

EVALUACION DEL SISTEMA DE DRENAJE EN CANAL ABIERTO EN EL  
CULTIVO DE BANANO (Musa AAA) EN LA FINCA LA BOMBA

Por

ARISTIDES SEGUNDO LOPEZ SANTIAGO

CLARA ELENA MATOS RODRIGUEZ

Tesis de grado presentada como requisito parcial para optar  
al título de:

INGENIERO AGRONOMO

Presidente de tesis: HUMBERTO LEON DIAZ CRIOLLO. Ing. Agrícola

UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
PROGRAMA DE INGENIERIA AGRONOMICA  
SANTA MARTA 1994



Nota de Aceptación

---

---

877811

---

---

Presidente

---

Jurado

---

Jurado

Santa Marta, Octubre de 1994

Tes.  
800-IA  
2861  
IA 00352

018778

"Los jurados examinadores del trabajo de tesis no serán responsables de los conceptos e ideas emitidas por los autores"

## AGRADECIMIENTOS

Los autores del presente trabajo de grado, expresan sus más sinceros agradecimientos a las siguientes personas y entidades.

HUMBERTO LEON DIAZ C. Ing Agrícola. Presidente de tesis.

ROBERTO ACOSTA. Ing. Agrónomo. Jurado de tesis.

CARLOS CUELLO. Ing. Agrónomo. Jurado de tesis.

JORGE ARAGON TINOCO. Ing. Agrónomo. M. Sc. Director del programa de Ingeniería Agronómica.

ALBERTO LIZCANO . Ing. Agrónomo. Decano de la Facultad de Ciencias Agropecuarias.

JAIME SILVA BERNIER. Ing. Agrónomo. Vicerector académico Universidad del Magdalena.

MANUEL GRANADOS. Ing. Agrónomo. M.Sc. Profesor y director del laboratorio de suelos de la Unimag.

ELIECER CANCHAND. Ing. Agrónomo. Profesor de la Unimag.

JORGE GADBAN. Ing. Agrónomo. Profesor de la Unimag.

JOSE RAFAEL BONILLA. E.Agrícola. M. Sc. Profesor de la Unimag.

REINALDO LOBATO. Ing. Agrónomo. M.Sc.

RUBEN ROCHA. Auxiliar laboratorio de suelos de la Unimag.

ROBINSON MORENO. Jefe sección de riego finca "La Bomba".

A la empresa TECNICAS BALTIME DE COLOMBIA. Por haber hecho posible la realización de este trabajo.

A los trabajadores de la finca "La Bomba" por su gran colaboración.

A LOS PROFESORES DEL PROGRAMA DE INGENIERIA AGRONOMICA POR LA FORMACION MORAL Y ACADEMICA QUE NOS BRINDARON CON MIRAS DE LOGRAR HACER EN NOSOTROS UN BUEN PROFESIONAL.

A LAS SECRETARIAS DEL PROGRAMA DE INGENIERIA AGRONOMICA DE LA UNIVERSIDAD .

A LOS AUXILIARES DE LOS DISTINTOS LABORATORIOS DEL PROGRAMA DE INGENIERIA AGRONOMICA.

A TODAS LAS PERSONAS QUE NOS COLABORARON DESINTERESADAMENTE EN LA REALIZACION DE ESTE TRABAJO.

**DEDICO :**

A DIOS y a mi señor JESUS su hijo, por llenarme de fé para terminar los estudios universitarios y seguir adelante en el mundo de la vida. A quienes dedico este triunfo.

A mi padre ARISTIDES LOPEZ AREVALO (Q.E.P.D.) por la orientación hasta donde DIOS quizo.

A mi madre MERCEDES SANTIAGO HERNANDEZ, por su amor, paciencia , el apoyo constante y la confianza que depositó en mí.

A mis hermanos. CIELO, CARLOS, ALEXANDER y en especial a OMAR por su colaboración y auxilio en los momentos más difíciles.

A todos mis tíos.

A todos mis compañeros de estudio de la Universidad.

A todas aquellas personas que me colaboraron de una u otra manera en mi formación profesional y en la finalización de este trabajo.

**ARISTIDES SEGUNDO**

**DEDICO:**

A DIOS Padre celestial en acción de gracias por haberme dado en la vida salud y fortaleza para salir adelante y poder lograr este triunfo.

A mis padres LUIS CARLOS y MARIA por la familia que me brindaron y el ejemplo de unión, fraternidad que desde niña me inculcaron.

A mis hermanos ANIBAL, GUSTAVO, AMINTA, MICAELA, MARCELA, COSME, PEDRO Y MAGDALENA por la ayuda incondicional y cariño que siempre me han profesado.

A HUMBERTO DIAZ C., gracias por mis dos grandes amores, la ilusión de siempre tratar de ser mejor representada en ANDREA CAROLINA, aunque la adversidad nos persiga. Y la esperanza de que habrá un mejor mañana en ANDREA PAOLA. Cuando todo en la vida se ha hecho por AMOR, aún las cosas más pequeñas.

A mis compañeros de estudio. EDGAR, YAIRTON, ARISTIDES, EVER, MARTIN, ADALBERTO, ALBERTO, GENARO, AICARDO, ALFONSO, DILVER, CARLOS, ANTONIO, CARLOS TOVAR, MANUEL y en especial a KARLA

compañera y amiga de esta lucha.

A los profesores de la facultad de agronomía que con sus enseñanzas y consejos han hecho de mí una persona mejor.

A todas y cada una de las personas que colaboraron en mi formación profesional. A ellas muchas gracias y que DIOS y la VIRGEN los bendiga.

CLARA ELENA

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	3
3. MATERIALES Y METODOS	20
3.1. DESCRIPCION DEL AREA	20
3.1.1. Localización del ensayo	20
3.1.2. Características generales del área	21
3.1.3. Propiedades físicas y químicas del suelo	21
3.2. Desarrollo de la investigación	22
3.2.1. Cultivo instalado	23
3.2.2. Riego	24
3.2.3. Pozos de observación	24
3.2.4. Canales de drenaje	25
3.2.5. Cable vías	26
3.2.6. Estación para toma de datos metereológicos	26
3.3. Evaluación de los parámetros	27

3.3.1.	Parámetros del suelo	27
3.3.1.1.	Profundidad efectiva	27
3.3.1.2.	Clase textural del suelo	27
3.3.1.3.	Conductividad hidráulica	28
3.3.1.4.	Retención de humedad	31
3.3.1.5.	Salinidad del suelo	31
3.3.1.6.	Salinidad del agua de riego	33
3.3.1.7.	Profundidad del nivel freático	33
3.3.1.8.	Profundidad de la capa impermeable	34
3.3.1.9.	Infiltración	36
3.3.2.	Parámetros del clima	38
3.3.2.1.	Precipitación	38
3.3.2.2.	Evaporación	38
3.3.2.3.	Temperatura	38
4.	RESULTADOS Y DISCUSION	39
4.1.	Profundidad efectiva	39
4.2.	Clase textural del suelo	41
4.3.	Conductividad hidráulica	44
4.4.	Retención de humedad	47
4.5.	Salinidad del suelo	49
4.6.	Salinidad del agua de riego	51
4.7.	Profundidad del nivel freático	52

4.8.	Infiltración	54
4.9.	Profundidad de la capa impermeable	56
4.10.	Parámetros del clima	64
4.11.	Diseño del sistema de drenaje propuesto	67
5.	CONCLUSIONES	81
6.	RECOMENDACIONES	86
7.	RESUMEN	88
	SUMMARY	91
	BIBLIOGRAFIA	94
	ANEXOS	97

## LISTA DE TABLAS

	Pág
TABLA 1. Profundidad efectiva ( m ) para el cultivo de Banano Variedad Cavendish ( <u>Musa</u> AAA) en los suelos de la finca la Bomba.	40
TABLA 2. Clasificación textural de los suelos de la finca "La Bomba".	43
TABLA 3. Datos de conductividad hidráulica para los estratos superior e inferior obtenidos en la finca "La Bomba".	45
TABLA 4. Capacidad de retención de humedad de los suelos de la finca "La Bomba" a diferentes profundidades.	48
TABLA 5. Análisis químico de salinidad de los suelos de la finca "La Bomba".	50
TABLA 6. Fluctuación del nivel freático durante el período comprendido entre Enero - Diciembre de 1993 en la finca "La Bomba"	53
TABLA 7. Infiltración básica (cm/h) del suelo de la finca "La Bomba".	55
TABLA 8. Comparación del diseño propuesto con el diseño actual.	76

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1. Diagrama del pozo barrenado invertido para medir la conductividad hidráulica en el campo.	30
FIGURA 2. Método de los anillos concéntricos para medir la velocidad de infiltración.	37
FIGURA 3. Sistema radicular de una planta de Banano en buen desarrollo.	42
FIGURA 4. Características del pozo de irrigación de la finca "La Bomba".	46
FIGURA 5. Infiltración básica cable-pozo (7-1). Velocidad de infiltración en cm/h, con relación al tiempo en minutos, en un suelo franco-arcilloso (FAR).	57
FIGURA 6. Infiltración básica cable-pozo (7-4). Velocidad de infiltración en cm/h, con relación al tiempo en minutos, en un suelo franco-arenoso (FA).	58
FIGURA 7. Infiltración básica cable-pozo (5-2). Velocidad de infiltración en cm/h, con relación al tiempo en minutos, en un suelo franco-limoso (FL).	59

FIGURA 8.	Infiltración básica cable-pozo ( 1-1). Velocidad de infiltración en cm/h, con relación al tiempo en minutos, en un suelo franco (F).	60
FIGURA 9.	Infiltración básica cable-pozo (3-2). Velocidad de infiltración en cm/h, con relación al tiempo en minutos, en un suelo franco-arcillo-limoso (FARL).	61
FIGURA 10.	Perfiles de los 15 pozos barrenados (0-400 cm) distribuidos en toda el área de la finca "La Bomba".	63
FIGURA 11.	Partes que componen el espaciamento entre zanjas.	65
FIGURA 12.	Balace hídrico.	66
FIGURA 13.	Sección de corte de un canal.	75

## LISTA DE ANEXOS

	Pág
ANEXO 1. Límites fronterizos del área de estudio Ubicación de los canales de drenaje actuales y cable-vías de la finca "La Bomba". (cuadrícula 200 m x 200 m).	98
ANEXO 2. Ubicación de los pozos de observación en el área de estudio (finca La Bomba).	99
ANEXO 3. Análisis químico del agua de riego de la finca "La Bomba".	100
ANEXO 4. Lectura de los nueve pozos de observación distribuidos en el área de estudio (finca La Bomba) en el tiempo comprendido entre Enero-Diciembre de 1993.	101
ANEXO 5. Ubicación de los pozos barrenados en la finca "La Bomba" cuadrícula 200 x 200 m	102
ANEXO 6. Clase textural de los estratos del suelo a diferentes profundidades en 15 pozos barrenados en la finca "La Bomba".	103
ANEXO 7. Diseño del sistema de drenaje propuesto en la finca "La Bomba".	106

## 1. INTRODUCCION

La Zona Bananera de Santa Marta ha sido por excelencia una de las regiones con un alto potencial agrícola. El cultivo de banano constituye en la actualidad una explotación de gran valor económico y social en nuestra zona, de ahí la importancia que genera en que, cada día, se mejoren los sistemas de producción, necesitándose en éste sentido mejorar las áreas de cultivos adecuándoles un buen sistema de drenaje.

Las plantas de banano necesitan desarrollarse bajo condiciones armónicas entre el sistema radicular y el sistema foliar para producir un fruto económicamente rentable.

La deficiencia o exceso de agua en los suelos bananeros es un factor limitante en el normal desarrollo del cultivo. El exceso de agua, con saturación del suelo por períodos de más de tres días provocan en la planta, perdidas irreparables en el sistema radical repercutiendo en la fructificación de la planta.

Un sistema de drenaje eficiente, es aquel, que permita evacuar con prontitud la recarga de agua que se produzca en el acuífero sin que ascienda el nivel hacia la superficie.

En la actualidad el drenaje se está introduciendo en las regiones húmedas tropicales, con el propósito, no sólo, de desalojar los excesos de agua debido a las lluvias de gran intensidad y magnitud, sino, para incrementar la productividad.

Atendiendo a todo lo anterior y primordialmente a la importancia económica que actualmente ha alcanzado el cultivo del banano en el mundo, se hace indispensable, el desarrollo de un trabajo técnico de drenaje en las diferentes zonas cultivadoras de ésta fruta.

Esto conduce a evaluar si el sistema de drenaje instalado en la finca "La Bomba", al transcurrir de los años se encuentra funcionando adecuadamente y compararlo, mediante bases técnicas con un sistema de drenaje eficiente; y sentar bases que conlleven a mejorar el drenaje de la finca y de otras fincas dedicadas a la explotación del renglón bananero.

## 2. REVISION DE LITERATURA

Simonds (16) señala tres factores determinantes para el cultivo del Banano: drenaje interno adecuado, buena profundidad para el enraizamiento y la ausencia de sustancias tóxicas.

Aunque el Banano puede sobrevivir varios meses sin agua, las plantas no resisten capas freáticas altas ni toleran más que algunos días de suelo saturado. Los problemas de drenaje se deben a un exceso de aguas superficiales o de agua en las zonas de las raíces. Las aguas superficiales pueden eliminarse con bastante facilidad. Los problemas de un drenaje más profundo, que ha menudo se deben al nivel elevado de la capa freática, son más difíciles de resolver. Por lo general, no es posible detectar cuando la capa freática es alta mediante inspección de la superficie del suelo; el suelo puede parecer seco y sin embargo estar saturado a un metro de

profundidad (5).

La finalidad principal del drenaje es crear unas condiciones óptimas para las raíces a fin de asegurar el máximo crecimiento de la planta, aumentar la producción y mantener los rendimientos durante largo tiempo. Un mal drenaje ocasiona un descenso de la producción porque las raíces se atrofian o mueren y no pueden proporcionar a la planta agua, minerales y estabilidad. Las plantas con un sistema de raíces insuficiente pueden sufrir falta de agua cuando desciende la capa freática (5).

La clasificación de los métodos de drenaje se pueden ubicar en dos grandes categorías: drenaje de superficie y drenaje de subsuelo, según sea el modo en que se elimine el agua. En el drenaje de superficie, se crea para la superficie de agua libre una pendiente para la evacuación del exceso de agua de la superficie del suelo. Entonces el agua se desplaza por encima del suelo o por zanjas hasta llegar, por gravedad, a un punto de salida. En el drenaje del subsuelo se crean diferencias de carga hidráulica para evacuar el exceso de agua que hay debajo de la superficie del suelo. La carga hidráulica resultante hace que el agua se

filtre en el suelo hasta llegar a conductos a cielo abierto, o cubiertos, por los que el agua se lleva hasta una salida por gravedad (15).

La disyuntiva que se plantea en el diseño de un sistema de drenaje, es la alternativa de drenaje entubado o por zanjas. Lógicamente la selección se deberá ajustar a un análisis económico, proyectado a la vida útil de cada sistema. Se deben por lo tanto considerar dos aspectos, el económico y el técnico (3).

El drenaje subterráneo tiene como objetivo eliminar el exceso de agua en el suelo a fin de mantener las condiciones de aireación y la actividad biológica del mismo, situación indispensable para cumplir los procesos fisiológicos relativos al crecimiento radical. Así mismo permite la remoción de sales del suelo y el mantenimiento de su balance salino (20).

Bustamante y otros (4). Señalan que los criterios más útiles para apreciar las necesidades de drenaje existentes y potenciales son: la conductividad hidráulica de los

substratos, la profundidad de capas impermeables, la topografía, incluyendo el relieve y la pendiente de la superficie, la profundidad del nivel freático, fluctuación, dirección y origen de las aguas subterráneas, calidad de agua.

Según Belalcazar (3), además de contar con un croquis del área y la ubicación de los drenes naturales, es indispensable elaborar un plano de curvas de nivel máximo cada 0,5 m.

Suarez de Castro (18) afirma que el color rojo o pardo depende en gran parte del contenido de óxido de hierro no hidratado (hematita). Como este compuesto se forma bajo condiciones de buena aireación y es relativamente inestable bajo condiciones húmedas, se puede calcular que los suelos de color rojo o pardo rojizos, tienen muy buen drenaje.

El color amarillo muchas veces depende del contenido de óxido de hierro hidratado y está ligado a condiciones de mal drenaje. Debe tenerse en cuenta, sin embargo que en suelos arenosos se presenta frecuentemente este color originado por la mezcla de arenas de color claro, casi blanco, con pequeñas

cantidades de materia orgánica u otros materiales colorantes.

Los tonos grises y blanquizcos indican condiciones de mal drenaje. Cuando el nivel freático fluctúa, los suelos con drenaje imperfecto presentan moteamientos de color gris, amarillo y pardo.

Se estudió la conductividad hidráulica, debido a que la misma es considerada una de las características más importante en el estudio de drenaje interno porque interviene en la dinámica del agua en el suelo y es factor determinante en los cálculos de las diferentes fórmulas aplicadas al drenaje (4).

Según Arias (1), la conductividad hidráulica se puede estimar a partir de parámetros físicos del suelo, en el laboratorio con muestras indisturbadas y en el campo donde se determina por debajo o por encima del nivel freático.

Dadas las limitaciones que tienen los métodos de laboratorio, existe consenso respecto a que los métodos de campo son los que ofrecen resultados confiables.

Los métodos de campo de uso más frecuente iniciando con el de

mayor empleo, o sea el método del barrenos.

En lo referente al drenaje de tierras, se utiliza para cuantificar el flujo de agua freática que entra a una zona determinada, para diseñar la red de drenaje y dentro de ella, los espaciamientos entre drenes laterales, la profundidad y dimensionamiento de las mismas, etc. La conductividad hidráulica es función de la porosidad drenable que a su vez depende de la textura y la estructura del suelo. Por lo tanto, efectuando una correcta descripción del perfil, es posible obtener en primera aproximación una idea acerca de las características hidráulicas de ese suelo.

Bustamante y otros (4), dicen que al considerar el suelo, es importante el valor de la conductividad hidráulica que es el factor que gobierna las prácticas del lavado de sales, de modo que si el suelo es de textura fina, con baja conductividad hidráulica,  $K$  menor de 0,5 cm/hr y nivel freático severo, se pueden usar para cultivos tolerantes con prácticas de lavado, aguas con salinidad efectivo y/o salinidad potencial de hasta 5 m.e./l y considerar no recomendables las que tienen más de ese valor.

En suelos de textura media con conductividad hidráulica entre 0,5 y 2 cm/hr y nivel freático profundo, pueden usarse aguas con salinidad efectiva y/o potencial de hasta 10 m.e./l, siendo no recomendadas las que tengan más.

Ahora para suelos de textura gruesa o con alto contenido de materia orgánica, se pueden usar aguas con salinidad efectiva y/o potencial hasta de 15 m.e./l.

Arias (1), en las zonas donde se riega, especialmente en las áridas y semiáridas, la aplicación inadecuada del agua puede con un altísimo riesgo, llevar el suelo a la salinización; prueba de ello son las numerosas experiencias que se remontan en la antigüedad.

El agua que se aplica es un determinante en ese supuesto proceso de salinización. Sin embargo el conocer la composición química del agua no es suficiente para evaluar su posible empleo en el riego. Es necesario tener en cuenta otros factores, como el clima, condiciones de los suelos, cultivos, manejo del agua, condiciones del drenaje, etc.

Afirma Belalcazar (3), que cuando se cuenta con una estación climatológica, conviene efectuar un análisis de frecuencias para seleccionar la "lluvia crítica", normalmente se selecciona el evento que es sobrepasado cinco veces por año,  $N= 5$ . Una variación de ese método específico consiste en analizar el efecto de dos, tres, cuatro y cinco días consecutivos de lluvia, de tal manera que el valor crítico será acumulativo para los cinco días. Esta metodología es aplicable a zonas con aguaceros intensos y frecuentes durante el período de lluvia, con carga continua del nivel freático.

Theobald (19), opina que en las zonas sujetas a intensas y prolongadas tormentas, la velocidad a que se reciben las lluvias puede fácilmente exceder de la velocidad a que las aguas se filtren en el suelo. Cuando esto ocurre el exceso de agua causa graves daños lixiviando o erosionando las capas superficiales. En la solución entra en juego un eficaz sistema de drenaje, ya que este reduce la escorrentía superficial y aumenta la velocidad de infiltración.

En las condiciones tropicales húmedas y muy húmedas (2.500 - 4.000 mm de lluvias), en las que se cultiva Banano dan como

resultado niveles freáticos poco profundos, situación que origina una pobre aireación en el suelo, lo que afecta el desarrollo del sistema radical y por ende la absorción de nutrimentos, lo que provoca un menor crecimiento de la planta y en consecuencia una menor producción, disminuye la rentabilidad de la explotación (14).

Arias (1), toda planificación del drenaje está basado en el movimiento del agua a través del suelo; así como también en características como la textura, la consistencia, la porosidad drenable, etc.

Por esta razón: en los estudios con fines de drenaje solamente se toman en cuenta aquellas características que relacionan el aspecto hidráulico, sin que esta discriminación signifique que las demás sean menos importante, ya que tienen su relevancia en otros tipos de estudios.

Luthin (8), considera que el aire y el agua en el espacio poroso de un suelo no saturado que no se encogen, están separados uno del otro en una interfase, en la cual la

tensión superficial actúa. El espacio poroso está formado por cavernas de diversos tamaños, unidas por conductos de diversas anchuras.

El mismo autor (8), señala que la física del drenaje de tierras depende de:

#### **1. Naturaleza de los constituyentes del suelo.**

El efecto directo del drenaje de tierras es la reducción de la humedad del suelo y la modificación de las propiedades físicas que trae consigo esta reducción. El efecto secundario y el propósito principal es el consiguiente mejoramiento de las propiedades mecánicas, químicas y biológicas del mismo.

Todas estas propiedades dependen, en última instancia, de la estructura de los constituyentes del propio suelo. Para fines de análisis, el suelo como un todo se divide convencionalmente en cuatro fracciones componentes que son:

a) sólidos minerales, b) materia orgánica, c) componente líquido o "agua del suelo", y d) aire del suelo. Los

análisis mineralógicos muestran que la arena gruesa (2 a 0,2 mm), la arena fina (0,2 a 0,02 mm) y la fracción limo (0,02 a 0,002 mm) consisten principalmente de minerales que se encuentran en la roca madre de la cual el suelo se ha intemperizado, mientras que la fracción arcilla, tiende a ser distinta mineralógicamente.

La materia orgánica componente del suelo, también es, sin duda de naturaleza particulada, puesto que se debe observar "partículas" muy claras separados; pero la composición mecánica, principalmente de la fracción humus, aún no es visible. La porción del suelo que no está ocupada por sólidos se conoce como espacio poroso y su característica más sobresaliente es su continuidad. Cuando el espacio poroso está ocupado en parte por agua del suelo y en parte por aire del suelo, cada uno de estos componentes no posee la propiedad de continuidad en forma separada. La notable continuidad tanto del agua como del aire del suelo, son de suma importancia para determinar las propiedades físicas del suelo.

Podemos considerar las estructuras y propiedades de algunos

minerales representativos del suelo. Si se recoge primero el cuarzo, los aniones de esta estructura son exclusivamente del oxígeno y los cationes son los del silicio. El cuarzo es extremadamente duro, tiene un punto de fusión muy elevado y es muy resistente a la acción química del agua. Por ello, este mineral resiste todas las clases de intemperismo y es característicamente un componente inerte de las fracciones arena y limo del suelo. La fracción arcilla es un producto del intemperismo y contiene muy poco cuarzo. Los iones oxígeno forman series de especies alrededor de ejes paralelos; todas las espirales están enrolladas hacia la derecha en el cuarzo de sentido derecho todas hacia la izquierda en el cuarzo de sentido izquierdo. En cualquier punto donde un espiral encuentra e intersecta a otra espiral vecina, dos iones de un espiral y dos de la vecina forman un grupo tetraédrico.

Después del cuarzo, pueden considerarse los feldespatos, los cuales son minerales intemperizables. Aquí, de nuevo los aniones son oxígeno y forman grupos tetraédricos, pero los tetraédros forman cadenas reentrantes paralelas y vecinas, que están unidas entre sí por iones comunes a ambas de una

manera tal que abarcan grandes cavidades.

En la ortoclasa los cationes son potasio y en el grupo plagioclasa, son sodio y calcio en diversas proporciones. La ortoclasa se considera como la fuente del potasio soluble contenido en forma natural en el agua del suelo.

Los minerales gibsita y brucita intrínsecamente no tienen en los suelos mucha importancia, pero sus estructuras desempeñan un papel muy importante como componente de los minerales arcillosos.

Las sustituciones isomórficas en la pirofilita y el talco producen las micas y el grupo de red de tres capas de minerales arcillosos, conocidos como el grupo montmorillonita. Las sustituciones de iones en gran variedad, tanto de especies como de proporciones con deficiencia de carga positivas, compensadas por cationes accidentales retenidas entre "capas intercaladas" vecinas, y con poca cohesión como para disociarse fácilmente en agua, proporcionan minerales arcillosos tales como la montmorillonita, beidelita, nontronita y la hectorita.

La materia orgánica del suelo varía desde residuos fresco de plantas y animales, pasando del humus hasta los compuestos relativamente simples tales como los azúcares, poliuronidos y aminoácidos, podemos estar seguros que los elementos que contribuyen a formar las estructuras orgánicas, son los átomos de carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y cantidades más pequeñas de azufre, potasio, silicio, etc. Las estructuras en cadena, que comprenden a esos átomos están caracterizadas por la presencia de grupos carboxilos ( $-\text{COOH}$ ) o de grupos que pueden fácilmente convertirse en carboxilo. La proteína, es otro compuesto asociado principal en el complejo del humus, también tiene grupos carboxilo disociables y además amino o  $-\text{NH}_2$ .

El agrupamiento tetraédrico de cargas en la molécula de agua da lugar a estructuras análogas. El agua en estado líquido tiene una estructura efimera representada por una red como la del cuarzo que está diluida. La propia estructura molecular muy abierta del agua se puede modificar mediante centros locales de fuerte atracción, tales como la que proporciona los iones en solución o en las superficies de las partículas en suspensión.

Es importante considerar los componentes del aire del suelo, cada mol incluye: nitrógeno, oxígeno, vapor de agua y bióxido de carbono en proporciones que difieren un tanto de la atmósfera externa, como consecuencia de la actividad biológica de la flora y fauna del suelo, incluyendo por

Las cantidades de los diferentes constituyentes gaseosos es importante para el crecimiento de las plantas, además, que estos factores están implícitos en el término "aireación del suelo", el cual se usa con mucha frecuencia en relación con el estudio del drenaje del suelo.

## **2. La arquitectura interna del suelo.**

Entre los constituyentes sólidos de los suelos ordinarios predominan los minerales y un análisis de la arquitectura interna del suelo comúnmente depende de su naturaleza y disposición. Los minerales arcillosos son una clase de mineral, que comúnmente se les encuentra junto, con otros depósitos, como mezclas en las arcillas del subsuelo. El subsuelo arcillosos **agricolamente es el más plástico para** trabajar y de una consistencia firme.

La geometría del espacio poroso continuo dentro del suelo; está definida por la distribución por tamaño, la forma y la mutua colocación de la partícula. La distribución de poros por tamaño depende de la distribución de partículas, pues las partículas grandes encierran poros grandes si los otros factores permanecen iguales.

El espacio poroso acomoda el agua y el aire del suelo y es de fundamental importancia para determinar el poder de la retención de agua que posee el suelo y de la movilidad del aire y el agua del suelo.

### **3. El equilibrio estático del agua del suelo.**

Nuestro objeto es deducir la dependencia del contenido de humedad en la succión y puesto que ésta debe depender de las formas en que el agua es retenida en los cuerpos porosos, es la tensión superficial que actúa en la interfase la que proporciona un segundo mecanismo de retención de agua en los suelos bastante húmedos. Hay otras clases de fuerzas retentivas, son tan fuertes que las clases de succión necesaria para extraer el agua sólo pueden ser suministradas

por combinaciones de una baja presión de vapor y de una alta temperatura.

La succión del agua del suelo puede ser medida por métodos manométricos directos; el problema por resolver es el mantenimiento por el contacto del agua misma del suelo y el cuerpo externo del agua cuando se hace un intento por imponer una succión en este último.

Para una misma serie de suelo, la profundidad en donde se localiza el estrato impermeable y el valor de  $D$ , manteniéndose constante el resto de los factores, son determinantes para ubicar el espaciamiento entre las zanjas de drenaje. Puede destacarse que en las series de suelo diferentes, en la medida que la permeabilidad aumentó de valor, el espaciamiento entre zanjas es mayor (3).

El tiempo de duración determinado para el desarrollo vegetativo y duración de la fruta colgando para cada condición, en combinación con el tiempo de emergencia de hijos permitirá conocer el periodo de retorno propio y preciso para cada condición de drenaje que, en conjunto con los datos de producción, podrá utilizarse para determinar la rentabilidad de las obras de avenamiento (13).

### 3. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. DESCRIPCION DEL AREA

##### 3.1.1. Localización del ensayo.

El presente estudio se realizó en los suelos de la finca "La Bomba", Corregimiento de Orihueca, Municipio de Ciénaga Departamento del Magdalena. El Corregimiento de Orihueca se encuentra enmarcado en los siguientes límites : por el Norte con el Río Frio, por el Este con la carretera que conduce a Fundación, por el Oeste con terrenos que dan a la Ciénaga Grande de Santa Marta y por el Sur con la quebrada Orihueca. La finca "La Bomba" limita por el Norte con la parcela Osorio, Serrano Alberto y con Inversiones Urbanas Rurales, por el Sur con el Camino Real a Orihueca, con las fincas de Dávila, y Pedro, por el Este con las fincas de Navarro y Antonio Torres, por el Oeste con Camiro en medio. La Zona Bananera está entre las siguientes

coordenadas: longitud Oeste:  $74^{\circ} 21'$  -  $74^{\circ} 24'$ ; latitud Norte:  $11^{\circ} 01'$  -  $10^{\circ} 22'$ . (Anexo 2).

### 3.1.2. Características generales del área.

La finca en estudio presenta un área aproximada de 46,5 Ha, el relieve es plano con pendiente del 0-1 %, con una altura de 15 m.s.n.m., una precipitación promedio anual de 1.318 mm, una temperatura media de  $28^{\circ}\text{C}$  y la humedad relativa de 80,5 %.

Los suelos son permeables, con un pH variable predominando el ligeramente ácido.

La zona se encuentra influenciada por los vientos alisios que soplan durante los meses de diciembre a marzo, alcanzando velocidades de 10 m/seg.

### 3.1.3. Propiedades físicas y químicas del suelo.

Los suelos de la finca "La Bomba" presentan las siguientes características, según los resultados obtenidos mediante análisis de laboratorio de suelos realizados en la Universidad del Magdalena.



---

Análisis	Resultados de laboratorio
Textura	FAr
pH	5,62
% M.O	1,78
P ( Bray I ) ( ppm )	32,00
K ( me/100g.suelo )	0,435
Ca ( me/100g.suelo )	14,12
Mg ( me/100g.suelo )	7,37
Na ( me/100g.suelo )	0,164
C.I.C. ( me/100g.suelo )	21,90
C.E. ( ds/m )	0,194
P.S.I.	0,780

---

Encontramos que éstos suelos poseen un bajo contenido de nitrógeno: y un alto contenido en potasio y fósforo.

### 3.2 Desarrollo de la investigación.

Esta investigación se inicio en el mes de enero de 1.993 y

finalizó en enero de 1.994. Durante éste periodo se llevó a cabo el trabajo de campo que consistió como primera medida en hacer un reconocimiento del terreno, las instalaciones que poseía la finca y el estado en que se encontraban.

En segunda instancia en esta investigación se estudiaron ciertos parámetros indispensables los cuales se encuentran descritos más adelante, para establecer un correcto diseño de drenaje con todas sus características técnicas. Este diseño será tomado como base para evaluar el sistema de drenaje actual de la finca, estableciendo así las posibles deficiencias de este, y dando las recomendaciones del caso que conlleven a mejorarlo.

En el reconocimiento de la finca encontramos lo siguiente:

### **3.2.1. Cultivo instalado.**

La finca " la Bomba " presenta 46,5 Has cultivadas en Banano variedad Cavendish (Musa AAA), la plantación actualmente se encuentra en producción con una edad promedio de cinco años. Observándose claramente un buen estado fitosanitario por la prestación de las labores culturales requeridas por la

planta.

### 3.2.2. Riego.

El sistema de riego utilizado en la finca desde hace aproximadamente tres años es por aspersión subfoliar, encontrándose distribuidos los aspersores a 15 metros entre líneas y 16,5 metros entre aspersores de marca Senninger 3023, con boquilla 9/64. Con una lámina de aplicación de 1,1 mm y una frecuencia diaria. La finca presenta como fuente de agua un pozo de profundidad de 79 m, localizado en el lote número tres de la finca (ver figura 4).

### 3.2.3. Pozos de observación.

La finca cuenta con doce pozos de observación, los cuales se encuentran ubicados a lo largo de los cables vías uno, tres, cinco, ocho y nueve. Los pozos uno, cuatro, cinco, 10 y 12 están localizados a una distancia de 100 m del drenaje principal, los pozos números dos, tres, seis y 11 a 400 m y los pozos siete y ocho a 600 m aproximadamente. Estos tienen una profundidad de 2,20 m, un diámetro de tubo de 3/4 de

pulgadas y un diámetro de barreno de 4,0 pulgadas, con empaque de gravilla. Actualmente se encuentran funcionando nueve de ellos, (Anexo 2).

#### 3.2.4. Canales de drenaje.

Los canales de drenaje en términos generales, se encuentran con un adecuado mantenimiento. El drenaje principal con una longitud aproximada de 860 m orientado en su mayor trayecto de Sur a Norte a profundidad (H) de 2,20 m, una anchura o boca (B) de 6,0 m, con un talud 1:1 y de base (b) 1,5 m.

La finca cuenta además con 10 canales de drenajes secundarios orientados de Este a Oeste, con longitudes variadas, según el ancho de la finca, el más largo con 560 m y el más corto con 265 m aproximadamente, una profundidad (H) de 1,50 m y de ancho o boca (B) 5,0 m con un talud de relación 1:1 y una base (b) de 1 m. Los canales secundarios drenan sus aguas al canal principal y éste a su vez al primario de Francisca, el cual recoge las aguas de Circacia, los Parceleros, la Perla y Bomba; este va a desembocar a la quebrada de la Tal. Se puede apreciar con claridad que en el drenaje existente en la

finca, no existen canales terciarios, (Anexo 1).

### **3.2.5. Cable vías.**

En la actualidad la finca cuenta con 10 cables vías. Uno principal que llega directamente a la empacadora, orientado de Norte a Sur con 900 m de longitud y nueve secundarios orientados de Este a Oeste separados unos de otros con 100 m de distancia y con longitudes variadas; encontrándose el más largo con 570 m que corresponde al cable número siete y el más corto el cable nueve con 210 m. Todos ellos funcionando adecuadamente, (Anexo 1).

### **3.2.6. Estación para toma de datos metereológicos.**

La finca cuenta con una pana de evaporación la cual se encuentra ubicada en los predios de la finca Circacia, a una altura de 4,0 m, por encima de la superficie del suelo; para evitar las influencias del riego en la toma de los datos, con un área de influencia de 2.000 Has instalada específicamente para medir la evaporación: cuenta además con un piranógrafo que sirve para medir la intensidad y comportamiento de la

radiación solar durante el día; un higrógrafo, para medir la humedad relativa; un pluviómetro para medir la precipitación y un termómetro de máxima y mínima; todo esto con el fin de manejar el cultivo con base a datos metereológicos.

### **3.3. Evaluación de los parámetros.**

#### **3.3.1. Parámetros del suelo.**

##### **3.3.1.1. Profundidad efectiva.**

Se determinó haciendo un análisis en los perfiles de suelo de cada uno de los pozos barrenados. Este análisis consistió en considerar como barreras limitantes del crecimiento de las raíces aquellos estratos tales como: arenas, clay pan, hard pan y texturas pesadas. Se presentó una alta variabilidad en la profundidad efectiva, por tal motivo estas fueron promediadas con el fin de obtener un valor para efecto de diseño del sistema de drenaje.

##### **3.3.1.2. Clase textural del suelo.**

Se tomaron 15 muestras de la primera capa del suelo, utilizando la cuadrícula 200 m x 200 m (Anexo 5). Las cuales fueron analizadas en el laboratorio mediante el método del hidrómetro de Bouyoucus, el cual se encuentra explicado ampliamente en el parámetro de la profundidad de la capa impermeable.

#### **3.3.1.3. Conductividad hidráulica.**

Este parámetro fué determinado por el método de Auger Hole inverso debido a la ausencia del nivel freático. Para mejorar facilidad de manejo se trabajó sobre 10 muestras realizadas a diferentes profundidades entre 0 - 1,50 m; con el objeto de hallar la respectiva permeabilidad del terreno encima de los drenes de 0 - 1,40 m ( $K_s$ ) y la permeabilidad del terreno por debajo de los drenes entre 1,40 - 1,50 m ( $K_i$ ). Estas pruebas fueron situadas y repartidas en todo el lote; teniendo en cuenta las diferentes texturas encontradas en los perfiles de los pozos barrenados en el campo.

Una vez ubicados los puntos, se procedió a barrenarlos hasta

la altura indicada, previamente estudiada. Se hizo necesario la utilización de un soporte de 1,0 m de altura una barilla graduada de 2,0 m y una bola de hiecopor de 2,0 pulgadas. Después de realizada la perforación se le adicionó agua hasta la superficie, quedando en contacto con la bola de hiecopor y se procedió a tomar las lecturas correspondientes a cada pozo. Las cuales posteriormente fueron promediadas para obtener una  $K_s$  y  $K_i$  del terreno, (Ver figura 1). Estos datos fueron analizados por las fórmulas siguientes:

$$K = 1,15 r \frac{\text{Log} (h_i + r/2) - \text{Log} (h_n + r/2)}{t_n - t_i} = \text{cm/seg.}$$

$$K = 432 r \frac{\ln (h_i + r/2) - \ln (h_n + r/2)}{t_n - t_i} = \text{m/seg}$$

Donde :

$h_i$  = altura inicial del nivel freático en cm.

$h_n$  = altura final del nivel freático en cm.

$t_i$  = tiempo inicial en segundos.

$t_n$  = tiempo final en segundos.

$r$  = radio del pozo en cm.

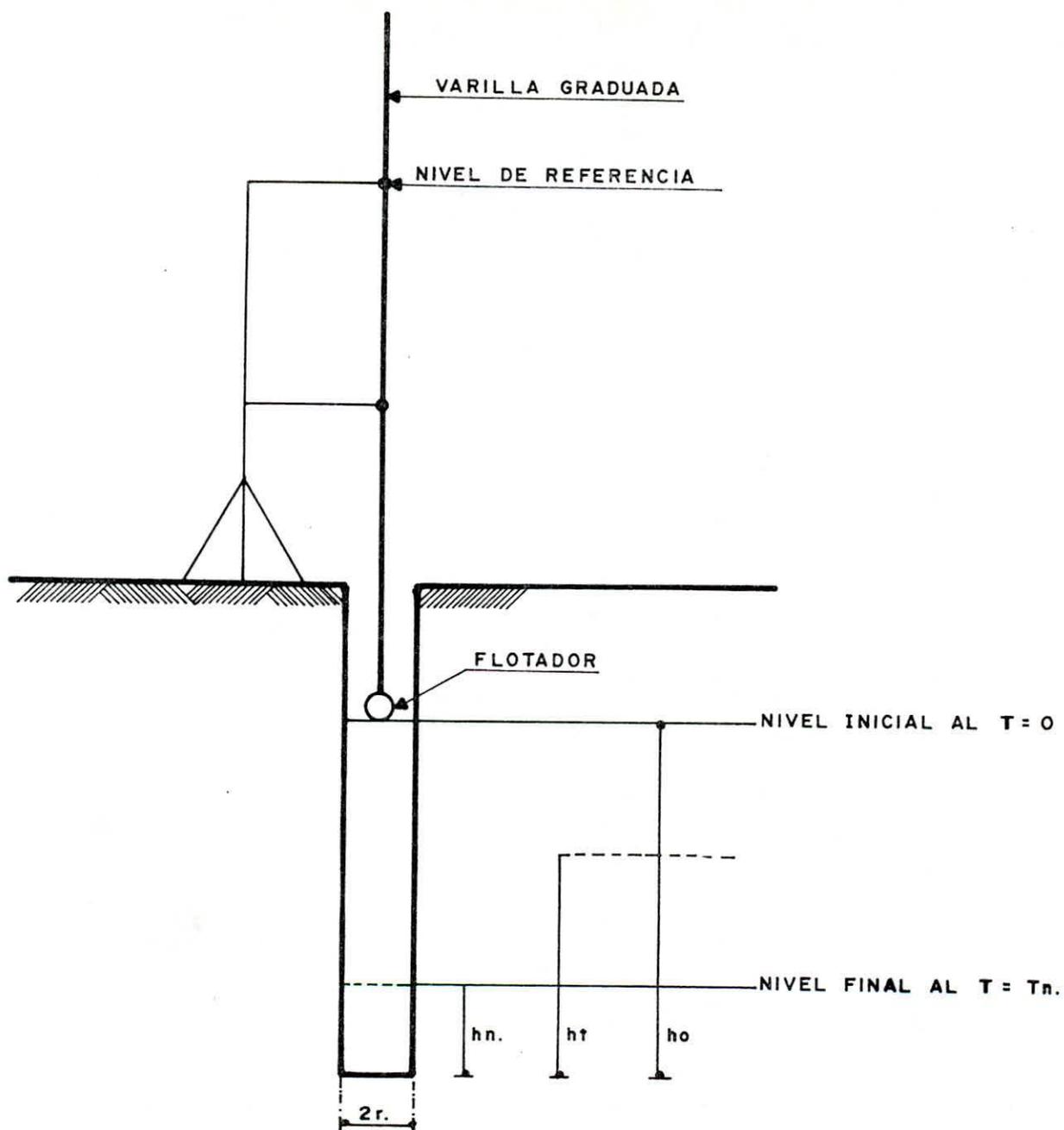


Figura 1.— Diagrama del pozo barrenado invertido para medir la Conductividad hidraulica en el campo.

#### 3.3.1.4. Retención de humedad.

Los datos sobre este parámetro fueron facilitados por la Compañía Técnicas Baltim de Colombia, mediante un análisis previo que realizaron sobre un total de 15 muestras a diferentes profundidades y distribuidas en toda el área de interés.

Estas muestras fueron enviadas al laboratorio de suelos en Honduras donde fueron determinadas por el método de la cila a presión y el plato poroso; en base de peso de suelo seco para cada estrato; a 1/3 de atmósfera para la capacidad de campo y 15 atmósfera para el punto de marchitez.

#### 3.3.1.5. Salinidad del suelo

Para establecer la clasificación de los suelos por su salinidad en la finca "La Bomba" fué indispensable tener en cuenta el pH, la conductividad eléctrica (C.E) y el porcentaje de sodio intercambiable (P.S.I).

La obtención del pH se realizó en el laboratorio de suelos de



la Universidad, mediante la utilización de un potenciómetro. Para ello fueron analizadas 15 muestras representativas en todo el área de estudio, tomando las primeras capas, las cuales fueron mezcladas por cable intermedio obteniéndose al final un total de cinco muestras, se pesó un gramo de suelo por un mililitro de agua destilada, esta suspensión se agitó por cinco minutos aproximadamente y se dejó en reposo por 30 minutos. Una vez calibrado el instrumento con agua destilada, se procedió a determinar el pH de las muestras de suelo; obteniéndose más tarde un valor promedio.

El porcentaje de sodio intercambiable se calculó mediante fórmula conociendo la capacidad de intercambio catiónico (C.I.C) y el sodio intercambiable, determinado en el laboratorio por el fotómetro de llamas.

$$P.S.I. = \frac{\text{Na intercambiable}}{\text{C.I.C.}} \times 100.$$

En donde:

Na intercambiable = Sodio intercambiable en m.e./100 g de suelo.

C.I.C. = Capacidad de intercambio catiónico en m.e./100 g de suelo.

La conductividad eléctrica (C.E), se determinó tomando 15 muestras de la primera capa de suelo, las cuales fueron mezcladas por cable intermedio obteniéndose al final un total de cinco muestras. De cada una de ellas se pesaron 50 g de suelo, disolviéndose en 50 c.c. de agua destilada en un erlenmeyer de 250 c.c, se agitó la suspensión durante 10 minutos aproximadamente; al cabo de este tiempo se filtró durante 24 horas. El filtrado se llevó al conductivímetro. Los datos obtenidos de las cinco muestras se promediaron obteniéndose un valor representativo.

#### **3.3.1.6. Salinidad del agua de riego.**

La información de este parámetro fué aportado por la empresa Técnicas Baltim de Colombia. En un análisis de agua de riego realizado en el laboratorio de suelos del Doctor Eliecer Canchano Niebles (E.C.N.) I.A. (Anexo 3).

#### **3.3.1.7. Profundidad del nivel freático**

Este parámetro se realizó durante todo el año de estudio con el objeto de observar en época de invierno las áreas con problemas de drenaje más agudo.

Las lecturas se tomaron después de cada lluvia, con la ayuda de una cinta métrica llamada sonda. Se introducía en el pozo de observación, al extraerla, se toma la lectura de la parte humedecida y se le resta a la profundidad total del pozo (2,20 m); para deducir la fluctuación del agua. Los valores se tomaron en nueve pozos de observación distribuidos en todo el lote de estudio, durante el período comprendido entre enero y diciembre de 1.993, (Anexo 4).

#### **3.3.1.8. Profundidad de la capa impermeable.**

Para la evaluación de este punto se barrenaron 15 pozos distribuidos en todo el lote, utilizando la cuadrícula 200 m x 200 m (Anexo 5), de tal manera que quedara un cable vía intermedio tomándose las muestras de 0-3 m de profundidad en los cables uno, tres, cinco, siete y nueve. Se recogieron 65 muestras las cuales fueron llevadas al laboratorio de suelos de la Universidad del Magdalena donde fueron analizados por el método del hidrómetro de Bouyoucus. Este método consiste en determinar la cantidad de sólidos solubles en suspensión por medio del hidrómetro. La muestra se secó a temperatura ambiente, luego se desmenuzó y pasó por un tamiz con malla de 2,0 mm. Se pesaron 40 g de suelo, los cuales se colocaron

en una máquina dispersora agregándole 30 ml de hexametafosfato de sodio y agua destilada hasta las 2/3 partes del recipiente, luego se agitó durante 10 minutos. Esta suspensión se vertió a una probeta de 1000 ml con la ayuda de un frasco lavador, se aforó a 1000 ml con el hidrómetro dentro, luego se sacó el hidrómetro y se agitó vigorosamente durante 30 segundos; al terminar la agitación se sumergió el hidrómetro lentamente y se hizo la primera lectura a los 40 seg de sumergido este, además se tomó la temperatura de la suspensión. La segunda lectura se efectuó a las dos horas, tanto del hidrómetro como de la temperatura sin agitar la suspensión.

Después de obtenidos los datos se hizo la respectiva corrección de temperatura multiplicando por el factor 0,3 para nuestro medio.

Para el cálculo de los porcentajes (%) de arena, arcilla y limo se tomaron las siguientes relaciones: Según la clasificación USDA (1.975).

$$\% \text{ de arena} = 100 - \frac{1c \ 40'' \times 100}{MSS}$$

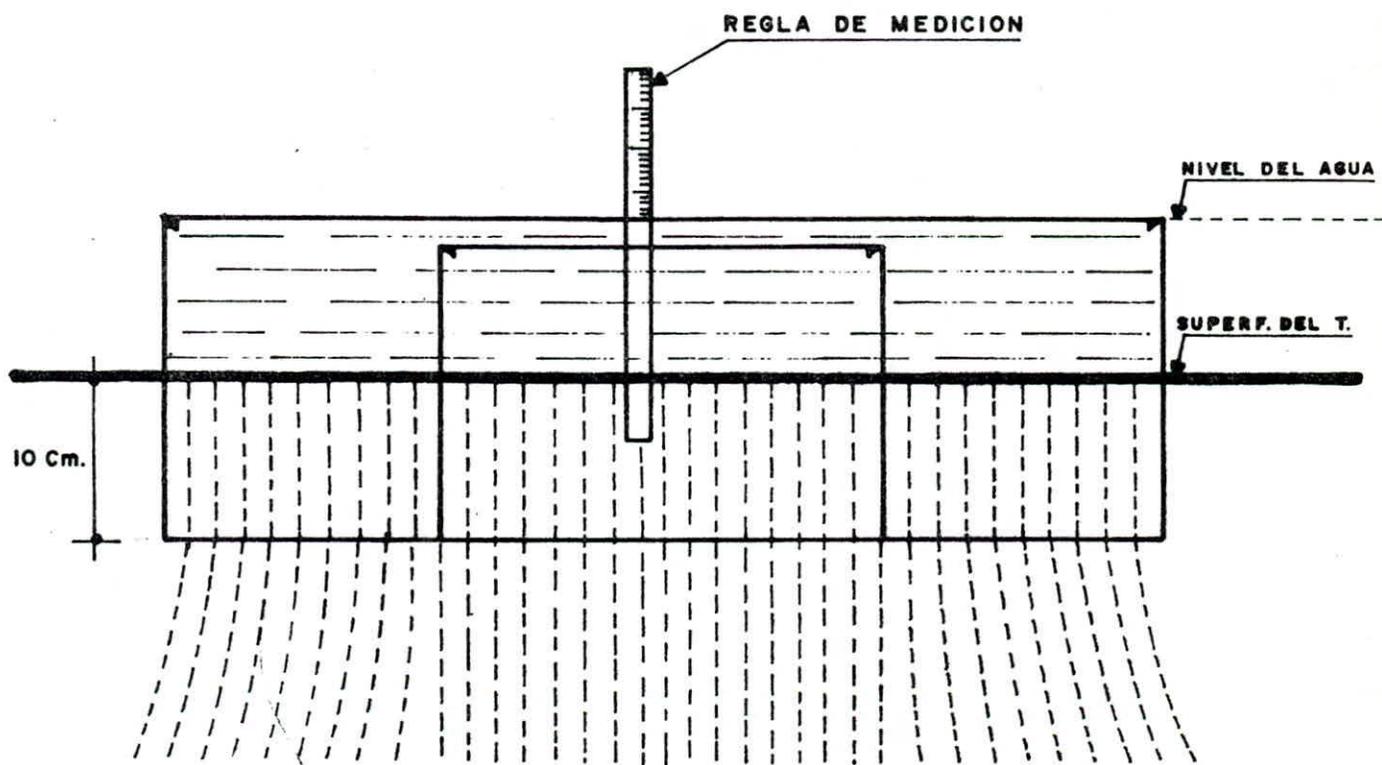
$$\% \text{ de arcilla} = \frac{1c \ 2h \ x \ 100}{MSS}$$

$$\% \text{ de limo} = 100 - (\% \text{ arena} + \% \text{ arcilla})$$

Después de hallados los porcentajes se llevó al triángulo textural para determinar la textura de cada una de las muestras, (Anexo 6).

#### 3.3.1.9. Infiltración

Para la ejecución de este inciso, fué necesario conocer la clase textural de la capa superficial del suelo; haciéndose la prueba en aquellos sitios que presentaron diferentes textura. Fueron seleccionados un total de 15 puntos, se utilizó el método de los anillos concéntricos; una vez ubicado el lugar se procedió a hacerle una limpieza luego se introdujo el anillo exterior a una profundidad de 10 cm; después se procedió a hacer lo mismo con el anillo interior, procurando que quedara lo más centrado posible; en el centro del anillo pequeño se depositó la reglilla graduada en mm; enseguida se vertió agua primeramente en el anillo grande hasta el borde, luego se llenó el anillo pequeño procediendo así a tomar las respectivas lecturas, (Ver figura 2).



**Figura 2.\_ Método de los anillos concentricos para medir la velocidad de infiltración.**

Con los datos obtenidos en el campo durante el ensayo (tiempo parcial en minutos y lámina infiltrada parcial en milímetros), se determinó el tiempo acumulado y la lámina acumulada; los datos de campo fueron llevados a unidades de velocidad los mm a cm y los minutos a hora, utilizando el proceso que sigue:

$$\frac{1 \text{ mm}}{\text{min}} \times \frac{60 \text{ min}}{\text{hora}} \times \frac{\text{cm}}{10 \text{ mm}} = 6 \text{ cm/h}$$

Después se unieron los puntos y se trazaron las gráficas correspondientes, determinándose en cada uno de ellos la infiltración básica.

### 3.3.2. Parámetros del clima

#### 3.3.2.1. Precipitación

#### 3.3.2.2. Evaporación

#### 3.3.2.3. Temperatura

La información sobre los parámetros del clima fué aportado por el ICA Caribia, donde se cuenta con registros meteorológicos (pluviométricos, evaporación y temperatura) de 22 años correspondientes al periodo de 1.970 a 1.992.

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos en esta investigación se encuentran organizados en tablas y figuras; siguiendo la misma secuencia de la discusión.

La evaluación del sistema de drenaje en canal abierto en el cultivo de Banano (Musa AAA) de la finca "La Bomba" objeto de este estudio se deducirá a medida que se discute cada uno de los parámetros estudiados.

##### 4.1. Profundidad efectiva

Según la Tabla 1, el menor promedio de profundidad efectiva se encontró en el cable número tres con 0,72 m y el mayor, en el cable número uno con 0,88 m. Obteniéndose un promedio general sobre las 15 muestras de 0,82 m. Según estos resultados y teniendo en cuenta lo reportado por (3), lo

TABLA 1. Profundida Efectiva (m) Para el Cultivo de Banano Variedad Cavendish ( Musa AAA) en los Suelos de la Finca "La Bomba".

PROFUNDIDAD DE LAS RAICES					
(m)					
POZOS					
CABLE	1	2	3	4	PROMEDIO (m)
1	0,40	1,25	1,00		0,88
3	0,85	1,00	0,32		0,72
5	1,30	0,70	0,60		0,86
7	1,10	0,75	0,50	0,90	0,81
9	0,96	0,76			0,86
Promedio total					0,82

anterior se justifica en razón de que sus dimensiones están influenciadas por la textura y estructura del suelo, los valores mayores corresponden a suelos livianos, franco-arenosos y los menores a suelos pesados franco-arcillosos.

La Figura 3 muestra un sistema de raíces de una planta de Banano variedad Cavendish apreciándose su buen desarrollo.

#### 4.2. Clase textural del suelo.

En la Tabla 2, aparecen los datos texturales de los suelos de la finca "La Bomba". Apreciándose que los suelos presentan una amplia variabilidad que va desde la textura liviana; franco-arenoso a textura pesada como franco-arcilloso.

Según estos resultados y tomando lo reportado por Victor M. Gonzalez (6), se coincide con el cuando sostiene que problemas de drenaje se presentan por lo general en suelos con contenido altos de arcillas. La compactación del suelo está relacionada con el tamaño de sus partículas; un suelo arcilloso es más susceptible de compactarse.

En atención a lo anterior tomamos para el diseño de drenaje



FIGURA 3. Sistema radicular de una planta de Banano en buen desarrollo.

TABLA 2. Clasificación Textural de los Suelos de la Finca "La Bomba".

Cable - Pozo	Denominación	Profundidad (cm)	No. Muestras
1 - 1	F	0 - 40	1
1 - 2	F	0 - 128	1
1 - 3	FAr1	0 - 155	1
3 - 1	F	0 - 85	1
3 - 2	FAr1	0 - 185	1
3 - 3	FAr1	0 - 32	1
5 - 1	F	0 - 130	1
5 - 2	F1	0 - 70	1
5 - 3	F	0 - 60	1
7 - 1	FAr	0 - 110	1
7 - 2	FAr	0 - 30	1
7 - 3	F	0 - 17	1
7 - 4	FA	0 - 90	1
9 - 1	FAr	0 - 96	1
9 - 2	FAr	0 - 76	1

la textura franco-arcillosa (FAR) por ser la que presenta mayor problema de drenaje.

#### 4.3. Conductividad hidráulica

En la Tabla 3, se aprecian los resultados correspondientes a éste inciso encontrándose para  $K_i$  el mayor valor de 2,170 m/d y el menor valor de 0,09 m/d a una profundidad de 1,50 m cada uno. Para  $K_s$  el máximo valor con 1,090 m/d a una profundidad de 0,60 m y el mínimo valor de 0,012 m/d a una profundidad de 0,90 m. El promedio de los valores para  $K_i$  y  $K_s$  son de 0,812 m/d y 0,527 m/d respectivamente.

Según la clasificación de la conductividad hidráulica del suelo (3) estos valores promedios corresponden a la clase media ya que se encuentran dentro del rango 1,00 - 0,30 m/d.

Se tomaron los valores  $K_s$  y  $K_i$  con el objeto de aplicar la fórmula de espaciamiento entre drenes de Houghoudt (10), puesto que en la finca la capa impermeable se encuentra a una profundidad de 17,42 m, la cual fué encontrada estudiando el perfil del pozo de irrigación que se encuentra en la finca, (Ver Figura 4).

TABLA 3. Datos de Conductividad Hidráulica Para los Estratos Superior e Inferior obtenidos en la Finca "La Bomba".

Cable-Pozo	Profundidad (m)	Ks (m/d)	Cable-Pozo	Profundidad (m)	Ki (m/d)
3 - 3	0,90	0,012	1 - 3	1,50	0,09
5 - 2	0,40	0,558	5 - 2	1,40	0,667
7 - 1	1,00	0,370	7 - 4	1,50	2,17
7 - 4	0,60	1,09	9 - 2	1,50	0,32
7 - 3	1,00	0,829			
9 - 2	0,90	0,301			
X		0,527			0.812

# COLPOZOS S. A.

## CARACTERISTICAS DEL POZO No 916 MG

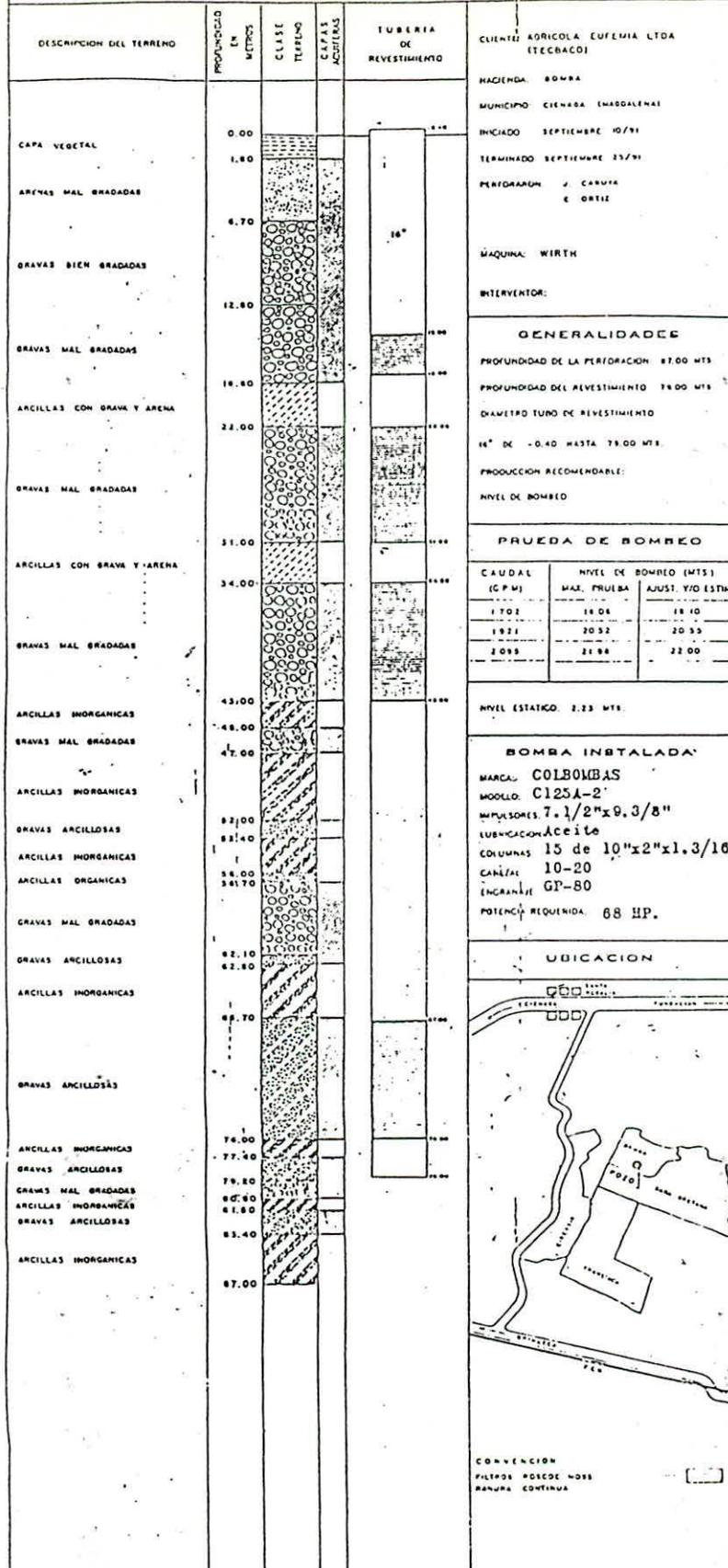


Figura 4.— Características del pozo de irrigación de la finca " BOMBA "

#### 4.4 Retención de humedad

En la Tabla 4 se presentan los valores de éste parámetro, donde se observa un valor máximo de capacidad de campo (C.C.) y punto de marchitez (P.M) de 27% y 13% respectivamente para el cable nueve en dos muestras tomadas; con un porcentaje de retención de humedad de 14, indicándose esto que el mayor valor corresponde a un suelo de textura pesada, a un franco arcilloso.

El mínimo valor de capacidad de campo y punto de marchitez se presenta en un suelo de textura franco arenoso con valores de 14% y 6% respectivamente para un 8% de retención de humedad en el cable número siete, con un número de cuatro muestras.

Estos datos nos expresan que, a medida que la textura es más pesada, el porcentaje de retención de humedad es mayor, debido a la presencia de un mayor contenido de arcilla, reteniendo más agua que los suelos de textura livianas. Esto lo corrobora Victor Mauricio Gonzalez M. en su trabajo drenaje de fincas Bananeras, al afirmar que la capacidad de retención de humedad de un suelo basicamente depende de su

TABLA 4. Capacidad de retención de humedad de los suelos de la finca "La Bomba" a diferentes profundidades.

CABLE No.	MUESTRA No.	PROFUNDIDAD (cm)	C.C %	P.M. %	RETENCION HUMEDAD %
1	3	0 - 90	26,0	12,5	13,5
3	3	0 - 85	25,5	12,5	13,0
5	3	0 - 75	22,0	10,0	12,0
7	4	0 - 80	14,0	6,0	8,0
9	2	0 - 90	27,0	13,0	14,0

clase textural, suelos pesados (mayor contenido de arcilla) retienen más agua que los livianos (mayor contenido de arena).

#### 4.5 Salinidad del suelo

La Tabla 5 muestra los valores obtenidos de pH, P.S.I., C.I.C y C.E. efectiva. El máximo valor de P.S.I. corresponde al cable uno con 1,3022 % y el mínimo con 0,3271 % para el cable nueve. Para el pH el máximo valor de 6,4 en el cable siete y el mínimo de 5,1 para el cable uno. En lo referente a la conductividad eléctrica el mayor valor se encontró en el cable cinco con 0,32 ds/m y el mínimo para los cables uno, tres y siete con 0,16 ds/m.

El promedio de los valores de pH, P.S.I. y C.E., se encontró en 5,62; 0,7842% y 0,194 ds/m respectivamente.

De acuerdo a estos resultados los suelos de la finca "La Bomba" se clasifican como suelos neutros, aptos para el cultivo de Banano y Plátano. Lo anterior es confirmado por Silvio Belalcazar (3), cuando afirma que suelos, con pH

TABLA 5. Análisis químico de salinidad de los suelos de la finca "La Bomba".

No.	CABLE COMPLEJO DE CAMBIO (m.e /100 gr Suelo)				C.I.C	P.S.I	pH	C.E 25 C (dS/m)
	++ Ca	++ Mg	+ K	++ Na				
1	15	4,5	0,20	0,26	19,96	1,302	5,1	0,16
3	15	5,5	0,30	0,27	21,04	1,032	5,6	0,16
5	14	6,0	0,25	0,17	20,42	0,846	6,4	0,32
7	14,12	7,37	0,25	0,08	21,83	0,393	5,5	0,16
9	12,5	13,5	0,20	0,08	26,29	0,327	5,5	0,17
- X	14,12	7,37	0,24	0,16	21,90	0,780	5,62	0,19

entre 5,6 - 7,3 se consideran neutros y con pH superior a 7,3 son alcalinos. En líneas generales los suelos neutros son ideales para la mayoría de los cultivos.

Continuando con el análisis se presenta un P.S.I. muy bajo en sodio : considerándolo como suelos normales, sin problemas de sodicidad, puesto que no excede los límites para que se presenten los problemas de fitotoxicidad por sodio, esto coincide con lo mencionado por Eliecer Canchano cuando expresa que es necesario aclarar que el cultivo de Banano se dá bien en suelos con un tenor de sodio (P.S.I.) inferior a cinco y que con valores superiores la producción merma.

En atención al resultado hallado de C.E., esta corresponde a suelos sin problema de salinidad según reporte de Eliecer Canchano (6).

#### 4.6. Salinidad del agua de riego.

En el Anexo 3, observamos que el agua utilizada para el riego en la finca "La Bomba" corresponde a una clasificación C1S1 según US Salinity Laboratory (9); lo que nos indica que puede



ser utilizada para el riego en el cultivo de Banano con muy poca probabilidad de que se desarrolle salinidad y niveles peligrosos de sodio intercambiables. Esta clasificación fue verificada por un RAS de 0,36 y una conductividad eléctrica (C.E.) de 0,210 dS/m (dS = decisiemen/metro).

El agua utilizada para regadío de la finca es considerada apta para efectuar lavado de sales en suelos con problemas de salinidad en combinación con un adecuado sistema de drenaje.

Confirmado esto por Pizarro (9), cuando manifiesta que en la elaboración de un adecuado sistema de drenaje es indispensable conocer la cantidad de sales en el agua de riego y establecer con precisión los cálculos de requerimiento de lavado de sales, y que en condiciones adecuadas de drenaje, esas sales serán lavadas y eliminadas de la zona radicular; cuando no ocurre así, el contenido de sales del suelo aumenta progresivamente hasta alcanzar niveles que hacen antieconómica su explotación.

#### **4.7 Profundidad del nivel freático**

En la Tabla 6, se presentan valores encontrados de nivel

TABLA 6. Fluctuación del nivel freático durante el período comprendido entre enero - diciembre de 1.993 en la finca "La Bomba".

No del		No de	Profundidad	Profundidad	Promedio
CABLE	POZO	POZOS	Máxima (m)	Mínima (m)	
1	1	2	2,20	1,20	1,84
	2				
3	3	2	2,16	1,90	2,05
	4				
5	5	3	2,12	1,50	1,98
	6				
	7				
7	8	2	2,20	1,35	1,87
	9				
-					
X					1,93

freático (N.F) en nueve pozos de observación de 2,20 m de profundidad; los resultados promedios de los pozos variaron de 1,84 m a 2,05 m ubicados éstos en los cables uno y tres respectivamente. El promedio general se calculó en 1,93 m, notándose claramente que el nivel freático se encuentra fuera de los límites críticos de profundidad radicular.

Observándose los datos de cada uno de los pozos se encuentra una profundidad de nivel freático más superficial en el pozo dos con 1,20 m; mientras que la fluctuación se hizo más profunda en los pozos uno y nueve con 2,20 m cada uno, (Anexo 3).

#### **4.8 Infiltración**

La Tabla 7, nos muestra los datos de infiltración obtenidas durante las pruebas, presentándose un valor máximo de 3,0 cm/h correspondiente a un suelo de textura franco-arenoso, clasificado como un suelo de infiltración alta (A) para el cable siete y cuatro un valor mínimo de 0,2 cm/h para una textura franco-arcilloso (FAR), clasificado como suelo con infiltración baja (B) ubicado en el cable pozo 7 - 1.

TABLA 7. Infiltración básica (cm / h ) del suelo de la finca "La Bomba".

CABLE - POZO	PROFUNDIDAD (cm)	VALOR (cm/h)	CLASE	TEXTURA
1 - 1	0 - 40	1,2	M	F
3 - 2	0 - 185	0,6	B	FArL
5 - 2	0 - 70	1,2	M	FL
7 - 1	0 - 110	0,2	B	FAr
7 - 4	0 - 90	3,0	A	FA
- X		1,36		

De acuerdo a ésto, en el lote donde se encuentra ubicado el cable siete debido a su baja infiltración básica, su textura y estructura debe presentarse problemas de avenamiento, requiriendo de una evacuación de estas aguas ya que el cultivo de Banano es susceptible al encharcamiento.

En la Figura 5, se observa la curva de infiltración que corresponde a un suelo de textura franco-arcilloso (FAR), tomado para efecto del diseño de evacuación del agua. La figura nos muestra una rata de infiltración alta en un comienzo, la cual va decreciendo hasta llegar a una infiltración básica de 0,2 cm/h. Esto coincide con Lewis, citado por Hoyos y Sierra a través de (11) cuando señala que la tasa de infiltración alcanza un máximo al principio cuando se aplica el agua y decrece a medida que los espacios porosos se van llenando, hasta alcanzar un máximo cuyo valor se conoce como infiltración básica. Los demás datos de infiltración se encuentran en las Figuras 6, 7, 8 y 9.

#### **4.9 Profundidad de la capa impermeable**

Determinar con exactitud a que profundidad se encuentra la capa impermeable en la zona de investigación no fué posible

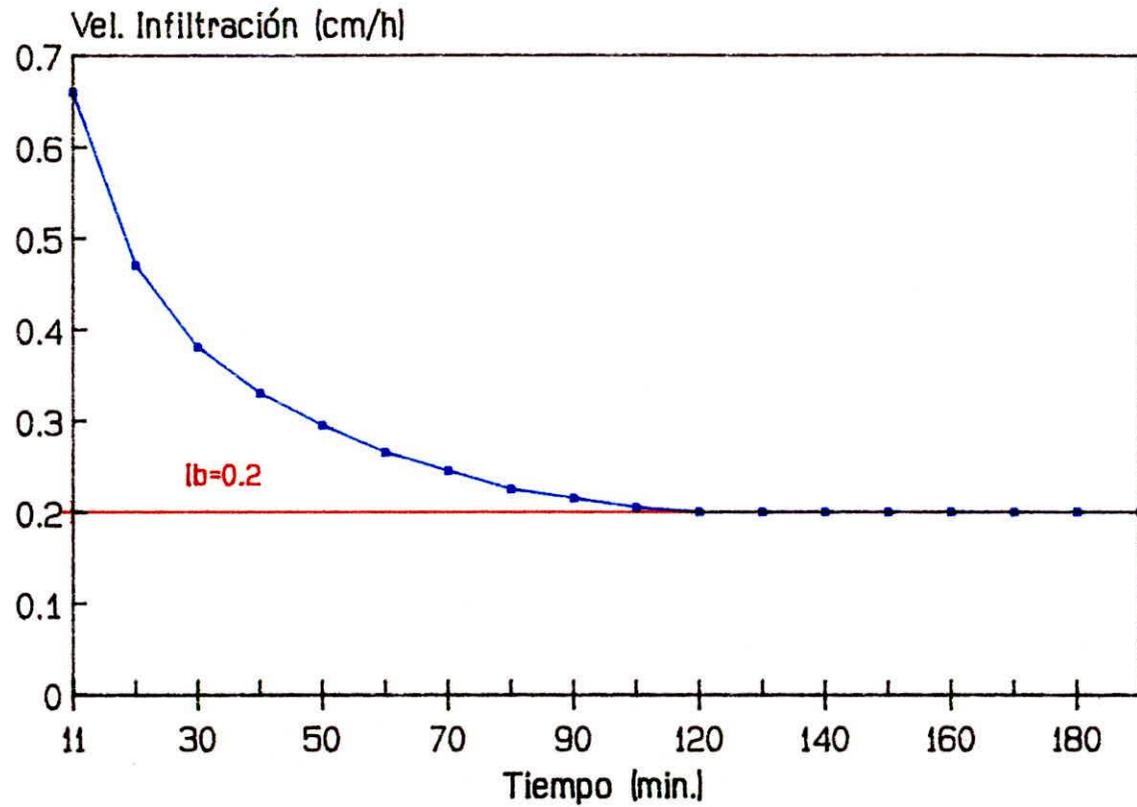


FIGURA 5. Infiltración básica cable-pozo (7-1) velocidad de infiltración en cm/h, con relación al tiempo en minutos, en un suelo franco-arcilloso (FAr)

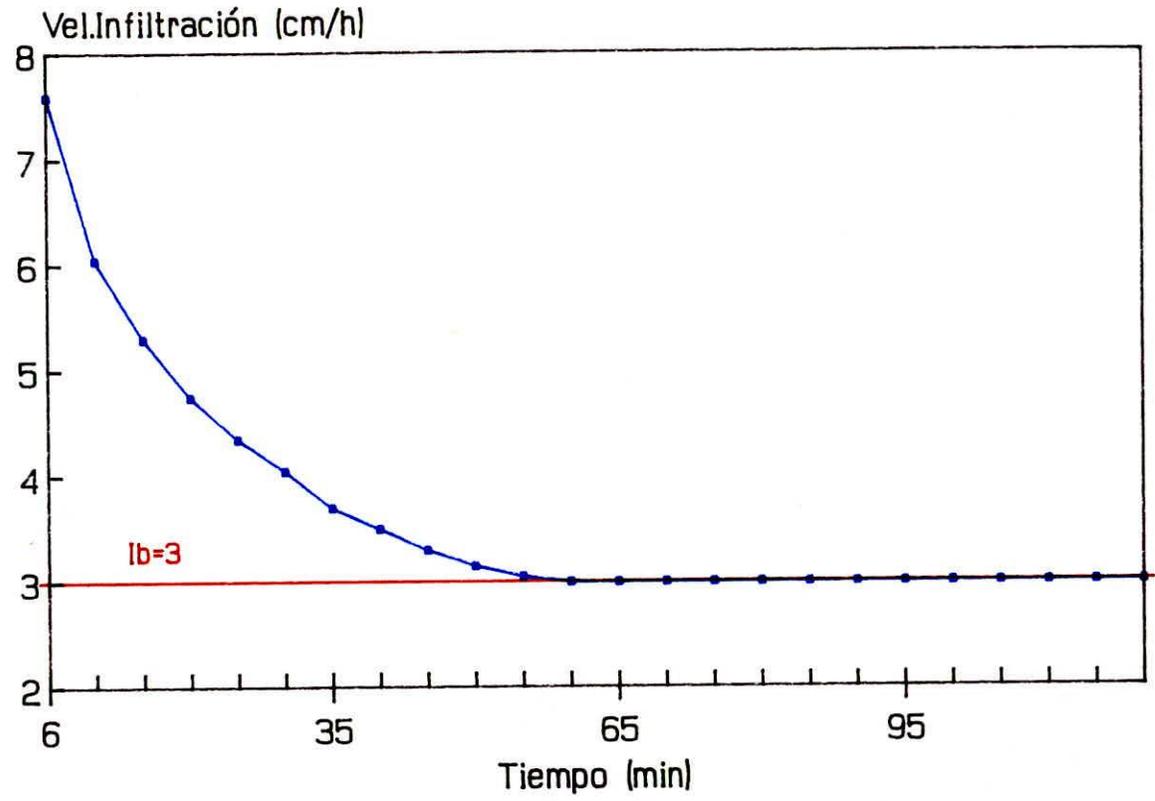


FIGURA 6. Infiltración básica cable-pozo (7-4) velocidad de infiltración en cm/h, con relación al tiempo en minutos, en un suelo franco-arenoso (FA)

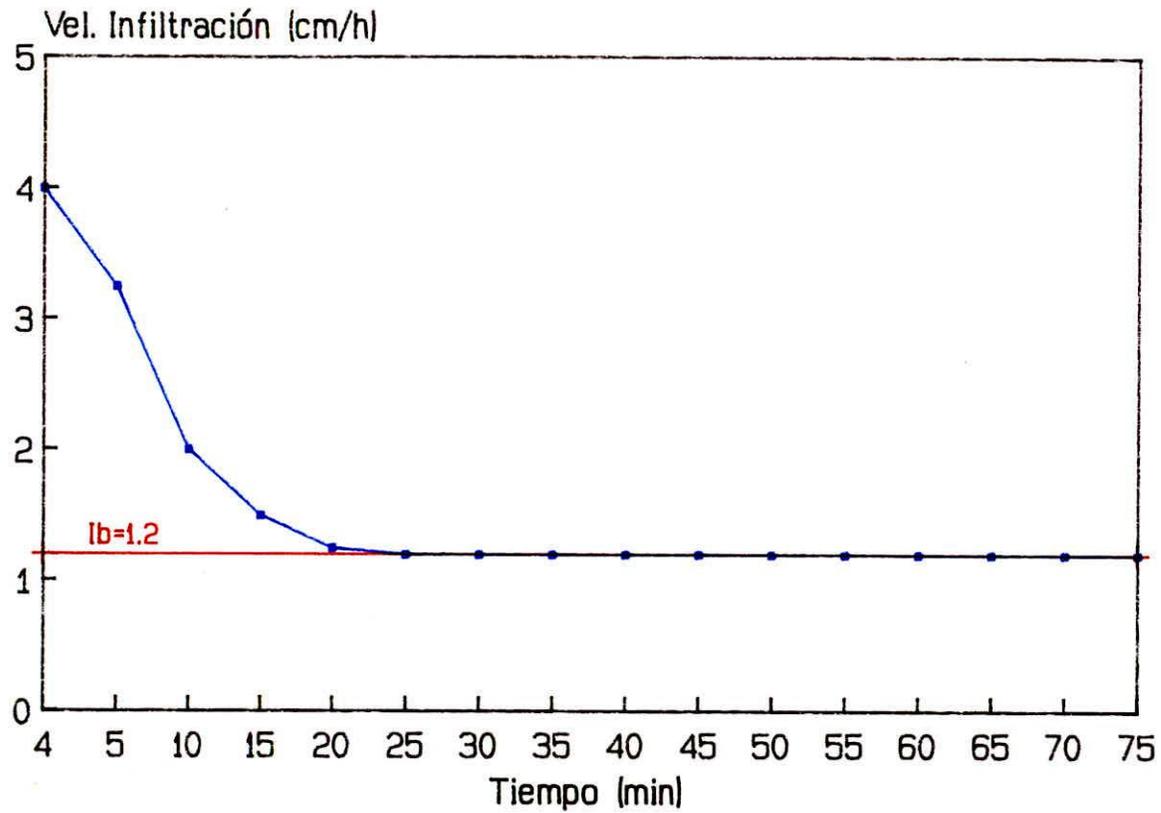


FIGURA 7. Infiltración básica cable-pozo (5-2) velocidad de infiltración en cm/h, con relación al tiempo en minutos, en un suelo franco-limoso (FL)

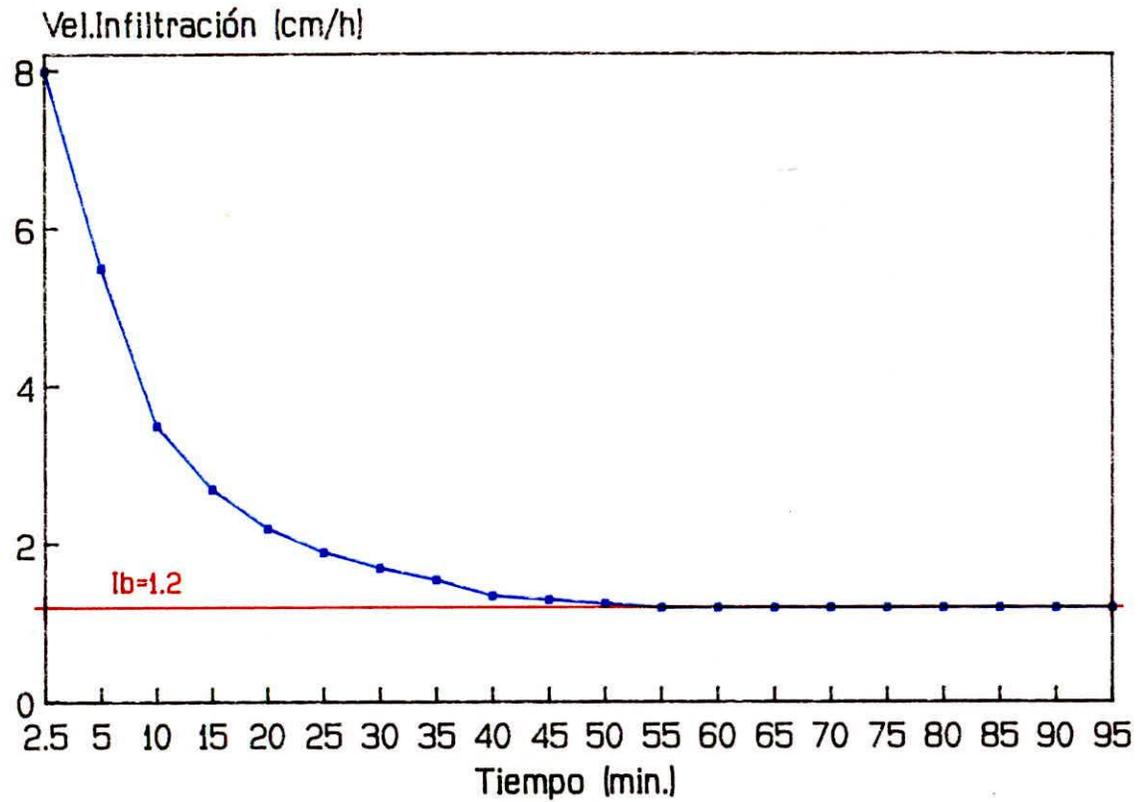


FIGURA 8. Infiltración básica cable-pozo (1-1) velocidad de infiltración en cm/h, con relación al tiempo en minutos, en un suelo franco (F)

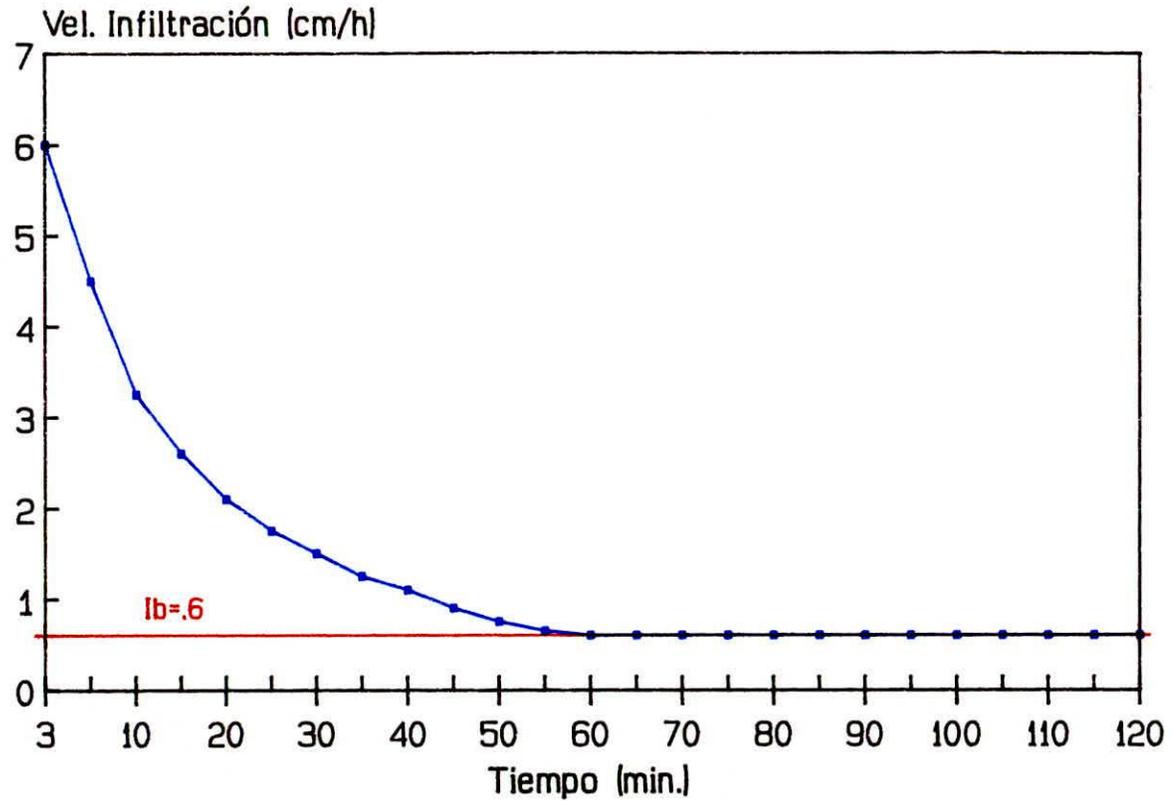


FIGURA 9. Infiltración básica cable-pozo (3-2) velocidad de infiltración en cm/h, con relación al tiempo en minutos, en un suelo franco-arcilloso-limoso (FArL)

mediante la utilización del barreno, ya que no se encontró dentro del rango de la profundidad cateada de 0 - 3,70 m según se puede observar en la figura 10.

En esta figura se aprecia que hay variabilidad en las profundidades barrenadas, debido a la presencia de gravas que impidieron la penetración del barreno, presentándose profundidades muy superficiales de 0,75 m como el pozo 7:2. En los demás pozos 1:1 y 3:2 en donde se llegó hasta 3,7 m.

Al no encontrarse la capa impermeable en las profundidades barrenadas, ésta se determinó mediante un estudio e interpretación del perfil del suelo elaborado para efectos del pozo de irrigación de la misma finca, en donde se puede apreciar una profundidad de capa impermeable de 17,42 m : este dato se utilizó para establecer el espaciamiento entre drenes terciarios utilizando la fórmula de Houghoudt: hallándose un índice de Houghoudt de 3,49 y una distancia entre drenes de 50,0 m.

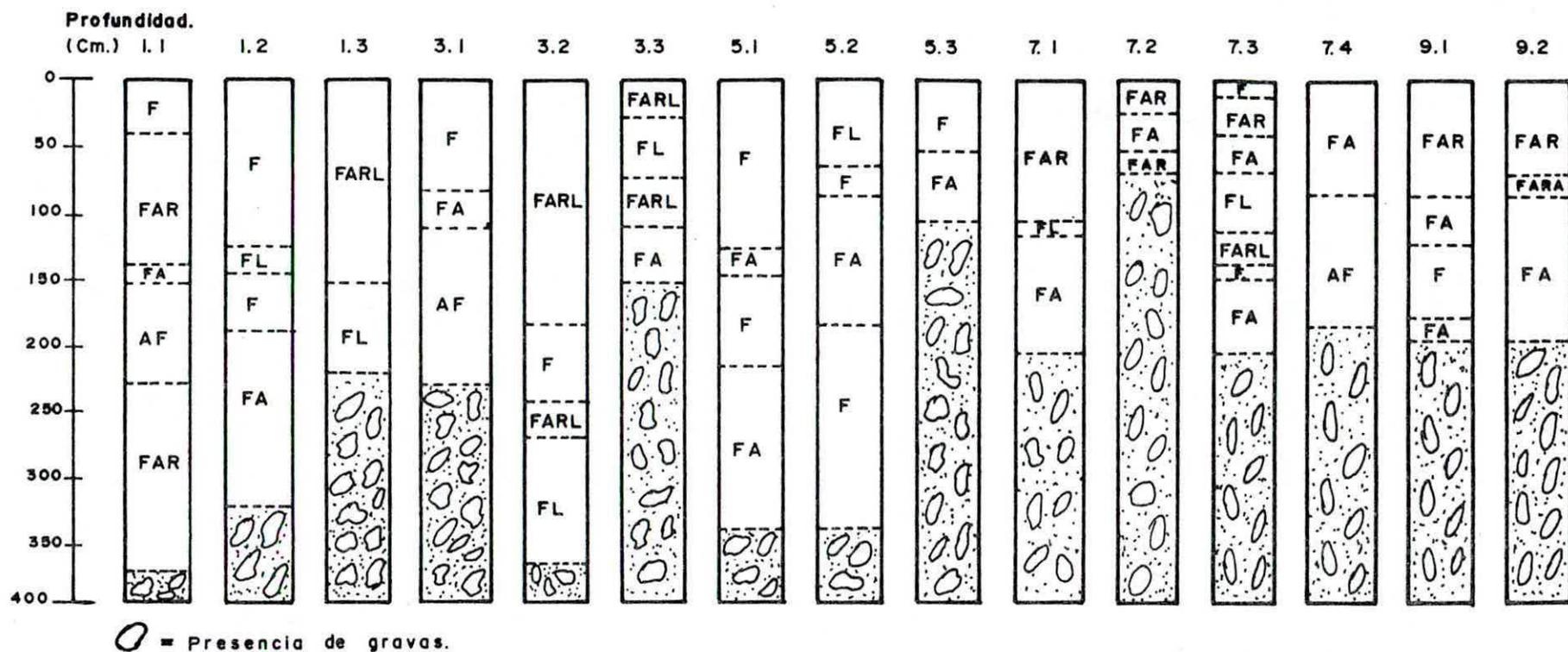


Figura 10.\_ Perfiles de los 15 pozos barrenados (0 - 400 cms.) distribuidos en toda el área de la finca "BOMBA."

Fórmula de Houghoudt:

$$E^2 = \frac{4 K_s h^2}{q_c} + \frac{8 K_i h y}{q_c}$$

En donde:

E= Separación de los drenes en metros.

Ks= Permeabilidad del terreno encima de los drenes en m/d.

Ki= Permeabilidad del terreno debajo de los drenes en m/d.

y= Índice de la fórmula de Houghoudt.

qc= Caudal característico en m/d.

h= Carga hidráulica, en el punto medio entre drenes en m.

Según estos resultados y teniendo en cuenta lo reportado por Poirre (10) se coincide, con él al sostener que los drenes cuando no reposan sobre la capa impermeable se hace necesario la utilización de la fórmula de Houghoudt (Ver figura 11).

#### 4.10 Parámetros del clima.

En la figura 12, se comparan los resultados de precipitación y evaporación de la zona de estudio, para un período de 22 años comprendido entre 1970 - 1972,

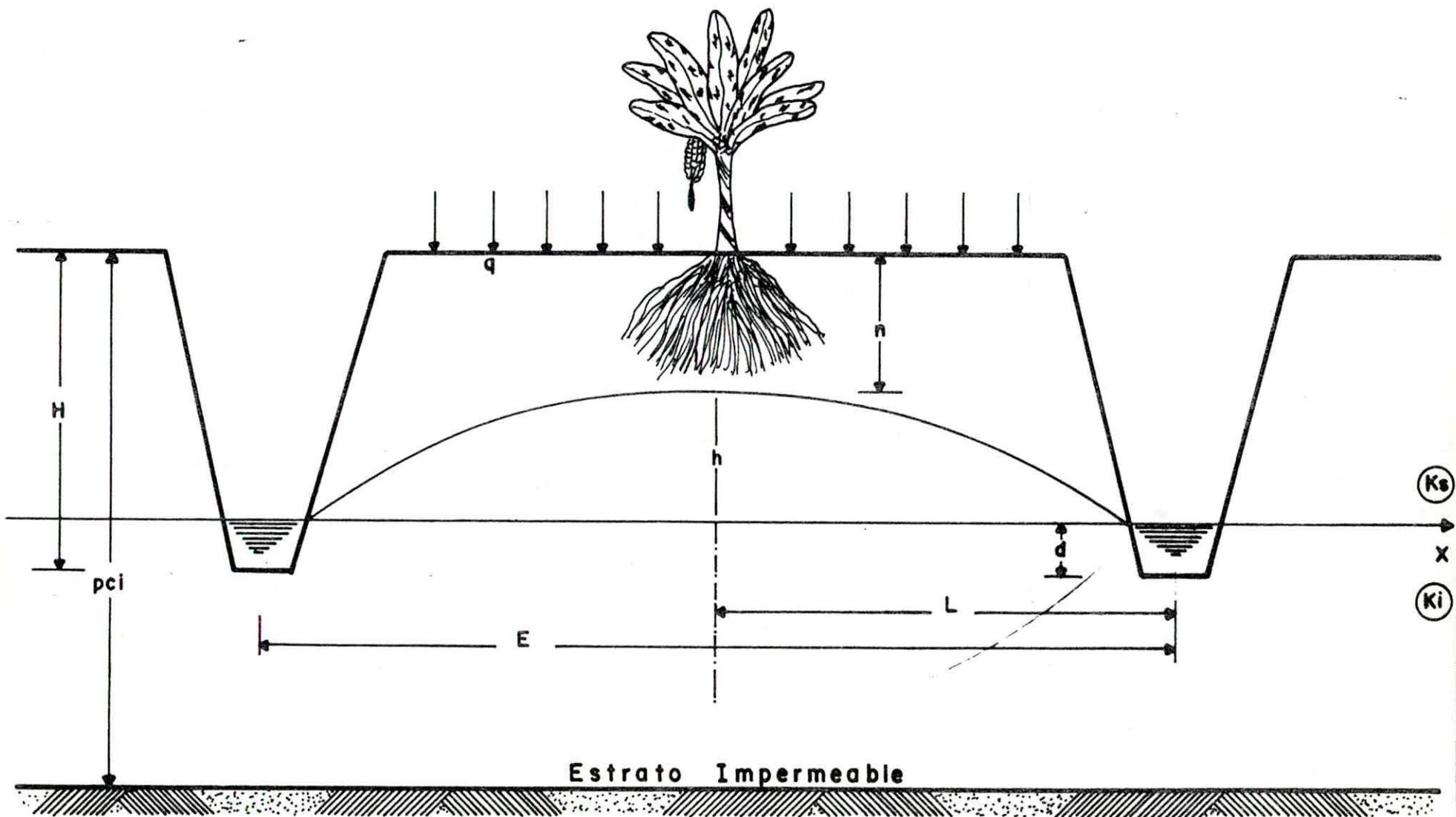


Figura II.— Partes que componen el espaciamiento entre zanjas.

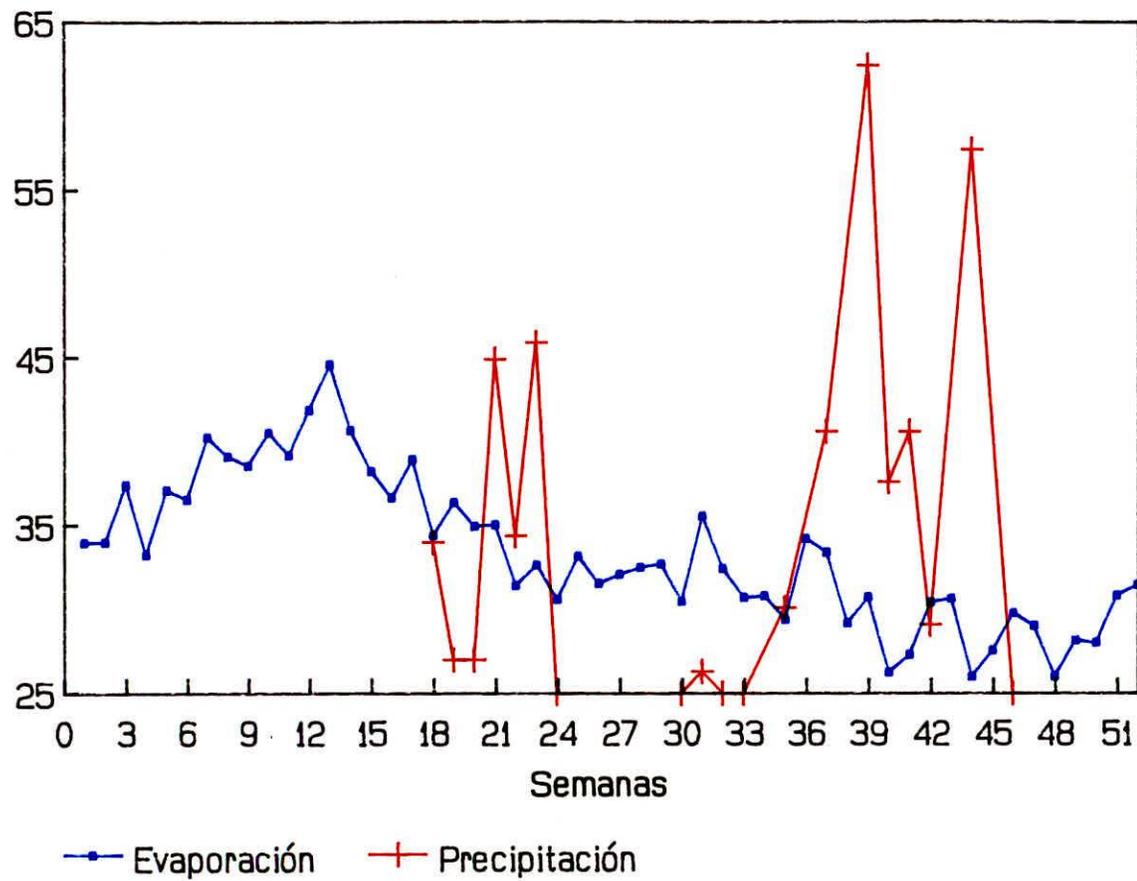


FIGURA 12. Balance Hídrico

observándose mayor valor de precipitación a las 39 semanas con 62,4 mm. La mínima precipitación corresponde a 25 mm, la cual se reportó en las 18, 24, 31, 33 y 45 semanas; se observa además en la Figura que la evaporación máxima es de 44,9 mm para las 13 semanas y la mínima de 26,5 mm aproximadamente para las semanas 40, 44 y 48.

La máxima precipitación reportada en un tiempo de 24 horas fué de 173,5 mm.

#### 4.11 Diseño del sistema de drenaje propuesto.

Cálculos:

Datos prevaletientes en el suelo.

1. Clase textural del suelo: Franco-arcilloso (FAr).
2. Características del contenido de humedad.
  - Capacidad de campo: 27%
  - Punto de Marchitez: 13%
3. Conductividad hidráulica estrato superior ( $K_s$ ) = 1,090 m/d.
4. Conductividad hidráulica estrato inferior ( $K_i$ ) = 2,170 m/d.

5. Salinidad máxima permisible por el cultivo = 2,0 dS/m
6. Salinidad del suelo = 0,194 dS/m.
7. Altura de la tabla de agua máxima permisible bajo la superficie = 0,82 m.
8. Profundidad de la capa impermeable bajo la superficie = 17,42 m.

Datos de irrigación:

9. Tipo de irrigación: Aspersión con cero escorrentía.
10. Eficiencia de aplicación de riego = 90 %
11. Concentración de sales en el agua de riego = 0,210 dS/cm.
12. Frecuencia de riego = 24 horas.
13. Lamina de aplicación de riego = 1,1 mm/h

Datos sobre clima.

14. Máxima evaporación = 44,9 mm.
15. Intensidad de la lluvia crítica = 0,025 m<sup>3</sup> /seg.
16. Máxima precipitación = 173,5 mm caidos en 24 horas.
17. Máxima duración reportada = 4,8 horas.

Datos de drenaje.

18. Drenajes por zanjas abiertas.
19. Sistema paralelo.

- 20. Terciarios a cielo abierto.
- 21. Secundarios a cielo abierto.
- 22. Primarios a cielo abierto.

Profundidad mínima del dren:

- 23. Máximo nivel del agua permisible = 0,82 m.
- 24. Mínima profundidad del dren = 0,98 m.
- 25. Margen de seguridad por ascenso capilar 20% = 1,18 m.
- 26. Espaciamiento de drenes usando la ecuación de Houghoudt.

Ecuación de Houghoudt para el cálculo de caudales de agua a evacuar por los canales, que determina su tamaño, así como el espaciamiento entre los mismos.

$$E^2 = \frac{4 K_s h^2}{q_c} + \frac{8 K_i h u}{q_c} \quad .1.$$

$$q_c = \frac{1 - e}{0,36} i \quad (\text{lt/ha/seg}) \quad .2.$$

La intensidad se determinó según Talbot con una frecuencia de seis meses y duración de 24 horas.

$$i = \frac{a'}{\sqrt{t}} \quad \text{donde } a' = i \sqrt{t} \implies a' = 7,8 \sqrt{60} = 60$$

$$i = \frac{60}{\sqrt{1440}}$$

$$i = 1,58 \text{ mm/h}$$

$$1 - e = 1 - 0,76 = 0,24 \text{ (coeficiente de escurrimiento).}$$

$e$  = Coeficiente de evaporación de la zona.

Reemplazando los valores en .2. obtenemos un caudal característico ( $q_c$ ) = 1,05 lt/ha/seg = 0,009 m/d.

a) Se sigue el procedimiento de ensayo y error, suponiendo un valor de espaciamento  $E$ , y empleando la ecuación .1.

$$E^2 = \frac{4 (1,09 \text{ m/d}) (0,36 \text{ m})}{0,009 \text{ m/d}} + \frac{8 (2,170 \text{ m/d}) (0,36 \text{ m}) U}{0,009 \text{ m/d}}$$

$$E^2 = 62,78 \text{ m}^2 + 694,40 \text{ m (U)} \quad .3.$$

resultado.

$$E = 50 \text{ m}; \quad D = 17,42 \text{ m} \quad \text{y} \quad U = 3,49 \text{ m.}$$

Estos valores se reemplazaron en .3.

$$(50 \text{ m})^2 = 62,78 \text{ m}^2 + 694,4 \text{ m (3,49 m)}$$

$$2500 \text{ m}^2 = 2486,25 \text{ m}^2$$

29. Cálculo de la sección de los canales terciarios.

Datos:

$$Q = \text{Caudal} = 0,025 \text{ m}^3 / \text{seg}$$

$$S = \text{Pendiente del desague} = 0,0001$$

$$n = \text{Coeficiente de rugosidad} = 0,025$$

$$\text{Pendiente de los taludes} = 30^\circ$$

$$\text{Profundidad de los drenes} = 1,18 \text{ m.}$$

Empleando la fórmula de Manning, después de varios tanteos se obtuvo los siguientes resultados:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad .4.$$

$$d = 0,5 \text{ m}$$

$$b = 0,35 \text{ m}$$

$$B = 1,15 \text{ m}$$

$$P = 0,975 \text{ m}$$

$$R = 1,149 \text{ m}$$

$$V = 0,4389 \text{ m/seg}$$

$$A1 = 1,121 \text{ m}^2$$

$$A2 = 0,3 \text{ m}^2$$



## 30. Cálculo de la sección de los canales secundarios.

Datos:

$$q = 0,225 \text{ m}^3 / \text{seg}$$

$$S = 0,0001$$

$$n = 0,025$$

$$\text{Talud} = 30^{\circ}$$

$$\text{Profundidad de los derenes} = 1,5 \text{ m}$$

Se obtuvo los siguientes resultados, después de varios tanteos.

$$d = 1,0 \text{ m}$$

$$b = 0,35 \text{ m}$$

$$B = 1,87 \text{ m}$$

$$R = 0,6438 \text{ m}$$

$$V = 0,2982 \text{ m/seg}$$

$$A1 = 1,665 \text{ m}^2$$

$$A2 = 0,85 \text{ m}^2$$

## 31. Cálculo de la sección del canal primario.

Datos:

$$Q = 3,28 \text{ m}^3 / \text{seg}$$

$$S = 0,0004$$

$$n = 0,025$$

$$\text{Talud} = 45^{\circ}$$

Profundidad de los drenes = 2 m.

Después de varios tanteos, se obtuvo el siguiente resultado:

$$b = 1 \text{ m}$$

$$B = 5 \text{ m}$$

$$d = 1,5 \text{ m}$$

$$P = 5,24 \text{ m}$$

$$R = 1,094 \text{ m}$$

$$V = 0,87 \text{ m/seg}$$

$$A1 = 6,0 \text{ m}^2$$

$$A2 = 3,75 \text{ m}^2$$

32. Area de drenar:

Longitud de los canales terciarios = 50,0 m.

Espaciamiento entre drenes = 50,0 m.

$$\text{Area} = 50,0 \text{ m} \times 50,0 \text{ m} = 2.500 \text{ m}^2$$

33. Espaciamiento entre drenes:

Canales terciarios = 50,0 m

Canales secundarios = 100,0 m

#### 34. Orientación de los drenes:

Drenes terciarios : Norte - Sur

Drenes secundarios : Este - Oeste

Dren primario : Norte - Sur el mayor trayecto; el menor trayecto de Sur - Norte. (Ver Figura 13 y Anexo 7).

En la Tabla 8. se comparan las características del diseño actual con el diseño propuesto. En ella apreciamos que el drenaje actual de la finca consta de 10 canales secundarios y un canal primario; el diseño propuesto además de los canales antes mencionados incluye el diseño de canales terciarios separados 50 m unos de otros, son importantes porque con ellos se puede mantener el nivel del agua a una altura no perjudicial para el cultivo de banano y nos permite evacuar en forma rápida el exceso de agua predominante en el lote después de una fuerte precipitación conduciendo hacia los canales secundarios. Lo anterior se justifica teniendo en cuenta lo reportado por E. Jacome (2), cuando dice que el concepto que prevalece en muchas áreas bananeras; es, que los canales terciarios son las estructuras que evacuan el agua del perfil del suelo.

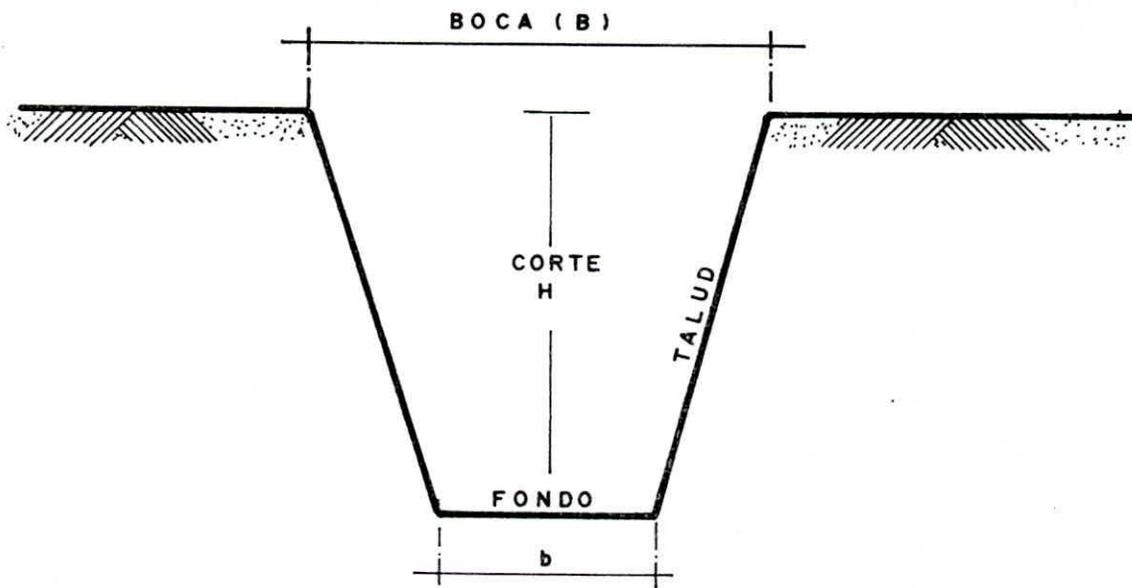


Figura 13.\_ Seccion de corte de un canal.

**TABLA 8. Comparación del diseño propuesto con el diseño actual.**

	Diseño Propuesto			Diseño Actual	
	Canales Terciarios	Canales Secundarios	Canal Primarios	Canales Secundarios	Canal Primarios
Caudal	0.025	0.225	3.28	1.35	2.31
m <sup>3</sup> /Seg					
Area m <sup>2</sup>	1.121	1.665	6.0	4.5	7.7
Boca m	1.55	1.87	5.0	5.0	6.0
Base m	0.35	0.35	1.0	1.0	1.0
Altura m	1.18	1.5	2.0	1.5	2.0
Talud o	30.0	30.0	45.0	45.0	45.0
Pendiente m/m	1/10.000	1/10.000	4/10.000	1/1.000	1/1.000
Espaciamiento Entre Drenes (m)	50.0	100	----	100	----
No. de Canales	152.0	10.0	1.0	10.0	1.0
Volumen de Excavación	8063.6	7.301.02	5.130.0	19.735.5	6.583.5

Σ Volumen excavación diseño actual = 26.319 m<sup>3</sup>

Σ Volumen excavación diseño Propuesto 20.494.62 m<sup>3</sup>

4

Siguiendo con el análisis de la Tabla observamos que para evacuar un caudal de  $2,31 \text{ m}^3/\text{seg}$  en el canal primario para el diseño actual se necesitó de un área de sección transversal de  $7,7 \text{ m}^2$ . A pesar de que el área en el diseño propuesto es de  $6,0 \text{ m}^2$ , se logra evacuar un caudal de  $3,28 \text{ m}^3/\text{seg}$ , caudal mucho mayor al anterior siendo la diferencia en área de  $1,7 \text{ m}^2$ .

Comparando los canales secundarios vemos que para evacuar  $1,35 \text{ m}^3/\text{seg}$  se tiene un área de  $4,5 \text{ m}^2$  para el diseño actual; en el diseño propuesto se observa que para evacuar un caudal de  $0,225 \text{ m}^3/\text{seg}$  se tiene un área de  $1,665 \text{ m}^2$ . De lo anterior hacemos notar que para el diseño propuesto las áreas para los canales secundarios y primarios a pesar de ser más reducidas que las áreas de los canales del diseño actual evacuan caudales con mayor eficiencia, sin riesgo de rebosamiento, manejando un margen de seguridad del 20%.

La base mayor (B) tanto para el canal primario y secundario del diseño actual tienen  $6,0$  y  $5,0 \text{ m}$  respectivamente, y para, el diseño propuesto son de  $5,0$  y  $1,87 \text{ m}$  para el mismo orden. Comparando estas dimensiones con las del diseño actual vemos

que existe una diferencia de 1,0 m entre los canales primarios y de 3,13 m en los canales secundarios, respecto a los canales primarios y secundarios del diseño propuesto.

En cuanto, a la profundidad (H) de los drenes se observa que los canales secundarios en ambos diseños (propuesto y actual), presentan igual altura de 1,5 m y en los canales primarios esto varía de 2,0 a 22 m con una , diferencia de 0,20 m para el canal primario del diseño actual.

Los Taludes para el diseño propuesto son de  $30^{\circ}$ ,  $30^{\circ}$  y  $45^{\circ}$  para los canales terciarios, secundarios y primario respectivamente; y en el diseño actual son de  $45^{\circ}$  tanto para el canal secundario como para el primario, observándose que coinciden en ambos diseños los taludes para los canales primarios y no así para los canales secundarios donde se presenta una diferencia de menos de 15 grados para el secundario del diseño propuesto. Se justifica un talud de  $45^{\circ}$  en los canales primarios debido a la gran cantidad de agua a evacuar, evitándose problemas de erosión en las paredes de los canales y prolongando la vida útil de estos. Estos problemas por erosión se acentúan más, cuando la pendiente de

los canales es mayor de los límites permitidos: reflejándose en una mayor velocidad del flujo en el interior del canal, arrastrando mayor partículas de suelo. En el diseño actual la pendiente para ambos canales es de 1/1000, mayor que la que se presenta en el diseño propuesto que va de 1/10.000; 1/10.000 y 4/10.000, para los canales terciarios, secundarios y primarios respectivamente. Poirre (10) confirma lo anterior cuando dice que para un caudal dado la velocidad crece con la pendiente; al mismo tiempo que la sección disminuye. Es pues, interesante, en general aumentar la pendiente, porque los gastos de colocación de un canal son sensiblemente proporcionales a su sección; además como se mencionó anteriormente la velocidad se encuentra limitada por la condición de no correr los taludes del canal, lo que acontecería si la pendiente fuese demasiado fuerte con vista a la resistencia del terreno.

El diseño propuesto y el diseño actual presentan igual espaciamiento entre drenes secundarios siendo este de 100 m y 50 m entre drenes terciarios para el diseño propuesto. También presentan igual números de canales primarios y secundarios para ambos diseños con uno y 10 canales

respectivamente y canales terciarios en el diseño propuesto.

Comparando los volúmenes de excavación de tierra, apreciamos que el diseño actual presenta volúmenes superiores para ambos tipos de canales, secundarios y primarios; con respecto a los canales del diseño propuesto: con un total de  $26.319 \text{ m}^3$  para el diseño actual y  $20.494,62 \text{ m}^3$  para el diseño propuesto con una diferencia de  $5.824,38 \text{ m}^3$ , esta diferencia nos indica que el costo de la excavación es más elevado en el diseño actual por el incremento del suelo a remover: sin embargo en el diseño propuesto los costos se reducen por el volumen de tierra por excavar a pesar de que presenta diseño de canales terciarios.

## 5. CONCLUSIONES

Con base en los resultados del presente estudio se llegó a las siguientes conclusiones.

1. La profundidad efectiva de los suelos de la finca "La Bomba" corresponde a un promedio general de 0,82 m, el cual se encuentra dentro de los límites ideales para un buen desarrollo de las raíces de las plantas de banano.
2. Los suelos de la finca "La Bomba" presentan variabilidad en su textura que va de franco arenoso a franco arcilloso. Tomándose ésta última para el diseño del sistema de drenaje.
3. Fué indispensable estimar los valores de conductividad hidráulica del estrato superior ( $K_s$ ) y del estrato inferior ( $K_i$ ) siendo de 1,09 m/d y de 2,170 m/d respectivamente. Debido a la ausencia de la capa impermeable en la profundidad cateada.



4. En la finca no se presenta problemas de drenaje interno, puesto que se pasa de una permeabilidad menor a una mayor, lo que se pretende es evacuar el agua sobrante de escorrentía y la del suelo por saturación.

5. La capacidad de campo máxima fué de 27% y el punto de marchitez permanente del 13% para una retención de humedad del 14%.

6. Los suelos de la finca "La Bomba" se consideran suelos neutros aptos para el cultivo de banano y plátano con un pH promedio de 5,62.

7. No se presenta problemas de salinidad ni sodicidad en los predios de la finca, ya que sus niveles están por debajo, de ocasionar perjuicios con valores de P.S.I. y C.E. de 0,78; 42% y 0,194 dS/m respectivamente.

8. El agua de la finca corresponde a una clasificación C1S1 según US Salinity laboratory, lo cual indica que puede ser utilizada para el riego del cultivo de banano de la finca, e incluso para efectuar lavados de sales en suelos con problemas de salinidad.

9. El nivel freático de la finca se encuentra fuera de los límites críticos de la profundidad radicular del cultivo de banano, ya que la profundidad más superficial encontrada fue de 1,20 m y la más profunda a 2,20 m.

10. La finca posee suelos con infiltración básica de 0,2 cm/h para un suelo de textura franco arcilloso; clasificado como un suelo de infiltración baja.

11. Dentro del rango de la profundidad cateada (0 - 3,70 m) no se encontró la capa impermeable en la zona de investigación. Esta se encontró a 17,42 m de profundidad según estudios realizados al perfil del suelo elaborado para efectos del pozo de irrigación de la finca.

12. El mayor excedente de agua según los datos climatológicos se presentan en los meses de septiembre - octubre con 62,4 mm. La máxima evaporación es de 44,9 mm para los meses de marzo - abril.

13. El diseño actual y el diseño propuesto presentan igual número de canales secundarios y primarios con uno y 10

canales respectivamente. El diseño actual no presenta canales terciarios a diferencia del diseño propuesto que sí tiene estas estructuras separadas 50 metros entre sí.

14. En el diseño propuesto las áreas para los canales secundarios y primarios son más reducidos que las de los canales del diseño actual y a la vez están diseñadas para evacuar del lote caudales con mayor eficiencia, que los del diseño existente.

15. El diseño presente en la finca y el diseño sugerido tienen igual espaciamiento entre los drenes secundarios con 100 m entre canales.

16. El volumen de excavación de los canales del diseño actual es mayor con respecto al volumen a excavar en el diseño planteado con 26.319 y 20.494,62 metros cúbicos respectivamente.

17. Al comparar las dimensiones (áreas, profundidad, boca, base y caudales) de los canales primarios y secundarios del diseño actual con el diseño propuesto: se hace notorio, que

el primero excede en todos los aspectos al segundo, trayendo como consecuencia un sobrediseño del sistema presente en la finca La Bomba; reflejandose esto en un incremento de los costos por excavación de los volúmenes de tierra para la construcción de los canales (primarios y secundarios), además de los ingresos que se ha dejado de percibir al no cultivar esas áreas que fueron ocupadas por los canales del diseño actual de la finca.

## 6. RECOMENDACIONES

Con base en el presente trabajo, hacemos las siguientes recomendaciones técnicas para el diseño del sistema de drenaje actual de la finca La Bomba:

1. Bajar la pendiente de los canales actuales de 1/1.000 a 1/10.000 y 4/10.000 para los canales secundarios y primarios respectivamente.

2. Disminuir la sección transversal de los canales actuales secundarios, 4,5 metros cuadrados, y primarios con 7,7 metros cuadrados hasta las secciones propuestas, que son de 1,665 metros cuadrados y 6,0 metros cuadrados.

3. Construir los canales terciarios paralelos a las tuberías de aplicación de riego, para no interferir con ellos, ya que traería inconvenientes en el mantenimiento de dichos canales.

4. La profundidad de los canales primarios del diseño existente (2,2 m) no debe ser superior a la del diseño propuesto (2,0 m).

5. En el lote número siete en donde se presenta una baja infiltración debe disminuirse el riego o el tiempo de aplicación de este.

6. No se debe sobrepasar el tiempo de riego, hasta llegar a saturación, procurando mantener el suelo, siempre a capacidad de campo.

7. Al disminuir la sección transversal de los canales secundarios del diseño actual a las secciones del diseño sugerido se debe manejar un talud de 30 grados.

## 7. RESUMEN

El presente estudio se realizó en los suelos de la finca "La Bomba", corregimiento de Orihueca, Municipio de Ciénaga, Departamento del Magdalena. El corregimiento de Orihueca se encuentra enmarcado en los siguientes límites: por el Norte con el río Rio Frío, por el este con la carretera que de Ciénaga conduce a Fundación, por el Oeste con terrenos que dan a la Ciénaga Grande de Santa Marta y por el Sur con la Quebrada Orihueca. La finca La Bomba limita por el Norte con la parcela Osorio Serrano Alberto y con Inversiones urbanas rurales, al sur con la finca de Dávila y Pedro, por el Este con las fincas de Navarro y Antonio Torres, por el Oeste con camino en medio. La zona bananera está entre las siguientes coordenadas: Longitud Oeste  $74^{\circ} 21' - 74^{\circ} 24'$ ; latitud Norte:  $11^{\circ} 01' - 10^{\circ} 22'$ .

La finca presenta un área aproximada de 46,5 Has, el relieve

es plano con pendiente de 0 - 1%, con una altura de 15 m.s.n.m. una precipitación promedio anual de 1.318 mm, una temperatura media de 28 °C y la humedad relativa es de 80,5% los suelos son permeables, con un pH variable predominando el ligeramente ácido. La zona se encuentra influenciada por los vientos alisios que soplan durante los meses de Diciembre a Marzo alcanzando velocidades de 10 m/seg.

La investigación se inició en el mes de enero de 1.993 y finalizó en enero de 1.994. Durante este período se llevó a cabo el trabajo de campo que partió como primera medida un reconocimiento del terreno, las instalaciones que poseía la finca y el estado en que se encontraba.

Para evaluar los resultados y establecer el diseño del drenaje propuesto se tuvo en cuenta los siguientes parámetros: Profundidad efectiva, clase de textura del suelo, conductividad hidráulica, retención de humedad, salinidad del suelo, salinidad del agua de riego, profundidad del nivel freático, profundidad de la capa impermeable, infiltración, precipitación promedio, evaporación y temperatura de la zona.

Los resultados señalan que para establecer un correcto diseño de drenaje fué necesario además de las evaluaciones de los parámetros anteriores, establecer el espaciamiento entre drenes terciarios para lo cual se utilizó la fórmula de Houghoutd, encontrándose que dicho espaciamiento depende no solo de las características físicas de los suelos, sino de la profundidad en la cual se encuentra ubicada la capa impermeable del suelo que para nuestro caso es de 17,42 m.

El diseño actual y el diseño propuesto presentan igual número de canales secundarios y primarios con 10 y uno respectivamente, el diseño propuesto presenta además canales terciarios ubicados a 50 metros de separación entre ellos; necesarios para una evacuación rápida y eficiente de las aguas de escorrentía después de una fuerte precipitación. Es claramente notorio que en el diseño propuesto las áreas para los canales secundarios y primarios son más reducidas que las áreas de los canales del diseño actual, trayendo como consecuencia un sobre diseño en el drenaje externo, reflejándose esto en un incremento de los costos de excavación además por los ingresos dejados de percibir al no cultivarse las áreas que actualmente se encuentran acupadas por los canales del diseño actual.

## SUMMARY

This study was performed in "La Bomba" farm grounds, Orihueca Corregimiento, Municipality of Ciénaga, Magdalena Department.

Orihueca limits are: Río Frío stream on the north, by the east with the high-way that leads from Ciénaga City to Fundación City, lands which circle "The Ciénaga Grande del Magdalena" limit Orihueca by the west, by the south Orihueca river is running.

"La Bomba Farm" is surrounded by the parcel of Alberto Osorio Serrano and "Inversiones Urbanas y Rurales" at the North; with Pedro Davila's Farm at the South; Navarro's and Antonio Torres' Farms are at the east; the west there is a public path.

Banana's zone coordinates are:  $10^{\circ} 22'$  -  $11^{\circ} 01'$  North  
latitude:  $74^{\circ} 21'$  -  $74^{\circ} 24'$  west longitude.

The Farm has an area of about 46,5 hectares with plain relief and slight slopes of 0 - 1% and 15 m over sea level. There are on the farm: an average annual rain precipitation of 1.318 mm, an average temperature of 28 °C and a relative humidity of 80,50% soils of the farm are permeable, with variable pH, but light acid soils are prevailing.

The zone is influenced by east winds which blow along from Decembre to March and which gain 10 m / second speeds.

Research was begun on January, 1993, and it was finished on January 1994. During this period of time field work was done: This began with an inspection of the grounds and constructions of the Farm and their actual states.

To propose a new drainage design some parameters were attended and their values processed as indicators: Effective deepness, kind of soil texture, hydraulical conductivity, humidity retention, salineness of irrigation water, soil salineness, impermeable stratum deepness, deepness of the subsoil water, infiltration, average precipitation, zone evaporation and temperature.

Results indicate that to do a right drain design it was necessary to determine the distances between third drainages, besides parameters valuation.

To determine the distance between third drainages Houghoudt calculated a formule that relates canals distance with physical characteristics of the soil and deepness of the impermeable stratum at 17,42 m to our study.

Actual design and proposed one show same secondary canals number as primary, with 10 and 1, respectively; but, proposed design presents third canals, besides, located at 50 m of separation between them.

Third canals are necessary for faster and efficient digging of the draining waters after heavy rain precipitations.

It is clearly marked that in the proposed design secondary and primary canal areas are narrower than in the actual design; but wider canals areas are over-designed and increase digging costs due to greater removed grounds volumes and by no received income from occupied canal areas according with actual design.

## BIBLIOGRAFIA

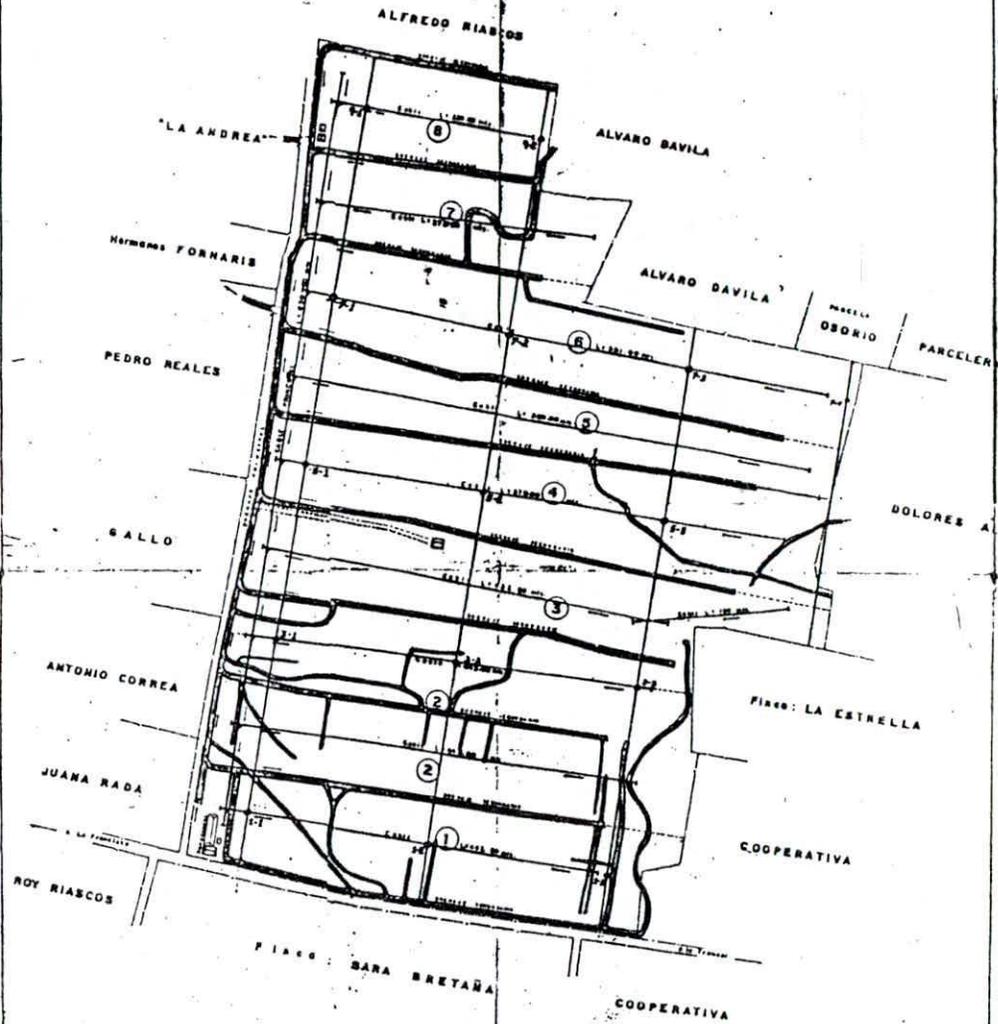
1. ARIAS HERNANDEZ, Antonio. Drenaje de tierras. Cali: Universidad del Valle, 1.991. 652 p.
2. ASOCIACION DE BANANEROS DE URABA. Congreso bananero memorias/ Consideraciones de drenaje en banano en plantaciones de Centroamérica, el Caribe y Colombia. Augura, Vol.1, No. 1, 1.991. 117 p. ISSN 0120-47.
3. BELALCAZAR CARVAJAL, Sylvio et al. Manejo de ----  
p 149 - 239. En: \_\_\_\_\_. El cultivo del plátano en el  
trópico. Creced-Quindio. Regional nueve ICA.  
Centro satélite de plátano y banano; 1991. 376 p.
4. BUSTAMANTE y otros. Curso sobre actualización en sistemas de riego. Medellín. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, 1989. 346 p.
5. FAO. Propuestas de proyectos de investigación y desarrollo sobre el banano. Roma, 1990. p 28.
6. FERTILIDAD Y NUTRICION EN BANANO Y PLATANO. (2 : 1992: Santa Marta). II Seminario taller internacional sobre fertilidad y nutrición en banano y plátano. Santa Marta : UNIBAN - EXPOCARIBE. 1993.
7. INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI. Propiedades física de los suelos. 2 ed. Bogotá: IGAC, 1990. 813 p.
8. LUTHIN, James N. Drenajes de tierras agrícolas Teorías y aplicaciones. México: Limusa wiley, 1967. 684p.

9. PIZARRO, Fernando. Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos. Madrid: Agrícola Española, 1978. 521 p.
10. POIRRE, Maurice y Ollier Charles. Saneamiento agrícola. España: eta, 1966. 397 p.
11. RESTREPO H, Francisco y Velez Z, Juan Alberto. Parámetros básicos para el diseño de un sistema de riego en banano (Musa sapientum) en Urabá (Antioquia). Medellín, 1984. 90 p: Tesis (Ingeniero Agrónomo), Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía.
12. SALAZAR M, C.A. Aspectos y drenaje en el cultivo de plátano. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. 1987. 15 p.
13. SANCHO, Hernan. Propuesta del clon cavendish gigante (Musa AAB) a tres condiciones de drenaje. En: Corporación Bananera Nacional. (Mar, 1991); p. 71-76.
14. ----- . Respuesta del clon Valery (Cavendish gigante Musa AAA) a tres condiciones de drenaje. En: Corporación Bananera Nacional. San José, 1991. p. 39 - 41.
15. SERVICIO DE CONSERVACION DE SUELOS, DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMERICA. Principio del avenamiento o drenaje. 1 ed. Mexico : Diana, 1972. 47 p. (Ingeniería de suelos No. 8).
16. SIMONDS, N. W. Bananos. London, Lagmans Green, 1959. 446 p.
17. SOTO, Moises. Bananos/ Cultivo y comercialización. 2 ed. Talleres de litografía e imprenta Lil, 1990. 627 p. ISBN 9977 - 47 - 110 - x.
18. SUAREZ DE CASTRO, Fernando. Conservación de suelos. 2 ed. Barcelona : Salvat, 1965. p. 13-14.

19. THEOBALD, G. H. Métodos y maquinarias para el drenaje de tubos. Roma: FAO, 1964. 106 p. (FAO : Cuaderno de fomento agropecuario, No. 78).
20. WAGNER, Manuel y HADDAD, Oscar. Metodología propuesta para el diseño de un drenaje subterráneo en plátano (Musa AAB) en tres series de suelos de la zona sur del lago Maracaibo. En : Agronomía Tropical. Vol 23, No. 1 - 6 (Sept, 1982); p. 483 - 508.
21. W KING, Horace et al. Hidráulica. México : Trillas, 1980. 354 p.

ANEXOS

ANEXO I. Límites fronterizos del área de estudio. Ubicación de los canales de drenaje actuales y cable vías en la finca "La Bomba". (cuadrícula 200 m X 200 m).

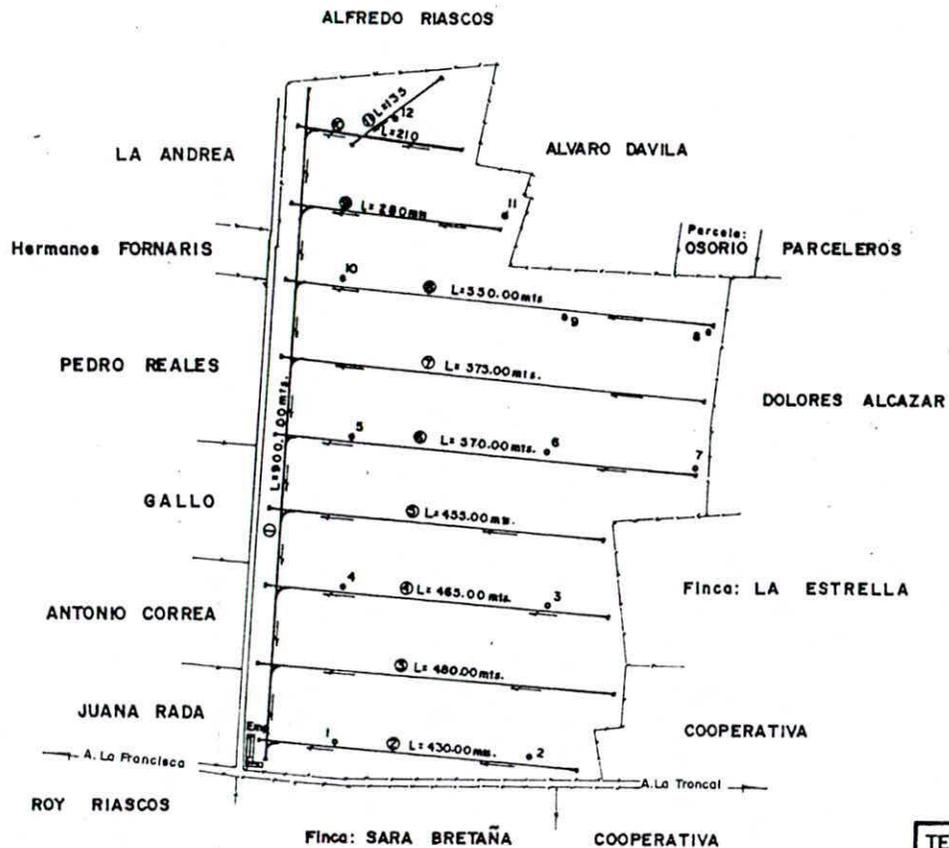


**AREA CULTIVO POR LOTE**

Nº LOTE	AREA - M <sup>2</sup>	AREA DE DRENAJE
1	4 Hec. 3.125	8240 M <sup>2</sup>
2	5 Hec. 8.375	2399 M <sup>2</sup>
3	5 Hec. 6.500	1803 M <sup>2</sup>
4	5 Hec. 5.937	2091 M <sup>2</sup>
5	4 Hec. 1.625	3494 M <sup>2</sup>
6	5 Hec. 6.500	2492 M <sup>2</sup>
7	5 Hec. 9.912	2887 M <sup>2</sup>
8	2 Hec. 5.625	2288 M <sup>2</sup>
<b>TOTAL AREA DEL 40 Hec. 1.488 M<sup>2</sup></b>		<b>4 Hec. 0.157 M<sup>2</sup></b>

TECNICAS BALTIME DE COLOMBIA S.A.	
ESCALA 1:10,000	PROYECTO Nº:
DATE 10/27/52	NO. 1
<b>Finca "LA BOMBA"</b>	
LEVY C.M. TOL.	EDNA DE ORANJICA

Anexo 2.- Ubicación de los pozos de observación en el area de estudio finca "BOMBA"



CONVENCIONES  
POZO DE OBSERVACION ( o )

TECNICAS BALTIME DE COLOMBIA S.A.		
SCALE: 1— 7,500	APPROVED BY:	DRAWN BY:
DATE: VII / 30 / 91		R. ZUÑIGA E.
<b>Finca: LA BOMBA</b>		
Lev. y Calc:	Santa Marta (Magd) ZONA DE ORIHUECA	AREA: 46 Has. 9000 M <sup>2</sup>

*Dr. Elicer Canchano N.*

INGENIERO AGRONOMO

Estudios de Suelo con Fines Agrícolas - Análisis de Suelos

Carrera 14 No. 14-33 - Teléfono 231379 - A. A. 291 - Santa Marta

ANALISIS DE AGUAS

FINCA BOMBA

PROPIETARIO

ANALISIS

ANALISIS

MUESTRAS

CATIONES

Ca	me/L	0.51
Mg	me/L	0.25
Na	me/L	0.22
K	me/L	0.00
Total		0.98

ANIONES

Cl	me/L	0.05
S04	me/L	0.31
HCO3	me/L	0.64
Total		1.00

C.E micromhos/cm 210

RAS 0.36

CLASIFICACION Cl-Si

pH 6.92

Boro ppm Ausencia

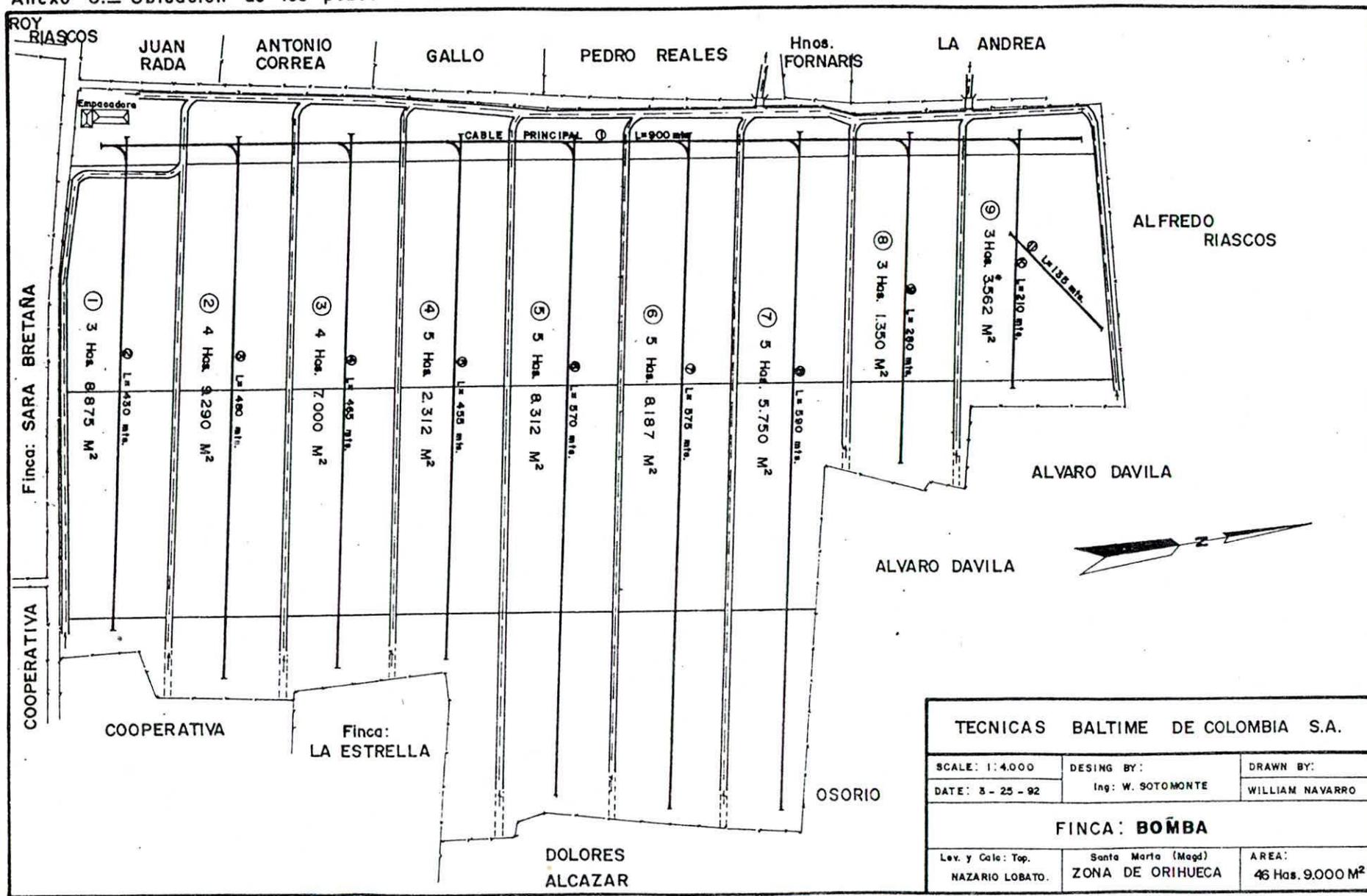
Santa Marta 11=12-92

E. Canchano Ing Agr

**ANEXO 4. Lectura de los nueve pozos de observación distribuido en el área de estudio (finca La Bomba). En el tiempo comprendido entre Enero - Diciembre de 1993.**

		Número de pozos de observación								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Enero	6-93	0	57	8	12	8	10	22	30	0
	18-93	0	54	8	30	12	12	24	65	0
Febrero	1-93	0	40	8	18	8	10	14	58	0
	18-93	0	30	6	20	8	12	22	60	0
Marzo	9-93	6	35	6	22	6	10	20	55	0
	24-93	4	28	6	18	8	14	25	68	0
Abril	5-93	4	32	6	20	8	16	28	60	0
	24-93	6	40	8	22	10	20	35	60	0
Mayo	12-93	8	60	8	28	10	20	36	65	0
	25-93	6	68	6	25	8	22	34	62	0
Junio	12-93	6	65	6	25	8	20	35	68	0
	25-93	6	60	6	22	8	22	35	60	0
Julio	6-93	6	72	6	20	8	20	36	68	0
	22-93	6	70	6	25	8	20	36	60	0
Agosto	17-93	8	75	6	20	10	22	35	65	0
	27-93	8	70	6	20	8	22	35	65	0
Septiembre	3-93	8	100	6	22	8	20	36	70	0
	18-93	8	100	6	22	8	20	35	70	0
Octubre	8-93	8	80	6	24	12	20	70	80	0
	21-93	6	100	6	24	10	18	70	80	0
Noviembre	11-93	6	100	8	30	10	14	65	85	0
	26-93	6	90	6	25	8	18	65	80	0
Diciembre	3-93	6	90	4	20	8	16	60	65	0

Anexo 5.- Ubicación de los pozos barrenados en la finca "BOMBA" (cuadrícula 200 mts. x 200 mts.)



TECNICAS BALTIME DE COLOMBIA S.A.		
SCALE: 1:4.000	DESING BY:	DRAWN BY:
DATE: 8 - 25 - 92	Ing: W. SOTOMONTE	WILLIAM NAVARRO
FINCA: BOMBA		
Lev. y Calo: Top. NAZARIO LOBATO.	Santa Maria (Magd) ZONA DE ORIHUECA	AREA: 46 Has. 9.000 M <sup>2</sup>

ANEXO 6. Clase textural de los estratos del suelo a diferente profundidades en 15 pozos barrenados en la finca "La Bomba".

Pozo No.	Profundidad (cm)	Hidrómetro L-40"	OC T - 40"	Corrección L-40"	% A - % L Suspensión	%A	Hidrómetro L-2h	OC T - 2H	Corrección L -2h	%Ar	% L	Clase textural
1-1	0-40	27	30.0	30.0	75.0	25.0	8	28.8	10.64	26.6	48.4	F
	40-139	26	29.5	28.85	72.12	27.88	8	28.5	10.55	26.37	45.74	FAr
	139-154	12	30.0	15.0	37.5	62.5	2	28.5	4.55	11.37	26.12	FA
	154-228	3	29.5	5.85	14.62	85.38	1	28.5	3.55	8.67	5.76	AF
	228-370	26	30.0	29.0	72.5	27.5	8	28.7	10.61	26.52	45.9	FAr
1-2	0-128	25	27.7	27.31	68.27	31.73	7	27.9	9.37	23.42	44.84	F
	128-146	30	27.9	32.31	60.77	19.23	6	27.9	8.37	20.92	59.84	FL
	146-190	17	27.7	19.37	48.42	51.58	3	28.0	5.4	13.5	34.92	F
	190-274	7	30.0	9.31	23.27	76.73	1	27.9	3.37	8.42	14.84	FA
1-3	0-155	35	29.3	37.79	94.47	5.5	12	28.1	14.43	36.07	58.42	FL
	155-220	30	29.5	32.85	82.12	17.8	8	28.0	10.4	26.0	38.62	FAr
3-1	0-85	24	27.5	26.25	65.62	34.38	7	27.7	9.31	23.27	42.34	F
	85-112	10	27.5	12.25	30.62	69.38	2	27.7	4.31	10.77	19.8	FA
	112-230	4	29.5	6.85	17.12	82.88	1	28.0	3.4	8.5	8.62	AF
3-2	0-185	34	29.0	36.7	91.75	8.25	9	28.5	11.5	28.87	62.67	FArL
	185-243	22	29.0	24.7	61.75	38.25	6	28.7	8.61	21.52	40.22	F
	243-271	35	29.0	37.7	94.25	5.75	13	28.7	15.61	39.0	55.22	FArL
	271-370	30	28.5	32.55	81.37	18.6	7	28.5	9.55	23.87	57.5	FL

CONTINUACION ANEXO 6. Clase textural de los estratos del suelo a diferente profundidades en 15 pozos  
barrenados en la finca "La Bomba".

Pozo No.	Profundidad (cm)	Hidrómetro L-40"	°C T - 40"	Corrección L-40"	% A - % L Suspensión	%A	Hidrómetro L-2h	°C T - 2H	Corrección L -2h	%Ar	% L	Clase textural
3-3	0-32	34	28.0	36.4	91.0	9.0	11	27.8	13.34	33.35	57.65	FArL
	32-78	34	28.0	36.4	91.0	9.0	6	27.9	8.37	20.92	70.07	FL
	78-112	31	28.0	33.4	83.5	16.5	10	27.8	12.34	30.85	52.65	FArL
	112-154	10	28.0	12.4	31.0	69.0	3	27.8	5.34	13.35	17.65	FA
5-1	0-130	24	29.0	26.7	66.75	33.25	8	28.5	10.55	26.37	40.37	F
	130-150	10	28.0	12.4	31.0	69.0	3	28.0	5.4	13.5	17.5	FA
	150-222	25	27.7	27.31	68.27	31.73	5	28.0	7.4	18.5	49.77	F
	222-340	9	28.0	11.4	28.5	71.5	1	28.0	3.4	8.5	20.0	FA
5-2	0-70	28	28.0	30.4	76.0	24.0	7	28.3	9.49	23.72	52.27	FL
	70-93	21	29.0	23.7	59.25	40.75	5	28.0	7.4	18.5	40.75	F
	93-138	11	28.0	13.4	33.5	66.5	2	28.0	4.4	11.0	22.5	FA
	138-340	17	28.0	19.4	48.5	51.5	4	28.0	6.4	16.0	32.5	F
5-3	0-60	20	28.0	22.4	56.0	44.0	8	28.0	10.4	26.0	30.0	F
	60-110	4	27.9	6.37	15.92	84.0	1	27.9	3.37	8.42	7.58	FA
7-1	0-110	26	30.0	29.0	72.5	27.5	11	28.5	13.55	33.87	38.62	FAr
	110-116	26	30.0	29.0	72.5	27.5	6	28.6	8.58	21.45	51.05	FL
	116-210	7	30.0	10.0	25.0	75.0	2	28.5	4.55	11.37	13.63	FA
7-2	0-30	28	30.0	31.0	77.5	22.5	10	29.0	12.7	31.75	45.75	FAr
	30-58	12	29.5	14.85	37.12	62.87	5	28.5	7.55	18.87	18.25	FA
	58-75	23	30.0	26.0	65.0	35.0	9	28.5	11.55	28.87	36.12	FAr

CONTINUACION ANEXO 6. Clase textural de los estratos del suelo a diferente profundidades en 15 pozos  
barrenados en la finca "La Bomba".

Pozo No.	Profundidad (cm)	Hidrómetro L-40"	°C T - 40"	Corrección L-40"	% A - % L Suspensión	%A	Hidrómetro L-2h	°C T - 2H	Corrección L -2h	%Ar	% L	Clase textural
7-3	0-17	20	27.8	22.3	55.8	44.15	8	28.0	10.4	26.0	29.8	F
	17-48	22	29.0	24.7	61.75	38.25	8	28.5	10.55	26.37	35.37	FAr
	48-71	13	27.9	15.3	38.4	61.57	4	28.0	6.4	16.0	22.4	FA
	71-120	37	28.0	39.4	98.5	1.5	8	28.0	10.4	26.0	72.5	FL
	120-146	32	28.0	34.4	86.0	14.0	12	28.0	14.4	36.0	50.0	FArL
	146-175	23	27.7	25.3	63.27	36.7	7	28.0	9.4	23.5	39.8	F
	175-210	6	29.0	8.7	21.7	78.25	3	28.5	5.55	13.87	7.88	FA
7-4	0-100	10	28.0	12.4	31.0	69.0	4	28.0	6.4	16.0	15.0	FA
	100-192	3	30.0	6	15.0	85.0	1	28.9	3.67	9.17	5.82	AF
9-1	0-96	24	27.5	26.25	65.62	34.37	10	27.8	12.34	30.85	34.78	FAr
	96-137	13	27.8	15.34	38.35	61.65	5	28.0	7.4	18.5	19.85	FA
	137-184	23	27.8	25.34	63.35	36.65	6	27.7	8.31	20.77	42.57	F
	184-200	10	28.0	12.4	31.0	69.0	2	28.0	4.4	11.0	20.0	FA
9-2	0-76	27	29.0	29.7	74.25	25.75	12	28.5	14.55	36.37	37.87	FAr
	76-97	15	29.5	17.85	44.6	55.3	7	28.5	9.55	23.87	20.82	FArA
	97-202	9	29.0	11.7	29.25	70.75	4	28.5	5.61	16.37	12.88	FA

ANEXO 7. Diseño del sistema de drenaje propuesto de la finca "La Bomba".

