llanos S.A. fue necesario la información de los suelos, la cual se tomó del estudio detallado contratado con Cenipalma, y a su vez datos climatológicos de las unidades empresariales a partir de estaciones climatológicas remotas y pluviómetros distribuidos de forma tal, que cubren la totalidad del área, la metodología a seguir se presenta en la figura 4.

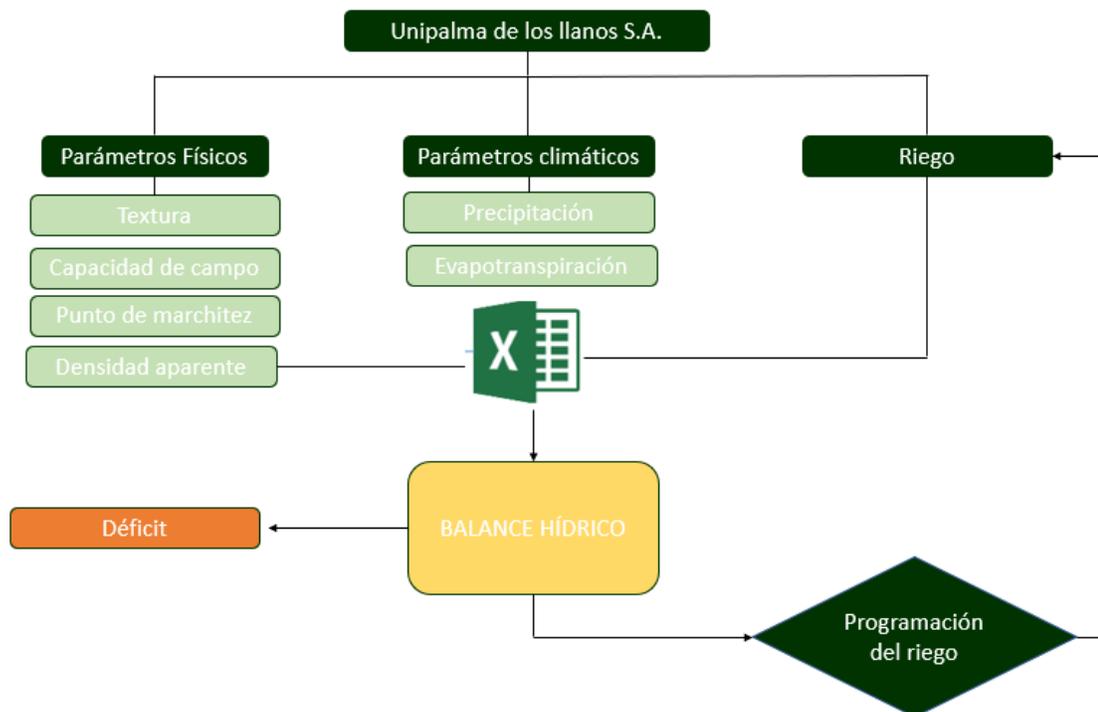


Figura 4. Metodología para el balance Hídrico

Fuente: López, 2017; modificado por el autor

La formulación del balance hídrico que se utilizó es la del método exponencial de Thornthwaite y Mather, adaptada al cálculo diario empleadas por Fullat y Moreno, (2015) y Alfaro, (2017).

5.3. LEVANTAMIENTOS DE OBRAS PRINCIPALES

Primero se identificó la zona con servicios de visualización cartográfica (Google Earth); para el levantamiento se contó con el acompañamiento del supervisor de riego y dos auxiliares mediante recorridos de campo en un periodo total de 1 mes, tomando como puntos de partida las bocatomas de captación de agua hasta los repartidores y compuertas para el riego (figura 5).



Figura 5. Acompañamiento del personal en la labor de identificación de obras

El levantamiento se hizo con un GPSmap 60Csx siguiendo la metodología de Matiz, 2015 (Figura 6).



Figura 6. GPS para la identificación de obras

5.3.1. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Una vez realizados los recorridos de campo, la información de la identificación, reconocimiento y evaluación de las distintas estructuras se llevó a la oficina para su ordenamiento por unidad empresarial y su compilación en Excel con coordenadas y demás detalles. Paso seguido, todos los puntos coordenados se posicionaron en el *Google Earth* para la verificación espacial y finalmente se exportaron a un archivo tipo *shape file* en *Quantum Gis* (Qgis) (figura 7).



Figura 7. Metodología para levantamiento de obras

5.4. DETERMINACIÓN DE LA GRILLA PARA POZOS DE OBSERVACIÓN

5.4.1. Determinación de la zona de estudio

El estudio de los niveles freáticos se llevó a cabo en la plantación Unipalma de los Llanos S.A. con un área aproximada de seis mil hectáreas brutas (6000 hectáreas) cuya actividad agrícola es el cultivo de la palma de aceite.

5.4.2. Construcción de la cuadrícula

Para determinar la posición de los pozos de observación, se realizó una cuadrícula sobre el área de estudio que permitió cumplir con el criterio de campo de tener como mínimo cincuenta pozos en cien hectáreas y cien pozos en diez mil hectáreas (Torrente, 2017). Según lo anterior, se realizaron cuadrículas de 750x750 metros las cuales cubren un área de cincuenta y seis hectáreas (56 hectáreas), con posibilidad de detallar cuadrículas de 375x375 metros. La cuadrícula se diseñó en el programa *Quantum gis* (Qgis). Los análisis e implementación de los pozos de observación se realizaron de acuerdo con las metodologías planteadas por Ortegón (2004) y Torres (2014).

6. RESULTADOS Y ANÁLISIS

6.1. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DE LA ZONA

El clima de la zona de estudio es húmedo tropical y se caracteriza por temperaturas moderadas altas, lluvias abundantes y humedad relativa alta. El ciclo de lluvia se inicia en abril y termina a finales de noviembre. Los meses más lluviosos son abril, mayo, junio, septiembre y octubre; con lluvias menos intensas en los meses de Julio y agosto.

En este orden de ideas, el cultivo de Palma Africana requiere de abundantes precipitaciones bien distribuidas, temperaturas cálidas, humedad relativa alta, nubosidad moderada, brillo solar normal y vientos ligeros (anexos 3 y 4). La interpretación del clima local y de sus alrededores se hizo con base en los datos meteorológicos tomados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) en la estación climatológica del Japón, localizada a 17.5 Km de Santa Bárbara y a 15 Km de Chaparral. También se analizaron los datos meteorológicos tomados en las estaciones climatológicas ubicadas dentro de las plantaciones de Santa Bárbara y Chaparral.

6.1.1. Temperatura

En el periodo de observaciones meteorológicas para la hacienda Santa Bárbara, apoyados con la estación Hacienda La Cabaña (IDEAM) (30 años), se obtuvo una temperatura media anual de 26,3°C, una media máxima mensual de 33,3°C en febrero y una media mínima mensual de 21°C en julio. La temperatura máxima absoluta es de 35,9°C ocurrida en el mes de febrero de 2007 y la mínima absoluta 18.7°C en diciembre de 2014.

Durante el periodo de lluvias se presenta un descenso de temperatura con valores ligeramente por debajo del promedio anual. En el periodo de sequía, las temperaturas alcanzan valores entre los 24.4° y 27.8°C. No obstante, por las fluctuaciones de temperaturas durante el año, el clima se define del tipo húmedo tropical (anexos 5 y 6).

La temperatura histórica de 30 años para la plantación muestra que es adecuada para el cultivo de la palma, ya que sus valores máximos y mínimos corresponden al rango óptimo del cultivo definido por Corley y Tinker (2003), quienes afirman que la mejor gama de temperatura media es de 24 a 28°C, aunque la palma se puede desarrollar con temperaturas mínimas y máximas fuera del rango en las diferentes zonas palmeras del país (anexo 7).

6.1.2. Precipitación y Evapotranspiración

De la información meteorológica del periodo 1985 – 2015 en las estaciones climatológicas de Santa Bárbara, Chaparral y Japón, se obtiene una precipitación promedio anual de 2587 mm en la hacienda Santa Bárbara y 2846 mm en la hacienda Chaparral. No obstante, en los promedios anuales, la distribución mensual de la precipitación, guardan relación marcada en cuanto a los periodos de lluvia y sequía que se identificaron. En las dos áreas de influencia la época lluviosa ocurre durante siete meses seguidos (abril, mayo, junio, julio, agosto, septiembre y octubre) y cinco meses por debajo del promedio mensual (noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo), la sequía se intensifica en los meses de diciembre, enero, febrero y marzo.

La evapotranspiración en la zona de estudio para los cuatro (4) meses de sequía es de 5 mm/día en promedio, lo cual permitió determinar que el requerimiento hídrico mínimo de la palma son 150 mm/mes, equivalente a 350 litro*palma/día (anexo 8 y 9).

Enfrentando los datos históricos de precipitación y evapotranspiración potencial mensual multianual se establece el balance hídrico climático, que permite definir las épocas de deficiencia, y el gráfico se complementa con la precipitación ideal que debería caer en cada uno de los meses del año, lo que permite ver que se tienen déficits significativos, pero en la época lluviosa se debe tener un adecuado sistema de drenaje para evacuar los excesos (anexo 10).

6.2. BALANCE HÍDRICO

6.2.1. Estudio de suelos detallado (Escala 1:10.000)

El estudio fue realizado por Cenipalma en el año 2007, inicialmente con la finalidad de ajustar los planes de fertilización de las fincas, sin embargo, el estudio contenía toda la información de tipo físico lo cual sirvió como insumo para extraer propiedades físicas tales como la textura, la capacidad de campo, el punto de marchitez y densidad aparente necesarias para el desarrollo del balance hídrico.

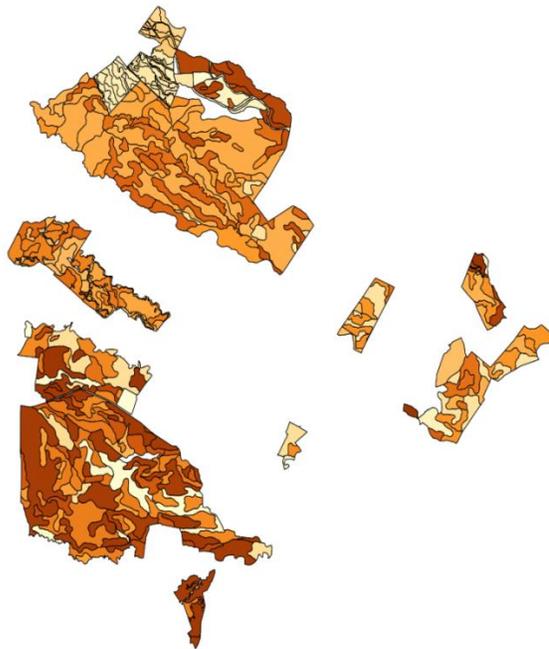


Figura 8. Mapa de Suelos Unipalma de los Llanos S.A.

Los entregables de este estudio fueron una serie de mapas (figura 8) que contenían unidades cartográficas de suelos (UCS), definidas como el conjunto de todas las delineaciones o polígonos de suelos que están identificadas por un mismo símbolo, dentro de las más importantes se encuentran las consociaciones que es entendida como la unidad integrada por un suelo dominante (50% o más) y suelos similares; además de una o más inclusiones de suelos disímiles, que sumadas, no deben representar más del 25% (Anexo 11).

La finalidad de la empresa fue obtener un balance hídrico por lote de cada Unidad empresarial, para lo cual fue necesario organizar la información de la forma más conveniente para este fin, sin modificar los datos originales del estudio de suelos. Para ello se organizaron tablas que seguían la secuencia lógica organizada de la siguiente manera, en primer punto la unidad empresarial, lo cual hace referencia a la hacienda, en segundo punto la unidad cartográfica la cual surge a partir del análisis de morfología y análisis de fotografías aéreas suministradas por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), en tercer punto el perfil que se realizó para sacar las muestras de suelos y finalmente toda la información de propiedades físicas de interés (Anexo 12 y 13).

Conociendo los símbolos totales de los suelos y la información por unidad empresarial de la plantación se procedió a unirlos para obtener una tabla de información más compacta que reflejó toda la información necesaria para caracterizar el suelo e incluirlo en el balance (Tabla 1).

Tabla 1. Asociación de consociaciones con propiedades físicas

<i>PERFIL</i>	<i>hacienda</i>	<i>símbolo</i>	<i>CC</i>	<i>PMP</i>	<i>textura</i>	<i>densidad aparente</i>
			(%)	(%)		(g/cm ³)
CPE1	Cuernavaca	CV6qrn	27	13	(F-L)	1,47
CPE2	Cuernavaca	RA7ln	26	14	(F-Ar-L)	1,46
CPE3	Cuernavaca	RH6jn,RH6hn, RH5jn,RH7hn	15	8	(F-A)	1,6
CPE4	Cuernavaca	NS7ln,NS7Jn,NS8ln	23	13	(F-Ar)	1,6
CPE5	Cuernavaca	CH7qrn,CH8qrn,CH6qrn,CH5qrn	22	14	(F-Ar)	1,6

PERFIL	hacienda	símbolo	CC	PMP	textura	densidad aparente
			(%)	(%)		(g/cm3)
CPE6	Cuernavaca	AL7hrn,AL8hrn	24	15	(Ar-L)	1,5
CPE7	Cuernavaca	PD5mn,PD6mpn, PD5mpn	19	8	(F-A)	1,5
CPE9	Cuernavaca	NY5jn, NY6jn	14	7	(F-A)	1,5
CPE10	Cuernavaca	PN7ln,PN6ln, PN5jn, PN7jn	24	12	(F)	1,4
CPE11	Cuernavaca	GL5ln,GL5la	21	10	(F-Ar-L)	1,6
CPE12	Cuernavaca	(CC-RH)6jn	26	12	(F-L)	1,5
CPE13	Cuernavaca	GU7jn, GU6jn, GU8jn	21	10	(F-Ar-L)	1,39
CPE14	Santa Barbara	AR7jrn, AR8hrin, AR8hn	34	22	(Ar-L)	1,3
CPE15	Santa Barbara	GA7hrn, GA8hrn, GA8hm	55	38	(Ar)	0,97
CPE16	Santa Barbara	SB6hn,SB7hn,SB8hn,SB6ln	18	13	(F-Ar-L)	1,7
CPE17	Santa Barbara	PO7hn,PO7jn	19	14	(F-Ar)	1,6
CPE18	Santa Barbara	(CL6h - TU7j)n, (CLh - TUj)7n, CL-TU	28	16	(F-Ar)	1,5
CPE19	Santa Barbara	LP6jrn, LP7jrn, LP7jrin, LP8jrn	25	15	(F-Ar)	1,2
CPE20	Santa Barbara	(CLh - TUj)7n	17	12	(F)	1,6
CPE21	Santa Barbara	PE6jrn,PE7jrn, PE7jra, PE8jrn	18	11	(F)	1,6
CPE22	Santa Barbara	LP7jrn	21	14	(F-Ar-L)	1,5
CPE23	Santa Barbara	SB7jn	20	13	(F-Ar-L)	1,5

Posteriormente el paso final para consolidar la información de los suelos fue asociar la información presentada en la tabla 1 a cada finca de las dos unidades empresariales. De las fincas fue necesario consultar la edad del cultivo, y así determinar la profundidad efectiva radicular, por ende, con esta información se pudo calcular la capacidad de almacenamientos de los suelos, variación de la reserva, las épocas de déficit y de excesos ingresando los datos de precipitación y evapotranspiración del cultivo en la hoja de balance hídrico (Anexo 14).

Tabla 2. Propiedades físicas asociadas a las fincas.

Símbolo	Lote	Finca	Edad	Textura	capacidad de campo	punto de marchitez	densidad aparente	Profundidad efectiva
					(%)	(%)	(g/cm3)	(mm)
CV6qrn	1	2013-A	adulta	(F-L)	27	13	1,47	600
CV6qrn	1	2002-C	adulta	(F-L)	27	13	1,47	600
CV6qrn	1	2008-D	adulta	(F-L)	27	13	1,47	600

<i>Símbolo</i>	<i>Lote</i>	<i>Finca</i>	<i>Edad</i>	<i>Textura</i>	<i>capacidad de campo</i>	<i>punto de marchitez</i>	<i>densidad aparente</i>	<i>Profundidad efectiva</i>
					(%)	(%)	(g/cm3)	(mm)
CV6qrn	1	2144-F	adulta	(F-L)	27	13	1,47	600
CV6qrn	1	2017-C	adulta	(F-L)	27	13	1,47	600
CV6qrn	1	2008-C	adulta	(F-L)	27	13	1,47	600
CV6qrn	1	2144-G	adulta	(F-L)	27	13	1,47	600
CV6qrn	1	2012-A	adulta	(F-L)	27	13	1,47	600
RH6jn	3	2044-E	adulta	(F-A)	15	8	1,6	600
RH6jn	3	2045-F	adulta	(F-A)	15	8	1,6	600
RH6jn	3	2045-E	adulta	(F-A)	15	8	1,6	600
RH6jn	3	2044-F	adulta	(F-A)	15	8	1,6	600
NS7Jn	4	2012-B	adulta	(F-Ar)	23	13	1,6	600
CH7qrn	5	2103-D	adulta	(F-Ar)	22	14	1,6	600
CH7qrn	5	2023-D	joven	(F-Ar)	22	14	1,6	500
CH7qrn	5	2007-D	adulta	(F-Ar)	22	14	1,6	600
CH7qrn	5	2016-C	joven	(F-Ar)	22	14	1,6	500
CH7qrn	5	2030-C	joven	(F-Ar)	22	14	1,6	500
CH7qrn	5	2050-A	adulta	(F-Ar)	22	14	1,6	600
CH7qrn	5	2123-E	adulta	(F-Ar)	22	14	1,6	600
CH7qrn	5	2015-D	joven	(F-Ar)	22	14	1,6	500
CH7qrn	5	2003-A	adulta	(F-Ar)	22	14	1,6	600
CH7qrn	5	2005-B	adulta	(F-Ar)	22	14	1,6	600
CH7qrn	5	2003-B	adulta	(F-Ar)	22	14	1,6	600
CH7qrn	5	2027-B	joven	(F-Ar)	22	14	1,6	500
CH7qrn	5	2022-C	joven	(F-Ar)	22	14	1,6	500
CH7qrn	5	2122-D	adulta	(F-Ar)	22	14	1,6	600
CH7qrn	5	2019-B	joven	(F-Ar)	22	14	1,6	500
CH7qrn	5	2071-B	joven	(F-Ar)	22	14	1,6	500
CH7qrn	5	2043-A	joven	(F-Ar)	22	14	1,6	500
CH7qrn	5	2007-C	adulta	(F-Ar)	22	14	1,6	600
CH7qrn	5	2023-C	joven	(F-Ar)	22	14	1,6	500
CH7qrn	5	2102-B	adulta	(F-Ar)	22	14	1,6	600
CH7qrn	5	2043-C	joven	(F-Ar)	22	14	1,6	500
CH7qrn	5	2102-C	adulta	(F-Ar)	22	14	1,6	600
CH7qrn	5	2004-A	adulta	(F-Ar)	22	14	1,6	600

6.2.2. DESARROLLO DEL BALANCE

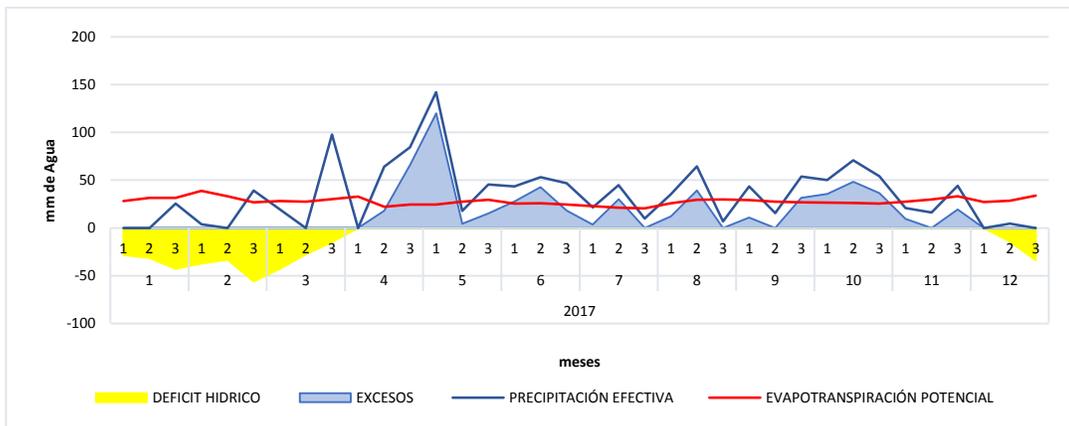
En el periodo correspondiente al año 2017, en el cual se desarrolló el diagnóstico, se obtuvieron datos del balance hídrico a partir de la vinculación de los parámetros de clima y de suelo, la intención de hacerlo de forma decadiaria fue para caracterizar las unidades empresariales en cuanto a informar los valores de déficit y excesos que ocurrieron para ser incluido como uno de los soportes de las variaciones en la producción de aceite crudo de palma al cierre del año. para este caso se tomó un dato promedio de capacidad de almacenamiento de 80 mm y los datos de precipitación de la estación automática Davis Vantage pro2 plus de la hacienda santa Bárbara (tabla 3).

Tabla 3. Balance hidrológico decadiario hacienda santa Barbara

AÑO	MES	DECADIARIO	PRECIPITACIÓN	PRECIPITACIÓN EFECTIVA	EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL	DEFICIT HIDRICO	EXCESOS
			(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
2017	ENERO	TOTAL ENERO	56	25,4	91,1	-102,5	0,0
2017	ENERO	1	8,8	0,0	28,3	-28,3	0,0
2017	ENERO	2	0,6	0,0	31,4	-31,4	0,0
2017	ENERO	3	46,6	25,4	31,4	-42,8	0,0
2017	FEBRERO	TOTAL FEBRERO	76,4	43,1	98,9	-126,6	0,0
2017	FEBRERO	1	7,6	3,9	39,0	-37,3	0,0
2017	FEBRERO	2	0,6	0,0	33,2	-33,2	0,0
2017	FEBRERO	3	68,2	39,2	26,7	-56,1	0,0
2017	MARZO	TOTAL MARZO	220,8	117,2	86,0	-85,3	0,0
2017	MARZO	1	34,4	19,6	28,3	-42,8	0,0
2017	MARZO	2	12,4	0,0	27,6	-27,6	0,0
2017	MARZO	3	174	97,6	30,1	-14,9	0,0
2017	ABRIL	1	3,4	0,0	32,9	0,0	0,0
2017	ABRIL	2	115	64,2	22,1	0,0	17,9
2017	ABRIL	3	148,8	84,3	24,4	0,0	66,1
2017	MAYO	TOTAL MAYO	352,6	205,5	81,4	0,0	139,5
2017	MAYO	1	239,2	142,1	24,4	0,0	119,9
2017	MAYO	2	34	17,9	27,6	0,0	4,4
2017	MAYO	3	79,4	45,5	29,4	0,0	15,2
2017	JUNIO	TOTAL JUNIO	253,8	143,1	75,9	0,0	88,7
2017	JUNIO	1	76,6	43,3	25,6	0,0	27,7
2017	JUNIO	2	96	53,1	25,8	0,0	42,7
2017	JUNIO	3	81,2	46,6	24,5	0,0	18,2
2017	JULIO	TOTAL JULIO	146,08	76,1	64,4	0,0	33,6
2017	JULIO	1	42	21,4	22,8	0,0	3,6
2017	JULIO	2	79,03	44,8	21,1	0,0	30,1
2017	JULIO	3	25,05	10,0	20,6	0,0	0,0
2017	AGOSTO	TOTAL	186,4	106,5	85,1	0,0	51,4

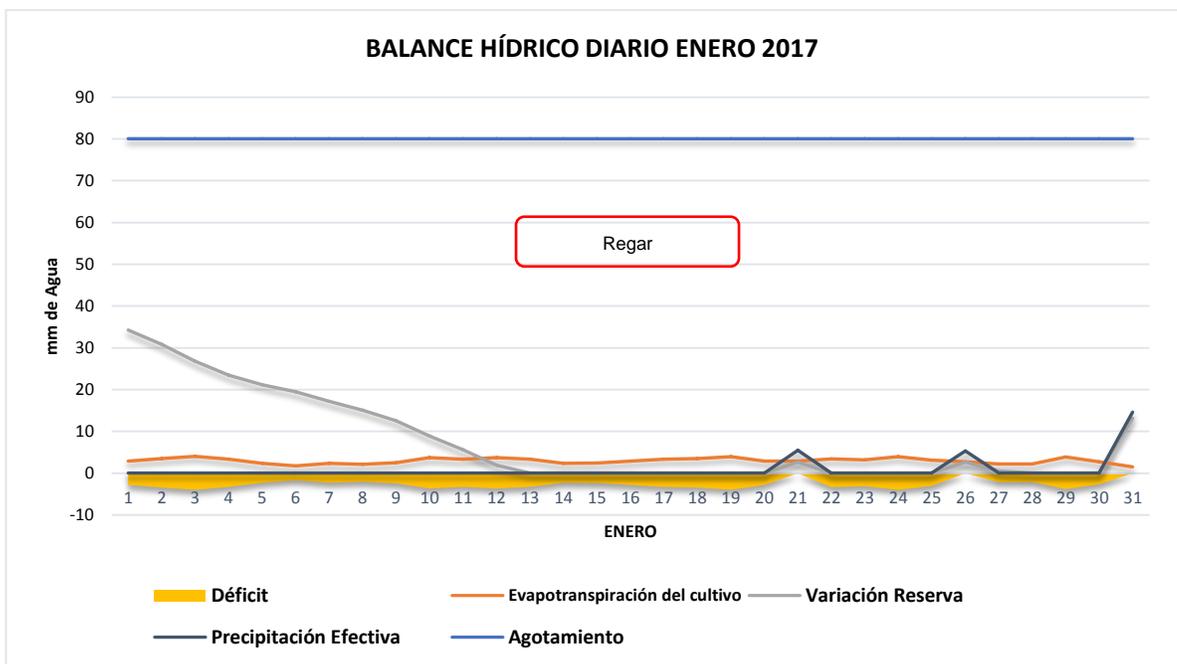
AÑO	MES	DECADIARIO	PRECIPITACIÓN (mm)	PRECIPITACIÓN EFECTIVA (mm)	EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL (mm)	DEFICIT HIDRICO (mm)	EXCESOS (mm)
AGOSTO							
2017	AGOSTO	1	65,4	35,2	25,8	0,0	12,1
2017	AGOSTO	2	106,4	64,3	29,5	0,0	39,2
2017	AGOSTO	3	14,6	7,0	29,9	0,0	0,0
2017	SEPTIEMBRE	SEPTIEMBRE	201,2	112,7	83,4	0,0	42,4
2017	SEPTIEMBRE	1	73,6	43,6	29,0	0,0	10,9
2017	SEPTIEMBRE	2	31	15,4	27,5	0,0	0,0
2017	SEPTIEMBRE	3	96,6	53,7	26,9	0,0	31,5
2017	OCTUBRE	TOTAL OCTUBRE	315,4	175,2	78,2	0,0	120,3
2017	OCTUBRE	1	95	50,3	26,4	0,0	35,6
2017	OCTUBRE	2	127	70,9	26,2	0,0	48,3
2017	OCTUBRE	3	93,4	54,1	25,6	0,0	36,4
2017	NOVIEMBRE	NOVIEMBRE	141,8	81,0	90,3	0,0	28,9
2017	NOVIEMBRE	1	34,8	20,8	27,4	0,0	9,5
2017	NOVIEMBRE	2	34	16,1	29,8	0,0	0,0
2017	NOVIEMBRE	3	73	44,1	33,1	0,0	19,4
2017	DICIEMBRE	DICIEMBRE	19,3	4,5	89,8	-48,2	0,0
2017	DICIEMBRE	1	4,8	0,0	27,3	0,0	0,0
2017	DICIEMBRE	2	11,4	4,5	28,6	-14,2	0,0
2017	DICIEMBRE	3	3,1	0,0	33,9	-33,9	0,0
TOTAL 2017			2236,98	1238,729523	1003,887	362,4743	588,7589

Con estos datos y teniendo en cuenta que no fue un año de fenómeno ENSO (El Niño - La Niña), el valor de la precipitación se encuentra dentro de los valores normales para la zona, siendo este valor de 2236 mm, clasificado como altamente conveniente para el cultivo (Goh, 2000) como se citó en (Corley y Tinker, 2003), una pérdida por evapotranspiración potencial de 1003 mm, y un déficit hídrico de 362.47 mm, muy por encima del permisible que es de 150 mm/año lo cual causa efectos significativos en la reducción del peso promedio de racimos de fruta fresca (RFF) y se cuantifico un exceso de 588 mm el cual se presentó ante la junta como parcialmente drenado, a causa de que no toda la red de drenaje fue incluida en el mantenimiento del año.



Gráfica 1. Balance hidrológico decadiario año 2017

En la gráfica 1 se muestran los datos para dar soporte a los valores obtenidos en la tabla 3, ya que como se mencionó anteriormente el balance hídrico es usado por la empresa para presentar informes de junta directiva o socialización de la oferta climática en lo que se refiere a precipitación y las relaciones hídricas en el suelo con otros productores asociados al núcleo palmero Unipalma.



Gráfica 2. Variación de la reserva en el mes de Enero

Tabla 4. Balance hídrico diario - Enero

Fecha	P	Pe	Etc	Au	Da	PE	LAA	D	Estado De Reserva	VR	E	UR	Labor
	(mm)	(mm)	(mm)	(%)	(g/cm3)	(mm)	(mm)	(mm)		(mm)	(mm)	(mm)	
01-ENE	1,8	0	2,8	12	1,7	600	122,4	-2,8	deficiente	34,2	0	80	Regar
02-ENE	0,2	0	3,4	12	1,7	600	122,4	-3,4	deficiente	30,7	0	80	Regar
03-ENE	0	0	4,0	12	1,7	600	122,4	-4,0	deficiente	26,7	0	80	Regar
04-ENE	0	0	3,3	12	1,7	600	122,4	-3,3	deficiente	23,4	0	80	Regar
05-ENE	0,4	0	2,3	12	1,7	600	122,4	-2,3	deficiente	21,1	0	80	Regar
06-ENE	4,4	0	1,6	12	1,7	600	122,4	-1,6	deficiente	19,4	0	80	Regar
07-ENE	1,8	0	2,2	12	1,7	600	122,4	-2,2	deficiente	17,1	0	80	Regar
08-ENE	0	0	2,0	12	1,7	600	122,4	-2,0	deficiente	15,0	0	80	Regar
09-ENE	0,2	0	2,5	12	1,7	600	122,4	-2,5	deficiente	12,5	0	80	Regar
10-ENE	0	0	3,6	12	1,7	600	122,4	-3,6	deficiente	8,8	0	80	Regar
11-ENE	0	0	3,2	12	1,7	600	122,4	-3,2	deficiente	5,5	0	80	Regar
12-ENE	0	0	3,6	12	1,7	600	122,4	-3,6	deficiente	1,8	0	80	Regar
13-ENE	0	0	3,3	12	1,7	600	122,4	-3,3	deficiente	0	0	80	Regar
14-ENE	0	0	2,3	12	1,7	600	122,4	-2,3	deficiente	0	0	80	Regar
15-ENE	0,6	0	2,4	12	1,7	600	122,4	-2,4	deficiente	0	0	80	Regar
16-ENE	0	0	2,8	12	1,7	600	122,4	-2,8	deficiente	0	0	80	Regar
17-ENE	0	0	3,3	12	1,7	600	122,4	-3,3	deficiente	0	0	80	Regar
18-ENE	0	0	3,4	12	1,7	600	122,4	-3,4	deficiente	0	0	80	Regar
19-ENE	0	0	3,9	12	1,7	600	122,4	-3,9	deficiente	0	0	80	Regar
20-ENE	0	0	2,8	12	1,7	600	122,4	-2,8	deficiente	0	0	80	Regar
21-ENE	9,8	5,4	2,8	12	1,7	600	122,4	0	deficiente	2,6	0	80	Regar
22-ENE	0,2	0	3,3	12	1,7	600	122,4	-3,3	deficiente	0	0	80	Regar
23-ENE	0	0	3,1	12	1,7	600	122,4	-3,1	deficiente	0	0	80	Regar
24-ENE	0	0	3,9	12	1,7	600	122,4	-3,9	deficiente	0	0	80	Regar
25-ENE	2,2	0	3,1	12	1,7	600	122,4	-3,1	deficiente	0	0	80	Regar
26-ENE	9,6	5,3	2,7	12	1,7	600	122,4	0	deficiente	2,6	0	80	Regar
27-ENE	1	0	2,1	12	1,7	600	122,4	-2,1	deficiente	0,4	0	80	Regar
28-ENE	0	0	2,1	12	1,7	600	122,4	-2,1	deficiente	0	0	80	Regar
29-ENE	0	0	3,8	12	1,7	600	122,4	-3,8	deficiente	0	0	80	Regar
30-ENE	0	0	2,6	12	1,7	600	122,4	-2,6	deficiente	0	0	80	Regar
31-ENE	23,8	14,6	1,47	12	1,7	600	122,4	0	deficiente	13,1	0	80	Regar

P: precipitación; **Pe:** precipitación efectiva; **Etc:** Evapotranspiración del cultivo; **Au:** Agua útil; **Da:** Densidad aparente; **PE:** profundidad efectiva radicular; **LAA:** lamina almacenada; **D:** déficit; **VR:** Variación de la reserva; **E:** Excesos; **UR:** Umbral de riego

En la gráfica 2 se puede apreciar que la variación de la reserva en uno de los meses de sequía se mantiene por debajo del agotamiento, tomando como criterio el 33% del agotamiento de la lámina que puede almacenar para aplicar riego. La gráfica no presenta las aplicaciones de riego ya que cuantificar las láminas en riegos superficiales (inundación) es dispendioso. La grafica también permite ver que las lluvias ocurridas en el mes de Enero no son suficientes para mantener una óptima humedad del suelo.

El balance hídrico diario por lote de cada una de las unidades empresariales pertenecientes a la empresa Unipalma, permitió determinar la época del inicio del riego a partir de la finca más crítica en lo que se refiere a su capacidad de retener agua, de igual manera permitió mostrar de forma más técnica que las fincas de texturas gruesas (figura 9) requieren un sistema de riego diferente al de inundación, ya que sus frecuencias de riego son más cortas y su reserva se agota con más facilidad, esto se graficó y se socializó en una presentación ejecutiva.

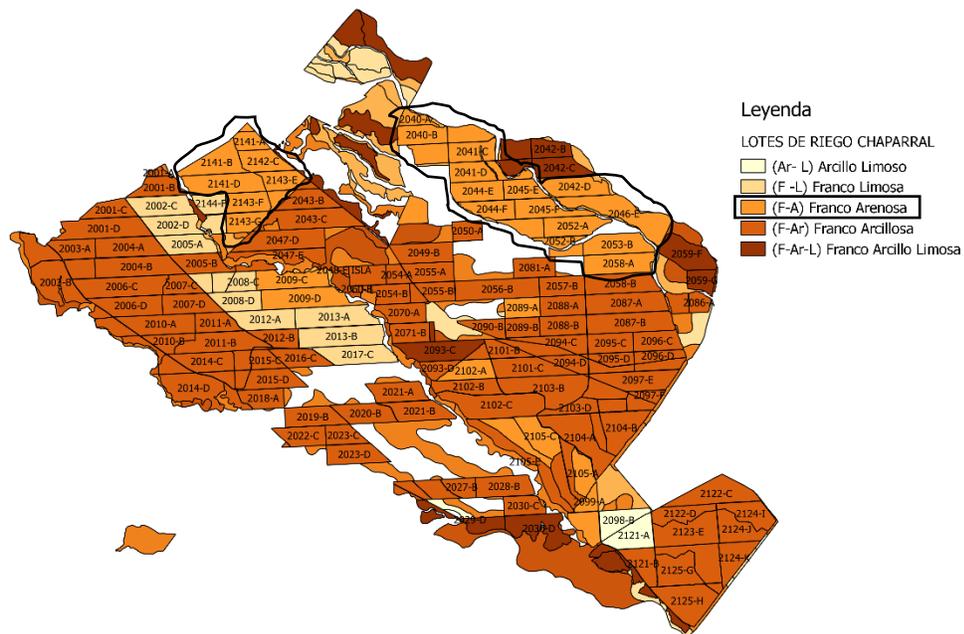


Figura 9. Identificación de zonas con texturas gruesas.

6.3. LEVANTAMIENTO DE LAS PRINCIPALES OBRAS

La información obtenida producto del diagnóstico de las compuertas de la hacienda Chaparral (anexo 15) y la hacienda Santa Bárbara (anexo 16), se consignó en un formato que permitió evaluar la funcionalidad en tiempo de sequía (riego) y el estado físico de las estructuras. Las compuertas construidas a largo del tiempo tienen un diseño sencillo en forma de una equis (X) (Figura 10), encontrándose la garganta de la compuerta en la intersección de la X, cuatro aletas en concreto reforzado, dos que encausan el agua y dos que estabilizan el flujo después de pasar por la garganta, y el solado, conformado de un concreto ciclópeo y el piso en concreto simple, en el diagnóstico se evaluó el estado de las aletas y el solado que son las dos partes de la compuerta que más se afectan por las actividades de riego-drenaje para lo cual fueron construidas.

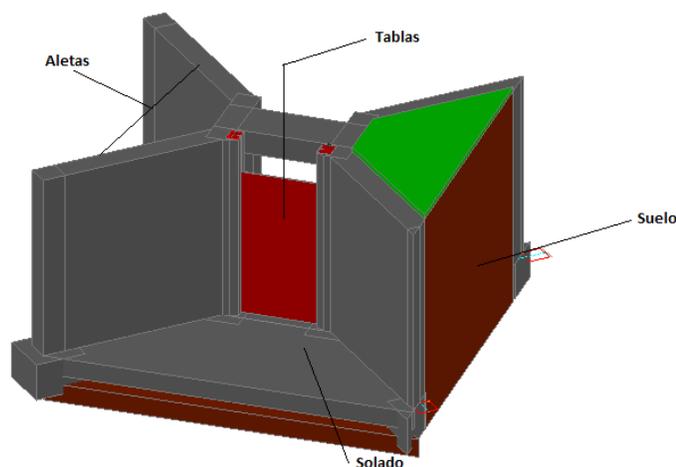


Figura 10. Compuerta tipo plantación Unipalma

Juntamente con los criterios presentados en la tabla 5, sobre el estado de las compuertas, se aprecia que no existe un control sobre los mantenimientos debido a que no se habían diagnosticado y reconocido en el campo, la información reposa en manos de los trabajadores, quienes se aproximan al tiempo de su pensión, motivo por el cual la información se pierde, y es por ello necesario documentar para las nuevas generaciones de trabajadores.

Tabla 5. Criterios para el diagnóstico de las compuertas

ELEMENTO DE COMPUERTA	ESTADO	OBSERVACIÓN
SOLADO	BUENO	No presenta agrietamientos notorios, la capa de concreto simple está en buen estado, no hay filtración de agua en época de riego, funcional en época de riego
	REGULAR	Algunas grietas, desgaste parcial de la capa de concreto simple, filtra el agua, se deben hacer adecuaciones previas al inicio del riego
	MALO	presenta grietas y rupturas, desgaste total de la capa de concreto simple, no funcional en la época del riego
ALETAS	BUENO	No presenta agrietamientos notorios, está en su posición original, funciona en época de riego
	REGULAR	Algunos agrietamientos, inclinaciones o desplazamiento leves con referencia a la posición original, se deben hacer adecuaciones previas al inicio del riego
	MALO	partida, caída, se debe construir nuevamente, no funcional en la época del riego

Del total de las compuertas identificadas, se aprecia que el mayor deterioro está localizado en el solado de concreto y en las aletas de las compuertas, el solado es afectado especialmente en la época de riego, ya que el sistema de cierre es por medio del uso de tablas (figura 11) , las cuales elevan el nivel del agua, hasta ocasionar un rebose, en este punto el agua gana energía potencial y el impacto continuo por periodos de 2 a 3 días, repitiendo esta operación unas 5 o 6 veces en un periodo de 3 meses, causa erosión en el concreto (figura 12)



Figura 11. Sistema de cierre de compuertas de riego



Figura 12. Erosión del solado en época de riego

Por otra parte, las aletas se ven afectadas en la temporada de lluvia, ya que no se pueden controlar los ingresos intempestivos de agua transportada por los diferentes canales, los cuales reciben agua, en primer punto por el canal principal de riego, que en esta época sirve como el drenaje de los potreros aguas arriba de la plantación y en segundo punto el escurrimiento propio dentro de los lotes de la plantación, estos volúmenes de agua son a causa de las altas precipitaciones en la zona.

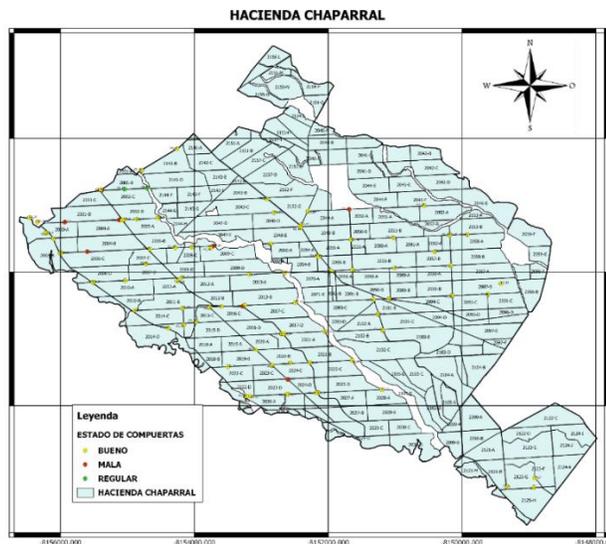


Figura 13. Estado de las compuertas hacienda Chaparral

El producto del diagnóstico fue una serie de planos donde se ubicaron espacialmente las compuertas, con información de su estado, dando un resultado de 101 compuertas, de las cuales el 70% están en buen estado, el 20% regular y el 10% están en mal estado, lo que indica que se deben construir nuevas estructuras (figura 13). El total de la base de datos para elaborar los mapas se muestra en el anexo 17.

Para facilitar la interpretación de la información, se realizaron planos por subzonas para tener mayor detalle de la ubicación y estado, y así conseguir convertir esto en un insumo para el desarrollo de las actividades diarias en campo (figura 14).

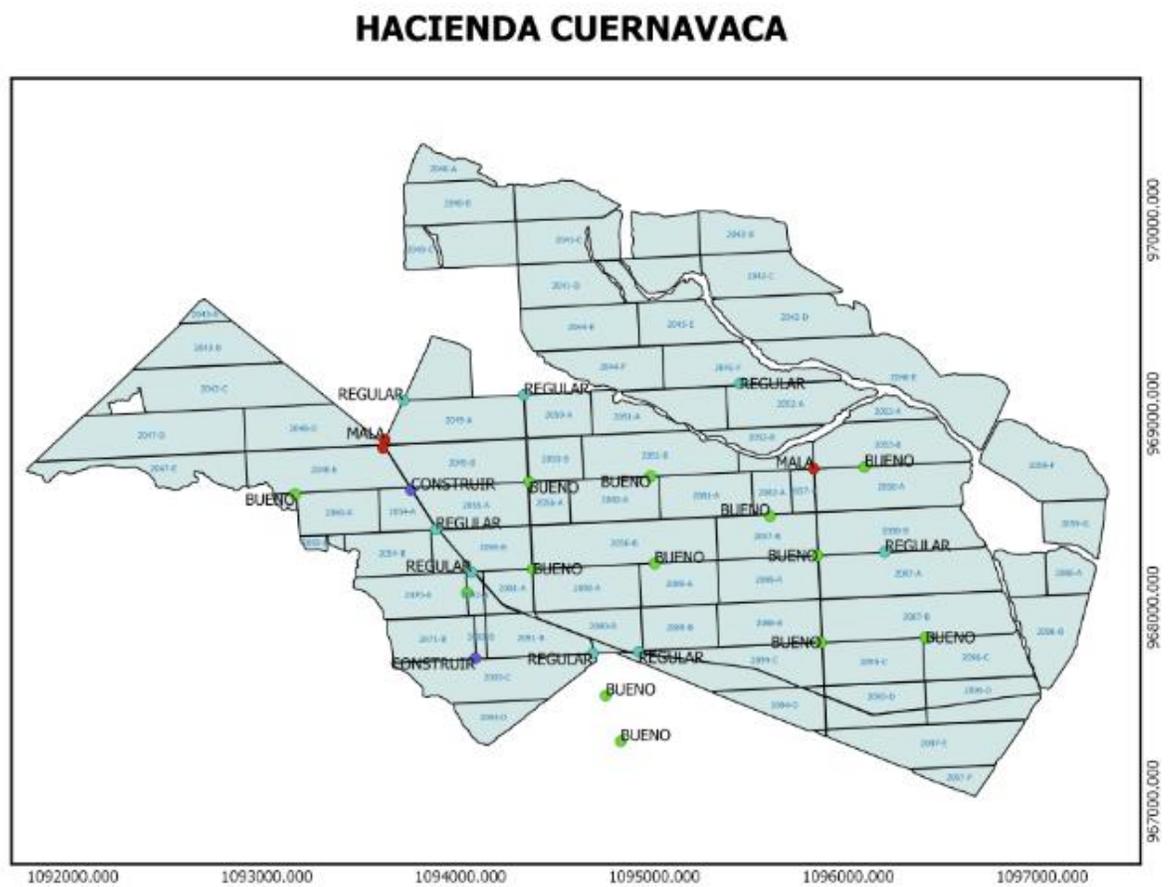


Figura 14. Estado de las compuertas hacienda Cuernavaca

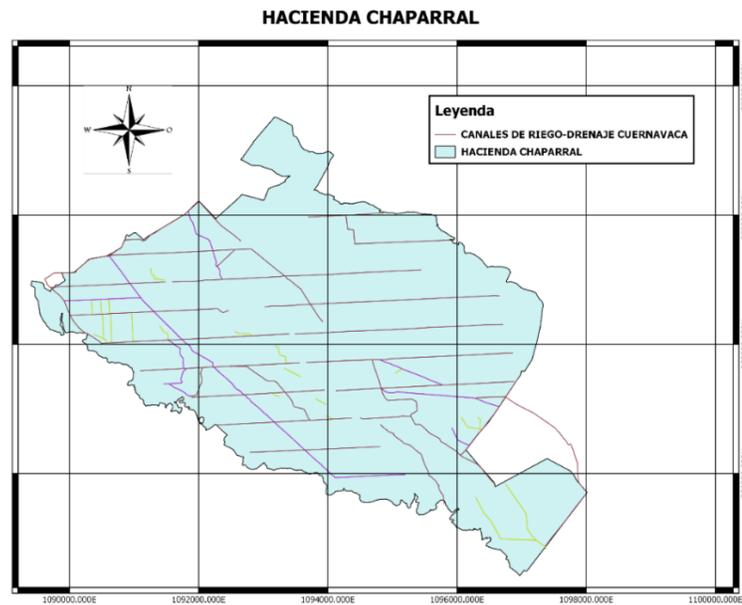


Figura 15. Canales principales Riego- Drenaje hacienda Chaparral

Siguiendo la metodología de matiz (2015), se logró obtener la identificación espacial de los principales canales de las unidades empresariales, llevándolos a una base de datos del programa Qgis para visualizar su ubicación espacial y cuantificar su longitud (anexo 18), resultando un plano de trazado hidráulico de los canales (figura 15). Dentro de los recorridos de campo se logró identificar que estos canales cumplen una doble funcionalidad, lo cual no permite ver con claridad el nivel de drenaje o riego que se tiene, sin embargo, se calculó la densidad de los canales por unidad de área de cada una de las unidades empresariales, dividiendo la longitud total de canales entre el área de la unidad empresarial (tabla 6).

Tabla 6. Longitud de canales y densidad hacienda Chaparral

ITEM	CANAL	LONGITUD
		(m)
1	principales riego-drenaje	75737
2	secundarios principales riego-drenaje	81225

ITEM	DENSIDAD	(m/ha)
3	Densidad de canal primario	30,2948
4	Densidad de canal secundario	32,49

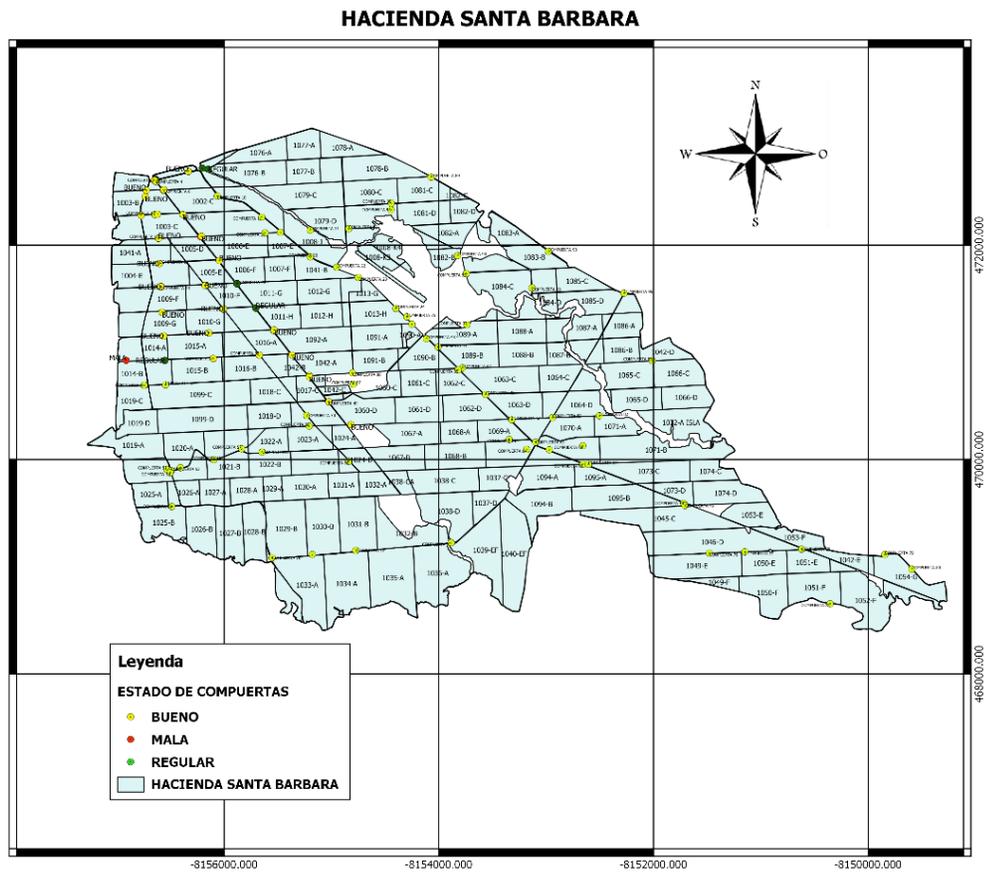


Figura 16. Compuertas hacienda Santa Bárbara

El diagnóstico de obras en la hacienda Santa Bárbara dio como resultado los siguientes planos, en la figura 16 se observa la ubicación espacial de las compuertas junto con su estado y una serie de planos por zonas para dar mayor detalle (figura 17). De las 99 compuertas evaluadas y consignadas en la base de datos (anexo 19), el 50% están en buen estado, el 28% están en estado regular para mantenimientos leves y el restante 22% en mal estado, lo que indica que se debe contratar para su construcción. De igual modo en la hacienda Santa Bárbara se trazaron los canales principales (figura 18) y se cuantifico su longitud y densidad (Tabla 7).

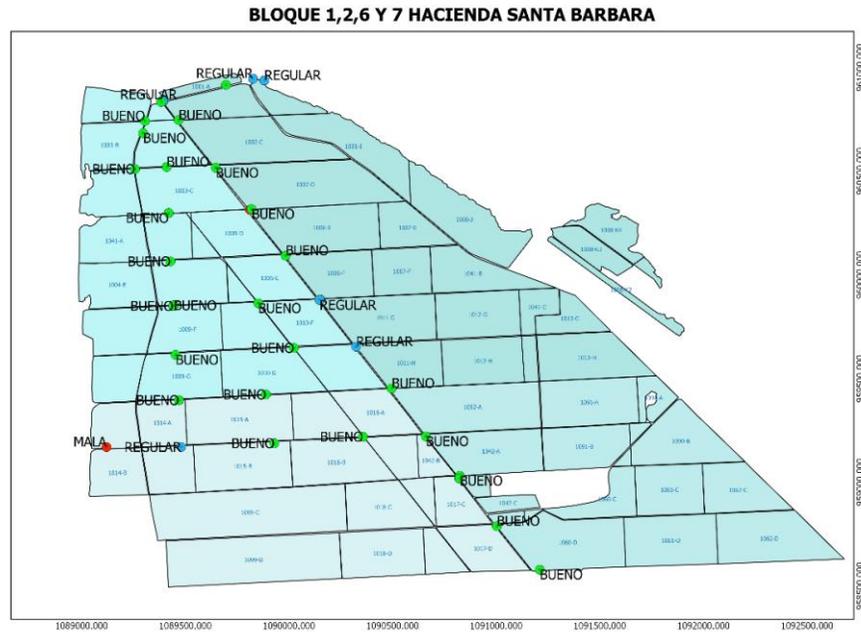


Figura 17. Compuertas detalladas hacienda Santa Bárbara

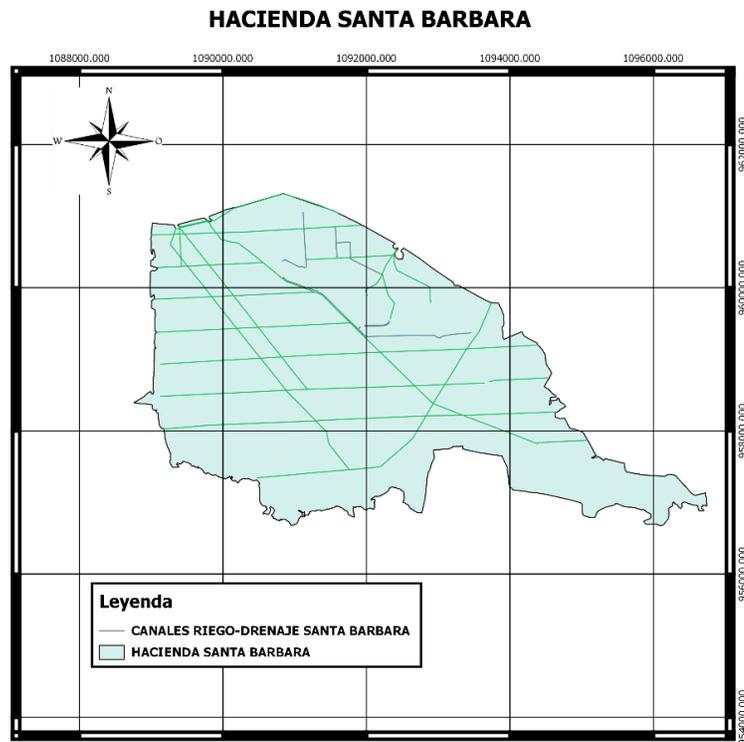


Figura 18. Canales principales riego- drenaje hacienda Santa Bárbara

Tabla 7. Longitud de canales y densidad hacienda Santa Barbara

ITEM	CANAL	LONGITUD
		(m)
1	principales riego-drenaje	50335
2	secundarios principales riego-drenaje	24755

ITEM	DENSIDAD	(m/ha)
3	Densidad de canal primario	28,0
4	Densidad de canal secundario	13,8

6.4. POZOS DE OBSERVACIÓN

Según Ortegón (2004), como regla general se recomienda la instalación de un freatómetro por cuatro hectáreas, buscando un cubrimiento de toda el área, e intensificar en los sectores donde el reconocimiento de campo y el análisis del plano topográfico prevengan sobre la existencia de problemas. Cada freatómetro debe quedar muy bien identificado en el campo y ubicado en el plano mediante coordenadas, además es necesario determinar su cota. Según esta información la plantación debía tener 1500 pozos, lo cual en términos de costos y logística de lectura es inviable. Para intentar aproximar la metodología, se recomienda aumentar la densidad de pozos a las zonas que se identifiquen como críticas para hacer el respectivo seguimiento al nivel freático y mejoras en los sistemas de drenaje.

Con la cuadrícula diseñada en el programa Qgis, se determinó un total de 118 pozos para las 6.000 hectáreas distribuidos cada 750 m, y cubriendo un área de 50 hectáreas cada pozo (figura 19).

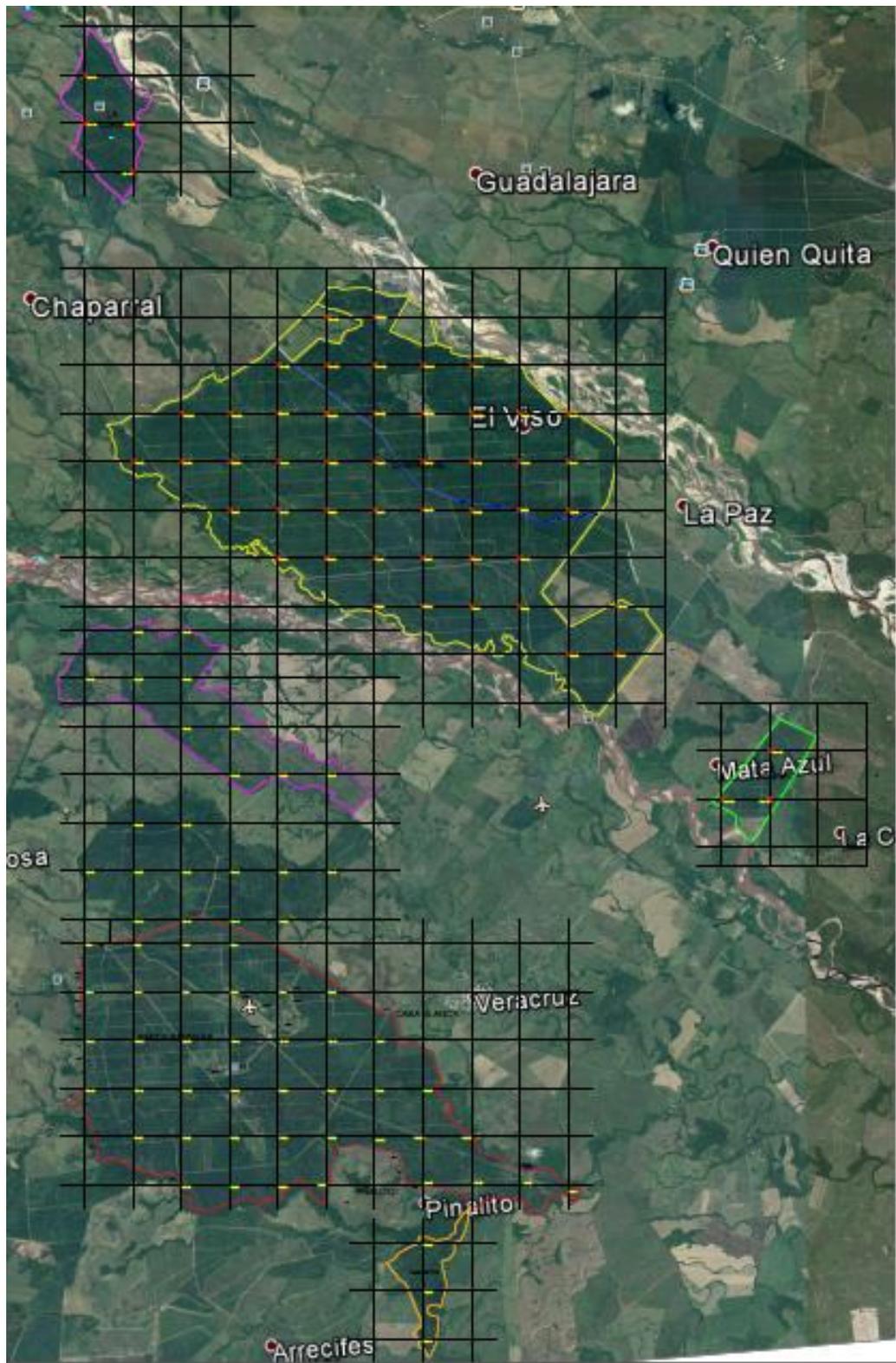


Figura 19. Cuadrícula de ubicación pozos de observación (freatímetros)

Una vez se determinó los puntos donde estarían los pozos, se procedió a la ubicación, la cual se estipula de la siguiente forma, finca, línea y palma para así dar las indicaciones a los trabajadores. Los pozos fueron replanteados de su lugar original cuando estaban cerca de fuentes hídricas y canales colectores para no tener aportes permanentes al nivel freático, diferente a la precipitación.

6.4.1. Verificación de la estratigrafía de los suelos típicos de la plantación

Con fines de drenaje es preciso contar con estudios de caracterización detallada de suelos con las diferentes unidades de suelos (Silva y Álvarez, 2015), para el caso particular Unipalma cuenta con un mapa detallado a escala 1: 1.000 con las unidades de suelo (figura 20).

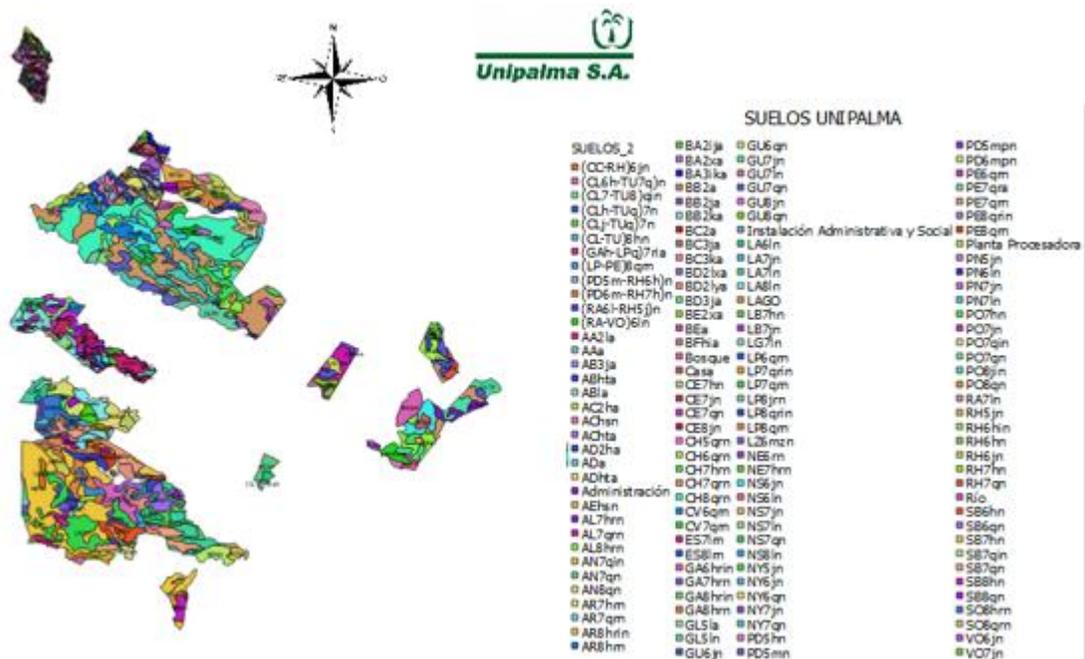


Figura 20. Unidades de suelo Unipalma

Fuente: Unipalma de los Llanos S.A. – estudio desarrollado por Cenipalma, (2007)

La verificación de la estratigrafía de los suelos de Unipalma permite como afirma Ortegón (2004), una visión espacial completa de la textura, color y espesor de los estratos del perfil del suelo hasta al menos dos metros de profundidad. Igualmente

se deben detectar la presencia y profundidad de capas impermeables y de capas de grava y arena. La descripción cuidadosa del perfil del suelo permite la identificación de capas de suelo someras endurecidas o muy arcillosas que pueden restringir el flujo vertical del agua y generar niveles freáticos "colgados" o al contrario estratos confinados, que al ser perforados permiten ascensos fuertes del agua, fenómeno conocido como artesianismo o subpresión.

Para la construcción de las columnas estratigráficas de los suelos de la plantación, se tomó como base la información del estudio detallado de suelos, Cenipalma (2007). Se presentan dos columnas, la textura y el espesor de los estratos, en la columna del costado izquierdo se asignó un color para cada clase textural y en la del lado derecho se clasificaron las texturas dentro de los grupos de suelos livianos (A, FA, AF), medianos (F, FArA, FArL, FL, ArA) y pesados (ArL, Ar, FAr) para analizar la información de forma más rápida.

Los suelos de la plantación varían en la profundidad en los estratos, ya que existen suelos que sufren el efecto de los ríos Humea y Guacavía, como consecuencia de que hace 50 años eran playa del río, lo que indica que tienen un perfil A poco profundo y alto contenido de arena y gravas. Los suelos de mayor profundidad se encuentran en el centro de la plantación y zonas alejadas de la influencia de los ríos, aunque todos provienen de la acumulación de sedimentos.

Analizar los perfiles de suelos permitió definir la profundidad de los pozos y las zonas donde se exige excavación diferente al barreno para colocar el pozo, empleando retroexcavadora para lograr pasar la capa de grava.

Se observa que el 60% de los suelos tienen profundidad efectiva superior a los 100 cm, estos corresponden a los puntos de muestreo CPE2, CPE4, CPE5, CPE6, CPE10, CPE11, CPE13, CPE15, CPE16, CPE19, CPE21, CPE22, CPE23, el restante 40% no supera esta profundidad, evidenciando una capa de grava que

impide la perforación con el barreno y que no permite ver si existía suelo debajo de esta capa. De igual importancia, en el 56% los suelos son medianos y livianos, que corresponde a los puntos de muestreo CPE1, CPE2, CPE8, CPE9, CPE10, CPE12, CPE13, CPE20, CPE21, CPE22 y CPE23, y en el restante 44% los suelos son pesados (figura 21).

El 21% de los suelos presenta en su primer estrato [0-20 cm] una textura arcillosa, correspondiente a los puntos de muestreo CPE4, CPE10, CPE14, CPE15 y CPE17, lo cual en un cultivo perenne como la palma de aceite puede significar una compactación por acción de las labores de máquinas, la cosecha y la misma precipitación.

Los estratos rocosos favorecen el movimiento del agua subterránea y los excesos recargados por percolación profunda después de un fenómeno de precipitación, en los suelos de Unipalma, la profundidad de estos estratos varía desde los 32 cm hasta después de 160 cm (anexos 20, 21, 22, 23, 24 y 25). Después de tener caracterizados los 23 puntos de muestreo de suelos, se realiza la distribución espacial de los suelos, clasificándolos en pesados, medianos y livianos.

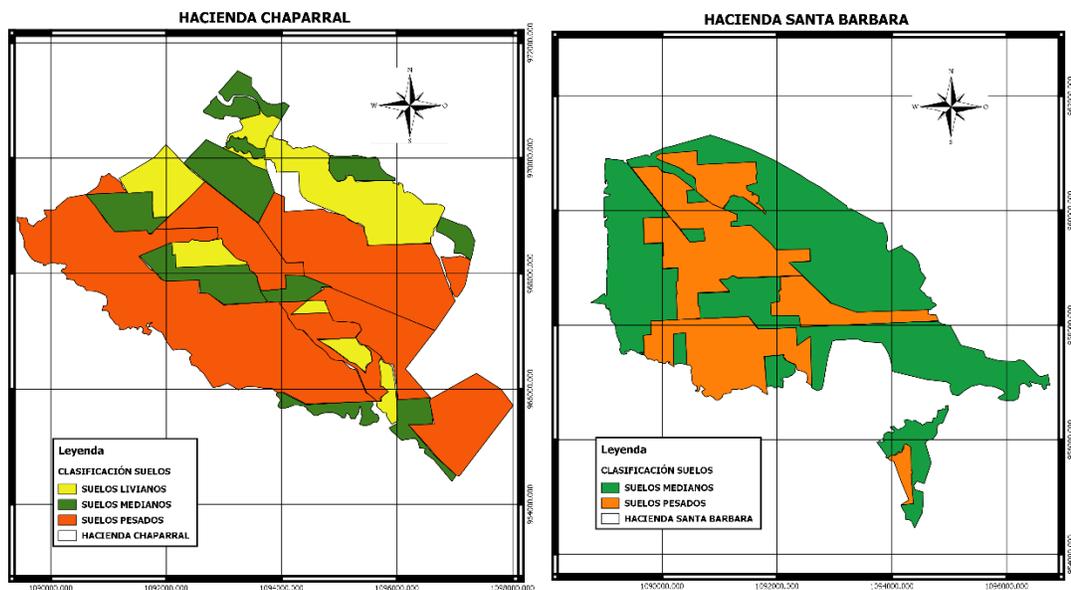


Figura 21. Clases de texturas en los suelos Unipalma

El conocimiento de la textura es un primer indicador de la mayor o menor fuerza que hacen las partículas para retener el agua, lo que incide en las velocidades de movimiento del agua internamente, a su vez a futuro va a permitir hacer análisis de comportamiento de nivel freático e incidencia de pudrición de cogollo (PC), en planos conjuntos, como resultados preliminares se encontró una alta relación de incidencias de PC con texturas pesadas.

6.4.2. Construcción e instalación de los pozos de observación

Los tubos de PVC se cortaron a una longitud de 2 m, se perforaron cada 10 cm con una broca de 0,95 cm, cubriendo el tubo de agujero en una longitud de 135 cm de la longitud total (figura 22 y 23).



Figura 22. Alistado de los pozos de observación

Al personal se le dio instrucción sobre los pasos a seguir, así:

- Medir tubos de 6 m de 2 pulgadas de diámetro y cortar en 3 partes iguales, quedando porciones de 2 m.
- Perforar los tubos con broca de 0,95 cm a cada 0.10 m, en una longitud de 1.35 m, correspondiente a las 3/4 partes de la longitud total, dejando 0.45 m sin perforar.
- Cortar lonas de fertilizantes con las medidas de 1,35 x 0,40 m.
- Pegar la lona plástica, asegurada con abrazaderas plásticas en los 1.35 m del tubo donde tiene las perforaciones, para evitar que el suelo se introduzca en el pozo de observación.

- Barrenar el suelo con una profundidad de 1.80 m para la instalación de los tubos.
- Colocar un tapón al tubo superior y dejar identificada la línea – palma donde se localizó.



Figura 23. Instalación de los pozos de observación

A partir de la instalación de los pozos en la hacienda Santa Bárbara, se trazaron mapas de isobatas para los primeros meses del año 2018. En el mes de febrero, en la zona oriente se presentó sequía y los niveles freáticos se abatieron por debajo de 1,0 m, con excepción de los pozos 7, 13 y 25. Esta acumulación en estos puntos, se debe al micro relieve con presencia de depresiones, los cuales se recargan por riego de inundación y el agua permanece por largos periodos, lo que mantiene los niveles freáticos altos, adicional a esto la ubicación de los pozos coincide con suelos medianos y pesados (anexo 26).

Por logística de la operación en la plantación, los primeros pozos en ser instalados fueron los de la hacienda Santa Bárbara y posterior a ello se instalaron en Chaparral, por lo cual las primeras lecturas de estos pozos se realizaron en el mes de Marzo. Para esta hacienda la precipitación fue de 259 mm, distribuidos en el día 5 con valor de 124,5 mm, día 7 con 8,7 mm y el día 8 con 21,8 mm, las lecturas fueron realizadas los días 12 y 13 marzo. Existen unos vacíos de datos debido a la presencia de grava gruesa a los 50 cm. Los pozos 71, 74 y 82

presentan mayor elevación de los niveles freáticos, esto se relaciona con la localización en suelos pesados, y la retención debida a los tapones y trinchos utilizados en el riego de la Hacienda (anexo 27).

7. CONCLUSIONES

Se logró identificar las estructuras principales que intervienen en el control y manejo del recurso hídrico en la plantación de palma de la empresa Unipalma de los Llanos S.A., las cuales son las compuertas de riego y los canales de riego - drenaje, junto con un reporte de su estado actual consignado en una base de datos en el programa Qgis. Se inventarió un total de 200 compuertas distribuidas en unas áreas de 4500 hectáreas y 207297 metros de canales con una densidad de distribución por área de 46.6 metros/ hectárea. Este trabajo diagnóstico permitió justificar los recursos para la construcción de las nuevas compuertas, así como la necesidad de clasificar y mejorar la red de drenaje y riego para hacer un mejor uso del recurso que esté acorde con las normativas de las corporaciones autónomas regionales (CAR).

Para poder medir la eficiencia de los drenajes existentes y la justificación de las nuevas intervenciones, la instalación de la red de pozos de observación siguiendo la cuadrícula de ubicación presentada en este trabajo, generó los resultados esperados, ya que los primeros resultados que fueron graficados estuvieron muy acordes con las zonas problemas ya identificadas por los trabajadores. De igual importancia, el personal quedó capacitado en cuanto a el funcionamiento de la red, y la frecuencia con la cual se deben leer, así como hacer los cálculos de la profundidad del nivel freático.

A partir de la información existente en la plantación, se logró formular en Excel el balance hídrico mensual, decadiario y diario para los diferentes fines solicitados por la Empresa. Este balance se convirtió en el insumo principal de los planes de manejo hídrico del cultivo para la administración de las actividades de campo, y planes de acción con fines de certificación en Mesa Redonda sobre Aceite de Palma Sostenible (RSPO por sus siglas en inglés). También permitió la identificación de zonas con baja capacidad de almacenar agua, con lo cual se

construyó un proyecto de inversión con el fin de instalar un sistema de riego por microaspersión en 50 hectáreas, y hacer las respectivas mediciones de estado hídricos del suelo y productivos del cultivo.

8. RECOMENDACIONES

Se recomienda el levantamiento altiplanimétrico del total de la plantación para conocer con más detalle las áreas y levantamiento total de las obras hidráulicas que permita actualizar el presente inventario de las posibles obras no georreferenciadas, con el objetivo de planear mejor el mantenimiento y las mejoras.

La lectura de los pozos de observación debe ser un trabajo prioritario que no se debe dejar de hacer en lo corrido de los años, para así lograr tener históricos de los niveles freáticos y que sean más precisas las delimitaciones de áreas afectadas, para planear y presupuestar la construcción de nuevos drenajes. De igual importancia verificar la eficiencia de los drenajes a través del tiempo por medio de planos isóbatas.

Usar el balance hídrico como una herramienta de decisión en actividades como la fertilización e inicio de la época y finalización del riego, complementándolo a futuro con aforos para involucrar el aporte de agua de riego en el balance detallado por lote.

A partir del diagnóstico de las estructuras de riego - drenaje existentes, realizar un plan de mantenimiento a largo plazo, en conjunto con el estudio topográfico y socializarlo con el total del personal involucrado en las actividades mencionadas.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Acosta, A. y Símonds, L. (2001). Estimación de patrones diarios de consumo de agua por las plantas, con base en mediciones detalladas de humedad y temperatura a diferentes profundidades del suelo. *Revista palmas*, 22(3), 9-27.
2. Alfaro, P. (2017). Metodología de cálculo del balance hídrico para el territorio nacional. instituto uruguayo de meteorología (INUMET). Uruguay, 14p.
3. Allen, R., Pereira, L., Raes, D., y Smith, M. (2006). Evapotranspiración del cultivo guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación – FAO, Roma.
4. Antonini, J.C.; Veloso, R.F. y Malaquías, J.V. (Noviembre de 2015). Productividade de óleo da palma de óleo cultivada com irrigação suplementar nas condições de clima tropical de savana. XXV congresso Nacional de Irrigação e drenagem. Sao cristobal, Brasil.
5. Cenipalma, (marzo de 2017). Desempeño del sector palmero colombiano. VI congreso internacional agropecuario panel “Bionergía mediante el uso de caña y palma. Obtenido de http://www.cenipalma.org/sites/default/files/files/Fedepalma/17032017_Desempe%C3%B1o%20del%20Sector%202016%20-%202017_Publicar%20P%C3%A1gina.pdf
6. Cenipalma. (2016). Mejores prácticas agroindustriales del cultivo de la palma de aceite en Colombia. Bogotá, D.C.: editorial Cenipalma.
7. Cleves, J.A.; Toro, J.; y Martínez, L.F. (2016). Los balances hídricos agrícolas en modelos de simulación agroclimático, una revisión analítica. *Revista colombiana de ciencias hortícolas* 10(1), 149-163.
8. Corley, R.H. y Tinker, P.B. (2003). La palma de aceite, cuarta edición. Oxford: Blackwell publishing ltd.
9. Dishington, J.M. (Septiembre de 2013). La agroindustria de la palma de aceite en Colombia. Bogotá D.C. obtenido de <http://web.fedepalma.org/bigdata/zonaprivada/laagroindustriadelapalmadeaceiteencolombia.pdf>

10. Fullat, R.B. y Moreno, J.V. (2015). Metodología para estimar la humedad del suelo mediante un balance hídrico exponencial diario. Área de climatología y aplicaciones operativas (AEMET). España, 22p.
11. Herrera, J.; Duarte, C.; González, F. y Greco, C. (2016). Efecto del exceso de humedad del suelo sobre el rendimiento de algunos cultivos de importancia agrícola en Cuba. Revista Ingeniería Agrícola, 6(2), 3-7.
12. INTA, (2011). Herramientas para la evaluación y gestión del riesgo climático en el sector agropecuario. Argentina, 130p.
13. Juncosa Rivera, R. (2009). Hidrología 1: ciclo hidrológico. Escuela técnica superior de ingenieros de caminos, canales y puertos. Universidad de la Coruña. La Coruña.
14. Lascano, R.J. (1998). Bases tecnológicas para el riego en palma de aceite. Revista palmas, 19, 229-241.
15. Matiz, G. (2015). Metodología para el levantamiento de información Georeferenciada con el fin de realizar un mapeo en Vías. Universidad Militar Nueva Granada, Facultad de Ingeniería, Especialización en Geomática. Bogotá, D.C.
16. Mejía, J. (2000). Consumo de agua por la palma de aceite y efectos del riego sobre la producción de racimos, una revisión de literatura. Revista palmas, 21(1), 51-58.
17. Namuche, J.R., Castillo, E., y Zacarías, M. (2017). Variación del nivel freático e influencia de las mareas en el Rancho Polvoxal, Campeche, México. Revista ingeniería agrícola, 7(4), 57-64.
18. Ortegón, A. (2004). Metodología para la realización de estudios de drenaje a nivel predial. Revista palmas, 25 (2), 126-136.
19. Pabón, H. (1981). Planificación y manejo del riego y drenaje en una plantación de palma africana. Revista palmas. 2(2) 23-29.
20. Rodríguez, H.D. (2010). Diagnóstico del sistema de riego Unipalma de los llanos S.A. Empresa de servicios agrícolas (HIDROAGRO), Villavicencio.
21. Romero, H.M.; Ayala, I. y Ruiz, R. (2007). Ecofisiología de la palma de aceite. Revista Palmas, 28(1), 176-184.

22. Silva, J.H. y Álvarez, O.M. (2015). Criterios y bases técnicas para el manejo integrado del agua- riego y drenajes I parte. Obtenido de www.grepalma.org/boletin/2015/AFBoletinTecnico2.pdf
23. Torres, J.S. (2014). Principios básicos para identificar problemas de drenaje en el cultivo de la palma. Boletín técnico No. 34. Obtenido de <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/download/1075/1075/>
24. Torrente, A. (2017). Importancia de los drenajes agrícolas, Universidad Surcolombiana, Pregrado en Ingeniería Agrícola, clase Magistral. Neiva
25. UPRA. (14 de agosto de 2017). Colombia: 16 millones de hectáreas aptas para la palma de aceite. Obtenido de http://www.upra.gov.co/sala-de-prensa/noticias/-/asset_publisher/GEKyUuxHYSXZ/content/colombia-16-millones-de-hectareas-aptas-para-palma-de-aceite

10. ANEXOS

Anexo 1. Clasificación de las condiciones climáticas para la palma de aceite

Elemento climático	Altamente conveniente	Conveniente	Moderadamente conveniente	Generalmente inconveniente	Permanentemente inconveniente
Precipitación anual (mm/año)	2.000-2500	2.500-3.0000	3.000-4.000	4.000-5.000	>5.000
Duración de estación seca (meses)	0	1	2-4	5-6	>6
Temperatura media anual (°C)	26-29	29-32 23-26	32-34 20-23	34-36 17-20	>36 <20
Radiación solar diaria (MJ/m ²)	16-17	17-19 14-16	19-21 11-14	21-23 8-11	>23 <8
Viento (m/s)	<10	10-15	15-25	25-40	>40

Según Goh (2000). Citado por Corley y tinker, (2003).

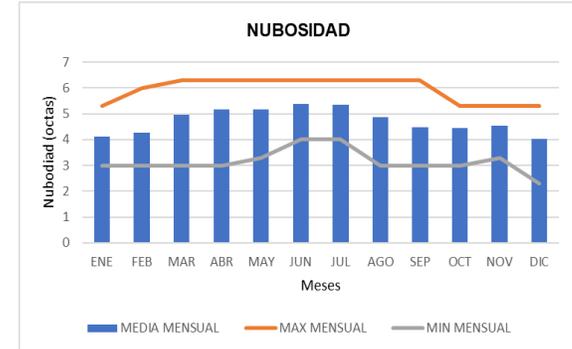
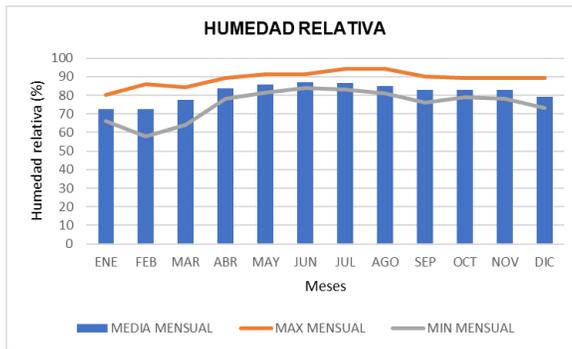
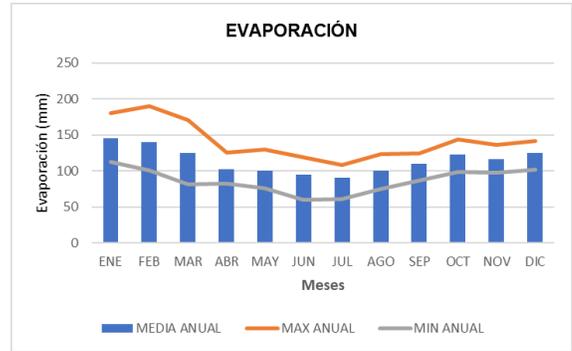
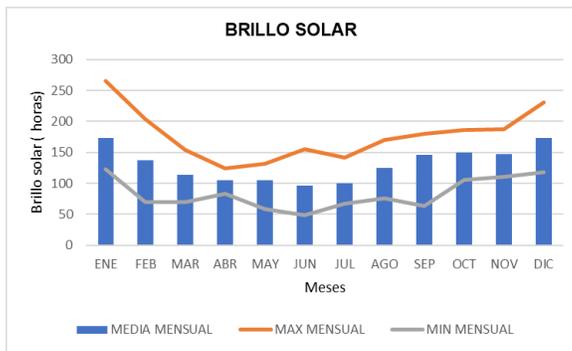
Anexo 2. Colores planos de isóbatas

No. Orden	Color	Prof. NF (m)
1	Rojo	0 - 0.5
2	Naranja	0.5 - 1.0
3	Amarillo	1.0 - 1.5
4	Verde claro	1.5 - 2.0
5	Verde oscuro	> 2.0

Anexo 3. Climograma Hacienda Santa Bárbara

Estación la cabaña Lat: 04° 18' N Long: 073° 21' W
Elevación: 305 m.s.n.m.
Registro: 30 años (1985-2015)

Fuente: El Autor



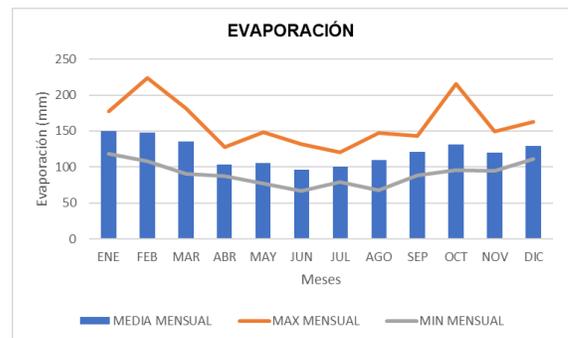
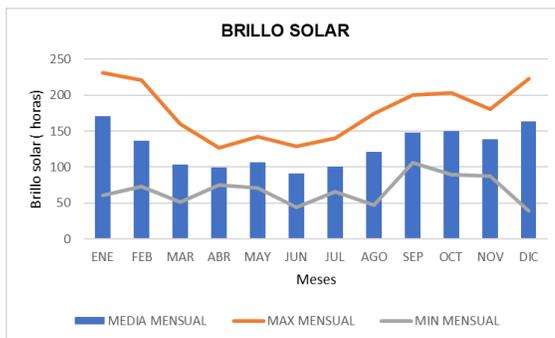
Anexo 4. Climograma Hacienda Chaparral

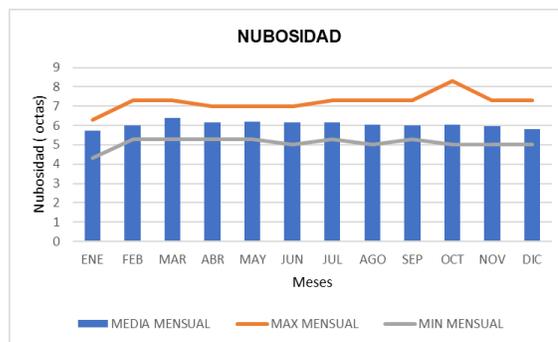
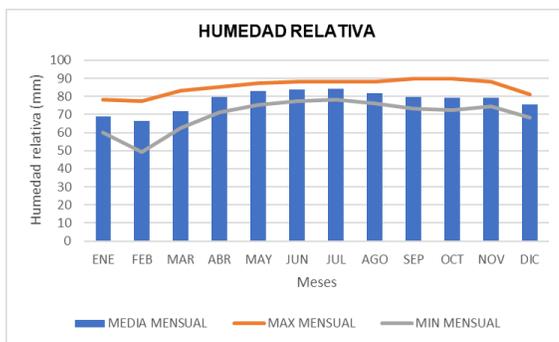
Estación Japón Lat.: 04° 22' N Long: 073° 18' W

Elevación: 280 m.s.n.m.

Registro: 30 años (1985-2015)

Fuente: El Autor





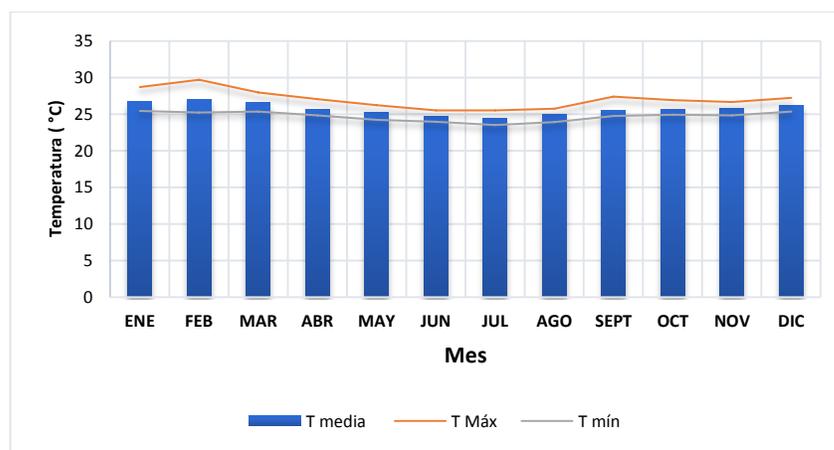
Anexo 5. Temperatura mensual multianual de la zona de estudio

TEMPERATURA (°C) MEDIA MENSUAL HISTORICA ESTACIÓN SANTA BARBARA												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
1985	26,43	27,5	27,33	25,93	24,93	24,43	23,93		24,73	25,13	24,83	25,43
1986	26,33	26,2	25,73	24,93	24,73	24,13	23,93		25,03			
1987		25,7	27,13	*	*	*	24,43	24,63	*			
1988	27,13	28,4	27,93	*	25,3	24,43	23,83	24,83	25,33	25,33	25,43	25,43
1989	25,43	25,9	25,73	25,33	24,23	23,93	23,53	24,33	24,83	24,93	25,83	25,53
1990	25,73	25,4	25,33	25,03	24,93	23,93	24,03	24,5	25,13	25,63	25,23	25,33
1991	26,23	26,6	25,83	24,93	25,23	24,8	24,2	23,9	25,1	25,03	25,2	26,1
1992	27,13	27,6	27,23	26,23	25,93	24,8	23,5	24,6	25,1	25,4	25	26,2
1993	26,4	26	25,4	25,4	25,33	24,8	24	24,43	25,4	25,1	25,5	25,93
1994	26,43	26,9	25,83	25,33	25,23	24,4	23,93	24,53	25,23	25,73	25,33	25,93
1995	26,33	27,3	26,13	25,9	25,43	24,83	24,83	25,73	25,93	25,63	25,73	25,93
1996	26,83	26,1	26,13	25,6	25,23	25,03	24,5	24,9	25,5	25,3	25,7	25,63
1997	27,03	26,4	26,3	25,63	24,93	25,53	24,3	25,53	25,83	26,23	25,8	27,13
1998	28,33	27	26,8	26,4	25,6	24,4	24,4	25,1	25,73	25,6	25,6	26,03
1999	25,93	25,2	26	24,8	24,6	24,4	24,13	24,6	25,2	24,9	25,8	25,83
2000	25,73	26,2	27,13	25,63	25	24,83	24,2	25,1	25,3	25,4	25,7	25,43
2001	26,6	27,3	26,33	25,7	25,3					26	26,23	26,23
2002	26,93	28,6	27,3	25,6	25,3	24,6	24,8	25,53	26	25,8	25,43	26,2
2003	28	28,2	26,83	25,4	24,9	24,6	24,43	25,03	24,93	25,63	25,73	26,4
2004	27,23	27,3	26,6	25,8	25,13	24,5	24,3	25,3	25,4	25,8	26,1	26,43
2005	26,7	26,8	27	25,83	25,8	24,9	24,8	25,2	25,53	25,93	25,5	26,6
2006	26,23	26,7	25,73	25,53	24,8	24,4	24,03	24,7	25,7	25,93	25,7	26,83
2007	28,7	29,7	27,9	27,03	25,4	24,83	25,4	25,2	26,03	26	26,6	25,93
2008	26,7	27	27,4	26	24,8	24,43	24,5	25,3	25,7	25,73	25,73	26,23
2009	26,03	26,6	26,23	25,6	25,9	24,8	24,3	25,3	26	25,9	26,6	27,2
2010	27,43	28,9	26,8	25,83	25,6	24,7	24,8	24,9	25,8	25,9	25,2	26,13
2011	26,1	26,5	25,9	25,5	24,8	24,8	24,8	25,3	25,5	25,3	25,4	26,13

TEMPERATURA (°C) MEDIA MENSUAL HISTORICA ESTACIÓN SANTA BARBARA												
2012	26,83	26,3	25,7	25,3	25,4	25	24,4	24,93	25,8	26,4	26,6	26,73
2013	27,73	27,6	26,7	26,6	25,5	25,3	24,7	25,03	25,6	26,2	25,8	26,03
2014	27,63	28,7	26,93	25,93	26,2	24,7	24,6	24,83	26	25,4	26,2	26,53
2015	26,53	27,4	27,6	26,03	26,1	24,8	25,5	25,6	27,4	26,9	26,63	27
PROM	26,76	27	26,55	25,68	25,25	24,66	24,37	24,96	25,54	25,66	25,73	26,15

Fuente: Unipalma

Anexo 6. Temperatura media mensual histórica



Anexo 7. Temperaturas de zonas palmeras en Colombia

Colombia	latitud y longitud	No. De años		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	promedio
Cumarál	04° 18'N, 73° 21'O	30	media	26,8	27,1	26,6	25,7	25,3	24,7	24,4	25,0	25,6	25,7	26,2	25,7	
			M. máxima	28,8	29,7	28,4	27,0	26,2	25,5	26,0	27,4	26,9	26,6	27,2	27,1	
			M. mínima	25,4	25,2	25,3	24,8	24,2	23,9	23,5	23,9	24,7	24,9	24,8	25,3	24,7
Aracataca	10° 35'N, 74°09'O	13	media	27,3	27,4	27,5	28,9	28,4	27,8	28,0	27,9	28,1	27,5	27,5	27,8	
			M. máxima	33,3	33,2	32,8	34,6	33,8	33,0	33,7	33,9	33,9	33,7	33,0	34,0	33,6
			M. mínima	21,4	21,7	22,3	23,2	22,9	22,7	22,4	22,3	22,4	22,2	22,1	21,7	22,3
Barrancabermeja	7°4'N, 73°52' O	23	media	29,3	29,6	29,7	29,4	28,9	28,9	29,2	28,8	28,7	28,7	28,6	29,1	
			M. máxima	33,1	33,7	33,6	32,9	32,5	32,7	33,3	33,1	32,5	31,9	32,1	32,9	
			M. mínima	25,5	25,6	25,8	25,8	25,3	25,2	25,0	24,6	24,8	24,5	25,1	25,3	
Río mira, Tumaco	1°30'N, 78°40' O	5	media	26,7	27,6	28,2	28,2	27,8	28,4	28,4	28,1	28,2	27,7	27,9	26,6	
			M. máxima	28,7	29,7	30,6	30,6	30,2	30,7	30,9	30,4	30,5	30,0	30,5	28,5	
			M. mínima	24,7	25,4	25,7	25,8	25,7	26,0	25,9	25,6	25,8	25,4	25,3	24,6	

Fuente: Hartley (1998) citado por Corley y tinker (2003) modificado por el autor.

Anexo 8. Datos de precipitación mensual estación Santa Bárbara

PRECIPITACIÓN MENSUAL (mm) ACUMULADA ESTACIÓN METEOROLOGICA SANTA BÁRBARA												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1985	0	0	53,8	338,3	474,8	265	161,5	271,3	429	299,3	197,5	25,2
1986	55	121,4	76,1	475,2	306,5	463,5	436,3	372,2	202,1	227	152,2	31,3
1987	24,4	132,6	205,9	263,5	207,6	211,8	399,4	238	373,1	362,5	175,9	52,9
1988	0	18,7	22,5	193,8	417	411,8	254,5	364,9	351,8	271,3	168	43,1
1989	30,3	25,7	92,5	195,2	539	395,4	237,1	405,6	245,5	311,6	141,8	33,1

PRECIPITACIÓN MENSUAL (mm) ACUMULADA ESTACIÓN METEOROLOGICA SANTA BÁRBARA												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1990	38,7	127,7	177,9	501,7	366,4	390,8	201,8	107,5	164,8	339	181,1	85,3
1991	1,7	107,7	131,7	291,6	547	470,5	425	345	415,7	380	307	0
1992	2	23	92	350	285	315,5	361	173	255	218	299	16,5
1993	78,2	63,5	160,1	378,5	377,6	199,6	401,3	443,6	249	273,4	312,5	11,2
1994	4,9	42,1	276,9	427,1	468,5	441,2	215,8	249	352,8	367	223,6	26,9
1995	41,1	3	243	307	443,6	506,9	244,9	360	344,1	335,7	160,3	38,1
1996	16	114,7	165,1	405,6	619,9	494,1	273,6	357,1	156,6	270,4	244,3	110,1
1997	15,2	96	83,8	313,8	462,9	332,4	333,4	156,5	252,9	163	119,4	0,3
1998	2,6	88	197,4	280,6	320,1	395,1	385,2	313,7	174,2	230,6	185	16,7
1999	44,1	115,2	48,4	692,2	429,6	346,9	208,4	235,6	273,6	424,3	301,8	39,8
2000	19,9	50,1	173,4	176,6	696,1	257,3	276,7	221	269,8	273,7	151,7	31,3
2001	0	20,1	84,1	217,3	217,4	236,7	383,2	206,6	326,3	214,3	82,5	249,6
2002	10,4	0	224,8	382,4	677,8	424,3	294,1	150,3	230,2	381,8	93,9	127
2003	0	5,1	234,7	373,1	310,5	171,5	303,9	255,9	502,7	211,5	186,7	64,4
2004	24,6	122,9	141,7	522,6	510,9	436,6	345,6	252,5	330,5	351	96,4	101,3
2005	12,8	54,7	166	397,3	465,7	443,4	63	465,7	146,9	444	0	0
2006	154	1	216,9	293,3	363,9	383,9	370,2	219,6	187,4	323,9	359,2	3,6
2007	1,9	17,65	127,4	350,8	313,7	322,1	197	186,2	183,6	240,2	91,4	53,1
2008	6,6	20,8	21,1	414	382,2	401,5	420,1	247,6	258,9	329,8	280,6	50,8
2009	122	5,2	158,7	346,5	339,7	454,2	343,5	255,6	117,5	384,2	88,2	71,5
2010	83,3	274,6	274,6	800,2	429,9	253,6	354	398,4	217,5	217,1	387,5	196,1
2011	41,9	32,9	93,8	324,8	297	331,6	113,5	207,6	254,4	202,7	252,5	133,3
2012	0	55,7	180,1	749,8	327,8	217,6	525,7	210,3	75,3	293,2	192,5	106,8
2013	0	19,6	225,3	310,4	434,3	133,4	401,2	201,6	234,1	190,2	446	35,3
2014	4,7	88,7	42,7	420,8	262,3	443,1	188,5	205,2	378,3	204,6	223,8	50,7
2015	177	9,8	119	314,6	196,2	416,4	240,6	202,6	296,5	205,6	212,3	103,8
PRO	32,7	59,9	145,5	380,9	402,9	353,8	301,9	267,1	266,1	288,4	203,7	61,6

Fuente: Unipalma S.A.

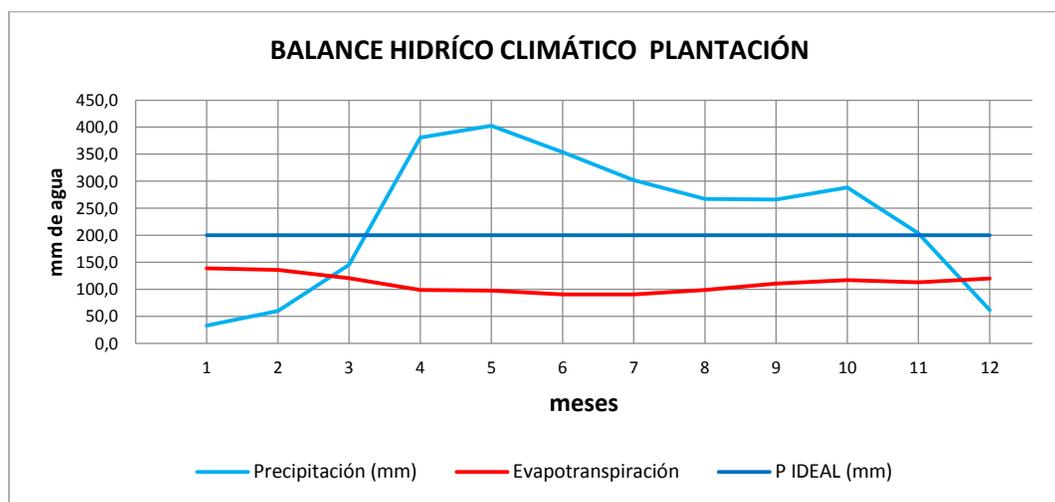
Anexo 9. Datos de evaporación mensual estación hacienda la Cabaña

EVAPORACIÓN MENSUAL (mm) ACUMULADA ESTACION HACIENDA LA CABAÑA												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1985	146,4	161,3	100,1	93,83		*	76,33		104,6	80,63	67,53	107,83
1987		101,3	100,6		75,63	73,33	*		86,8	72,23	97,43	129,73
1988				123,5	108,6	91,33	90,53	80,83	106,5	106,83	113,23	106,03
1989	113	116,8	128,8	110,9	102,7	98,6	112	97,6	113,1	127,53	129,13	151,73
1990	126,4	105,7	125,5	97,13	95,63	*	110,1	102	135,2	124,93	112,73	107,03
1991	148	143,9	82,1	*	70,33	60,1	61,7	85,2	121,2	112,73	106,8	141,6
1992	157,2	164	134	122,2	101,7	103,5	64,6	118,4	109,3	130,1	113,1	140,5
1993	153,8	115,6	110,9	97,7	101,8	98,8	93,23	103,5	123,5	129,6	121,2	157,03

EVAPORACIÓN MENSUAL (mm) ACUMULADA ESTACION HACIENDA LA CABAÑA												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1994	146,9	146,5	111,1	87,03	107,5	109,53	103,6	105,9	120,3	123,13	126,73	122,2
1995	163,1	175,9	121,6	106,2	115,1	93,63	104,7	107	130,1	131,13	138,03	128,8
1996	142,9	125,8	99,43	92,53	101,2	87,93	97,73	128,2	113,9	124,13	114,83	122,73
1997	148	139,9	114,8									
1999							79,93	101,7	97,3	98,8	109,6	123,3
2000	134,6	127,1	134,4	98,9	76,3	96,1	71,4	78,6	124,1	128,8	113,2	123,7
2001	180,1	152,4	128,9	98,4	113,9	88,4	107,3	85,5	121	131,4	136,7	103,93
2002	154,3	163,2	171,3	82,2	114,8	89,8	100,4	86,23	109,8	116,3	122,63	132,3
2003	162,1	128,9	109,3	82,2	89,4	96,1	88,33	102,2	103,7	109,8	124	111
2004	133,9	163,6	133,7	104,2	84,7	105	92,6	112,1	86,9	143,8	116	114,4
2005	136,5	132,6	160,7	91,43	104,8	90,6	95,1	101,7	104	114,3	112,6	136,1
2006	121,2	108,5	105,3	101,1	91,7	119	88,23	101,3	115,6	126,33	136,6	114,43
2007	159,6	190,5	128,1	116,8	105,1	85,2	108,7	96	96,23	122,1	117,7	120,03
2008	145,5	132,2	143,7	109,5	98,9	87	95,3	119,6	103,2	110,7	113,53	117,73
2009	119,6	132,8	110,8	111,9	106,6	86,6	100,7	123,7	116,3	143,5	126,4	138,7
2010	152,5	167,6	136,1	94,43	102	106,3	99	95,7	120,5	142	98	102,2
2011	133,4	134,5	95	111,9	84,2	115,7	103,1	122,5	116	110,5	107,4	113,63
2012	144,7	128,9	108,5	95,7	104,6	98,7	84,7	85,53	103	121,8	116,1	108,83
2013	146,6	132,1	132,7	125,5	130,2	108	99,1	74,9	123,1	136,3	114,3	119,53
2014	163,6	173,9	119,5	111,8	106,6	94,7	77,9	89,5	115,1	101,7	116,7	125,9
2015	127,6	113,9	122,6	91,1	94	79,3	103	109,3	114,5	120	105,4	117,7
PROM	139,1	136,1	120,4	98,8	97,8	90,7	90,3	99,1	110,8	116,9	113,1	120,1

Fuente: IDEAM

Anexo 10. Balance hídrico climático



Anexo 11. Unidades cartográficas (consociaciones) de suelos Unipalma

CONSOCIACIONES DE SUELOS DE UNIPALMA DE LOS LLANOS S.A.				
símbolo	símbolo	símbolo	Símbolo	símbolo
(CC-RH)6jn	BB2a	LAGO	RH5jn	NS8ln
(CL-TU)8hn	BB2ja	LP6qrn	RH6hin	ES7lrn
(CL6h-TU7q)n	BB2ka	LP7qrin	RH6hn	LB7jn
(CL7-TU8)qin	BC2a	LP7qrn	RH6jn	LB7jn
(CLh-TUq)7n	BC3ja	LP8qrin	RH7hn	BEa
(CLj-TUq)7n	BC3ka	LP8qrn	RH7qn	LG7ln
(GAh-LPq)7ria	BD2lxa	LZ6mzn	Rio	ES7lrn
(LP-PE)8qrn	BD2lya	NE6rn	SB6hn	ES7lrn
(PD5m-RH6h)n	BD3ja	NE7hrn	SB6qn	ES7lrn
(PD6m-RH7h)n	BE2xa	NS6jn	SB7hn	ES7lrn
(RA-VO)6ln	BEa	NS6ln	SB7qin	LB7jn
(RA6l-RH5j)n	BFhia	NS7jn	SB7qn	LB7hn
AA2la	Bosque	NY5jn	SB8hn	LB7jn
AAa	CH5qrn	NY6jn	SB8qn	LG7ln
AB3ja	CH6qrn	NY6qn	SO8qrn	LG7ln
ABhta	CH7hrn	NY7jn	VO6jn	LP8jrn
ABla	CH7qrn	NY7qn	VO7jn	ES7lrn
AC2ha	CH8qrn	PD5hn	CE7hn	LP8jrn
AChsn	CV6qrn	PD5mn	CE7jn	LB7hn
AChta	CV7qrn	PD5mpn	CE7qn	ES7lrn
AD2ha	Casa	PD6mpn	CE8jn	LP8jrn
ADa	GA6hrin	PE6qrn	SO8hrn	LB7jn
ADhta	GA7hrn	PE7qra	LA8ln	ES8lrn
AEhsn	GA8hrin	PE7qrn	LA8ln	LB7jn
AL7hrn	GA8hrn	PE8qrin	LA8ln	BEa
AL7qrn	GL5la	PE8qrn	SO8hrn	BEa
AL8hrn	GL5ln	PN5jn	SO8hrn	LG7ln
AN7qin	GU6jn	PN6ln	SO8hrn	
AN7qn	GU6qn	PN7jn	LA8ln	
AN8qn	GU7jn	PN7ln	LA8ln	
AR7hrn	GU7ln	PO7hn	LA8ln	
AR7qrn	GU7qn	PO7jn	LA8ln	
AR8hrin	GU8jn	PO7qin	NS7ln	
AR8hrn	GU8qn	PO7qn	NS7ln	
Administración	CENTRAL	PO8jin	NS7ln	

BA2ija	LA6ln	PO8qn	NS7qn	
BA2xa	LA7jn	Planta Procesadora	NS7qn	
BA3ika	LA7ln	RA7ln	NS8ln	

Anexo 12. Propiedades físicas de los suelos unidad empresarial Chaparral.

Unidad Empresarial	Unidad Cartográfica	Perfil	Prof	Densidad Aparente	Humedad Gravimétrica		Humedad Aprovechable	Clase Textural
					33 KPa -1500 KPa			
			(cm)	(g/cm3)	(%)	(%)	(%)	
CHAPARRAL	ALTAGRACIA	CPE6	0-13	1,42	27,67	13,82	13,85	FArL
CHAPARRAL	ALTAGRACIA	CPE6	13-45	1,52	22,83	15,29	7,54	FArL
CHAPARRAL	ALTAGRACIA	CPE6	45-85	1,60	22,89	17,10	5,79	ArL
CHAPARRAL	ALTAGRACIA	CPE6	85-120					ArL
CHAPARRAL	CHAPARRAL	CPE5	0-12	1,52	24,93	13,25	11,68	F
CHAPARRAL	CHAPARRAL	CPE5	12-32	1,55	21,54	14,50	7,04	FAr
CHAPARRAL	CHAPARRAL	CPE5	32-63	1,65	21,14	14,39	6,76	FArL
CHAPARRAL	CHAPARRAL	CPE5	63-85					FAr
CHAPARRAL	CHAPARRAL	CPE5	85-130					FAr
CHAPARRAL	CHUCUALES	CPE12	0-17	1,25	36,54	15,82	20,72	F
CHAPARRAL	CHUCUALES	CPE12	17-46	1,55	20,68	8,29	12,39	FAr
CHAPARRAL	CHUCUALES	CPE12	46-61	1,73	21,95	11,34	10,61	FL
CHAPARRAL	CHUCUALES	CPE12	61-96					FL
CHAPARRAL	CUERNAVACA	CPE1	0-17	1,19	42,99	20,89	22,10	FL
CHAPARRAL	CUERNAVACA	CPE1	17-30	1,43	25,53	10,38	15,15	FL
CHAPARRAL	CUERNAVACA	CPE1	30-48	1,64	20,04	10,68	9,36	FL
CHAPARRAL	CUERNAVACA	CPE1	48-75	1,65	19,68	12,71	6,96	FL
CHAPARRAL	CUERNAVACA	CPE1	75-95					FAr
CHAPARRAL	GLORIA	CPE11	0-10	1,52	15,60	7,57	8,04	FA
CHAPARRAL	GLORIA	CPE11	10-30	1,66	14,42	6,65	7,77	FA
CHAPARRAL	GLORIA	CPE11	30-82	1,61	15,96	7,13	8,83	FA
CHAPARRAL	GLORIA	CPE11	82-113					FA
CHAPARRAL	GUACAVIA	CPE13	0-20	1,17	24,74	10,62	14,12	FL
CHAPARRAL	GUACAVIA	CPE13	20-50	1,56	19,19	9,62	9,57	FAr
CHAPARRAL	GUACAVIA	CPE13	50-74	1,46	18,22	9,90	8,32	FArL
CHAPARRAL	GUACAVIA	CPE13	74-90					FArL
CHAPARRAL	GUACAVIA	CPE13	90-125					FArL
CHAPARRAL	NANCUYA	CPE9	0-15	1,49	15,95	7,51	8,44	FA
CHAPARRAL	NANCUYA	CPE9	15-35	1,59	13,27	6,44	6,83	FA
CHAPARRAL	NANCUYA	CPE9	35-62	1,54	13,21	7,19	6,02	FA
CHAPARRAL	NANCUYA	CPE9	62-77					FA
CHAPARRAL	NANCUYA	CPE9	77-120					F
CHAPARRAL	NORTE SUR	CPE4	0-18	1,47	33,59	16,28	17,31	FAr
CHAPARRAL	NORTE SUR	CPE4	18-38	1,80	17,67	12,02	5,65	FAr
CHAPARRAL	NORTE SUR	CPE4	38-63	1,77	17,34	12,59	4,75	FAr
CHAPARRAL	NORTE SUR	CPE4	63-92					FAr

Unidad Empresarial	Unidad Cartográfica	Perfil	Prof	Densidad Aparente	Humedad Gravimétrica		Humedad Aprovechable	Clase Textural
					33 KPa -1500 KPa			
			(cm)	(g/cm3)	(%)	(%)	(%)	
CHAPARRAL	NORTE SUR	CPE4	92-102					FArL
CHAPARRAL	PEDREGAL	CPE7	0-12	1,48	19,66	8,93	10,73	F
CHAPARRAL	PEDREGAL	CPE7	12-32					FA
CHAPARRAL	PIEDRAS NEGRAS	CPE10	0-18	1,37	28,08	12,57	15,51	FAr
CHAPARRAL	PIEDRAS NEGRAS	CPE10	18-38	1,31	23,76	12,32	11,44	F
CHAPARRAL	PIEDRAS NEGRAS	CPE10	38-70	1,65	18,95	11,70	7,24	F
CHAPARRAL	PIEDRAS NEGRAS	CPE10	70-130					F
CHAPARRAL	RIO HUMEA	CPE8	0-13	1,37	20,62	9,40	11,22	FA
CHAPARRAL	RIO HUMEA	CPE8	13-38	1,68	18,02	10,97	7,04	F
CHAPARRAL	RIO HUMEA	CPE8	38-60	1,66	15,77	8,17	7,61	F
CHAPARRAL	RIO HUMEA	CPE8	60-80					AF
CHAPARRAL	RIO HUMEA	CPE3	0-10	1,50	20,31	9,18	11,13	F
CHAPARRAL	RIO HUMEA	CPE3	10-44	1,74	15,71	7,58	8,13	FA
CHAPARRAL	RIO HUMEA	CPE3	44-55	1,54	19,18	9,38	9,80	F
CHAPARRAL	RIO HUMEA	CPE3	55-70	1,61	17,57	6,28	11,29	F
CHAPARRAL	RIO HUMEA	CPE3	70-85					FA

Anexo 13. Propiedades físicas de los suelos unidad empresarial Santa Barbara.

Unidad Empresarial	Unidad Cartográfica	Perfil	Prof	Densidad Aparente	Humedad Gravimétrica		Humedad Aprovechable	Clase Textural
					33 KPa	1500 KPa		
			(cm)	(g/cm3)	(%)	(%)	(%)	
STA BARBARA	ARRECIFES	CPE14	16-43	1,64	20,57	12,46	8,11	FArL
STA BARBARA	ARRECIFES	CPE14	43-72		25,98	16,74	9,24	ArL
STA BARBARA	ARRECIFES	CPE14	72-100					Ar
STA BARBARA	CASA DE LATA	CPE20	0-15	1,67	15,07	9,44	5,63	F
STA BARBARA	CASA DE LATA	CPE20	15-38	1,8	17,99	13,37	4,62	F
STA BARBARA	CASA DE LATA	CPE20	38-52	1,52	18,23	15,19	3,04	FAr
STA BARBARA	GARCERO	CPE15	0-20	0,84	64,23	39,71	24,52	Ar
STA BARBARA	GARCERO	CPE15	20-90	1,10	45,9	37,42	8,48	Ar
STA BARBARA	GARCERO	CPE15	90-110					FL
STA BARBARA	LA PLANTA	CPE22	0-16	1,36	24,52	13,87	10,65	FL
STA BARBARA	LA PLANTA	CPE22	16-35	1,59	18,95	12,63	6,32	FArL
STA BARBARA	LA PLANTA	CPE22	35-61	1,67	19,42	14,54	4,88	Ar
STA BARBARA	LA PLANTA	CPE22	61-95					ArL
STA BARBARA	LA PLANTA	CPE22	95-150					FArL

Unidad Empresarial	Unidad Cartográfica	Perfil	Prof	Densidad Aparente	Humedad Gravimétrica		Humedad Aprovechable	Clase Textural
					33 KPa	1500 KPa		
			(cm)	(g/cm3)	(%)	(%)	(%)	
STA BARBARA	LA PLANTA	CPE19	0-13	0,46	22,13	16,36	5,77	F
STA BARBARA	LA PLANTA	CPE19	13-30	1,52	17,39	13,09	4,3	F
STA BARBARA	LA PLANTA	CPE19	30-60	1,55	36,14	14,92	21,22	FAr
STA BARBARA	LA PLANTA	CPE19	60-110					Ar
STA BARBARA	PORIM	CPE17	0-12	1,58	16,28	11,55	4,73	FAr
STA BARBARA	PORIM	CPE17	12-30	1,65	18,11	14,11	4	FAr
STA BARBARA	PORIM	CPE17	30-40	1,53	21,16	15,49	5,67	Ar
STA BARBARA	PUERTO ESPEJO	CPE21	0-18	1,49	20,42	9,86	10,56	F
STA BARBARA	PUERTO ESPEJO	CPE21	18-53	1,61	17,05	10,28	6,77	F
STA BARBARA	PUERTO ESPEJO	CPE21	53-95	1,67	16,37	13,06	3,31	FAr
STA BARBARA	PUERTO ESPEJO	CPE21	95-110					FArL
CHAPARRAL	RINCON DE ABUELOS	CPE2	0-17	1,34	28,70023	16,92184	11,77838817	FArL
CHAPARRAL	RINCON DE ABUELOS	CPE2	17-60	1,57	23,9375	11,46305	12,47445324	FL
CHAPARRAL	RINCON DE ABUELOS	CPE2	60-72					FArL
CHAPARRAL	RINCON DE ABUELOS	CPE2	72-90					F
CHAPARRAL	RINCON DE ABUELOS	CPE2	90-108					FA
STA BARBARA	SANTA BARBARA	CPE16	0-12	1,57	18,51	11,29	7,22	FL
STA BARBARA	SANTA BARBARA	CPE16	12-40	1,7	17,8	12,26	5,54	FL
STA BARBARA	SANTA BARBARA	CPE16	40-62	1,75	18,4	16,18	2,22	ArL
STA BARBARA	SANTA BARBARA	CPE16	62-88					ArL
STA BARBARA	SANTA BARBARA	CPE16	88-160					ArL
STA BARBARA	SANTA BARBARA	CPE23	0-17	1,17	20,75	15,02	5,73	FArL
STA BÁRBARA	SANTA BARBARA	CPE23	17-36	1,63	19,58	10,07	9,51	FArL
STA BÁRBARA	SANTA BARBARA	CPE23	36-75	1,69	19,14	14,22	4,92	FArL
STA BÁRBARA	SANTA BARBARA	CPE23	75-93					ArL
STA BÁRBARA	SANTA BARBARA	CPE23	93-120					ArL
STA BÁRBARA	TUSERO	CPE18	0-16	1,35	45,82	25,41	20,41	FAr
STA BÁRBARA	TUSERO	CPE18	16-36	1,71	19,58	11,81	7,77	Ar
STA BÁRBARA	TUSERO	CPE18	36-55		18,11	11,63	6,48	F

Anexo 14. Hoja de balance hídrico

BALANCE HIDRICO ZONIFICADO - Excel

Heyder Andrés Rojas Vargas

Archivo Inicio Insertar Diseño de página Fórmulas Datos Revisar Vista Ayuda ¿Qué desea hacer?

Calibri 11 A A A Ajustar texto General \$ % 000 0,00 0,00 Formato Dar formato Estilos de condicional como tabla celda Estilos Insertar Eliminar Formato Autosuma Rellenar Ordenar y filtrar Borrar Edición

Portapapeles Fuente Alineación Número Estilos Celdas Edición

AM106

	A	B	C	D	E	H	J	L	M	N	O	P	Q	R	U	Y	V	X	Y	Z	AJ	AK
1		AÑO	MES	DIAS	FECHA	P(mm)	Pe 2	EVP (mm)	EVTR	KC palma	AU	Da	Prof e	LAA	DEFICIT de la reserva	ESTADO DE RESERVA	VARIACIÓN RESERVA	EXCESO	AGOTAMIENTO	REGIO		
103	2017	1	1	1/01/2017	1,8	0	3,21	2,889	0,9	12	1,7	600	122,4	-2,889	DEFICIENTE	34,225832	0	0	80	REGAR		
104	2017	1	2	2/01/2017	0,2	0	3,84	3,456	0,9	12	1,7	600	122,4	-3,456	DEFICIENTE	30,769632	0	0	80	REGAR		
105	2017	1	3	3/01/2017	0	0	4,47	4,029	0,9	12	1,7	600	122,4	-4,029	DEFICIENTE	26,744632	0	0	80	REGAR		
106	2017	1	4	4/01/2017	0	0	3,68	3,312	0,9	12	1,7	600	122,4	-3,312	DEFICIENTE	23,434832	0	0	80	REGAR		
107	2017	1	5	5/01/2017	0,4	0	2,58	2,322	0,9	12	1,7	600	122,4	-2,322	DEFICIENTE	21,112832	0	0	80	REGAR		
108	2017	1	6	6/01/2017	4,4	0	1,87	1,683	0,9	12	1,7	600	122,4	-1,683	DEFICIENTE	19,429832	0	0	80	REGAR		
109	2017	1	7	7/01/2017	1,8	0	2,55	2,295	0,9	12	1,7	600	122,4	-2,295	DEFICIENTE	17,134832	0	0	80	REGAR		
110	2017	1	8	8/01/2017	0	0	2,33	2,097	0,9	12	1,7	600	122,4	-2,097	DEFICIENTE	15,037832	0	0	80	REGAR		
111	2017	1	9	9/01/2017	0,2	0	2,78	2,502	0,9	12	1,7	600	122,4	-2,502	DEFICIENTE	12,535832	0	0	80	REGAR		
112	2017	1	10	10/01/2017	0	0	4,11	3,699	0,9	12	1,7	600	122,4	-3,699	DEFICIENTE	8,836832	0	0	80	REGAR		
113	2017	1	11	11/01/2017	0	0	3,64	3,276	0,9	12	1,7	600	122,4	-3,276	DEFICIENTE	5,560832	0	0	80	REGAR		
114	2017	1	12	12/01/2017	0	0	4,08	3,672	0,9	12	1,7	600	122,4	-3,672	DEFICIENTE	1,888832	0	0	80	REGAR		
115	2017	1	13	13/01/2017	0	0	3,7	3,33	0,9	12	1,7	600	122,4	-3,33	DEFICIENTE	0	0	0	80	REGAR		
116	2017	1	14	14/01/2017	0	0	2,57	2,319	0,9	12	1,7	600	122,4	-2,319	DEFICIENTE	0	0	0	80	REGAR		
117	2017	1	15	15/01/2017	0,6	0	2,71	2,43	0,9	12	1,7	600	122,4	-2,43	DEFICIENTE	0	0	0	80	REGAR		
118	2017	1	16	16/01/2017	0	0	3,19	2,871	0,9	12	1,7	600	122,4	-2,871	DEFICIENTE	0	0	0	80	REGAR		
119	2017	1	17	17/01/2017	0	0	3,69	3,321	0,9	12	1,7	600	122,4	-3,321	DEFICIENTE	0	0	0	80	REGAR		
120	2017	1	18	18/01/2017	0	0	3,82	3,438	0,9	12	1,7	600	122,4	-3,438	DEFICIENTE	0	0	0	80	REGAR		
121	2017	1	19	19/01/2017	0	0	4,34	3,906	0,9	12	1,7	600	122,4	-3,906	DEFICIENTE	0	0	0	80	REGAR		
122	2017	1	20	20/01/2017	0	0	3,78	2,862	0,9	12	1,7	600	122,4	-2,862	DEFICIENTE	0	0	0	80	REGAR		
123	2017	1	21	21/01/2017	9,8	5,475605	3,17	2,853	0,9	12	1,7	600	122,4	0	DEFICIENTE	2,622605279	0	0	80	REGAR		
124	2017	1	22	22/01/2017	0,2	0	3,75	3,375	0,9	12	1,7	600	122,4	-3,375	DEFICIENTE	0	0	0	80	REGAR		
125	2017	1	23	23/01/2017	0	0	3,55	3,195	0,9	12	1,7	600	122,4	-3,195	DEFICIENTE	0	0	0	80	REGAR		
126	2017	1	24	24/01/2017	0	0	4,34	3,906	0,9	12	1,7	600	122,4	-3,906	DEFICIENTE	0	0	0	80	REGAR		
127	2017	1	25	25/01/2017	2,2	0	3,45	3,105	0,9	12	1,7	600	122,4	-3,105	DEFICIENTE	0	0	0	80	REGAR		
128	2017	1	26	26/01/2017	9,6	5,33027	3,01	2,709	0,9	12	1,7	600	122,4	0	DEFICIENTE	2,621126968	0	0	80	REGAR		
129	2017	1	27	27/01/2017	1	0	2,4	2,16	0,9	12	1,7	600	122,4	-2,16	DEFICIENTE	0,461126968	0	0	80	REGAR		
130	2017	1	28	28/01/2017	0	0	2,97	2,133	0,9	12	1,7	600	122,4	-2,133	DEFICIENTE	0	0	0	80	REGAR		

decadarios zona 1 balance 2017 todo ZONA 1 (PINALITO) ZONA 6 (DAVIS HSB) zona 9

Anexo 15. Verificación en campo del estado de las compuertas Chaparral

VERIFICACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LAS COMPUERTAS EMPLEADAS PARA EL RIEGO/DRENAJE EN LA HACIENDA CHAPARRAL				
compuerta	ubicación	estado	foto	observación
1	canal 2 finca 45	regular		Arreglar el solado para evitar pérdidas por filtración cuando se hace el sellamiento de la compuerta. Daño en aleta derecha.
puente compuerta 2 (3 laterales)	1a norte-sur intersección canal 2	regular		Daño en el solado, una de las aletas se encuentra fisurada, existen pérdidas de agua en la operación.
compuerta 3	canal 2, finca 49	regular		Deterioro del solado, se recomienda alargar el solado un metro por fuera, para evitar que el impacto del agua erosione.

VERIFICACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LAS COMPUERTAS EMPLEADAS PARA EL RIEGO/DRENAJE EN LA HACIENDA CHAPARRAL				 Unipalma S.A.
4	canal lindero Mecasaragua, finca 49	mala		Una de las aletas se inclinó, puesto que la base se socavó, ocasionando disminución en la anchura en la parte alta (dificulta la ubicación de tablas)
5	quebra pata, carretera 3 intersección con vía rancherías	mala		Esta compuerta tiene un daño desde el puente, ya que tiene un relleno con bultos. No tiene una adecuación para colocar las tablas, por lo cual se hace un marco de guadua. Compuerta improvisada que causa socavación.
6	canal 3, finca 64	bueno		NA
7	carretera 4, finca 54	regular		Daño en aleta izquierda.
8	primera norte sur canal 3	bueno		NA
9	canal 3 finca 80	bueno		NA
10	punto de Marcolino, canal 4 entre 1 y 2 NS	bueno		NA
11 (4 compuertas laterales)	segundo norte sur sobre el canal 3	mala		Solado roto de una de las compuertas que reparte, de la compuerta principal el solado desgastado (reparación en concreto)

VERIFICACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LAS COMPUERTAS EMPLEADAS PARA EL RIEGO/DRENAJE EN LA HACIENDA CHAPARRAL					 Unipalma S.A.
12	canal 3, finca 58	bueno		Se recomienda colocar escalera.	
13	canal 4 finca 87	regular		Daño en aleta derecha, desarticulación del cuerpo de la compuerta.	
14	segunda NS con canal 4	bueno		NA	
15	canal 4 finca 89	bueno		Escalera, reparación preventiva del solado	
16	canal 4, 1 NS finca 90	bueno		NA	
17	vía rancherías canal 4	regular		Tiene fisuras, pérdidas de agua	
18	canal que lleva agua a la gloria finca 70	buena		La viga canal que pasa agua de la finca 55 a 91 esta quebrada, la compuerta esta buena.	
19	canal 5, finca 99	construcción		Se recomienda la construcción de una compuerta, ya que en tiempo de riego se construye un trincho en el cual se emplean en promedio 300 bultos.	

VERIFICACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LAS COMPUERTAS EMPLEADAS PARA EL RIEGO/DRENAJE EN LA HACIENDA CHAPARRAL				 Unipalma S.A.
20	entrada la gloria	regular		Rellenar con bultos la parte superior de la compuerta. construcción de la escalera
21	vía ranchería finca 54	regular		Tiene filtraciones, se recomienda una intervención de revestimiento con concreto.
22	2 norte sur canal 5	bueno		Se recomienda remplazar el trincho, por una compuerta pequeña, se debe implementar un paso de agua con tubo de pvc.
23	canal 5 finca 96	bueno		
Nota: los cuadros que aparecen en blanco y con estado bueno, no se realizó observación (NA)				

Anexo 16. Verificación en campo del estado de las compuertas Santa Barbara

VERIFICACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LAS COMPUERTAS PARA EL RIEGO/DRENAJE EN LA HACIENDA SANTA BARBARA				 Unipalma S.A.
Compuerta	Ubicación	Estado	Foto	Observación
11,12	finca 1, bloque 6 la marranera	regular		Arreglar el solado para evitar pérdidas por filtración cuando la compuerta se cierra.
13,14	finca 76	regular		Arreglar el solado para evitar pérdidas por filtración cuando se hace el cierre de la compuerta.

VERIFICACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LAS COMPUERTAS PARA EL RIEGO/DRENAJE EN LA HACIENDA SANTA BARBARA				
10	finca 1	buena		NA
1,2	finca 1	regular		Arreglar el solado para evitar pérdidas por filtración cuando se hace el sellamiento de la compuerta
3,4	repartidos arrecifes	regular		Arreglar el solado para evitar pérdidas por filtración cuando se hace el sellamiento de la compuerta
5	finca 3, nacimiento manguera de Faustino	buena		NA
6	canal 1 finca 2	bueno		NA
7	manguera de Faustino	bueno		NA
8,9	canal 1 y canal vía la planta	regular		Socavación por las crecientes de las aletas, se recomienda extenderlas y hacerlas en concreto.
18	canal vía la planta	bueno		NA

VERIFICACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LAS COMPUERTAS PARA EL RIEGO/DRENAJE EN LA HACIENDA SANTA BARBARA						
19	manguera de Faustino	bueno				No se utiliza para el riego
20	vía Umbría carretera 1	bueno				NA
24	canal vía la planta con intersección canal 2	mala				Compuerta partida. Se recomienda reconstruirla con una aleta más amplia para evitar socavación
25	canal 2	bueno				NA
26	carretera 2, finca 6	bueno				NA
36,37	canal vía la planta, finca 11	Regular				Se arregla con bultos. Se recomienda arreglar la aleta afectada por socavación
52,53	canal 4, finca 92	regular /bueno				La compuerta 52 tiene afectada la aleta debido a la socavación en época de lluvias.
51	carretera 4	bueno				Limpieza de la mucuna que cubre la compuerta
54,55	canal vía la planta con canal 5	bueno				NA

VERIFICACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LAS COMPUERTAS PARA EL RIEGO/DRENAJE EN LA HACIENDA SANTA BARBARA				
65	canal vía la planta intersección canal 5	bueno		NA
82	finca 60 canal 6 frente a la compostera	bueno		NA
20,21,22	las mesianas, canal 2 inter. con manguera de Faustino	bueno		El número 20 se repite, se debe cambiar
23	finca 4 línea 59 carretera 2	bueno		NA
26	carretera 2 finca 6	bueno		Se recomienda arreglar con bultos temporal/te, se debe contratar una obra en concreto para construir la aleta.
41	finca 9 línea 53 carretera 3 inter con manguera de Faustino	Regular		Se recomienda arreglar con bultos provisional, se debe contratar una obra en concreto para construir la aleta.
42,43,44	carretera 3 vía Umbría	bueno		Se evidencian residuos de cosecha en los canales y un tapón que debe ser removido.
39	finca 10 línea 108 sobre la carretera 3	bueno		NA
45	finca 14, carretera 4 canal el becerro	mala		Faltan las escaleras, borde de la aleta desgastada y el recubrimiento de una de las aletas, al tapar la compuerta tiene

VERIFICACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LAS COMPUERTAS PARA EL RIEGO/DRENAJE EN LA HACIENDA SANTA BARBARA				 Unipalma S.A.
				fuga considerable.
46	carretera 4 finca 14	regular		Se debe completar la aleta con bultos temporalmente, se debe contratar una obra en concreto para construir la aleta.
40	colector intersección con canal 3	bueno		NA
47	finca 14 línea 58, canal 4	bueno		NA
48	finca 15, carretera 4	bueno		NA
49	finca 15 línea 109 sobre el canal 4	bueno		NA
NN (sin número)	compuerta entre la finca 15 y 16	mala	Solo se aprecia la vegetación cubriendo una de las aletas	Compuerta averiada, construir el solado y la aleta faltante. Importante para la moja de las finca 16.
50	finca 16 canal 4	bueno		NA
Nota: los cuadros que aparecen en blanco y con estado bueno, no se realizó observación (NA)				

Anexo 17. Base de datos compuertas Chaparral

COMPUERTAS CHAPARRAL :: Objetos totales: 101, filtrados: 101, seleccionados: 0

	NOMBRE	ESTADO	X	Y
1	CO_1	BUENO	1096685.59	964990.26
2	CO_2	BUENO	1097077.40	964981.82
3	CO_3	BUENO	1097090.90	965119.06
4	CO_4	BUENO	1090633.00	969374.64
5	CO_5	BUENO	1090082.35	968900.48
6	CO_6	BUENO	1090969.92	968938.73
7	CO_7	BUENO	1089674.57	968904.42
8	CO_8	BUENO	1089819.69	968743.56
9	CO_9	BUENO	1089794.94	968740.18
10	CO_10	BUENO	1089918.68	968654.69
11	CO_11	MALA	1091309.08	969408.67
12	CO_12	BUENO	1090972.45	969393.20
13	CO_13	MALA	1090894.83	968935.36
14	CO_14	BUENO	1093869.68	968404.11

Anexo 18. Base de datos canales hacienda Cuernavaca

CANALES SECUNDARIOS DE RIEGO CUERNAVACA ::

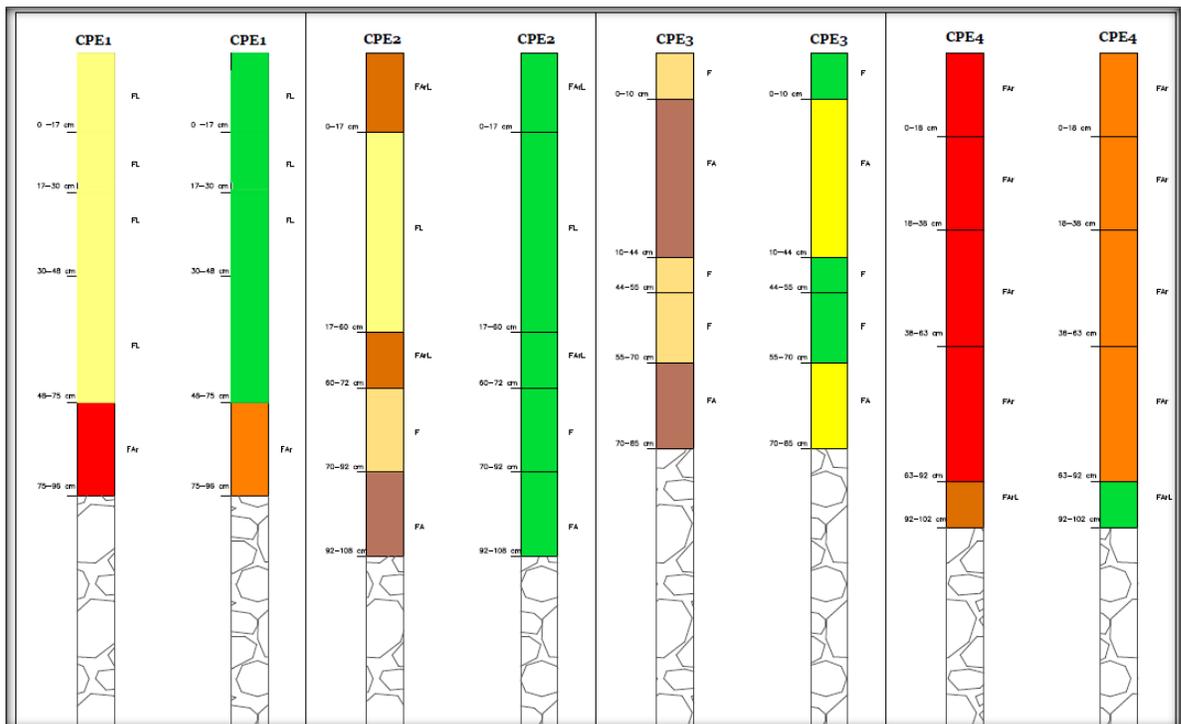
	id	LONGITUD
1	1	1266.71
2	4	1455.43
3	5	5224.07
4	7	544.23
5	17	838.96
6	25	1875.96
7	27	400.27
8	29	1037.50
9	46	276.69
10	48	392.58

Anexo 19. Base de datos compuerta Santa Barbara

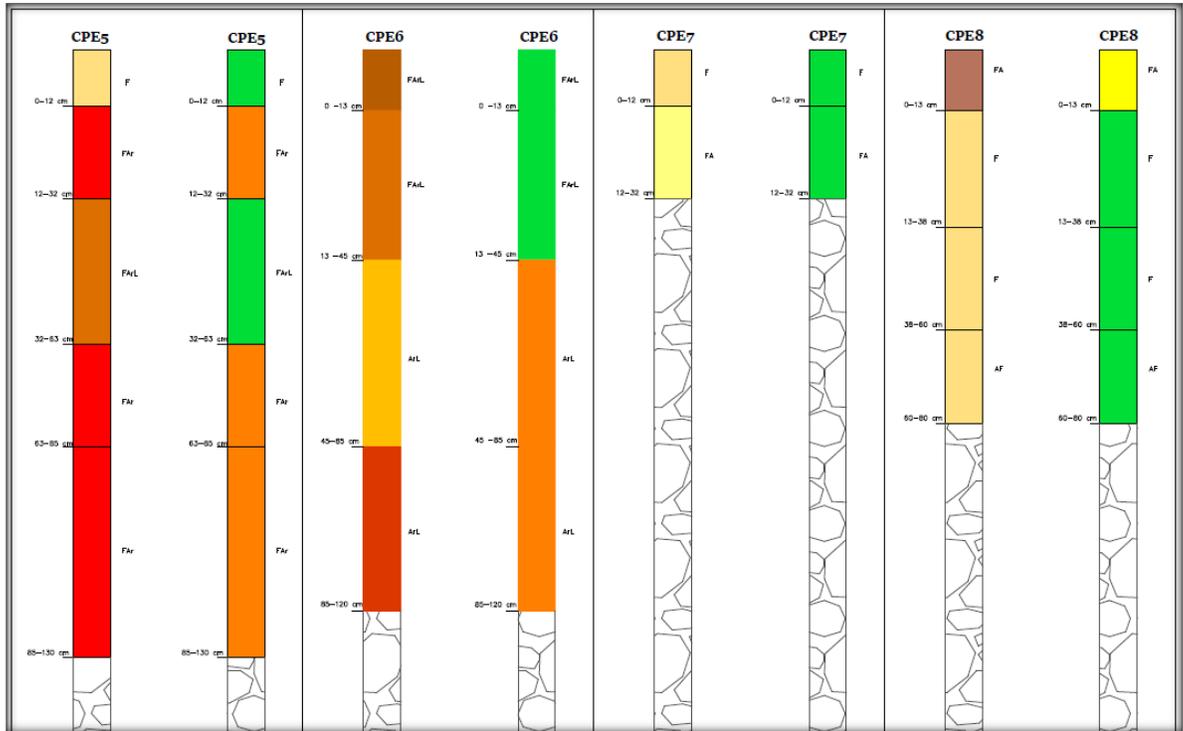
COMPUERTAS SANTA BARBARA :: Objetos totales: 28, filtrados: 28, seleccionados: 0

	NOMBRE	ESTADO	X	Y
1	CO_1	REGULAR	1089390.73	960845.09
2	CO_2	REGULAR	1089394.21	960839.90
3	CO_3	REGULAR	1089391.31	960837.02
4	CO_4	REGULAR	1089392.47	960838.17
5	CO_5	BUENO	1089382.61	960834.12
6	CO_6	BUENO	1089304.47	960742.21
7	CO_7	BUENO	1089295.25	960683.81
8	CO_10	BUENO	1089695.30	960916.63
9	CO_11	REGULAR	1089825.31	960946.75
10	CO_12	REGULAR	1089825.31	960946.75
11	CO_13	REGULAR	1089880.47	960938.16
12	CO_14	REGULAR	1089881.05	960938.74
13	CO_8	BUENO	1089467.03	960746.84
14	CO_18	BUENO	1089646.15	960516.35

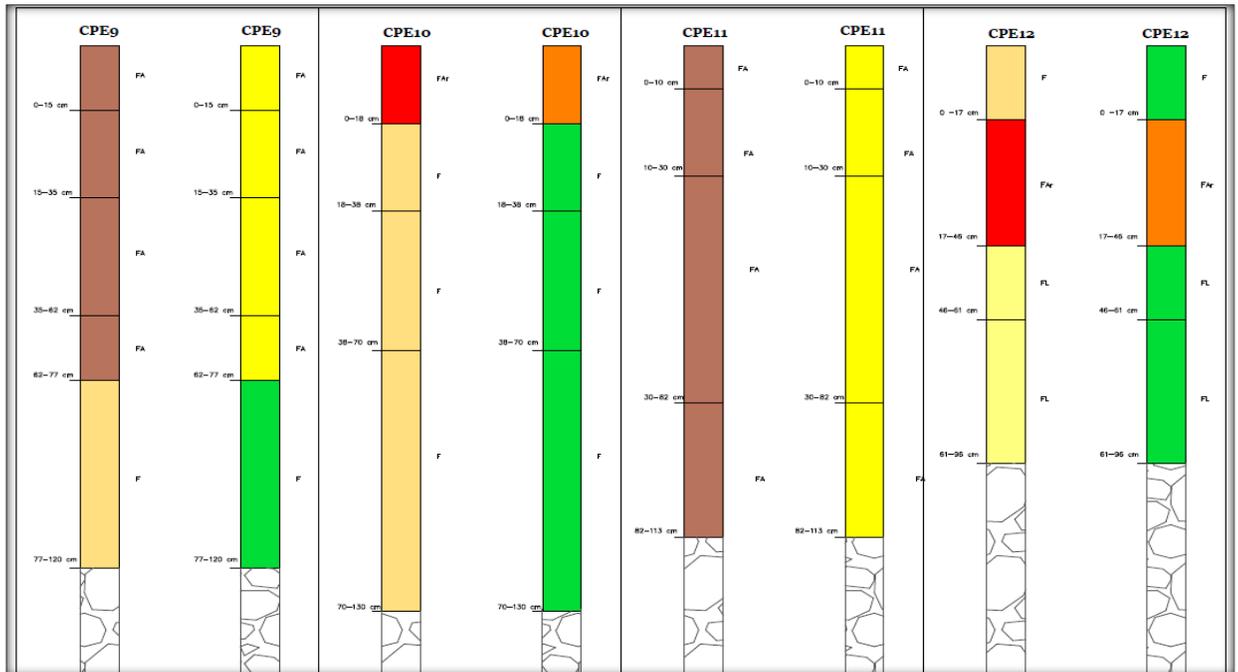
Anexo 20. Estratigrafía perfiles puntos de muestreo 1-4.



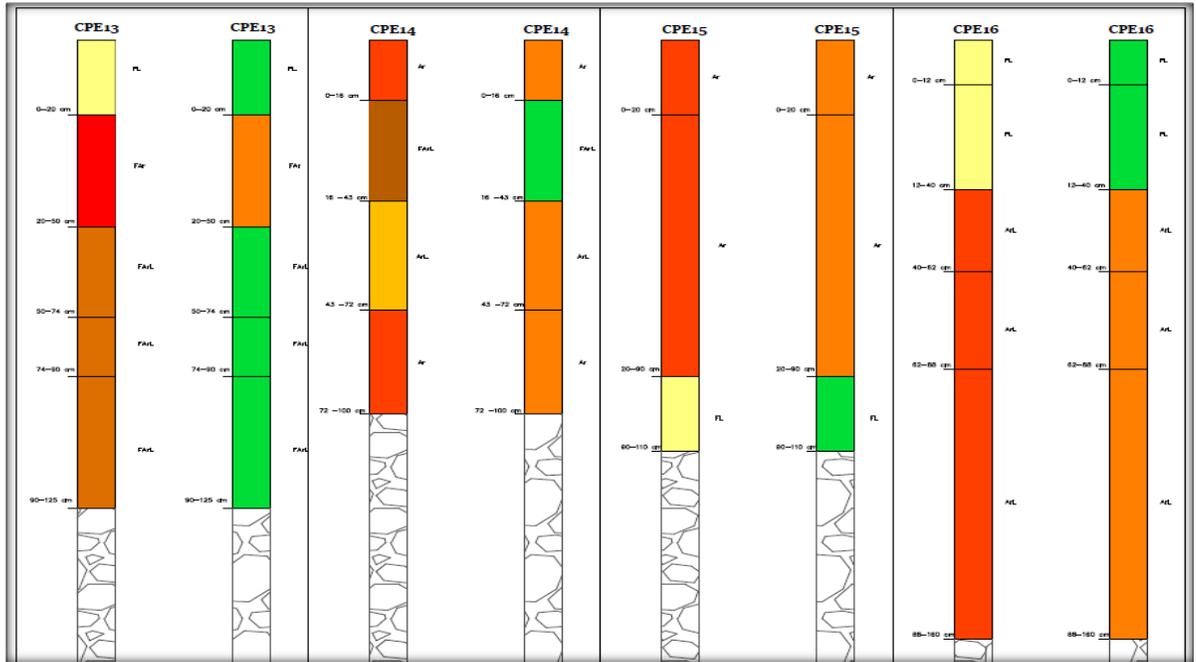
Anexo 21. Estratigrafía puntos de muestreo 5-8.



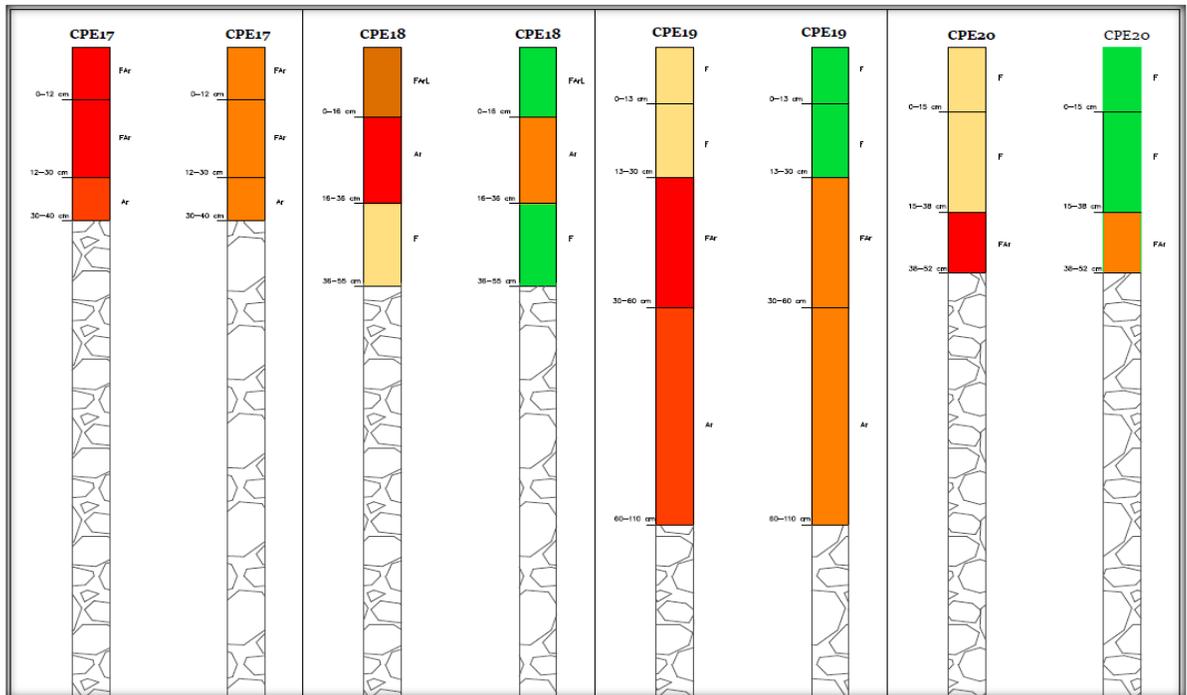
Anexo 22. Estratigrafía perfiles puntos de muestreo 9-12



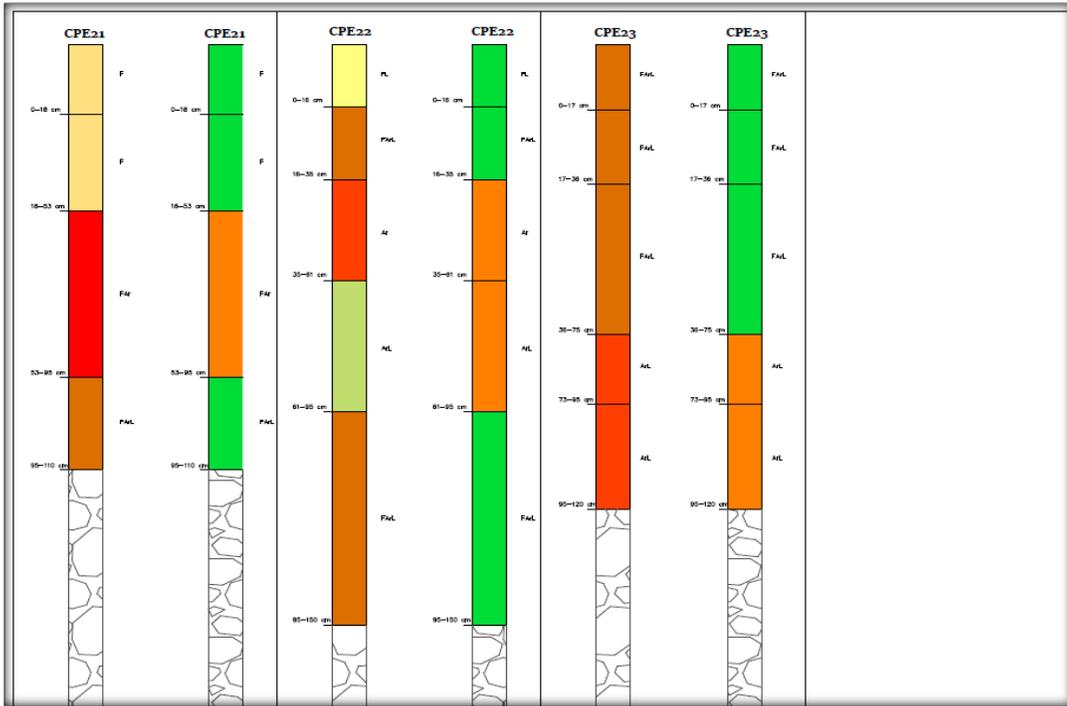
Anexo 23. Estratigrafía perfiles puntos de muestreo 12-16.



Anexo 24. Estratigrafía perfiles puntos de muestreo 16-20.



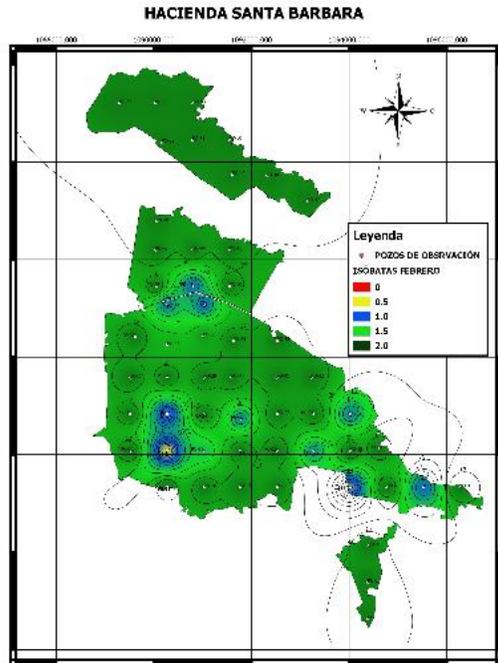
Anexo 25. Estratigrafía perfiles puntos de muestreo 16-23



Anexo 26. Nivel freático hacienda Santa Bárbara febrero de 2018

FINCA	POZO	LECTURA	FINCA	POZO	LECTURA	FINCA	POZO	LECTURA
NARANJITOS	1	1,8	SANTA B	19	1,8	SANTA B	37	1,8
NARANJITOS	2	1,8	SANTA B	20	1,2	SANTA B	38	1,1
NARANJITOS	3	1,8	SANTA B	21	1,8	SANTA B	39	1,1
SANTA B	4	1,8	SANTA B	22	1,8	SOCORRO	40	1,8
SANTA B	5	1,1	SANTA B	23	1,2	SOCORRO	41	1,1
SANTA B	6	1,8	SANTA B	24	1,8	SOCORRO	42	1,8
SANTA B	7	0,78	SANTA B	25	0,8	SOCORRO	43	1,8
SANTA B	8	1,8	SANTA B	26	1,8	SOCORRO	44	1,8
SANTA B	9	1,8	SANTA B	27	1,8	SOCORRO	45	1,8
SANTA B	10	1,8	SANTA B	28	1,8	SOCORRO	46	1,8
SANTA B	11	1,8	SANTA B	29	1,8	SOCORRO	47	1,8
SANTA B	12	1,8	SANTA B	30	1,8	SOCORRO	48	1,8
SANTA B	13	0,5	SANTA B	31	1,8	SOCORRO	49	1,8
SANTA B	14	1,4	SANTA B	32	1,8	SOCORRO	50	1,8
SANTA B	15	1,8	SANTA B	33	1,8	SOCORRO	51	1,8
SANTA B	16	1,8	SANTA B	34	1,8	SOCORRO	52	1,8
SANTA B	17	1,25	SANTA B	35	1,7	SOCORRO	53	1,8

FINCA	POZO	LECTURA	FINCA	POZO	LECTURA	FINCA	POZO	LECTURA
SANTA B	18	1,8	SANTA B	36	1,65	SOCORRO	54	1,8



Anexo 27. Nivel freático hacienda Chaparral Marzo de 2018

FINCA	POZO	LECTURA	FINCA	POZO	LECTURA	FINCA	POZO	LECTURA
CHAPARRAL	68	1,04	CHAPARRAL	84	1	CUERNAVACA	100	1,3
CHAPARRAL	69	1,14	CUERNAVACA	85		CUERNAVACA	101	
CHAPARRAL	70	1,12	CUERNAVACA	86	1,4	CUERNAVACA	102	
CHAPARRAL	71	0,8	CUERNAVACA	87	1,12	CUERNAVACA	103	
CHAPARRAL	72	1,1	CUERNAVACA	88	1,08	CUERNAVACA	104	
CHAPARRAL	73	1,8	CUERNAVACA	89	1,28	CUERNAVACA	105	1,55
CHAPARRAL	74	0,81	CUERNAVACA	90	1,59	CUERNAVACA	106	0,86
CHAPARRAL	75	0,76	CUERNAVACA	91	1,38	CUERNAVACA	107	
CHAPARRAL	76	1,59	CUERNAVACA	92	1,58	CUERNAVACA	108	
CHAPARRAL	77	1,25	CUERNAVACA	93	1,38	CUERNAVACA	109	
CHAPARRAL	78	1,05	CUERNAVACA	94	1,62	CUERNAVACA	110	
CHAPARRAL	79	1,1	CUERNAVACA	95	1,64	CUERNAVACA	111	1,28
CHAPARRAL	80	1,02	CUERNAVACA	96	1,28	CUERNAVACA	112	1,71
CHAPARRAL	81	1,1	CUERNAVACA	97	1,8	CUERNAVACA	113	1,8
CHAPARRAL	82	0,71	CUERNAVACA	98		CUERNAVACA	114	
CHAPARRAL	83		CUERNAVACA	99	1,3	CUERNAVACA	115	1,75

HACIENDA CUERNAVACA

