



**DETERMINACIÓN DEL PUNTO ÓPTIMO DE RIEGO EN PALMA DE
ACEITE, EN LA HACIENDA ARIGUANI, MUNICIPIO DEL COPEY,
DEPARTAMENTO DEL CESAR.**



**Presentado por:
YINA PAOLA ROJAS**

**Director
ARMANDO TORRENTE TRUJILLO
Ing. Agr. M.Sc., Doctor.**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA AGRICOLA
NEIVA
2011**



**DETERMINACIÓN DEL PUNTO ÓPTIMO DE RIEGO EN PALMA DE
ACEITE, EN LA HACIENDA ARIGUANI, MUNICIPIO DEL COPEY,
DEPARTAMENTO DEL CESAR.**

Requisito como informe de pasantía para optar al título de Ingeniero Agrícola

**Presentado por
YINA PAOLA ROJAS**

**Director
ARMANDO TORRENTE TRUJILLO Ing. Agr. M.Sc. Doctor.**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA AGRICOLA
NEIVA
2011**



Nota de aceptación:

GILBERTO ALVAREZ LINARES
TOPOGRAFO
ADMINISTRADOR DE EMPRESAS
ESPECIALISTA EN RIEGOS
JURADO

RODRIGO PACHON BEJARANO
ING. AGRONOMO
JURADO

ARMANDO TORRENTE TRUJILLO
ING. AGRICOLA
ESPECIALISTA EN RIEGOS
M.Sc. EN MANEJO DE SUELOS Y
AGUAS
Dr. CIENCIAS AGROPECUARIAS
DIRECTOR



DEDICATORIA

Dedico el proyecto de grado a Dios, a mi mamá Rosa María Rojas Rivas que con su esfuerzo, dedicación y apoyo, me dio la oportunidad de formarme como persona y profesional; a mi hermano Fernando Plazas por su apoyo constante, a mi compañero Bertulfo Tovar por su paciencia, compañía y constante apoyo en todos los años que llevamos juntos y por darme la oportunidad de ser la mamá de una nena hermosa. A mi familia en general y en especial a María Gladys Rivas por creer en mí y ver con interés mi progreso personal y profesional.



AGRADECIMIENTOS

Agradezco de manera especial a mi director Armando Torrente Trujillo, por su gran colaboración, tiempo y el gran aporte a la investigación.

Al Centro de Investigación de la palma de Aceite CENIPALMA por brindar la oportunidad de participar en esta investigación y por su apoyo constante; en especial a la Ingeniera Leidy Constanza Montiel Inv. Aux. Proyecto de Suelos y Aguas.

A la Empresa C.I. TEQUENDAMA por el apoyo financiero y logístico para llevar a cabo esta investigación.

A la los funcionarios de la Hacienda Ariguaní por brindar el apoyo y el acompañamiento durante la temporada de mi pasantía, y por su acogida a la presente investigación.



TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	10
ANTECEDENTES.....	12
1. JUSTIFICACION.....	14
2. OBJETIVOS.....	15
2.1. Objetivo general.....	15
2.2. Objetivo específico.....	15
3. REVISIÓN DE LITERATURA.....	16
3.1. Fisiología del crecimiento y desarrollo de la palma de aceite.....	17
3.2 Riego superficial.....	21
3.3. Distribución del agua en el perfil del suelo.....	23
4. METODOLOGIA.....	24
4.1. Localización del sitio.....	24
4.2 Procedimiento para la instalación de sensores de humedad en el suelo ...	27
4.3 Aplicación de riego.....	28
4.4 Actividades.....	29
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	30
5.1 Caracterización del suelo del lote 4A y seguimiento de % de humedad.....	30
5.2 Aplicación de riego.....	34



5.3 Actividades Complementarias	37
5.3.1 Instalación de vertederos.	37
5.3.2. Revisión y mantenimiento del sistema de riego.	39
5.3.3 Instalación de freaímetros y seguimiento de la red.	41
5.3.4 Mantenimiento del sistema para la cosecha y recolección de fruto.	43
5.3.5 Recomendaciones para cosecha	43
5.3.6 Selección de las nuevas palmas a muestrear	46
5.3.7 Instalación de la nomenclatura del experimento	46
5.3.8 Registro de producción de RFF.	47
5.3.9 Toma de medidas vegetativas.	49
5.3.10. Censo de producción.	49
5.3.11. Costo total de labores	50
5.4. Actividades a Seguir.....	50
6. CONCLUSIONES, CUMPLIMIENTO DE ACTIVIDADES Y RECOMENDACIONES.....	51
6.1 Conclusiones	51
6.2 Cumplimiento de actividades de pasantía	51
6.3 Recomendaciones	52
7. BIBLIOGRAFIA	53

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. a) Flor, b) Fruto, c) Palma

Figura 2. Localización del lote 4A de la Hacienda Ariguaní en el Municipio del Copey

Figura 3. Distribución de las unidades experimentales en el Lote 4A de la Hacienda Ariguaní.

Figura 4. Distribución de los sensores de humedad en el lote 4A.

Figura 5. Perfil del suelo Lote 4A.

Figura 6. Registro de humedad en los sensores a 0, 20 y 40 cm de profundidad.

Figura 7. Registro de tensión en los equitensiómetros a 15, 25 y 35 cm de profundidad.

Figura 8. Movimiento de la humedad en el perfil del suelo después un evento pluvial importante.

Figura 9. % humedad del suelo medidas en laboratorio Vs % humedad en sensores

Figura 10. Curva de retención de humedad Lote 4A de la Hacienda Ariguaní

Figura 11. Balance hídrico tiempo de estudio Tratamiento 1(1.0 atmósfera)

Figura 12. Balance hídrico tiempo de estudio Tratamiento 2(1.5 atmósferas)

Figura 13. Balance hídrico tiempo de estudio Tratamiento 3(2 atmósferas)

Figura 14. Balance hídrico tiempo de estudio Tratamiento 4(2.5 atmósferas)

Figura 15. Detalle D1 de vertedero

Figura 16. Isobatas lote 4A

Figura 17. Isohipsas lote 4A.

Figura 18. Sentido de cosecha bloque B.

Figura 19. Racimo por palma mensual.

Figura 20. Peso promedio por racimo/palma mes.

Figura 21. Producción acumulada

Figura 22. Área foliar por tratamiento.



LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Retención de humedad en el lote 4A de la Hacienda Ariguaní

Cuadro 2. Localización de frentímetros en Lote 4A, Hacienda Ariguaní.

Cuadro 3. Agua aprovechable para cada tratamiento

Cuadro 4. Frecuencia de riego para cada tratamiento

Cuadro 5. Costos de Instalación de Vertederos.

Cuadro 6. Zonas de Cosecha Lote 4A

Cuadro 7. Costos de labores lote 4A.



INTRODUCCIÓN

Determinar los requerimientos hídricos de la palma de aceite para las condiciones del Norte Colombiano equivale a responder cuanto y cuando regar, factores fundamentales para el éxito de la producción en áreas con déficit hídrico. Esto además permite hacer un uso racional del recurso, que para las condiciones agroecológicas de áreas con balance hídrico en déficit son el mayor limitante.

Diversos investigadores han evidenciado una variación en la producción de racimos de fruta fresca (RFF) al suministrar láminas mayores a las utilizadas como estándares para un lugar en particular. Sin embargo, los trabajos realizados para determinar estos parámetros de riego en la palma de aceite, no han contemplado la programación del riego con base en el seguimiento periódico de la demanda atmosférica, ni el seguimiento de la tensión de humedad en el suelo, haciéndose que de igual manera el cálculo sea impreciso.

Por lo anterior, con este trabajo se busca definir un valor de humedad para la aplicación de riego, que determine el mayor beneficio económico para cultivos de palma de aceite regados con métodos superficiales.

La oportuna disposición de agua para las plantas en regiones del país donde este recurso es limitante, hace imprescindible su estudio para una mejor racionalización. La palma africana no ha sido ajena a este campo, adoptando procesos que contemplen el análisis de estas variables. Esta necesidad de dar un manejo adecuado a este recurso, ha permitido el desarrollo de nuevas formas de riego que mejoran las eficiencias en el uso del agua.



Con el acompañamiento de Cenipalma y debido a la necesidad de obtener índices de consumo que mejoren las eficiencias de riego, se estableció desarrollar en la Hacienda Ariguaní en el municipio de Copey, Departamento del Cesar, *“la ddeterminación del punto óptimo de riego en palma de aceite según niveles críticos de tensión del agua en el suelo”*.

Los trabajos realizados sobre consumo de agua palma, han sido orientados al seguimiento de la demanda atmosférica sin tener en cuenta el potencial de humedad en el suelo. Esta investigación pretende definir láminas de riego con base en el potencial de humedad del suelo, de tal manera que se obtenga el mayor beneficio económico.

Para el establecimiento del ensayo, se deben ajustar las condiciones de funcionamiento del sistema para garantizar la correcta aplicación de las láminas de riego, requisito fundamental para su implementación. El objetivo para esta etapa, es culminar la implementación y puesta en marcha del experimento con el objeto de definir el punto óptimo de riego en palma de aceite.

La plantación tiene instalación de riego superficial con manejo tradicional basado en el desbordamiento de canales y riego corrido, área subdivida en 7 secciones según época de siembra y variedad de palma. Se seleccionó el área experimental con base en los registros de producción y estado general de las plantas, teniendo en cuenta además, la incidencia por enfermedades o plagas, edad del cultivo y registro histórico de producción.



ANTECEDENTES

La Hacienda Ariguaní inicio su actividad agrícola con la siembra del cultivo de algodón y arroz, además de la producción de ganado de doble propósito. A principios de los años 80 se toma la decisión de sembrar palma de aceite con riego superficial aprovechando la fuente de abastecimiento que se tiene como es el Rio Ariguaní.

La necesidad de mejorar las eficiencias de aplicación del agua en las plantaciones y dar un manejo adecuado de este recurso, estimuló a Cenipalma a desarrollar ensayos tendientes a determinar índices de consumo para la palma con este tipo de riego. Con base en esto, y el acompañamiento de Cenipalma se conviene en realizar un estudio, proyectado a tres años buscando el objetivo mencionado.

Previo a la determinación del índice de consumo, se debe adecuar el sistema de riego. Esta etapa preliminar, consiste en mejorar el estado hidráulico de la instalación de tal manera que permita garantizar las láminas de aplicación definidas. Esta etapa consistió en seleccionar y adecuar el lote 4A de la Hacienda Ariguaní para el suministro de riego controlado.

Dadas las consecuencias del déficit de agua en el sistema suelo-planta-atmósfera, se hace necesario el riego como complemento a la precipitación. Las ventajas del riego en el cultivo de la palma han sido cuantificadas bajo diferentes esquemas, siendo el más común la comparación del crecimiento y la producción en palmas con o sin riego, pero pocos esfuerzos se han hecho por cuantificar sistemáticamente y en diferentes edades y condiciones el consumo de agua por la palma, con el fin de definir con mayor exactitud las cantidades de agua que se deben suplir por medio del riego. Henson *et al.* (1990) identificaron que el riego incrementó la producción anual de hojas, observando además un incremento en el



peso foliar, y Desmarest (1967) observó un incremento en la longitud del raquis y en el diámetro basal del estipe debido al riego en Costa de Marfil.

El déficit hídrico es probablemente el factor climático que más afecta la producción de la palma de aceite. Cuando la evapotranspiración excede la precipitación (o precipitación más riego) el contenido de agua en el suelo disminuye, y puede alcanzar un punto en el cual la palma no puede extraer agua necesaria para continuar el proceso de transpiración. En ese momento la palma sufre de estrés hídrico, causando efectos directos sobre la producción de materia seca, cierre estomático y reducción de la fotosíntesis que provocarán cambios sobre la producción de racimo de fruta fresca (RFF) manifestados en el menor número de racimos (Corley *et al.*, 1982; Kee *et al.*, 1991; Mite *et al.*, 1998).



1. JUSTIFICACION

El agua es el factor limitante más importante en la producción agrícola. La creciente demanda por los recursos hídricos disponibles exige cada día un mayor control de su eficiencia. Por tanto, las actividades de investigación encaminadas a mejorar su uso y distribución brindan alternativas de solución, especialmente en las zonas donde este recurso es una limitante. La palma de aceite es sensible tanto al exceso como al déficit hídrico desde el punto de vista de producción, por tanto un mejor conocimiento de la distribución del agua a nivel predial en estas zonas, permiten aplicar técnicas de manejo adecuadas y por tanto tener eficiencias de riego altas las cuales disminuyen los costos de operación.



2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general.

Culminar la etapa de adecuación del lote 4A de la Hacienda Ariguani para la determinación del punto óptimo de riego en palma de aceite, según niveles críticos de tensión del agua en el suelo.

2.2. Objetivo específico

- Control de operación del sistema de riego en el lote 4A de la hacienda Ariguani para disminuir el error experimental.
- Seguimiento del contenido de humedad y del potencial matricial del suelo en cada uno de los tratamientos de aplicación de riego.
- Registro de producción de Racimo de Fruta Fresca (RFF) del lote 4A para evaluar a largo plazo el efecto de la aplicación de riego.
- Capacitar a los trabajadores de cosecha en el lote 4A, para evitar el deterioro y daño del sistema de riego (bordas y canales).

3. REVISIÓN DE LITERATURA

El agua aporta entre el 70 y el 90% del peso fresco de la planta y desempeña varios papeles fisiológicos. Entre las funciones del agua en la planta se encuentra la de ser solvente universal, medio de transporte y generadora de turgencia (Riveros 1997; Azcon-Bieto *et al.* 1993). Esto la convierte en uno de los factores de mayor importancia en la producción de la palma de aceite, ya que su déficit o exceso causa un pobre crecimiento y en consecuencia una baja producción. Lubis *et al.* (1993) estimaron que el potencial de producción se redujo entre el 10 y el 40% como consecuencia de la sequía en las plantaciones de Indonesia. Las evidencias indican que la sequía reduce la relación de sexos, aumenta la producción de inflorescencias masculinas e incrementa la presencia de abortos. (Ochs *et al.* 1976).

Dadas las consecuencias del déficit de agua en el sistema suelo-planta-atmósfera, cuando este se da se hace necesario el riego como complemento a la precipitación. Las ventajas del riego en el cultivo de la palma han sido cuantificadas bajo diferentes esquemas, siendo el más común la comparación del crecimiento y la producción en palmas con o sin riego, pero pocos esfuerzos se han hecho por cuantificar sistemáticamente y en diferentes edades y condiciones el consumo de agua por la palma, con el fin de definir con más exactitud las cantidades de agua que se debe suplir por medio del riego.

El déficit hídrico es probablemente el factor climático que más afecta la producción de la palma de aceite. Cuando la evapotranspiración excede la precipitación (precipitación más riego) el contenido de agua disminuye, y puede alcanzar un punto en el cual la palma no puede extraer agua necesaria para continuar el proceso de transpiración. En ese momento la palma sufre de estrés hídrico,



causando efectos directos sobre la producción de materia seca, cierre estomático y reducción de la fotosíntesis, lo cual provocará cambios sobre la producción de RFF manifestados en el menor número de racimos (Corley *et al.*, 1982; Kee *et al.*, 1991; Mite *et al.*, 1998).

También se han encontrado beneficios por efectos del agua en la conformación del racimo y en la formación de aceite. Corley *et al.* (1982), en Malasia con una lámina aproximada de 13 mm de agua cada tres días durante la temporada seca, obtuvieron incrementos de tres puntos porcentuales en la relación aceite en el racimo. Foong (1999), en estudios con lisímetro en Malasia, obtuvo un rendimiento promedio anual de aceite en mesocarpio de 63.5 kg.palma⁻¹ para palma sin déficit de humedad, contra 48.1 kg.palma⁻¹ con déficit de humedad.

3.1. Fisiología del crecimiento y desarrollo de la palma de aceite.

La palma de aceite es el cultivo oleaginoso que mayor cantidad de aceite produce por unidad de superficie. Con un contenido del 50% en el fruto, puede rendir de 3.000 a 5.000 kg de aceite de pulpa por hectárea, más 600 a 1.000 kg de aceite de palmiste. La palma de aceite es una monocotiledónea, incluida en el orden *Palmales*, familia *Palmaceae*, género *Elaeis* y especie *E. guineensis* Jac.

El crecimiento es un término aplicado a todas las variaciones cuantitativas que ocurren durante la vida de una planta. El desarrollo se caracteriza por el crecimiento y por los cambios de forma de una planta, los cuales ocurren por medio de patrones sucesivos de diferenciación y morfogénesis. La distribución de la materia seca durante el crecimiento de la palma de aceite depende de la radiación solar interceptada por las hojas, de la eficiencia para utilizar esa luz en la fotosíntesis y de la habilidad de transportar y almacenar los carbohidratos y otros compuestos en los diferentes órganos.



El crecimiento de las palmas ocurre por la constante división celular en el meristemo de las raíces activas en relación a la gran masa de raíces muertas en medio de las cuales se encuentran aquellas. Las partes vivas del sistema radical se renuevan constantemente, inclusive las raíces primarias que aparecen en el bulbo de las palmas viejas. El tronco requiere para su crecimiento de unos cuatro a seis años y se forma una vez a ocurrido la mayor parte del crecimiento transversal del sistema de raíces. La hoja tarda cerca de dos años desde su desarrollo inicial hasta el estado de flecha y puede permanecer fotosintéticamente activa otros dos años antes de entrar en senescencia.

La palma de aceite contiene flores masculinas y femeninas, de las que nacen frutos por millares, esféricos, ovoides o alargados, para conformar racimos compactos de entre 10 y 40 kg de peso. El tallo o estípite de la reina de las oleaginosas es erecto y tiene la forma de un cono invertido. Antes de envejecer es áspero, por las bases peciolares que lo revisten. Pero cuando llega a la vejez, aunque liso, se muestra segmentado por las cicatrices que le imprimen sus cerca de cuarenta hojas al marchitarse y caer. En su edad mediana las hojas se extienden de manera casi paralela al suelo, entre tres y siete metros. Cada una está compuesta de unos 250 folíolos lineales, insertos a uno y otro lado del pecíolo, pero de manera irregular. La apariencia desordenada de la hoja es uno de los rasgos característicos de la especie (figura 1).

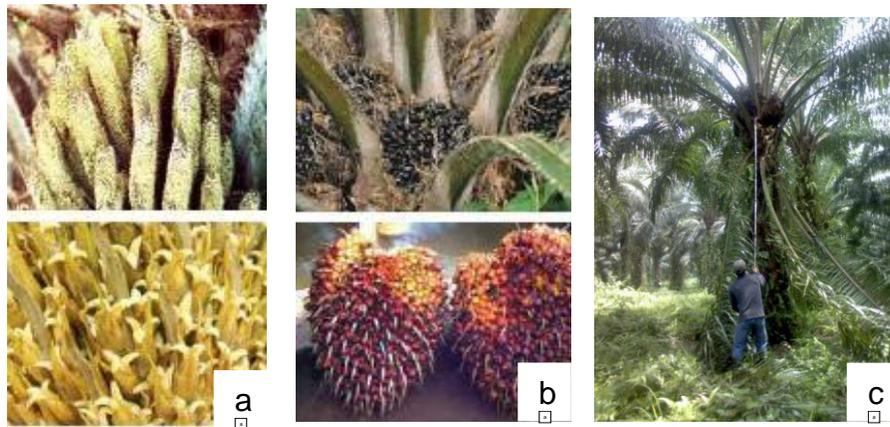


Figura 1. a) Flor, b) Fruto, c) Palma

La vida productiva de la palma de aceite puede durar más de cincuenta años, pero desde los veinte o veinticinco su tallo alcanza una altura que dificulta las labores de cosecha y marca el comienzo de la renovación en las plantaciones comerciales.

Cuando se proyecta establecer una plantación de palma de aceite, es indispensable hacer un análisis cuidadoso de las condiciones ecológicas de la zona, pues este cultivo requiere grandes inversiones.

Temperaturas mensuales de 25 a 28 °C en promedio son favorables, si la temperatura media mínima es inferior a 21 °C la humedad relativa debe ser superior al 75%. La evapotranspiración o pérdida de agua del suelo por evaporación directa y por la transpiración a través de las hojas, afecta el desarrollo de la palma de aceite. Las características físicas y químicas del suelo influyen en el desarrollo de la palma de aceite, esta es favorecida por suelos profundos, sueltos y con buen drenaje. En general, las buenas características físicas, textura y estructura, son preferibles al nivel de fertilidad, pues éste puede corregirse con fertilización mineral.

Para establecer un cultivo de palma, la semilla se vende empacada en bolsa de polietileno transparente y tratada con un desinfectante. Estas semillas se sacan de

las bolsas y se sumergen en agua para someterlas a remojo durante siete días, luego se colocan en su lugar sombreado durante un periodo corto hasta que se haya evaporado el agua de su superficie. La humedad debe ser del 21 al 22% para semillas de la variedad Dura y del 28 al 30% para semillas Ténera. Las semillas se colocan de nuevo dentro de las bolsas de plástico, estas se amarran, procurando dejar un buen espacio de aire en su interior, posteriormente se ubican en un cuarto a temperatura ambiente evitando que se forme agua de condensación en las paredes internas.

En el vivero, las palmitas permanecen de seis a ocho meses, si se parte de plántulas de previvero, o de 10 a 12 meses, si se siembran semillas germinadas. Antes del trasplante debe hacerse una selección de las palmitas del vivero. Se eliminan aquéllas que presentan anomalías en su desarrollo y ataque de plagas o enfermedades.

Para el buen desarrollo de la palma es necesario preparar el terreno para la plantación, trazar los lotes y las vías, y establecer el cultivo de cobertura. Al planear la plantación se deben establecer dos caminos principales que cruzan en ángulo recto, orientados de norte a sur y oriente a occidente. Los lotes no deben ser más anchos de 300 a 350 m para facilitar el transporte de los racimos a los sitios de recolección.

Después del establecimiento del cultivo de cobertura, comúnmente llamado kudzú tropical o centrosema, se demarcan los sitios de siembra y se inicia la ahoyadura. La siembra es en triángulo con distancias 9 X 9 m para un total de 143 palmas/ha. Los huecos para el trasplante de las palmitas son de 45 X 45 X 40 cm. La tierra alrededor de la palma debe apisonarse con fuerza. El cuello debe quedar al ras del suelo.

3.2 Riego superficial.

El riego superficial Comprende los métodos de riego en los cuales la conducción del agua desde el sistema de distribución (canales ó tuberías), hasta cualquier punto de la parcela a ser regada es realizado directamente sobre la superficie del suelo.

Todos los métodos de riego superficial tienen en común que la energía necesaria para el movimiento del agua se logra por la utilización de la diferencia de altura del terreno, también por ello se llaman por gravedad. El agua se aplica al terreno en la zona más alta y desde allí fluye hacia las más bajas, disminuyendo el flujo a medida que se infiltra en el suelo.

El riego superficial ha sido utilizado desde épocas remotas por el hombre, y actualmente a pesar de los avances tecnológicos es el que ocupa la mayor superficie regada en muchos lugares de la tierra.

El agua se desplaza sobre la superficie del área a regar, cubriéndola total o parcialmente, conducida solamente por la diferencia de cota entre un punto y otro por la acción de la fuerza de la gravedad. No requieren inversiones en equipos de bombeo, tuberías, válvulas, etc., pero en cambio si que precisan de un alto grado de sistematización previa de los cuadros a regar, esto es, nivelaciones y sistematización para poder conducir el agua adecuadamente.

Según la topografía y el tipo de sistematización que se haya realizado en la finca se pueden dividir en dos grupos principales: Con pendiente o Sin Pendiente. Dependiendo de la forma de conducción del agua se pueden dividir en dos tipos: Surcos y Melgas.

Cuando se riega sin pendiente, es decir, cuando la superficie a regar es “llana”, el método consiste en “llenar” el surco o la melga con el volumen deseado de agua y luego cerrar este “recipiente” y pasar a regar otros. El surco o la melga



permanecen con agua hasta que el volumen se infiltra. Las pérdidas se producen por percolación excesiva en cabecera.

Cuando se riega con pendiente, el riego consiste en hacer escurrir el agua durante un tiempo suficientemente para que se infiltre el volumen que deseamos aplicar. Las pérdidas además de producirse por infiltración diferencial en cada punto se producen por escurrimiento al pie de la parcela

Métodos superficiales o de gravedad tecnificados: Son métodos que buscan evitar alguna de las pérdidas que se producen en los métodos gravitacionales tradicionales con el objeto de mejorar el control y la homogeneidad en que el agua es aplicada. Entre ellos se destacan:

Conducción por tuberías: Reducen las pérdidas por conducción fuera de los límites de los cuadros de cultivo.

Dosificadores a los surcos: Son métodos que logran que el caudal que recibe cada surco sea el mismo, esto se logra mediante el uso de “sifones” para tomar de canales a cielo abierto o de orificios uniformes y regulables si los surcos son abastecidos desde melgas o tuberías.

Riego discontinuo o con dos caudales: Especialmente diseñado para riego con pendiente. Buscan mejorar la uniformidad de infiltración a lo largo de los surcos y reducir a un mínimo las pérdidas por escurrimiento al pie. Mediante la interrupción del caudal o el uso de caudales variables ya que con caudal grande logran un mojado más rápido de la totalidad del surco y luego aportan un caudal mínimo que se infiltra casi en su totalidad.

3.3. Distribución del agua en el perfil del suelo

El objetivo fundamental del sistema de riego es garantizar las mejores condiciones de uso del agua y el óptimo aprovechamiento de esta por parte de la palma, lo cual se logra a través de la disposición de este recurso en las cantidades necesarias, de una manera oportuna y homogénea en el suelo de acuerdo a los requerimientos de la palma.

Los sistemas de riego presurizados se caracterizan por tener algún grado de desuniformidad en la aplicación del agua. Esta desuniformidad causa variación en la producción de las plantaciones, tornándose en algunas zonas de los lotes mayores producciones y en otras menores, coincidiendo (si el único problema es la uniformidad en el reparto del agua) con las zonas de menor uniformidad de la instalación de riego. En tal sentido, el estudio de la distribución espacial del agua aplicada brinda mejores aportes para entender las relaciones suelo – planta en la nutrición hídrica de estos cultivos permanentes, donde el efecto de las condiciones de estrés se manifiesta de manera posterior al evento.

Las raíces del cultivo en los sistemas presurizados, ocupan una disposición que generalmente coincide con la distribución volumétrica de la humedad generada por el emisor en el suelo, de aquí la importancia que a nivel fisiológico y de nutrición hídrica ejerce el volumen húmedo del suelo y su directa relación con el funcionamiento hidráulico de la instalación.

4. METODOLOGIA

4.1. Localización del sitio

El experimento se realizó en la plantación lote 4A cuya área es 14.8 ha de la Hacienda Ariguaní ubicada en el Municipio de el Copey, corregimiento de Caracolicito, departamento del Cesar, la cual se encuentra a 100 m.s.n.m, con temperatura media de 30°C y precipitación promedio de 1275 mm/año, localizada al norte del Departamento (figura 2).

El material vegetal corresponde a palma de aceite, variedad Avros con fecha de siembra en julio de 1994. El experimento se diseñó con bloques completos al azar cuyo factor de bloqueo es la pendiente del terreno, compuesto de 4 tratamientos de riego a 1, 1.5, 2 y 2.5 atmósferas de tensión y 3 repeticiones.

Para la determinación de los distintos niveles de tensión de humedad en el suelo, se utilizaron las curvas de retención de humedad del suelo. Se tendrán tres repeticiones por tratamiento, donde cada repetición constará aproximadamente 1782 m² de área por parcela compuesta por 21 palmas, de las cuales se seleccionan las nueve (9) centrales para la evaluación estadística. En la figura 3 se observa la distribución de cada uno de los tratamientos y de las repeticiones.

El experimento tiene una duración de 3 años contados a partir de la adecuación del lote, durante este periodo tiempo se toman registros de producción de RFF y contenido de aceite, medidas vegetativas, muestras foliares, tasa de intercambio de gases y el seguimiento del contenido de humedad a través de la tensión en el suelo. Con estos registros se realizará la evaluación de la aplicación del riego y su efecto en los rendimientos de la palma de aceite.

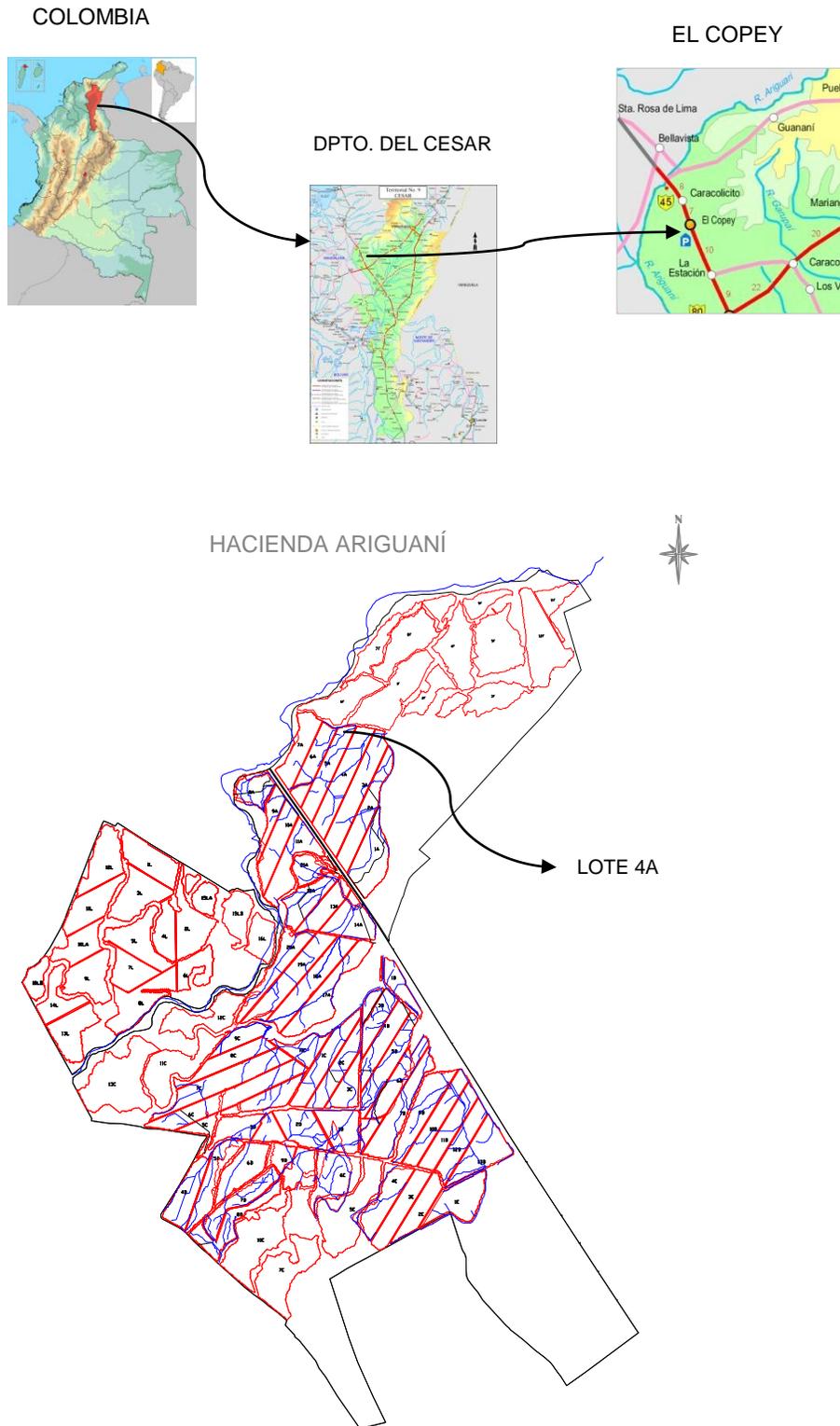


Figura 2. Localización del lote 4A de la Hacienda Ariguani en el Municipio del Copey

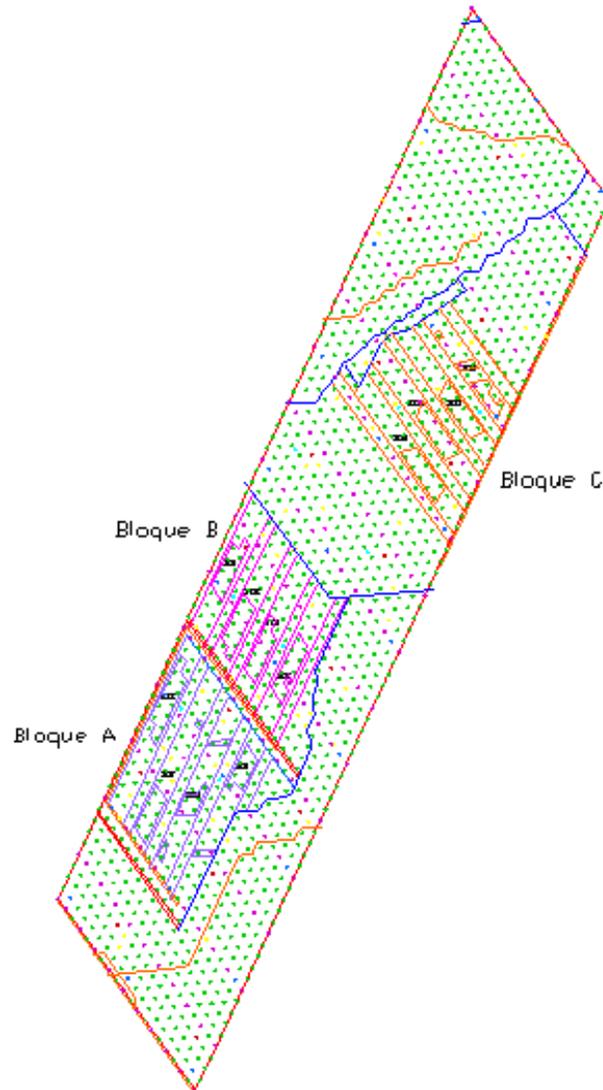


Figura 3. Distribución de las unidades experimentales en el Lote 4A de la Hacienda Ariguaní.

Para el seguimiento del potencial de humedad se instala en campo el Data logger, el cual se programa para realizar lecturas cada cinco minutos y promedios cada media hora. Este equipo consta de 10 sensores de humedad y 3 equitensiòmetros, los cuales estarán instalados a lo largo de la plantación en el perfil del suelo. Para un mejor manejo de la información se obtendrán promedios diarios y su

representación gráfica, de esta manera se permitirá analizar la distribución y tendencia diaria de la humedad y el potencial matricial del suelo en el perfil.

4.2 Procedimiento para la instalación de sensores de humedad en el suelo

A fin de determinar los momentos de riego y cuantificar los patrones de extracción de agua en los diferentes tratamientos, se instalaron en el bloque B203, línea 35, palma 16, trece sensores de humedad, así: 10 tensiómetros marca Theta Probe ΔT -Device instalados dos por profundidad a 0, 10, 20, 30 y 40 cm, y 3 equitensiómetros marca equitensiometer ΔT -Device a 0, 10 y 30 cm de profundidad, estos registran los cambios en potencial matricial y la humedad del suelo respectivamente por efecto del riego, la precipitación y el uso consumo del cultivo. Para la distribución y ubicación de los sensores de humedad se tomo referencia el tipo de suelo con mayor área de influencia en el lote (foto 1).

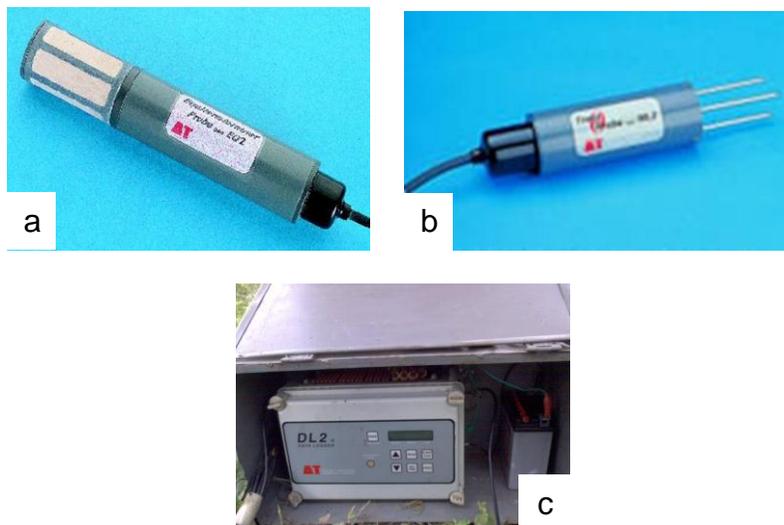


Foto 1. Sensores de humedad a) Equitensiómetro (equitensiometer, ΔT Device), b) tensiómetro (Theta Probe, ΔT Device) c) Data Logger ΔT .

En la figura 4, se observa la posición de cada sensor en la superficie experimental, ubicados teniendo en cuenta la textura y la densidad aparente del suelo.

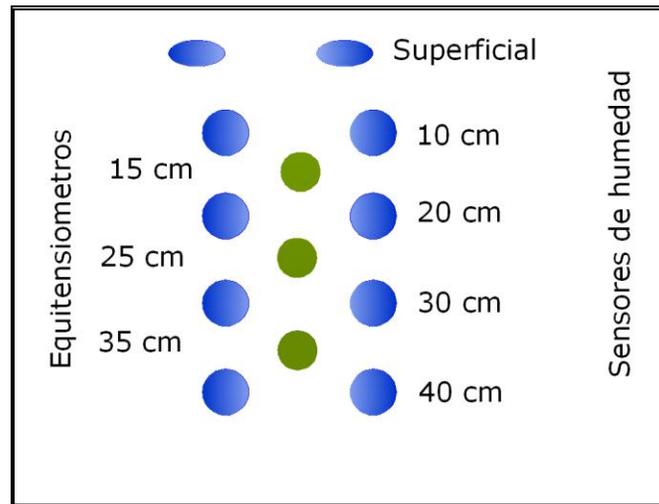


Figura 4. Distribución de los sensores de humedad en el lote 4A.

Por carencia del equipo para la medición de la evaporación diaria del lote, se tomó la decisión de utilizar la información de la estación más próxima, correspondiente a la Hacienda Palmeras de la Costa ubicada a 9 km del área experimental, la cual cuenta con tanque evaporímetro tipo A. La precipitación se mide en la red de pluviómetros que están instalados en la Hacienda. Esta información es requisito esencial para los balances hídricos y la programación de riego según los tratamientos.

4.3 Aplicación de riego.

Este de realizo basado en las curvas de retención de humedad del lote 4A, y, obtenida en el laboratorio de IGAC (Cuadro 1). Se estableció el agua aprovechable y el balance hídrico para cada uno de los tratamientos, teniendo en cuenta el tipo de suelo, densidad y profundidad radicular.

Cuadro 1. Retención de humedad en el lote 4A de la Hacienda Ariguani

Profundidad (cm)	Atmósferas de Tensión								
	0,1	0,3	0,5	1	1,5	2	2,5	5	15
	Retención de humedad (%)								
0 - 20	30,8	17,0	15,0	14,8	13,7	13,4	12,9	9,7	4,5
20 - 40	28,7	13,7	10,2	9,2	8,2	7,9	6,5	5,6	1,9
40 - 60	12,9	8,5	6,8	6,0	4,0	3,5	3,3	2,9	1,3

4.4 Actividades

Se cumplieron las siguientes actividades de campo: Seguimiento de la energía potencial del agua en el suelo, aplicación de los tratamientos, instalación de vertederos, revisión y mantenimiento del sistema de riego, instalación y seguimiento de la red freaticométrica, recomendaciones en labores de cosecha, medidas vegetativas, censo de producción, registro de producción de RFF, instalación de la nomenclatura del experimento selección de nuevas palmas experimentales, y costos de labores.

Para el seguimiento de los niveles freáticos y evaluación del drenaje interno del suelo, se instalaron ocho (8) freáticos en el lote 4A, de los cuales dos (2) fueron reubicados por condiciones del terreno, estos se instalaron desde 1.3 hasta 1.55 m de profundidad, con lectura de pozos cada ocho (8) días (cuadro 2).

Cuadro 2. Localización de freáticos en Lote 4A, Hacienda Ariguani.

No Pozo	Línea de palma	No. Palma	Cota m.s.n.m	Profundidad (m)
1	19-20	11	101.00	146
2	20-21	17	101.75	155
3	31-32	11	108.25	135
4	30-31	17	107.50	141
5	45	7 - 8	111.50	130
6	44	16 - 17	113.50	130
7	53	10 - 11	113.50	137
8	59	3 - 4	110.75	138

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Caracterización del suelo y seguimiento de humedad

Los suelos son representativos de la zona norte del Cesar y están influenciados por la cuenca del Río Ariguaní (Figura 5),

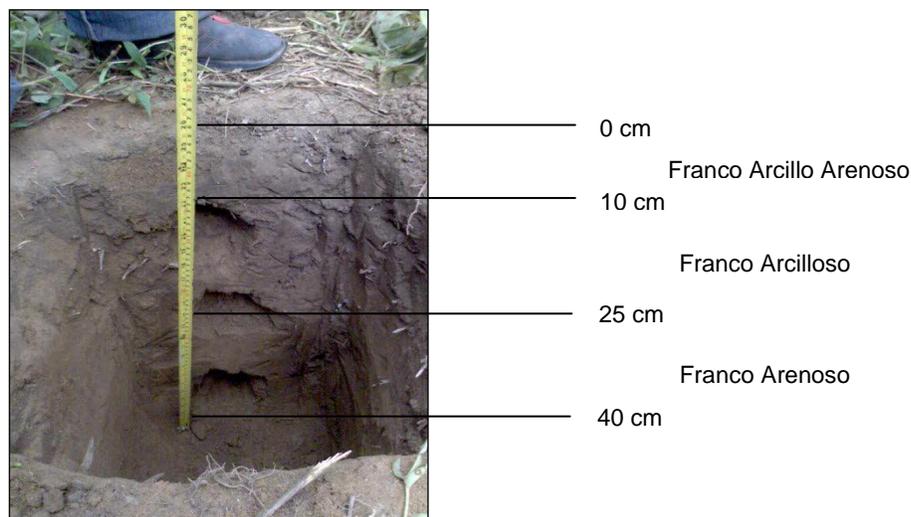


Figura 5. Perfil del suelo Lote 4A.

Los registros de humedad diaria del suelo a profundidades de 0 y 20 cm durante el periodo de estudio, muestran cambios de humedad por entradas y salidas de agua.

Durante el tiempo de estudio la humedad en el suelo se mantuvo por encima del 20% a lo largo del perfil, debido a las precipitaciones durante este periodo y a la cobertura vegetal típica para este cultivo, que evita la pérdida de humedad más rápidamente. En la figura 6 se puede evidenciar que la humedad superficial se pierde fácilmente debido a la exposición a la radiación solar.

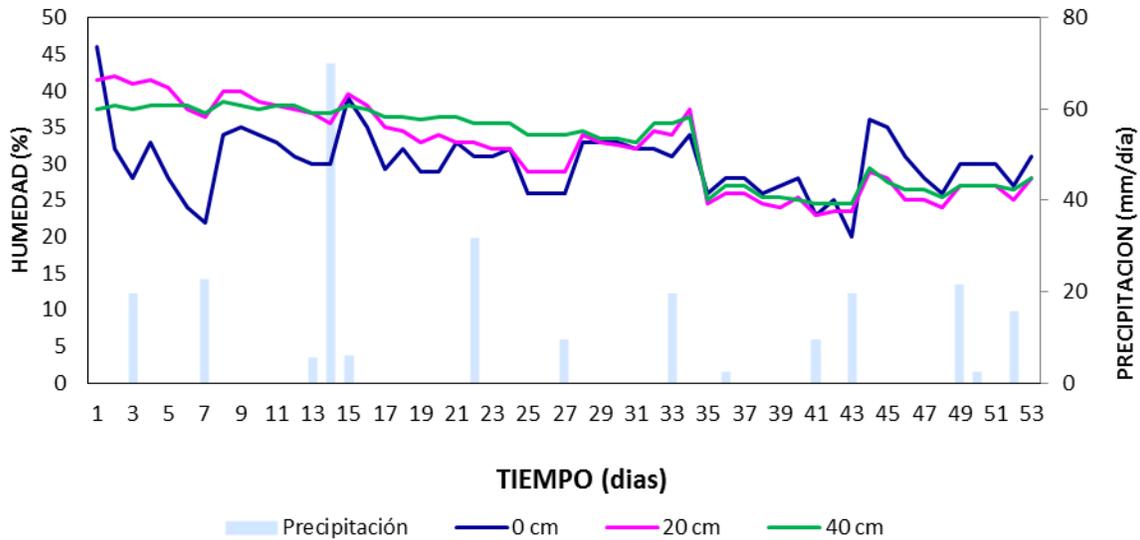


Figura 6. Registro de humedad en los sensores a 0, 20 y 40 cm de profundidad.

La tensión en el perfil se mantuvo por encima de la capacidad de campo y fue poco variable hasta el día 33, evidenciándose luego fluctuación. Se observa además, una posible fuente de error en las lecturas del equipo (figura 7).

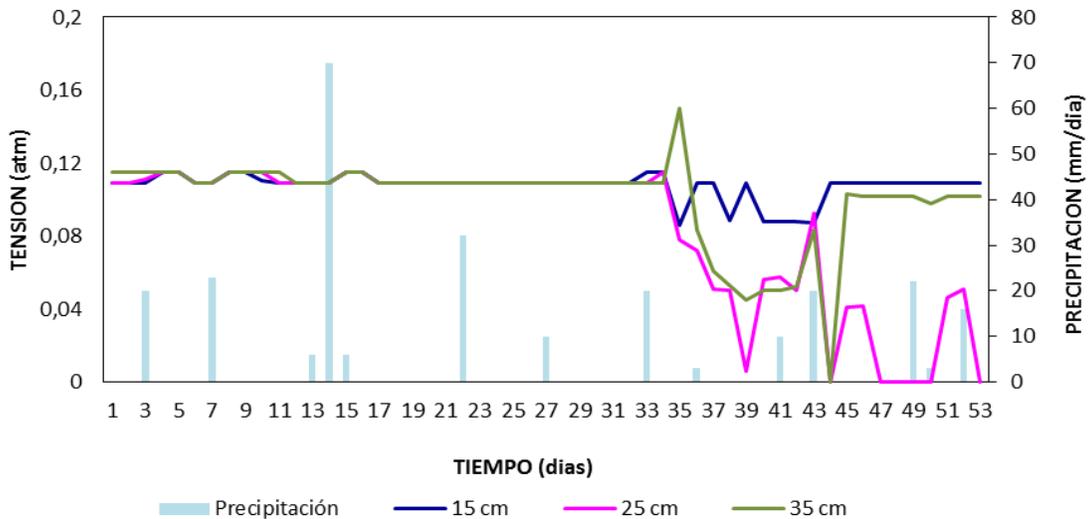


Figura 7. Tension en los equitensiometros a 15, 25 y 35 cm de profundidad.

La humedad a lo largo del perfil en presencia de eventos pluviales superiores a 10 mm, incide en el aumento de humedad y registra cambios importantes al momento del riego como se evidencia en los días 13 y 15, donde la humedad aumenta de 30 a 37% en la superficie, de 36 a 38 % a los 20 cm y de 35.5 a 36 % a 40 cm. Estos cambios de humedad están relacionados con la capacidad de retención de agua y el tipo de suelo en los distintos horizontes del suelo (figura 8).

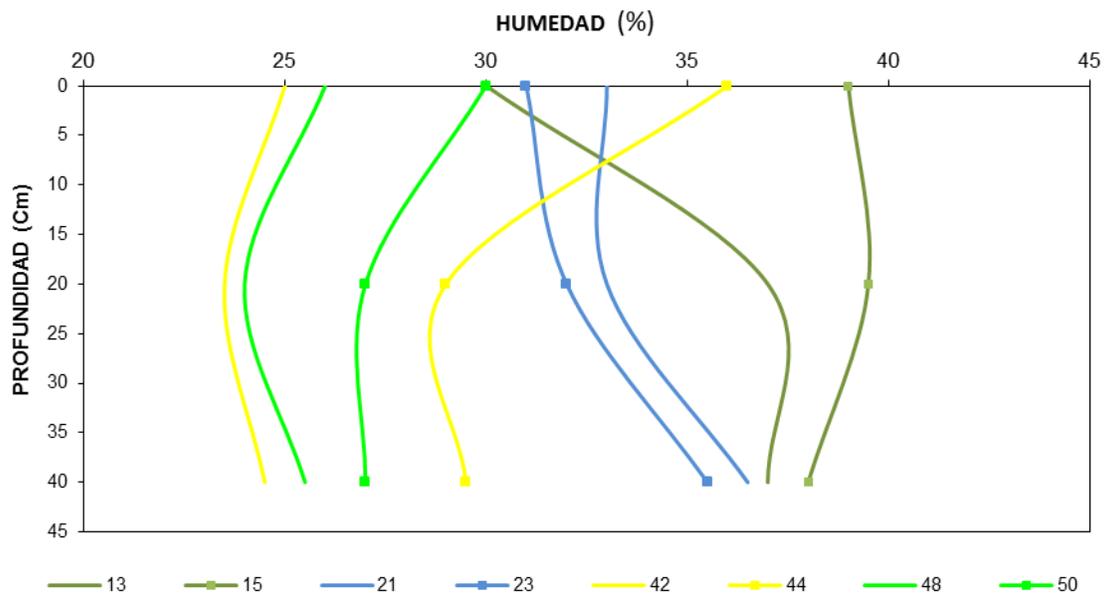


Figura 8. Humedad en el perfil del suelo después de un evento pluvial importante.

El Data Logger útil para almacenar las lecturas de los sensores, evidenció inconvenientes en su normal funcionamiento por deficiencias en su calibración y mantenimiento. Por tal motivo, los resultados no permiten hacer el debido seguimiento de la humedad del suelo para el control de riego y en consecuencia dificulta la evaluación del proceso en la plantación.

Se realizaron tres (3) pruebas de campo para efectos de la calibración de los equipos y sensores de humedad, con el fin de tomar medidas adecuadas de los cambios de la humedad del suelo. Esta calibración se realiza considerando las

características del suelo (fracciones minerales y orgánicas). Las especificaciones dadas por el fabricante son: Para suelo mineral $\pm 0.01 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ (1%) a temperaturas entre 0 y 40°C, y en suelo orgánico $\pm 0.02 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ (2%) a temperaturas entre 40 y 70°C.

Para la calibración del equipo se aplicó el siguiente procedimiento: Se tomaron muestras de suelo a diferentes profundidades donde se ubican los sensores, para comparar la humedad registrada por el equipo y la humedad mediante secado al horno a 105°C durante 24 horas (figura 9).

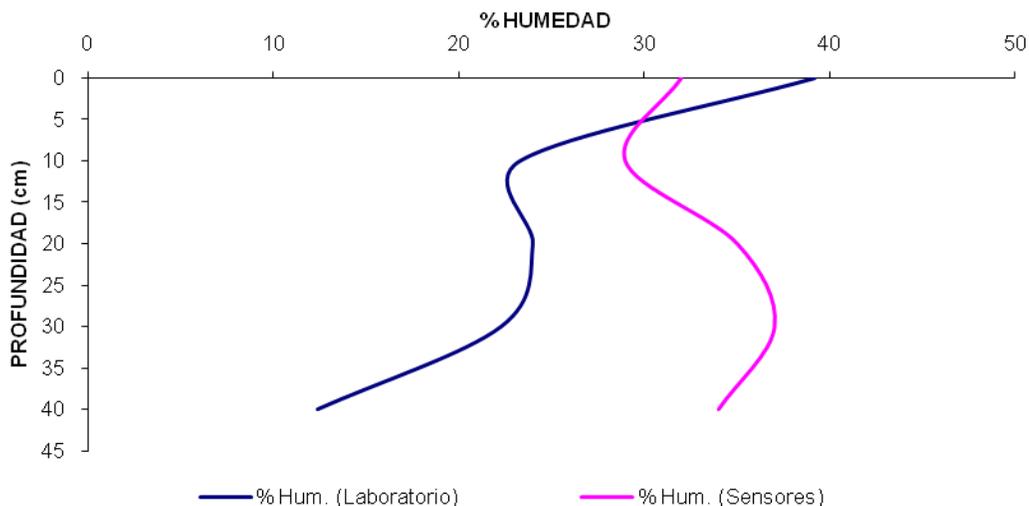


Figura 9. Humedad del suelo medida en laboratorio Vs humedad en sensores

La figura 9 muestra diferencias significativas en las mediciones de la humedad con la profundidad del suelo, de lo que se infiere que el equipo adquirido para la medición de la humedad del suelo requiere de calibración para un adecuado funcionamiento.

En razón de contar con equipos sin calibración para medición de la humedad del suelo y debido a la urgencia de iniciar los procedimientos de campo, se optó por utilizar la curva de retención del suelo y el respectivo balance hídrico como referencia, para definir los tratamientos del control de humedad en el suelo.

5.2 Aplicación de riego

Se observan las curvas de retención de humedad para los distintos estratos del suelo, información básica para el manejo de riego en el área experimental (figura 10).

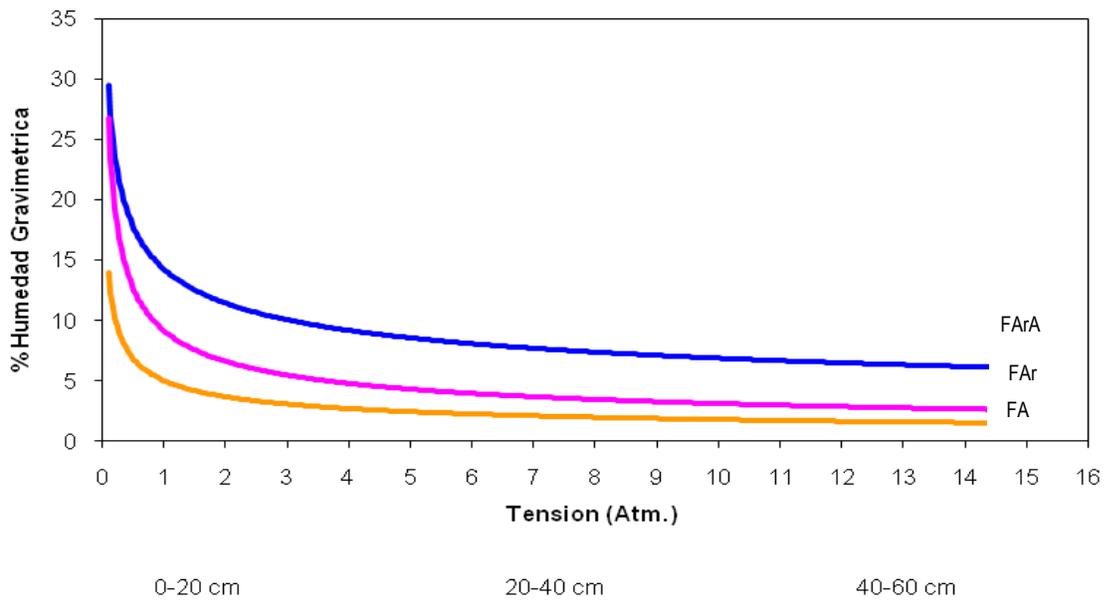


Figura 10. Curva de retención de humedad Lote 4A de la Hacienda Ariguani

Es fundamental conocer cuál es la disponibilidad de agua en el suelo, para suplir la demanda de un cultivo. Ella está directamente relacionada con la matriz de suelo, por lo tanto su retención estará sometida a principios y leyes físicas como a las características mecánicas de los suelos.

El agua en el suelo presenta diferentes tasas de disponibilidad para las plantas. Estas cantidades de agua disponible están normalmente asociadas a una determinada tensión interna. De manera general, la tensión del agua en el suelo es inversamente proporcional al contenido de humedad, significando que a medida que incrementa la tensión existirá menor disponibilidad de agua para la función

vegetal. Se estimó el agua aprovechable para cada tratamiento según la condición del suelo, densidad aparente y profundidad radicular del cultivo (Cuadro 3).

Cuadro 3. Agua aprovechable para cada tratamiento

Profundidad cm	Densidad aparente (g/cm ³)	Textura	TRATAMIENTO (humedad del suelo)							
			1 (1,0 atm)		2 (1,5 atm)		3 (2,0 atm)		4 (2,5 atm)	
			AA (%)	Ln (mm)	AA (%)	Ln (mm)	AA (%)	Ln (mm)	AA (%)	Ln (mm)
0 – 20	1,49	FArA	2.17	6.5	3,35	10.0	3.6	10.7	4,09	12,2
20 – 40	1,58	FAr	4.44	14.0	5,53	17,5	5.8	18.3	7,20	22,8
40 – 60	1,52	FA	2.47	7.5	4,42	13,4	4.8	15.4	5,13	15,6
AGUA APROVECHABLE (AA)				28.0		40,9		44.1		50,5

Ln es lámina neta

La figura 11 presenta el balance hídrico del TRT 1, la cual indica la precipitación efectiva mensual, el riego aplicado, evaporación mensual y el déficit para cada mes de estudio. Esta indica que el tratamiento presenta déficit acumulado mensual mayor en el mes de febrero, por la no ocurrencia de lluvias, además no se aplicó riego en los días indicados, por no contar con el personal para esta labor. En los meses de estudio en este tratamiento, se evidencia déficit entre 60 y 70 mm/mes.

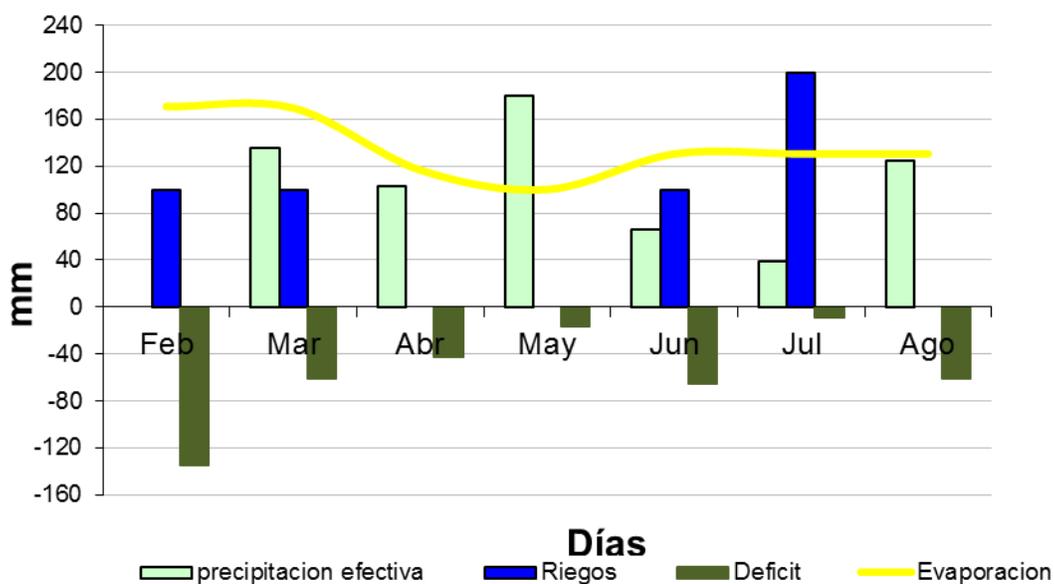


Figura 11. Balance hídrico tiempo de estudio Tratamiento 1(1.0 atm)

El balance hídrico en los TRT 1 y 2 muestran déficit, debido a que el riego y las precipitaciones durante el periodo no fueron suficientes para cubrir la demanda de agua, solo el mes de julio cumplió con estas demandas hídricas (figura 12).

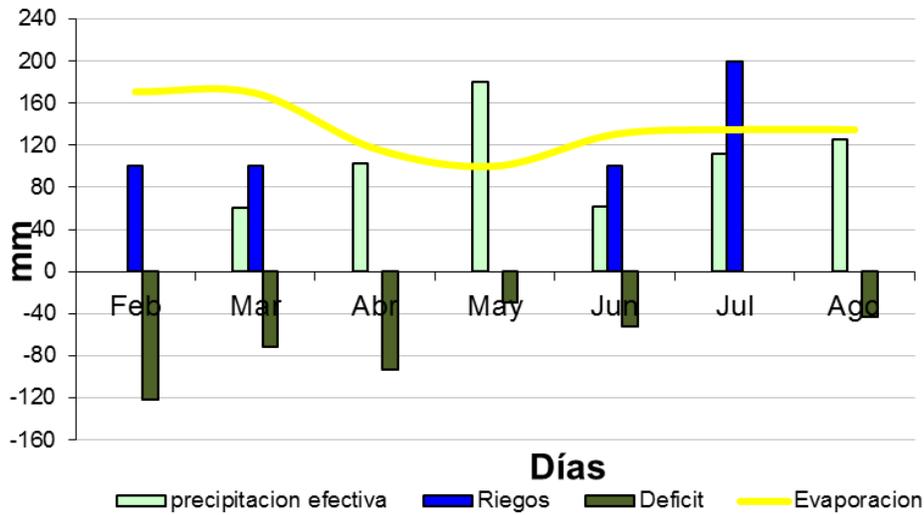


Figura 12. Balance hídrico tiempo de estudio Tratamiento 2(1.5 atmósferas)

Al igual que los TRT anteriores, el TRT 3 es muy similar, excepto en los meses de abril y julio, donde la demanda hídrica del cultivo fue suplida por precipitación y riego (Figura 13)

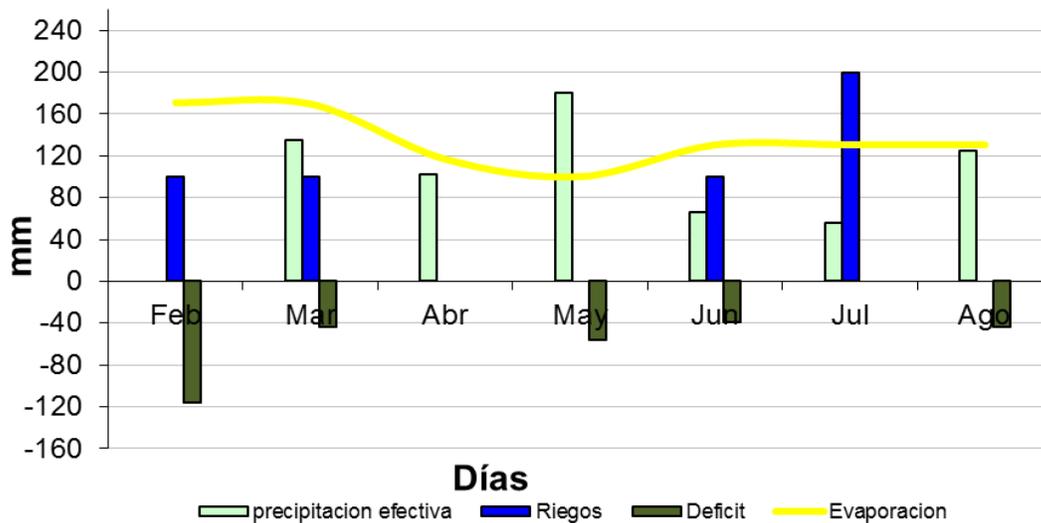


Figura 13. Balance hídrico tiempo de estudio Tratamiento 3 (2 atmósferas)

En el TRT 4 el déficit está entre 130 y 30 mm/mes, los riegos y precipitación no suplen las necesidades del cultivo. Hay que tener en cuenta que los riegos están limitados por el agua disponible y el personal para su distribución en la Hacienda (figura 14).

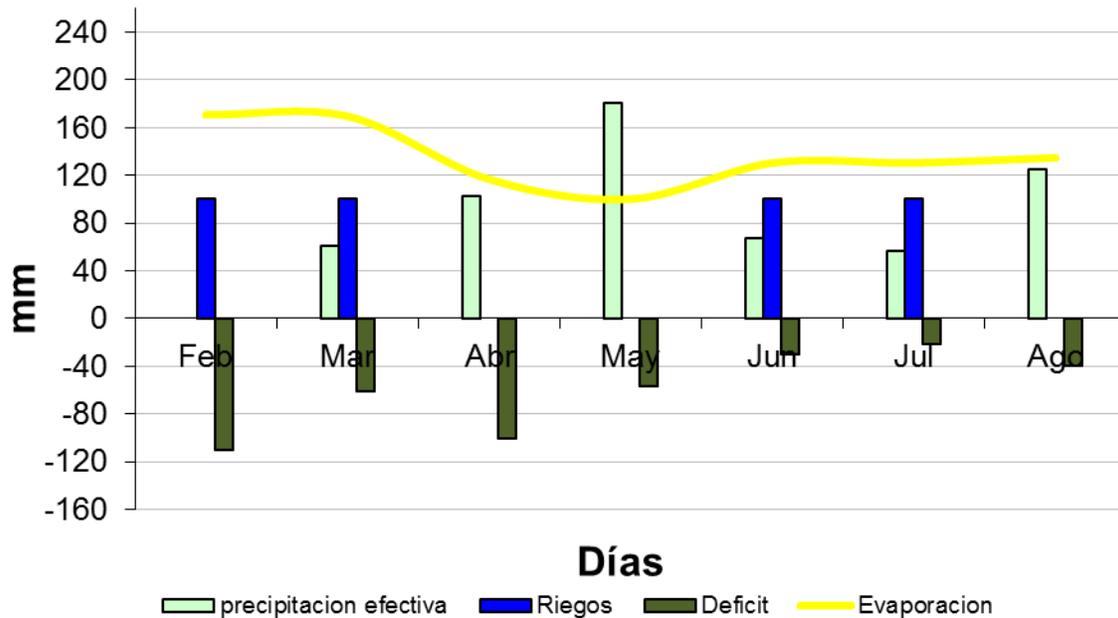


Figura 14. Balance hídrico tiempo de estudio Tratamiento 4 (2.5 atmósferas)

5.3 Actividades Complementarias

5.3.1 Instalación de vertederos.

Se construyeron vertederos de flujo libre y fondo plano en los canales de riego para el control del caudal en los distintos sectores de riego. Estos se construyeron en ladrillo y fueron nivelados según las necesidades del sistema, además se ubicaron dos tubos de PVC de 4" que conducirán el agua a cada una de las melgas dentro del lote (figura 15 y Foto 5).

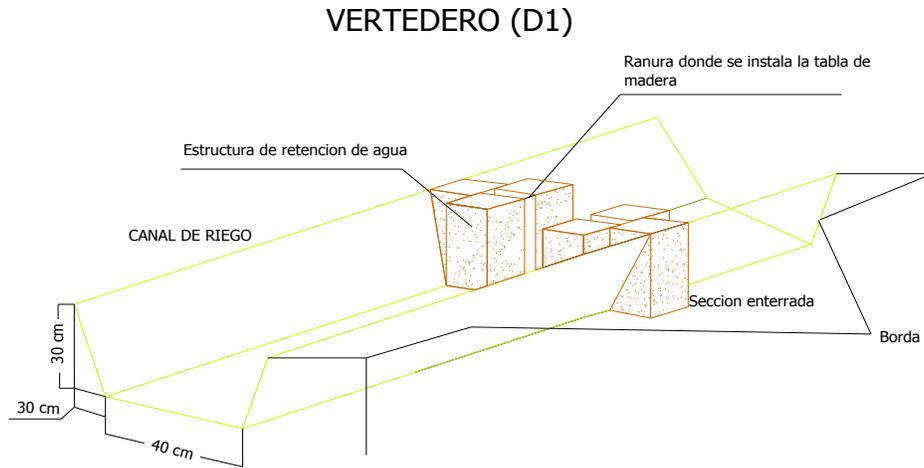


Figura 15. Detalle D1 de vertedero



Foto 5. Vertedero canal de riego

Se instalaron dos vertederos en los canales de riego de cada bloque, para un total de seis en el lote 4A.

El costo total de la construcción de los seis vertederos fue de \$337.840,92 pesos, este valor incluye personal, materiales y maquinaria, costos asumidos en su totalidad por la plantación (Cuadro 5).

Cuadro 5. Costos de Instalación de Vertederos.

MATERIAL			
Material	Cantidad	Val. Unitario (\$)	Val. Total (\$)
Cemento	6 Bultos	15.000	90.000
Ladrillos	220	140	30.800
Arena	15 Bultos	-----	-----
Tablas	1	10.000	10.000
Sub. Total			130.800
MANO DE OBRA			
Jornales	12	14.456,66	173.479,92
Acarreo	3 horas	8.750 h	26.250
Tractorista	3 horas	2.437 h	7.311
Sub. Total			207.040,92
Gran Total			337.840,92

5.3.2. Revisión y mantenimiento del sistema de riego.

Revisión del funcionamiento del sistema de riego: se realizó una evaluación del estado del sistema de riego, canales, bordas, tubería de distribución de agua y vertederos, para identificar fugas o daños en el sistema y posteriormente corregirlos, ya que este fue adecuado a finales del 2006 y las labores propias del cultivo han provocado daños y deterioro. En la actualidad con la asistencia de Cenipalma se coordinará el buen manejo del sistema. La revisión del sistema de riego permitió verificar la necesidad de limpieza en canales de riego y drenaje, y el levantamiento de bordas (Fotos 6).



Foto 6. Revisión del sistema de riego

Levantamiento de bordas: por el avanzado grado deterioro de las bordas debido al paso permanente del carro – búfalo y del tiempo de instalación, se advirtió la necesidad de levantar las bordas, ya que presentaban grandes filtraciones entre melgas, lo que no permite el buen funcionamiento del sistema de riego (Fotos 7 y 8).



Foto 7. Levantamiento de bordas



Foto 8. Limpia de bordas

Recaba de canal de drenaje: Se hizo el recabado del canal de drenaje del bloque 3, debido a las inundaciones de los bloques experimentales cuando ocurren altas precipitaciones, lo que afecta el contenido de humedad del suelo (Foto 9).



Foto 9. Mantenimiento de canales (recaba)

5.3.3 Instalación de freaímetros y seguimiento de la red.



Foto 10. Instalación de freaímetros



Foto 11. Instalación de freaímetros

El seguimiento semanal de la red freaimétrica (22 de junio - 9 de agosto), permite graficar los mapas de isobatas e isohipsas, correspondientes a líneas de igual profundidad de la capa freática y a líneas de igual cota del nivel freático.

La figura 15 se aprecian los mapas de isobatas en donde los niveles freáticos varían entre 0.6 a 1.4 m en el periodo de estudio, estos niveles varían dependiendo de las recargas por precipitaciones o aplicación de riego (Figura 15).

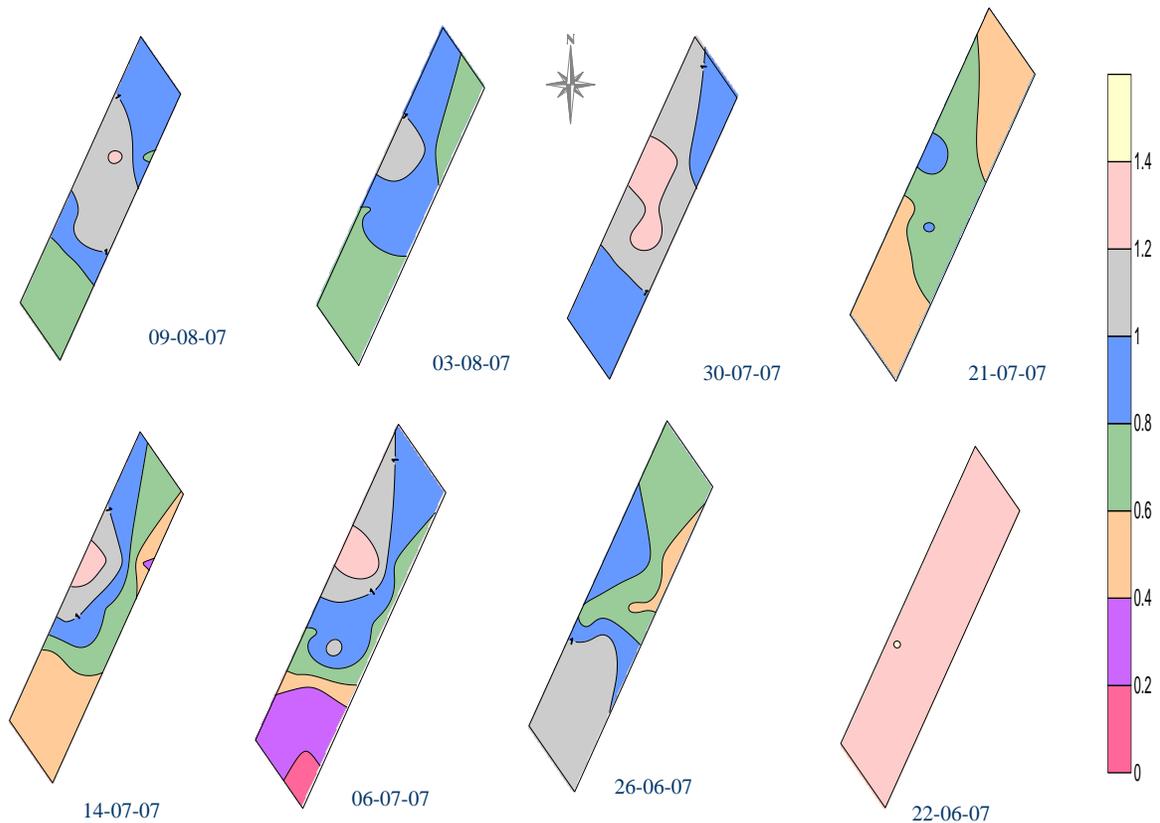


Figura 16. Isóbatas lote 4ª

El movimiento del agua tiene tendencia hacia la zona central del lote con profundidad entre 0.9 a 0.95 m, en este sector se localiza un canal de riego secundario que también actúa como canal de drenaje debido al sentido la pendiente, también en el sector sur del lote se localiza un canal de drenaje y la pendiente de este sector favorece al sentido de flujo a este sector.

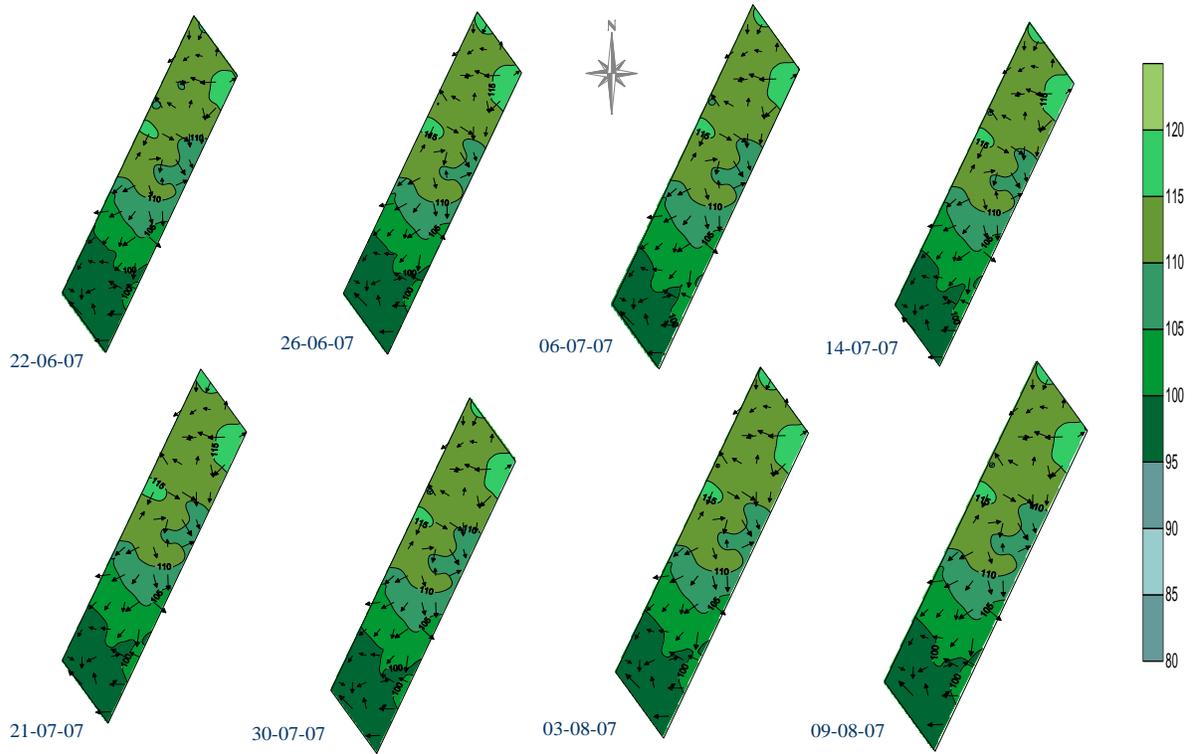


Figura 17. Isohypsas lote 4A.

5.3.4 Mantenimiento del sistema para la cosecha y recolección de fruto.

La forma como se cosecha en el lote experimental, es de gran importancia para el buen desarrollo del experimento, por la deficiente ubicación que se le ha dado a las paleras (acumulación de hojas cortadas durante la cosecha) se vio la necesidad de reubicarlas (Foto 12). Estas se reubicaron entre líneas de palma para hacerlas fácil el paso de los carro de mula (carro de recolección de fruto).

5.3.5 Recomendaciones para cosecha

Teniendo en cuenta el debido desarrollo del experimento y el buen manejo de la infraestructura hidráulica (canales y bordas de melgas), es conveniente e importante la implementación de la técnica de cosecha en sentido de las líneas de riego para no afectar las obras hidráulicas tanto en su estructura como en su

funcionamiento (figura 18).



Foto 12. Reubicación de paleras

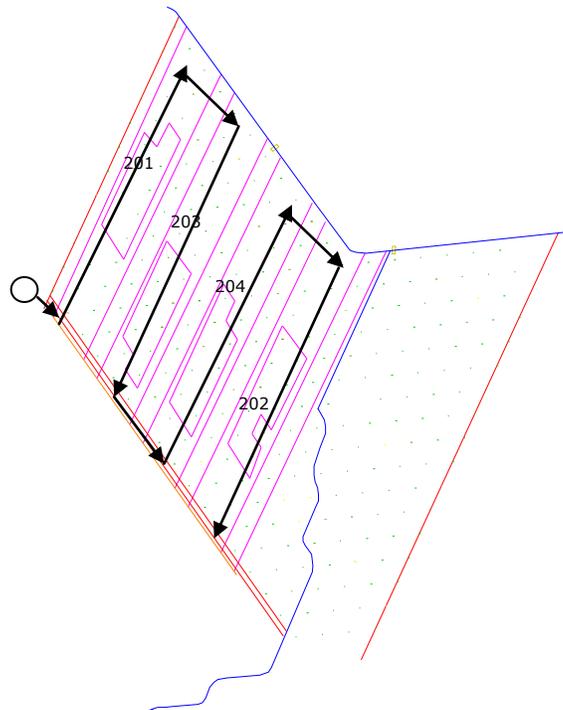


Figura 18. Sentido de cosecha bloque B.



El lote 4A se divide en tres zonas de cosecha, para un mejor manejo de las obras hidráulicas (canales y bordas), y evitar su deterioro por el paso del carro mula. La recomendación que se hace para esta se debe realizar en sentido de la pendiente y teniendo en cuenta la ubicación de los canales de riego, drenaje y bordas (cuadro 6).

Cuadro 6. Zonas de Cosecha Lote 4A

Zona de cosecha	Línea de palma
1	9-25
2	26-47
3	49-62

Para cada una de las zonas se recomienda que la cosecha se realice por el centro de las melgas, también es importante resaltar la ubicación de las paleras en cada zona, pues de la ubicación de esta depende la eficiencia del equipo de cosecha y la eficiencia de aplicación del riego, causando disminución en el tiempo de aplicación, ya que obstaculizan el recorrido del agua a lo largo de la melga.

Es de vital importancia dar el uso adecuado a los canales, y no pasar el carro mula por estos, ya que provocan daño en el talud y disminuyen su vida útil, generando costos adicionales en su mantenimiento.

Es conveniente para el proyecto y para la plantación, que para esta labor sea asignado el mismo personal, ya que pueden llegar a manejar y adaptarse a esta forma de cosecha logrando una mayor eficiencia, por esta razón se realizó la capacitación en campo a los cosecheros de este lote. Teniendo en cuenta las recomendaciones, se logrará dar un mejor manejo a las labores, siendo esto fundamental en la obtención y evaluación de los resultados.

5.3.6 Selección de las nuevas palmas a muestrear

Debido a los controles en toda la plantación y algunas erradicaciones por anillo rojo en el lote 4A, área donde se encuentra localizado el experimento, se estableció una nueva selección de palmas a muestrear. Debido a que la aplicación de los tratamientos no se ha realizado en forma definitiva, se vio la necesidad de una visita para la nueva selección de palmas a muestrear. Para esto se tuvo en cuenta el estado fitosanitario y la ubicación en cada melga de cada una de las nuevas palmas seleccionadas, determinándose la nueva unidad de muestreo, a estas se les realizará censo de producción, medidas vegetativas, análisis de racimos y seguimiento de producción RFF.

5.3.7 Instalación de la nomenclatura del experimento

Para hacer más fácil el manejo y ubicación en el experimento para propios y visitantes. En cada uno de los bloques se ubicaron 5 láminas de las cuales cuatro están identificando cada tratamiento (Bloque o repetición y número de Tratamiento), y la otra identificando cada bloque (Nombre del experimento y Bloque o Repetición), como se observa en las fotografías 13 y 14.



Foto 13. Nomenclatura bloque.



Foto 14. Nomenclatura tratamiento.

5.3.8 Registro de producción de RFF.

Durante los últimos seis meses se toman en total 12 registros de producción, de estos se obtienen las gráficas comparativas de los tratamientos (TRT). En la Figura 19, se evidencia el número de racimo mensual por palma para cada tratamiento, encontrando que el TRT 4 produce 1.4 rac/mes como máximo durante el tiempo de evaluación, y para tres de los TRT está produciendo como mínimo mensual 0.2 rac/mes, siendo este valor en el mes de febrero.

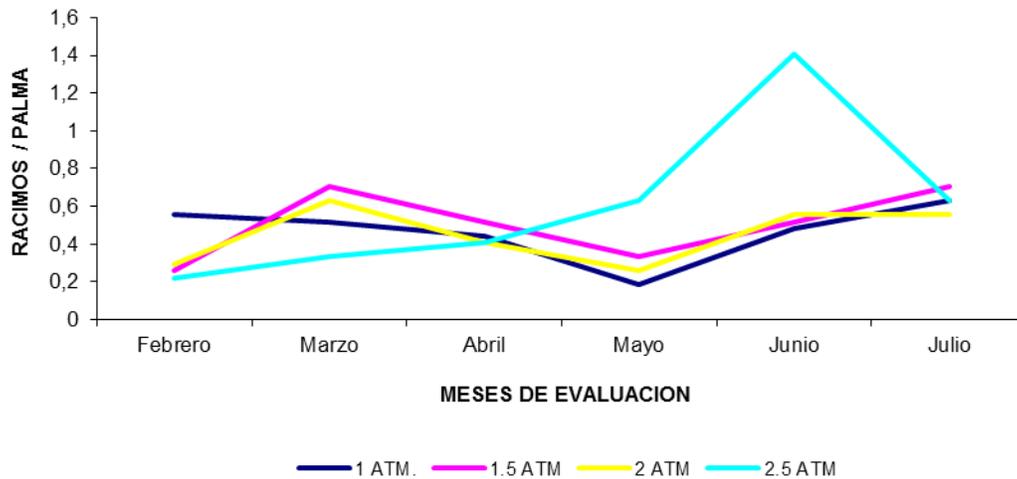


Figura 19. Racimo por palma mensual.

El TRT 3 presenta durante el mes de mayo el peso promedio/racimo más alto del tiempo de evaluación, llegando a 30 Kg/racimo, en el mismo periodo los otros TRT alcanzaron 20 a 23 Kg/racimo en promedio (Figura 20).

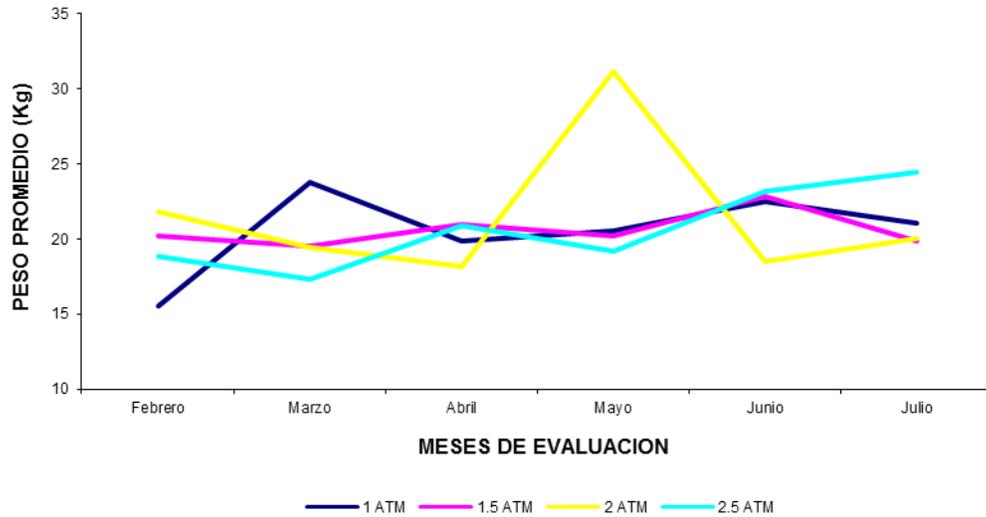


Figura 20. Peso promedio por racimo/palma mes.

Se establece la producción acumulada parcial, resultando la mayor producción en el TRT 4, producción que se verificará con el avance de la experimentación (figura 21).

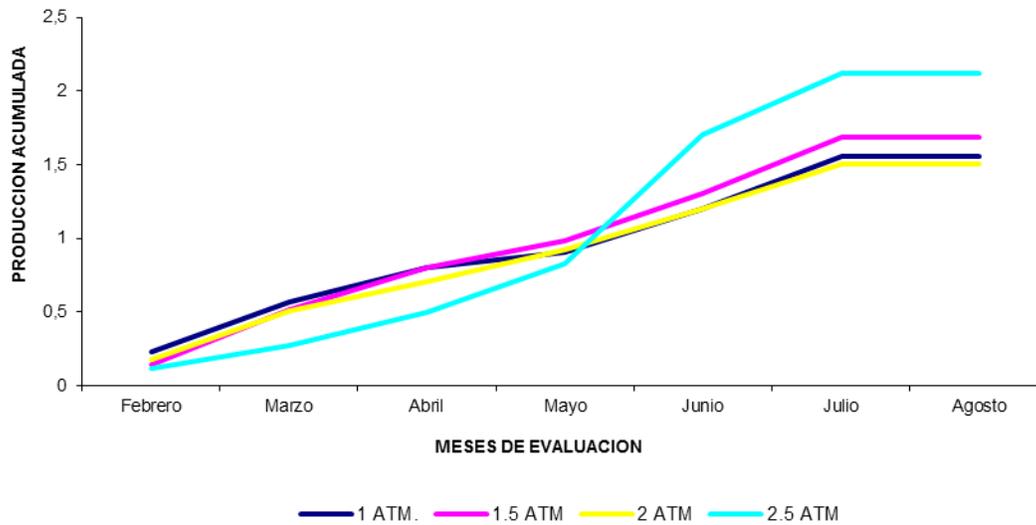


Figura 21. Producción acumulada de palma.

5.3.9 Toma de medidas vegetativas.

Durante cinco días se tomaron registros de longitud, ancho y número de folíolos, al igual que longitud total de la hoja N° 17 y número de hojas, para determinar el área foliar y otras variables que se evalúan cada seis meses, como medidas iniciales antes de la aplicación de los tratamientos, tal como lo indica el protocolo de la investigación.

El TRT 1 presenta la mayor área foliar y área fotosintetizadora, estando en ventaja frente a los otros tratamientos, lo que se tendrá en cuenta al final del experimento (figura 22).

5.3.10. Censo de producción.

Para el censo de producción se colectaron los registros de número de flores femeninas y número de racimos en cada palma experimental. Estos registros se llevan como base de la investigación y se comparan estos resultados, para determinar la incidencia del riego sobre esta variable.

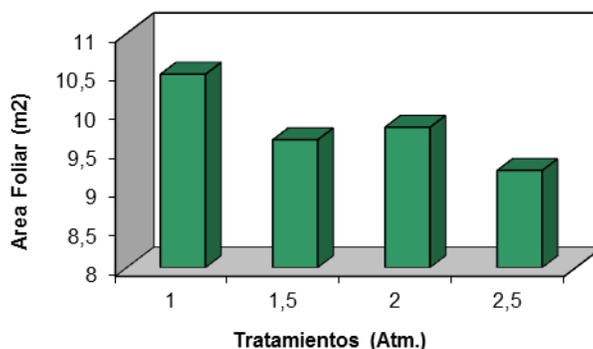


Figura 22. Área foliar por tratamiento de Palma.

5.3.11. Costo total de labores

Para adecuación del lote y actividades complementarias en el experimento, se contó con el personal de la plantación, generando 42 jornales por un valor total de \$ 945.518,64 (cuadro 7).

Cuadro 7. Costos de labores lote 4A.

LABOR	JORNALES	VALOR UN. (\$)	VALOR T. (\$)
Censo de producción	3	14.460,66	43.381,98
Toma de medidas vegetativas	3	14.460,66	43.381,98
Registro de producción	6	14.460,66	86.763,96
Mantenimiento de bordas y canales	22	14.460,66	318.134,52
Reubicación de paleras para cosecha	6	14.460,66	86.763,96
Instalación de freatrímetros	2	14.460,66	28.921,32
Instalación de vertederos			337.840,92
Total			945.188,64

5.4. Actividades a Seguir

- 1 Pruebas de infiltración.
- 2 Instalación de tubería para riego y pase tubos.
- 3 Instalación Tanque evaporímetro tipo A y lecturas diarias de evaporación.
- 4 Ubicación de pluviómetro lote 4A.
- 5 Determinación de la curva de retención de humedad para cada melga (Obtención de muestras de suelo).
- 6 Aplicación de los tratamientos.
- 7 Registros de producción.
- 8 Seguimiento a niveles freáticos.
- 9 Análisis de racimos.
- 10 Medidas vegetativas y censo de producción (fecha febrero de 2008).

6. CONCLUSIONES, CUMPLIMIENTO DE ACTIVIDADES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- El punto óptimo de riego para palma de aceite en el lote 4A de la Hacienda Ariguaní corresponde a valores de humedad gravimétrica del suelo entre 10 y 20%, siendo estos resultados parciales en palma de aceite, ya que se validan sus efectos sobre el primer año de producción.
- La ingeniería de adecuación de tierras para el cultivo de palma de aceite y la debida planeación de las labores de campo, deben orientarse al uso eficiente del riego, la debida operación de la maquinaria y del personal de campo, que garanticen en su conjunto la vida útil de las obras y la sostenibilidad de las plantaciones.

6.2 Cumplimiento de actividades

- La etapa de adecuación del lote 4A de la Hacienda Ariguaní para la implementación de los tratamientos de riego (1.0, 1.5, 2.0 y 2.5 atm.), se cumplió a satisfacción, logrando una buena eficiencia del sistema en la fase inicial del cultivo de palma de aceite.
- El seguimiento del contenido de humedad y del potencial matricial del suelo, en cada uno de los tratamientos de palma, se efectuó con sensores de humedad y Equitensiómetros.

- Se tomó el registro semanal de Racimo de Fruta Fresca (RFF) de producción del lote, para evaluar el efecto de la aplicación de riego.
- Se realizó un plan de capacitación dirigido a los obreros de cosecha para evitar el deterioro y el daño del sistema de adecuación de tierras (bordas y canales de riego).

6.3 Recomendaciones

- Las láminas de riego aplicadas en los distintos tratamientos son insuficientes para satisfacer las necesidades óptimas de la palma, por lo que se recomienda incrementar la lámina de aplicación o disminuir los intervalos de riego para cumplir con la dotación del cultivo.
- Para el adecuado balance hídrico en campo, se debe instalar una red constituida por tanques evaporímetros y pluviómetros con influencia sobre los distintos sectores de la Hacienda, y que permita programar la operación de riego diaria en las distintas plantaciones de palma de aceite.
- Se debe planificar un día específico para la labor de cosecha en el lote 4A, lo que sería de utilidad para la programación del personal y de las herramientas necesarias para esta labor.
- Es necesaria la obtención de las curvas de retención de humedad para cada tipo de suelo de la Hacienda, esto contribuye a la programación del balance hídrico y el suministro oportuno de riego.
- Se realizó el pedido de tubería faltante para la adecuación del lote 4^a de la Hacienda, sugiriendo se informe a Cenipalma para la respectiva instalación.



7. BIBLIOGRAFIA

Amézquita, Edgar. (1998). Propiedades físicas de los suelos de los Llanos Orientales y sus requerimientos de labranza. Palmas (Colombia). Volumen 20. pag. 73-86.

Azcon-Bieto, J. y Talon, M. (1993). Fisiología y bioquímica vegetal. Barcelona, España. 581p.

Corley, R. and Hong, T. (1982). Irrigation of oil palms in Malaysia. In: Oil palm research vol.2. p. 343 – 356.

Cornaire, B., C. Danial, y. Zuily Fodil, and E. Lamada, (1994). Oil palm performance under water stress: Background to the problem, first results and research approaches. Malaysia. Oleagineux, 49. p. 1 – 11

Donahue, Roy L. (1981). Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas. 4ta edición. Editorial Prentice / Hall Internacional

Fao. Las necesidades de agua de los cultivos N° 56. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Roma 2006. 323 pag.

Foong, S. (1999). Impact of moisture on potencial evapotranspiration, growth and yield of oil palm. In: International palm oil congress. Proceedings. PORIM, Kuala Lumpur. p 64 – 86.

Fuentes, Yague José Luís. (1998). Técnicas de riego. 3a edición. Ediciones Mundi Prensa. Madrid.



Kee, K.; Chewe, P. (1991). Oil palm responses to nitrogen and drip irrigation in a wet monsoonal climate in Peninsular Malaysia. In: International Oil Palm Conference. Proceedings. Porim, Kuala Lumpur. p. 321 – 328.

Lubis, A.U.,S. Endang y Kabul Pamin. 1993. Effect os long dry season on oil palm yield at some plantations in Indonesia. PORIM, International oil congress – Update and vision. p. 254 – 262.

Medina, Bahamón A. María. Evaluación hidráulica con fines de optimización del sistema de riego por goteo en la finca Flores de Novaterra Ltda. Neiva, 2001. 152 p. Tesis (Ingeniero Agrícola). Universidad Surcolombiana. Facultad de Ingeniería.

Mejía, O. Julián. (2000). Consumo de agua por la palma de aceite y efectos del riego sobre la producción de racimos, una revisión de literatura. Palmas (Colombia). Volumen 21. pag. 51-58.

Mite, F.; Carrillo, M.; Espinoza, J. (1998). Influencia de la fertilización y el riego sobre el desarrollo, nutrición y rendimiento de la palma África en la zona de Quevedo. El Quevedo. El Palmicultor (Ecuador), No. 12, p. 17 – 23.

Moya, Talens Jesús Antonio. (2002). Riego Localizado y Fertirrigacion. 3a edición. Ediciones Mundi Prensa. Madrid.

Pizarro, Fernando. (1996). Riegos localizados de alta frecuencia. Goteo, Microaspersión y exudación. 3a edición. Ediciones Mundi Prensa. Madrid.

Riveros, G. (1997). Efectos del clima sobre el funcionamiento las plantas. Curso técnicas experimentales para la evaluación de la fotosíntesis en las plantas. p. 1-17.

Torrente, Trujillo Armando. (1998). Guía práctica para parámetros de riego. 1a edición. Facultad de Ingeniería. Universidad Surcolombiana. Neiva, 1998.



ANEXOS

Anexo 1. Tensión de humedad del suelo a diferentes profundidades.

TIEMPO (días)	Tensión (atm)		
	15 cm	25 cm	35 cm
1	0,109	0,109	0,115
2	0,109	0,109	0,115
3	0,109	0,1113	0,115
4	0,115	0,115	0,115
5	0,115	0,115	0,115
6	0,109	0,109	0,109
7	0,109	0,109	0,109
8	0,115	0,115	0,115
9	0,115	0,115	0,115
10	0,110	0,115	0,115
11	0,109	0,109	0,115
12	0,109	0,109	0,109
13	0,109	0,109	0,109
14	0,109	0,109	0,109
15	0,115	0,115	0,115
16	0,115	0,115	0,115
17	0,109	0,109	0,109
18	0,109	0,109	0,109
19	0,109	0,109	0,109
20	0,109	0,109	0,109
21	0,109	0,109	0,109
22	0,109	0,109	0,109
23	0,109	0,109	0,109
24	0,109	0,109	0,109
25	0,109	0,109	0,109
26	0,109	0,109	0,109

TIEMPO (días)	Tensión (atm)		
	15 cm	25 cm	35 cm
27	0,109	0,109	0,109
28	0,109	0,109	0,109
29	0,109	0,109	0,109
30	0,109	0,109	0,109
31	0,109	0,109	0,109
32	0,109	0,109	0,109
33	0,115	0,109	0,109
34	0,115	0,115	0,109
35	0,086	0,078	0,1501
36	0,109	0,072	0,083
37	0,109	0,051	0,061
38	0,0887	0,05	0,0526
39	0,109	0,006	0,045
40	0,088	0,056	0,0505
41	0,0877	0,0576	0,0503
42	0,0878	0,05	0,052
43	0,0871	0,0924	0,083
44	0,109	0	0
45	0,109	0,0411	0,103
46	0,109	0,0416	0,102
47	0,109	0	0,102
48	0,109	0	0,102
49	0,109	0	0,102
50	0,109	0	0,0981
51	0,109	0,0464	0,102
52	0,109	0,051	0,102
53	0,109	0	0,102

Anexo 2. Humedad del suelo a diferentes profundidades.

TIEMPO (días)	% Humedad		
	0 cm	20 cm	40 cm
1	46	41,5	37,5
2	32	42	38
3	28	41	37,5
4	33	41,5	38
5	28	40,5	38
6	24	37,5	38
7	22	36,5	37
8	34	40	38,5
9	35	40	38
10	34	38,5	37,5
11	33	38	38
12	31	37,5	38
13	30	37	37
14	30	35,5	37
15	39	39,5	38
16	35	38	37,5
17	29,3	35	36,5
18	32	34,5	36,5
19	29	33	36
20	29	34	36,5
21	33	33	36,5
22	31	33	35,5
23	31	32	35,5
24	32	32	35,5
25	26	29	34
26	26	29	34

TIEMPO (días)	% Humedad		
	0 cm	20 cm	40 cm
27	26	29	34
28	33	34	34,5
29	33	33	33,5
30	33	32,5	33,5
31	32	32	33
32	32	34,5	35,5
33	31	34	35,5
34	34	37,5	36,5
35	26	24,5	25
36	28	26	27
37	28	26	27
38	26	24,5	25,5
39	27	24	25,5
40	28	25,5	25
41	23	23	24,5
42	25	23,5	24,5
43	20	23,5	24,5
44	36	29	29,5
45	35	28	27,6
46	31	25	26,5
47	28	25	26,5
48	26	24	25,5
49	30	27	27
50	30	27	27
51	30	27	27
52	27	25	26,5
53	31	28	28

Anexo 3. Precipitación

TIEMPO (día)	Precipitación (mm/día)
1	0
2	0
3	20
4	0
5	0
6	0
7	23
8	0
9	0
10	0
11	0
12	0
13	6
14	70
15	6
16	0
17	0
18	0
19	0
20	0
21	0
22	32
23	0
24	0
25	0
26	0
27	10

TIEMPO (día)	Precipitación (mm/día)
28	0
29	0
30	0
31	0
32	0
33	20
34	0
35	0
36	3
37	0
38	0
39	0
40	0
41	10
42	0
43	20
44	0
45	0
46	0
47	0
48	0
49	22
50	3
51	0
52	16
53	0