

Cálculo y presupuesto de un sistema de riego para 10 ha de plátano en El Zamorano.

**BIBLIOTECA WILSON POPERO
ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA
APARTADO 98
TEGUCIGALPA HONDURAS**

Teddy Joffre Abril Vanegas

ZAMORANO

Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria

Abril, 2000

**CALCULATION AND BUDGET FOR AN
IRRIGATION SYSTEM FOR 10 HA OF
PLANTAINS IN ZAMORANO.**

Teddy Joffre Abril Vanegas

ZAMORANO

April, 2000

ZAMORANO
Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria

**Cálculo y presupuesto de un sistema de riego
para 10 ha de plátano en El Zamorano.**

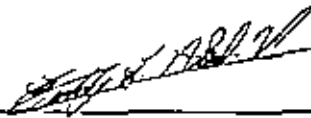
Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo en el
Grado Académico de Licenciatura

presentado por

Teddy Joffre Abril Vanegas

Honduras: Abril, 2000

El autor concede a El Zamorano permiso para reproducir y distribuir copias de este trabajo para fines educativos. Para otras personas físicas y jurídicas se reservan los derechos de autor.



Teddy Joffre Abril Vanegas

Zamorano, Honduras
Abril, 2000

DEDICATORIA

A mis abuelos Nelson Abril y Rafaela Muñoz por la confianza que depositaron en mí.

A mi abuela Alejandrina por haber sido mi gran apoyo emocional, y mi fuente de inspiración.

A mis padres Ausberto Abril y Carmita Vanegas, por haber hecho de mí un hombre de bien.

A mis hermanos Nelson y Yeltsin, por ser mi base para luchar por mi futuro y el de ellos.

A mis tíos, en especial a Jorge Abril por ser un ejemplo de superación para mi persona. A mis primos, primos hermanos e inolvidables amigos.

A mi compañero de cuarto John Vallejo por ser como un hermano.

A mis amigos Lenin Gualoto, Francisco Zaconeta, Euro Torres, John Vallejo por su amistad incondicional y por los grandes momentos que tuvimos y que nos ayudo a olvidarnos de nuestras penas y hacer mas amena la estadía en Honduras.

A mi descendencia zamorana, Eli Sánchez, Luis Cisneros y Gonzalo Caamaño.

A Iris Santamaria por haberme dado todo el apoyo necesario para seguir adelante en el Zamorano.

A Walter Lasso y Marilú Bravo, mis segundos padres, por ser especiales y una gran ayuda a mi formación.

A mi colonia Orense.

A mi ALMA MATER ("El Zamorano") por haberme forjado como profesional, y haberme permitido vivir en su corazón.

AGRADECIMIENTO

A mi Dios todopoderoso y a la Virgen Santísima de El Cisne por haberme dado la dicha de poder graduarme por segunda vez y por haberme escuchado en todo momento.

A mis abuelitos Nelson y Rafaela por haber confiado y apoyado siempre.

A mi abuelita Alejandrina por haberme cuidado siempre, por sus preocupaciones, su amor de madre, su apoyo y consejos, por ella lo hice todo y donde ella se encuentre esta viendo el fruto de su amor.

A mis padres Ausberto y Carmen por haberme dado la dicha de tener vida, por apoyarme y darme todo el cariño necesario.

A mis hermanos Nelson, Yeltsin, Gloria, Yenny, Mercy, Alfredo por no olvidarse de mí. A Eduardo Abad por todos sus sabios consejos y su apoyo que me ha dado desde pequeño y que me ha ayudado a seguir adelante.

A mis tíos, tías, por estar pendiente de mí todo este tiempo.

A mis primos, primas por acordarse de su primo a la distancia.

A Marcos S., Christian C., Geovanny C., Guido, Edinson, Paola C., Hugo A., Ingerborth, Yasmín P., Evelyn J., Carla M., Freddy Z., amigos y amigas en general por mantenerse siempre cerca de mí.

A mis amigos Victor Arias, Franco Sangoluisa, Leonidas Tavares, Melvin Medina, Erick Naranjo, Ignacio Pimentel, Alvaro Zuñiga, Byron Reyes, Eduardo Rivera, Vilma Tarifa, Diana Rivera por su amistad sincera.

A mi colonia orense por ser como mi familia en esta escuela, en especial a Johanna Córdova y a Montgomery Sanchez.

A mis amigas y amigos en general del zamorano, en especial a Yamile M., Ximena S.

A mis nietos Eli Sánchez, Luis Cisneros y Gonzalo Caamaño, por recordarme lo que es vivir en Zamorano.

Al Sr. Pablo Quintana por sus conocimientos y por todo el apoyo desinteresado que me brindó. Al Dr. Odilo Duarte por su carisma, comprensión y ayuda brindada.

A todo el personal de ZESA por su ayuda incondicional.

AGRADECIMIENTO A PATROCINADORES

A mis abuelos Nelson Abril y Rafaela Muñoz por su preocupación y por todo el esfuerzo e inversión que hicieron en mí, para ayudar a forjarme como un profesional.

A mis padres Ausberto Abril y Carmen Vargas por el soporte económico y emocional que me brindaron durante estos cuatro años.

RESUMEN

Abril, Teddy. 2000. Cálculo y presupuesto de un sistema de riego para 10 ha de plátano en la Escuela Agrícola Panamericana, Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo. El Zamorano, Honduras, 51p.

El plátano es un cultivo de alta importancia socioeconómica por su contribución en la generación de divisas, trabajo para el país y su alto consumo humano. Debido a sus características fisiológicas requiere una dotación de agua adecuada y constante para cubrir sus necesidades con el menor esfuerzo posible. Cuando la cantidad de lluvia no es suficiente en determinada época del año o no llueve, es necesario proporcionar agua de riego para evitar el estrés de la planta, por eso un buen diseño del sistema de riego hará que los rendimientos en las plataneras sean óptimos, si las demás prácticas se hacen adecuadamente. Este proyecto se planeó para las vegas 2, 3 y 5 de Monte Redondo en el El Zamorano. Como este proyecto es con fines educativos se diseñaron dos tipos de riego para comparar su eficiencia y su costo: a) uno subfoliar, con aspersores marca Senninger 2014HD, cuya descarga es de 2.16 galones/minuto a 40 PSI, una capacidad de aplicación de 0.13"/h y un diámetro mojado de 70', con un espaciamiento de 36' x 42' y una eficiencia de aplicación de 75.20%; b) otro de microaspersión, con microaspersores Bowsmith 50J, una descarga de 0.25 galones/minuto a 15 PSI, cuya capacidad de aplicación es de 0.119"/h, un espaciamiento de 12.30' x 16.41' y una eficiencia de aplicación de 90%. Se determinó que el costo de materiales e instalación por hectárea para microaspersión es de \$3008.92 y para subfoliar \$2662.43, con una cantidad de agua a usar de 8000 gl/h/ha y de 9204 gl/h/ha, respectivamente. Se decidió instalar estos dos sistemas debido a que las eficiencias de aplicación de agua son más altas que las de cualquier otro aplicable al cultivo. El consumo de energía está dentro de un rango de 0.45-0.75 HP por hectárea, el más bajo dentro de todo lo conocido. El método de microaspersión puede estar limitado en la aplicación, porque no todos los productores tienen instalado el cable de apoyo, que es la estructura que se aprovecha para instalarlo.

Palabras claves: Características fisiológicas, costo, diámetro mojado, estrés, microaspersión, subfoliar.


Dr. Abelino Pitty

NOTA DE PRENSA

¿Es rentable la irrigación en plátano?

El plátano es un cultivo de mucha importancia para los países que lo producen por la generación de trabajo, ingreso de divisas y por su alto consumo humano. Debido a que es una planta grande, requiere de una dotación constante de agua para cubrir sus necesidades.


Este cultivo por lo general no requiere irrigación ya que siempre se ha sembrado en lugares con altas incidencias de lluvias, pero en zonas donde la cantidad de agua lluvia no es suficiente en determinada época del año o no llueve, es necesario proporcionar agua de riego para que la planta no sufra, teniendo siempre fruta de alta calidad, por eso una buena irrigación evitará que los rendimientos en las plantaciones plataneras disminuyan, siempre y cuando las demás prácticas se realizan adecuadamente.

Zamorano se propone instalar un proyecto un sistema de riego para 10 ha, usando dos tipos de riego: a) el de aspersión subfoliar con una descarga de 2.16 galones por minuto (gal/min) a 40 libras de presión (PSI); b) otro de microaspersión cuya descarga es de 0.25 galones por minuto (gal/min) a 15 libras de presión (PSI).

Se determinó que la inversión por hectárea para microaspersión es de 3008.92 dólares y para subfoliar 2662.43 dólares; la cantidad de agua que ocupa cada riego por hectárea es de 9204 galones por hora por hectárea (gal/h/ha) para subfoliar y de 8000 galones por hora por hectárea (gal/h/ha) para microaspersión.

Las ventajas de estos tipos de riego comparados con otros es el buen uso del agua y que el consumo de energía para bombear es menor. El método de microaspersión puede estar limitado en la aplicación, ya que no todos los productores tienen instalado el cable de apoyo, que es la estructura que se aprovecha para instalarlo.

Se espera que con estos sistemas de riego la conversión sea de 1.38 cajas por racimo, la cual sin riego sería de 0.73 cajas por racimo; esto nos dice la importancia de invertir en un buen sistema de riego para que nuestros rendimientos no disminuyan y así poder tener ingresos satisfactorios.



Lic. Sobeyda Álvarez

INDICE GENERAL

	Pag...
Portadilla.....	i
Derechos de autor.....	ii
Aprobación.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimientos.....	v
Agradecimientos a patrocinadores.....	vi
Resumen.....	vii
Nota de Prensa.....	viii
Índice General.....	ix
Índice de Cuadros.....	xii
Índice de Figuras.....	xiii
Índice de Anexos.....	xiv
1. INTRODUCCION.....	1
1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2 OBJETIVOS.....	2
1.2.1 Objetivo General.....	2
1.2.2 Objetivo Especifico.....	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 RIEGO.....	3
2.1.1 Principales sistemas de riego aplicados al plátano.....	4
2.1.1.1 Por Gravedad.....	4
2.1.1.2 Por Aspersión.....	5
2.1.1.2.1 Sobre el follaje.....	5
2.1.1.2.2 Bajo el follaje.....	5
2.1.1.2.2.1 Microaspersión (Riego de bajo volumen).....	6
2.1.1.3 Por goteo.....	6
2.1.2 Selección del sistema de riego.....	6
2.1.2.1 Cultivo.....	6
2.1.2.2 Suelo.....	7
2.1.2.3 Topografía.....	7
2.1.2.4 Costos.....	8
2.1.2.5 Clima.....	8
2.1.2.6 Cantidad y calidad del agua.....	8

2.1.3 Determinación de los parámetros básicos para el diseño de sistemas de riego.....	9
2.1.3.1 Textura y estructura del suelo	9
2.1.3.2 Densidad aparente.....	9
2.1.3.3 Capacidad de retención del agua o capacidad de campo.....	10
2.1.3.4 Infiltración.....	10
2.1.3.5 Uso consuntivo.....	11
2.1.3.6 Lámina de riego.....	12
2.1.3.7 Frecuencia de riego.....	12
2.2 DRENAJE.....	13
2.2.1 Sistema de drenaje.....	13
2.2.1.1 Drenajes primarios o colectores.....	13
2.2.1.2 Canales secundarios.....	14
2.2.1.3 Canales terciarios o boquetes.....	15
2.2.1.4 Canales cuaternarios.....	15
2.2.2 Estudios básicos para determinar el sistema de drenaje.....	16
2.2.2.1 Estudio topográfico.....	16
2.2.2.2 Análisis de perfil del suelo.....	16
2.2.2.3 Conductividad hidráulica.....	16
2.2.2.4 Calidad de agua.....	17
2.2.2.5 Estudios hidrológicos.....	17
2.2.2.6 Propiedades físicas de los suelos.....	17
2.2.2.7 Estudios freaticométricos.....	17
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
3.1 UBICACIÓN DEL PROYECTO.....	18
3.1.1 Historial climático del terreno.....	18
3.2 DEFINICIÓN DE LÍMITES.....	19
3.3 ANÁLISIS DE SUELO.....	19
3.4 NIVELACIÓN.....	19
3.5 DIVISIÓN DEL ÁREA.....	20
3.6 TIPO DE RIEGO.....	20
3.7 MEMORIA DE CÁLCULO HIDRÁULICO.....	20
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	21
4.1 NIVELACIÓN.....	21
4.2 PARÁMETROS DE DISEÑO.....	21
4.2.1 Riego por aspersión.....	21
4.2.2 Riego por microaspersión.....	21
4.3 MEMORIA DE CÁLCULO HIDRÁULICO.....	22
4.4 LISTA DE MATERIALES.....	30
4.4.1 Riego por aspersión	30
4.4.2 Riego por microaspersión.....	32
4.5 PRESUPUESTO.....	32
4.5.1 Para el sistema de riego.....	32

4.5.2 Construcción de un pozo mecánico de 300 pies de profundidad adernado con tubería PVC 10".....	32
4.5.3 Equipo para bombeo.....	33
4.5.4 Presupuesto consolidado.....	33
5. CONCLUSIONES.....	34
6. RECOMENDACIONES.....	35
7. BIBLIOGRAFÍA.....	36
8. ANEXOS.....	38

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Pag.
1. Producción de banano, con riego y sin riego.....	4
2. Rangos normales de densidad aparente según clase textural.....	10
3. Profundidad requerida del nivel freático después de la recarga (Aplicable al plátano).....	16
4. Clasificación de la conductividad hidráulica del suelo.....	17
5. Valores medios de macroporosidad del suelo.....	17
6. Datos climatológicos de la estación meteorológica de El Zamorano, Junio 1999 – Febrero 2000.....	18
7. Análisis de suelo.....	19
8. Análisis hidráulico para el elevador y el nudo de válvula de bloque. Proyecto Plátano, sistema SP:.....	22
9. Diseño hidráulico de tubería principal y sub – principal, aspersión subfoliar.....	22
10. Diseño hidráulico de múltiples, aspersión subfoliar.....	23
11. Diseño hidráulico de tubería principal y sub – principal, Microaspersión.....	25
12. Diseño hidráulico de múltiples, microaspersión.....	27

INDICE DE FIGURAS

Figura	Pag.
1. Indices típicos de infiltración para varios suelos.....	11
2. Sección de corte de un canal.....	14

INDICE DE ANEXOS

Anexo	Pag.
1. Sistema de drenajes de una plantación bananera.....	39
2. Construcción de drenajes.....	40
3. Drenaje secundario.....	40
4. Drenaje terciario o boquete.....	41
5. Precipitación mensual 1942 – 1999 Estación Zamorano.....	42
6. Hoja de cálculo de área para riego por aspersión.....	43
7. Datos de nivelación para el área de riego por aspersión.....	44
8. Plano de bloques, tuberías principales y cable vfa.....	51

1. INTRODUCCION

El plátano es un cultivo de alta importancia socioeconómica. Su valor se ha venido incrementando a través del tiempo ya que no sólo es un componente principal en la canasta familiar sino también por su contribución en la generación de divisas y trabajo, así como su alto consumo humano y animal.

La planta de plátano, por sus características botánicas, requiere una adecuada y constante dotación de humedad en el suelo que le permita obtener el agua para sus necesidades fisiológicas con el menor esfuerzo posible. Cuando la cantidad de lluvia no es suficiente en determinada época del año o no llueve, es necesario proporcionar agua de riego para evitar el sufrimiento o estrés de la planta.

Entre tantas definiciones de riego que existen, "echarle agua al suelo para que puedan crecer las plantas", es la más sencilla que sobre riego puede expresarse (Gundersen, 1979).

La naturaleza es pródiga pero no siempre podemos confiar en ella, por eso el riego permite un mayor control de los factores de la producción que cualquier otro sistema en la agricultura.

1.1 ANTECEDENTES

El arte de regar está unido al desarrollo de las más antiguas civilizaciones (Deloye *et al.*, 1967). En la era moderna la civilización se ha preocupado en aumentar la producción para satisfacer sus necesidades.

En el pasado el manejo que se le daba al plátano era rústico debido a su poca demanda; en la actualidad es un rubro de exportación al cual se le esta dando una importancia parecida al banano, debido a que bastantes personas que lo consumen han formado significativos grupos poblacionales en otros países al emigrar.

El sistema de riego es uno de los principales costos en una plantación, y como en la mayoría de proyectos se debe hacer un buen análisis técnico-financiero para tomar en cuenta la operación eficiente en combinación con el costo y los riesgos que esto implica.

Según Withers y Vipond (1978), el riego se diseña con la intención de producir un patrón conveniente de crecimiento para el cultivo. Un sistema de riego mal diseñado puede causar serios problemas en la producción ya que debe tener un balance entre planta, suelo y el agua.

El drenaje de las aguas juega un papel complementario en el diseño de riegos porque se debe eliminar el excedente de agua generado por la lluvia o por el mismo riego.

La elaboración de un sistema eficiente de riego requiere de muchos cuidados y estudios bien realizados sobre suelos, estudios topográficos y de recursos de agua.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general

- Elaborar el diseño del sistema de riego por aspersión subfoliar y micro aspersión en las Vegas de Monte Redondo en la Escuela Agrícola Panamericana con su respectivo análisis de costos, para una plantación de 10 ha de plátano.

1.2.2 Objetivos específicos

- Demostrar los beneficios de un sistema de riego bien planificado.
- Cubrir la demanda hídrica requerida por el cultivo y determinar la frecuencia entre riegos.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 RIEGO

El plátano, siendo una hierba gigante con una superficie foliar muy grande, transpira en grandes cantidades por lo que necesita una dotación constante de humedad en el suelo para crecer normalmente (Duarte, 1991). La pluviosidad debe satisfacer los requerimientos hídricos de la planta, por eso el régimen de lluvias debe ser lo más regular posible, sin períodos secos prolongados que puedan tener efectos desfavorables en el desarrollo de la planta y por ende de la producción.. Se dice que el plátano requiere de 150 a 160 mm por mes, o sea, 4 ó 5 mm diarios (Soto, 1985). Sin embargo es obvio que el mínimo aceptable debe variar con el suelo y, presumiblemente, también con la temperatura (Simmonds, 1973).

Desde el punto de vista técnico, el riego se justifica para cualquier cultivo o zona cuando "el requerimiento de agua del cultivo no es llenado por el suministro hídrico". En términos generales, cuando la evaporación de un lugar es mayor que la precipitación, todos los cultivos necesitan riego (Belalcázar, 1991).

Según Soto (1985), hay coincidencia de varios autores, en que la cosecha aumenta con la aplicación de riego, a la vez que se obtiene fruta de mejor calidad para los mercados. Por otro lado, un déficit de agua induce a una maduración prematura del fruto, con los consecuentes problemas de mercado.

Según Belalcázar (1991), en la región de Urabá-Colombia, las lluvias alcanzan promedios superiores a los 2500 mm, utilizando un coeficiente $K=1$ (cultivo denso plenamente desarrollado). Los resultados comparativos de regar vs no regar obtenidos en rendimientos de plátano se pueden observar en el Cuadro 1, en que se nota claramente la diferencia en racimos embolsados, peso por racimo, porcentaje de recobro, número de racimos rechazados/ha y producción. Se debe tomar en cuenta que en esta región las lluvias son uniformes durante todo el año, en el caso de Zamorano que tiene una época de sequía de 6 meses bien acentuadas, la diferencia en rendimiento va a ser bien significativa y la inversión en un sistema de riego es indispensable.

Cuadro I. Producción de banano, con riego y sin riego. (Salazar, 1987).

Período	Embolse Rac/ha-Sem.		Peso Racimo(Kg)		De Recobro		Racimos Rechazados/ha		Producción 1=1.000	
	Con Riego	Sin Riego	Con Riego	Sin Riego	Con Riego	Sin Riego	Con Riego	Sin Riego	Con Riego	Sin Riego
1	44.01	39.28	33.32	33.49	99.58	99.78	0.19	0.32	1.000	1.000
2	46.20	39.48	32.24	32.34	97.67	95.63	0.20	0.39	0.964	0.876
3	46.06	34.63	32.30	31.09	95.06	85.55	0.49	1.23	1.037	0.830
4	45.94	32.16	30.82	23.40	90.40	69.85	0.62	2.71	1.092	0.637
5	47.80	36.00	30.78	27.84	93.14	73.28	0.71	4.01	0.993	0.626
6	50.46	42.37	30.73	25.87	94.55	82.56	0.89	5.36	1.050	0.566
7	55.04	48.61	30.00	24.33	95.17	89.74	0.71	8.07	0.983	0.524
8	51.94	56.19	32.90	24.63	91.33	90.16	0.26	2.37	1.072	0.597
9	44.79	58.29	31.18	24.61	96.71	94.00	0.46	2.46	1.140	0.732
10	38.72	50.73	30.59	25.67	95.30	98.42	0.61	1.70	1.203	0.917
11	39.73	43.29	32.08	29.37	94.57	96.74	0.37	0.67	1.181	1.192
12	47.95	45.26	30.23	29.33	89.55	85.91	0.61	0.86	0.909	1.097
13	51.78	46.30	31.95	31.31	91.53	86.28	0.09	0.18	0.851	1.023

Nota: El 28 de mayo se cortó fruta regada, con un rendimiento de 1.38 cajas/racimo. El 31 de mayo se cortó fruta no regada, con un rendimiento de 0.73 cajas/racimo.

Fuente: Belalcázar, 1991

2.1.1 Principales sistemas de riego aplicados al plátano

2.1.1.1 Por Gravedad. Es conveniente para los suelos permeables y porosos. Este sistema es recomendable cuando los recursos de agua son abundantes y económicos. El agua baja por canales abiertos, con la pendiente apropiada. Es un método barato pero no permanente, por lo que requiere de mucho mantenimiento para distribuir el agua (Soto, 1985). Según Belalcázar (1991), exige más mano de obra que los demás sistemas para su distribución y no produce incrementos considerables en la humedad relativa.

El método más usado es el riego por surco aunque en la realidad no es el más apropiado en plátano, el agua debe llegar de una manera ni demasiado lenta, ni demasiado rápida, con el fin de evitar erosión o que se produzca sedimentación (Soto, 1985). Con el riego en surcos se aborda un método en que sólo una parte del suelo recibe directamente el agua, el resto se humedece por infiltración lateral (Deloye *et al.*, 1967).

En comparación con otras prácticas de riego de superficie, el de surco ofrece una menor superficie abierta del agua y, por ende, menos pérdidas por evaporación desde los surcos, se reduce el riesgo de batir o amasar los suelos arcillosos y tanto los hombres como las máquinas pueden entrar a trabajar al terreno antes, y luego de la aplicación del agua (Withers y Vipond, 1978).

2.1.1.2 Por Aspersión. Método que consiste en aplicar agua a la superficie del terreno, rociándolo a manera de una lluvia ordinaria. La aspersión es producida por el choque con el aire del flujo de agua que sale bajo presión a través de pequeños orificios o boquillas. La presión generalmente es producida por bombeo, aunque se puede producir por gravedad si la fuente de agua está a suficiente elevación sobre el área que se va a regar. Los aspersores son dispositivos que separan el líquido en gotas y las distribuyen en el campo en un círculo o en parte de este (Soto, 1985). Existen varios sistemas para riego por aspersión:

2.1.1.2.1 Sobre el follaje. Se usa un sistema de tubería metálica fija, torres o tubos verticales que sobresalen de la plantación, en que se conectan aspersores tipo "cañón" con diámetros de cobertura 70-100 metros y caudales de aplicación superiores a 25lts/s (¹).

Según Soto (1985), entre las ventajas de este sistema están: elimina el peligro de erosión del suelo, consigue altos rendimientos, es posible aplicar fertilizantes solubles en agua y pesticidas, se puede regular la penetración del fertilizante en el momento oportuno durante el riego, se puede regar eficientemente en terrenos con pendiente. Según Vélez (1985), otras ventajas son que se logra un traslape uniforme, exige menos calidad de agua y tiene un mantenimiento fácil y de bajo costo relativamente.

Según Duarte (1991), las desventajas que presenta este sistema son: requiere una alta inversión inicial, el viento puede desviar el agua, se necesita potencia y energía en abundancia, hay un lavado de pesticidas de las hojas y la caída de gotas grandes desde lo alto puede ayudar a transmitir enfermedades de hoja a hoja.

2.1.1.2.2 Bajo el follaje. Se basa en pequeños aspersores colocados a unos 10 a 18 metros y que asperjan sin mojar el follaje al utilizar ángulos de 12° a 14° (²).

Las ventajas comparadas al sistema sobre el follaje son: volúmenes de agua requeridos más bajos, menores requerimientos de energía, no se moja el follaje, necesita menor capacidad de bombas, riega menos áreas no cultivadas, no hay distorsión por viento en la cobertura (Vélez, 1985). Según Duarte (1991), otras ventajas a citarse son que hay menos salpicaduras que pueden transmitir enfermedades foliares y no se lavan los pesticidas de las hojas.

Según Vélez (1985), las desventajas que presenta este sistema son: susceptible a daños y sabotaje (robo), el rociador (sprinkler) debe ser calibrado y nivelado cuidadosamente para evitar un mal traslape y daños a las plantas, las plantas interfieren con el riego, el alto costo de instalación y puede causar erosión.

¹ y ² QUINTANA, P. 2000, Riego, EAP. Zamorano. (Comun. Pers.)

2.1.1.2.2.1 Microaspersión (Riego de bajo volumen). Modificaciones de este sistema, permiten el uso de instalaciones de cable aéreo en las plantaciones de doble surco, donde se instalan aspersores pequeños colgados del alambre de apuntalamiento separados en un rango de 3 a 5 metros y alineados por tubería aérea. Este sistema de baja presión tiene grandes ventajas sobre los otros métodos de aspersión (Soto, 1985).

2.1.1.3 Por goteo. Consiste en la distribución de agua al suelo por medio de pequeños orificios. Estos orificios están calculados para una emisión de agua a razón de 1 a 8 litros por hora. El agua llega hasta los orificios a través de tubería de plástico, que por lo general se tiende sobre la superficie del suelo o por medio de cables aéreos, aunque también pueden enterrarse (Soto, 1985).

Según Duarte (1991), cada gotero está colocado cada 1-1.50 metros que descargan solo agua o con fertilizante, mojando la zona radicular bajo ellos.

En suelos pesados de buena permeabilidad, la distribución del agua es altamente eficiente y ha mostrado rendimientos favorables en el número de cajas por racimo y por hectárea (Belalcázar, 1991).

Según Duarte (1991), este sistema ahorra una gran cantidad de agua, requiere de bajas presiones, no necesita un terreno nivelado, mejora los rendimientos, pues mantiene a la planta "cómoda" en todo momento con agua y alimento a su disposición. Se puede automatizar y así tener un sistema confiable con posibilidades de error reducidos.

Según Vélez (1985), las desventajas de este sistema son: alto costo de instalación, susceptible a daños y sabotaje, requiere alta calidad de agua, alto costo de mantenimiento y es más apropiado para plantaciones mantenidas en doble surco.

2.1.2 Selección del sistema de riego

En la selección de un sistema de riego es conveniente tener en cuenta no sólo los aspectos técnicos, sino también las condiciones sociales y culturales de la zona, (Belalcázar, 1991).

Según (Grassi, s.f.) la selección se basa en criterios que tienen relación con el cultivo, el suelo, la topografía, costos, el clima, cantidad y calidad de agua; todo esto implica tomar decisiones con respecto al planeamiento integral del predio y al grado de sistematización del terreno. A continuación se discuten estos criterios de selección de sistema de riego:

2.1.2.1 Cultivo. Este es un criterio que básicamente en muchos casos determina el sistema de riego a emplear. Por ejemplo el arroz se riega casi en la generalidad de los casos por inundación, otros cultivos como los frutales son regados por surco o por

aspersión; todo esto va a depender de la importancia y rendimiento del cultivo (Grassi, s.f.).

Según (Belalcázar, 1991), desde el punto de vista del cultivo del plátano el sistema a escoger debe cumplir con algunos requisitos mínimos:

1. Distribución uniforme del agua.
2. Mantenimiento estable de la humedad relativa del microclima en el interior del cultivo.
3. Dosificación del riego con la mayor frecuencia posible.
4. En las zonas con problemas fitosanitarios, el sistema de riego no debe mojar el follaje para evitar el lavado de los protectantes químicos.

2.1.2.2 Suelo. Las relaciones de suelo deben ser buenas para el desarrollo del cultivo. Comprende las características internas del perfil del suelo: profundidad, textura y estructura, drenabilidad; contenido de fragmentos gruesos y en particular los aspectos de relación agua - suelo vinculados al riego, tales como la capacidad de almacenaje de agua y la velocidad de penetración del agua en el suelo (Grassi, s.f.).

Las texturas más recomendables para obtener una buena cosecha económica de bananos, son las medias, desde franco arenosos muy finos y finos hasta franco arcillosos (Soto, 1985). Las estructuras de suelo del tipo granular, angular y sub angular en los primeros horizontes, son las más adecuadas para el cultivo ya que permiten el desarrollo y la respiración de las raíces. Los suelos deben ser ligeramente ácidos, con un pH entre 5.5 y 6.0 (CORBANA *et al.*, 1996).

Según Belalcázar (1991), la textura y la estructura pueden ser consideradas como las características físicas esenciales para el establecimiento y desarrollo de la planta, ya que de ellas depende el intercambio de iones y libre movimiento del agua y el aire por los espacios porosos.

Se requiere además de una profundidad efectiva de 1.2 a 1.5 m y de la ausencia de capas duras impermeables que eviten la evacuación de excesos de agua en el perfil (CORBANA *et al.*, 1996).

Según Thorne y Peterson (1963), la rapidez de infiltración del agua en el suelo es importante, los suelos que absorben el agua lentamente deben regarse por un método que permita al agua permanecer en la superficie del suelo durante largos periodos sin que se produzca un desperdicio excesivo por el escurrimiento, los suelos que tienen baja permeabilidad pueden producir la saturación temporal de la zona de las raíces.

2.1.2.3 Topografía. Según Grassi (s.f.), la topografía y el valor de la pendiente dan una pauta del sistema de diseño a emplear, el criterio topográfico está íntimamente unido a las posibilidades de nivelación.

Las pendientes aptas para la producción del plátano pueden variar desde plano (0%) hasta fuertemente escarpada (40%). La topografía en gran medida determinará las prácticas agronómicas y el nivel de tecnología que puede usarse en la intensificación de la producción. Ejemplo, pendientes menores del 2% permiten la utilización de sistemas de riego económicos. En pendiente mayores al 5% deberán de adoptarse prácticas orientadas a la conservación de suelos y humedad (FHIA, 1995).

2.1.2.4 Costos. Se debe tomar en cuenta que tan rentable es el cultivo, porque los costos de desarrollo y operación del riego a nivel predial afectan en forma directa la selección del método de riego. También un agua cara va a obligar a hacer un uso más eficiente y al empleo de métodos de riego que garanticen el logro de estas altas eficiencias (Grassi, s.f.).

2.1.2.5 Clima. El clima de la zona debe caracterizarse por ser cálido y de si es posible alta pluviosidad para reducir la cantidad de horas de riego. Bajas temperaturas retrasan el crecimiento y la cosecha. A grandes rasgos, la temperatura debiera oscilar entre los 20 y 30° (CORBANA *et al.*, 1996).

Según Soto (1990), un aspecto importante es la luminosidad, en banano para tener productividades satisfactorias, se debe contar con 4 horas diarias de brillo solar en promedio.

Un aspecto importante a tomar en cuenta, es el viento. Zonas muy ventosas incrementan el riesgo de pérdidas severas por volcamiento. Vientos superiores a los 40 ó 50 km/hora provocan serios daños (CORBANA *et al.*, 1996). Según Grassi (s.f.), vientos predominantes de alta velocidad pueden ser suficientes para proscribir el riego por aspersión.

2.1.2.6 Cantidad y calidad del agua. El recurso agua en cuanto a caudal, tiempo e intervalo de entregas, es sin duda un criterio de peso tal, que puede prácticamente determinar el método de riego a utilizar (Grassi, s.f.).

Si la cantidad total de agua es pequeña, entonces se deberá utilizar con la mayor eficiencia posible. Las altas eficiencias no se obtienen en general con métodos superficiales, a menos que el diseño, el funcionamiento y la administración sean muy elevados y que los canales de distribución estén revestidos. (Withers y Vipond, 1978).

En plátano las altas eficiencias no se obtienen con métodos superficiales, sino con métodos de riego que nebulizan la gota de agua como el de micro aspersión y aspersión.

La presencia de sedimentos en el agua impide el uso de rociadores y el método de goteo, a menos que se utilice un equipo complejo de filtración. Este equipo suele ser costoso y crea dificultades de operación y mantenimiento (Withers y Vipond, 1978).

La calidad del agua va a facilitar el mantenimiento del sistema de riego a emplear y a facilitar el buen desarrollo del cultivo (Keidar, 1983).

2.1.3 Determinación de los parámetros básicos para el diseño de sistemas de riego

Estos parámetros son aplicables a cualquier zona y cultivo y se deben determinar para lograr un diseño técnico acorde con el área (Belalcázar, 1991).

2.1.3.1 Textura y estructura del suelo. Están dadas por el tamaño y la forma de agregación o granulación de las partículas individuales que conforman el suelo (Belalcázar, 1991). Es decir el porcentaje de partículas gruesas, medias y finas de arena, limo y arcilla respectivamente (Keidar, 1983).

Según Belalcázar (1991), se hacen análisis de laboratorios para determinar la textura, la prueba de campo es de menor costo aunque exige cierto grado de experiencia, pero es muy valiosa en el sentido de determinar con cierta facilidad las texturas gruesas y finas. Dicha prueba consiste en tomar una porción del suelo húmedo entre las manos y analizar su plasticidad que se basa en la facilidad para dejarse moldear, la consistencia, la rugosidad y su fluidez. Ejemplo:

- Suelo arcilloso.- Al moldearlo con la mano forma bola fácilmente, con superficies lisas de buena consistencia. Si la humedad es alta tiende a brotar entre los dedos.
- Suelo arenoso.- No forma bola, es rugoso al tacto y cuando la humedad es alta forma bola de poca consistencia.

2.1.3.2 Densidad aparente. Es una forma de expresar el peso del suelo y se define como el peso de la masa del suelo (incluyendo espacio poroso) que ocupa un volumen unitario de peso seco, expresado en gr/cm^3 (FHIA, 1995). La prueba de campo consiste en extraer una muestra de suelo de volumen conocido, la cual se pesa, se coloca al horno a $105^{\circ}C$ durante 24 horas y luego se vuelve a pesar (Belalcázar, 1991).

Según FHIA (1995), la obtención de los valores de la densidad aparente en suelos que se evalúan por su potencial de uso en plátano, puede brindar información con respecto al estado de agregación del suelo o compactación y porosidad del mismo (Cuadro 2).

Cuadro 2. Rangos normales de densidad aparente según clase textural.

TEXTURA	g/cm ³
Arena	1.65
Arena franca	1.60-1.65
Franco arenoso	1.40-1.60
Franco	1.35-1.50
Franco limoso	1.35-1.45
Franco arcillo arenoso	1.40-1.55
Franco arcilloso	1.30-1.40
Arcillo limoso	1.25-1.30
Arcillo arenoso	1.35-1.45
Arcilloso	1.20-1.35

Fuente: FHIA, 1995

2.1.3.3 Capacidad de retención del agua o capacidad de campo. Es quizá el parámetro más importante a tener en cuenta en los estudios de riego, puesto que determina la capacidad del suelo para almacenar agua y al mismo tiempo la disponibilidad de ésta (Belalcázar, 1991). Las plantas alcanzan su punto óptimo de desarrollo cuando el suelo se encuentra con un contenido de agua en capacidad de campo o cerca de ella. La humedad retenida en el suelo puede expresarse como "tensión" de humedad (Keidar, 1983).

Debe obtenerse una curva de retención de humedad, realizada por un laboratorio especializado. Las tensiones normales de análisis varían entre 0.1, 0.33, 1, 3 y 5 atmósferas, valores mayores de cinco atmósferas no tienen mucha aplicación práctica (Belalcázar, 1991).

2.1.3.4 Infiltración. Determina la velocidad con que el agua penetra en el suelo. Este parámetro condiciona no sólo el método de riego sino también los equipos a utilizar y el tiempo de riego requerido (Belalcázar, 1991). El índice de infiltración del suelo es el ritmo máximo al que el agua entrará a la masa de tierra, a través de la superficie (Withers y Vipond, 1978).

Según Withers y Vipond (1978), la infiltración puede cambiar durante la temporada de riego debido a varios factores: el paso de agua sobre el suelo, que provoca el desplazamiento de las partículas más pequeñas que pueden bloquear los poros del estrato superficial y la compactación provocada por el paso de maquinaria (Figura 1).

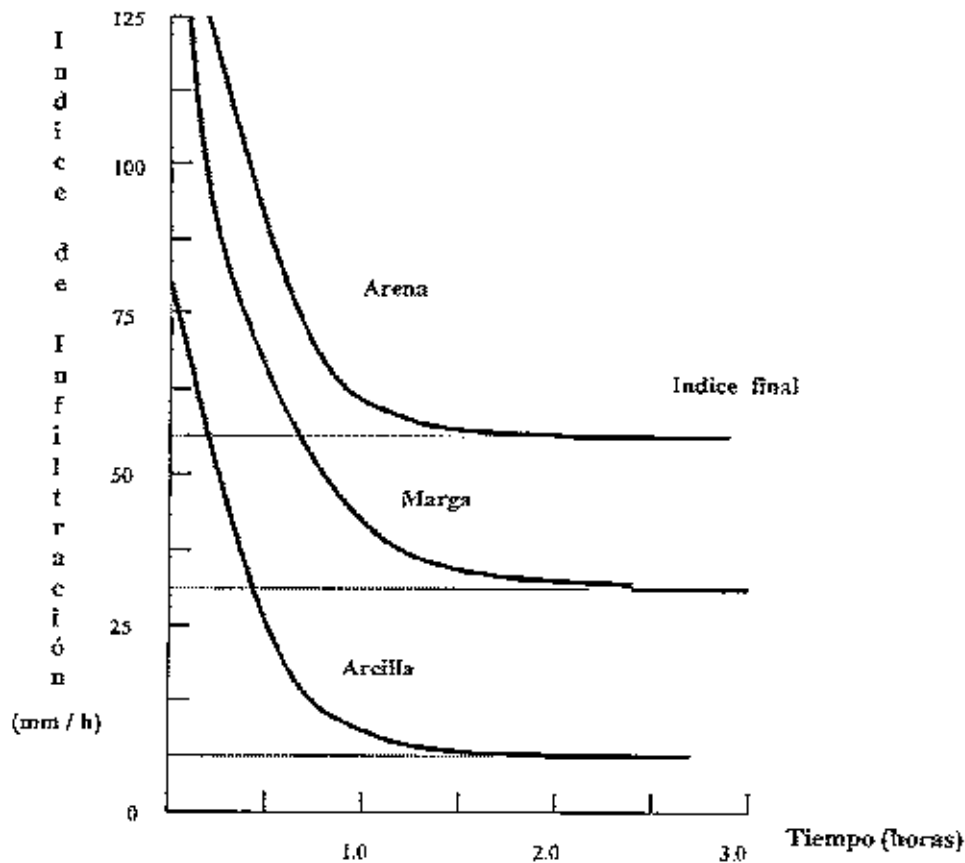
La mayor velocidad de infiltración se produce al comienzo de la aplicación del agua-riego. Una vez saturada la capa superficial, la arcilla comienza a cerrarse (se hincha) y disminuye gradualmente la infiltración hasta alcanzar un punto en el cual casi se mantiene constantemente (Keidar, 1983).

2.1.3.5 Uso Consuntivo. Conocido como demanda de agua, es el valor más importante en el diseño de sistemas de riego; es también el más difícil de estimar con precisión (Belalcázar, 1991). Las necesidades de agua de las plantas varían con el clima y con las especies y según el desarrollo de la vegetación (Deloye *et al.*, 1967).

El consumo de agua por las plantas generalmente se denomina con el nombre de evapotranspiración (ETP), en él influye la pérdida del agua por evaporación de la superficie del suelo y las pérdidas por la transpiración de las plantas (Keidar, 1983). Según Soto (1985), en estudios realizados en Honduras por la United Fruit Co., el consumo de agua diario aumentó de 7 mm a 26°C, hasta 9.2 mm a 26.6°C por día en el período de septiembre a marzo y bajó a 3.9 mm en el período de abril hasta agosto.

Para la obtención de cosechas económicamente rentables, se considera suficiente suministrar de 100 a 180 mm de agua por mes, para cumplir con los requerimientos necesarios de la planta (Soto, 1985). El patrón de uso de agua por los cultivos, dejando amplísimo margen para las precipitaciones pluviales y las pérdidas operacionales, determina alternativamente las capacidades de los canales, las tuberías, el almacenamiento y el bombeo del sistema.

Figura 1. Índices típicos de infiltración para varios suelos.



Fuente: Withers y Vipond, 1978

2.1.3.6 Lámina de riego. Según Belalcázar (1991), es el rango del contenido de humedad para el cual el cultivo en particular representa el desarrollo óptimo. Técnicamente el rango óptimo de humedad se puede definir en función del potencial del trabajo del cultivo, tensión de succión a la cual el cultivo es capaz de trabajar.

La lámina de agua total disponible en un horizonte del suelo dado se calcula así:

$$d = \frac{CC - PMP}{100} (d_a) (D)$$

Donde:

d= lámina de agua a reponer en cms.

CC= % de humedad al punto de Capacidad de Campo (1/3 atmósfera)

PMP= % de humedad al punto de Marchitez Permanente (15 atmósferas)

d_a= densidad aparente (g / cm³)

D= profundidad de suelo considerada, en cms.

Cuando no existe un método más exacto de definirlo al momento del riego, el máximo agotamiento permitido de ésta lámina es 50%.

Según Belalcázar (1991), cuando se dispone de un equipo de riego que cubre toda el área plantada y cantidad suficiente de agua, se puede reducir al máximo la variación en el contenido de humedad del suelo, reduciendo al mínimo el estrés de la planta. Por el contrario, cuando el agua es escasa y el equipo de riego se debe rotar para cubrir toda el área, se debe permitir que la planta consuma hasta el 50% del agua disponible en el suelo. A mayor rango de humedad menor es el costo del equipo de riego requerido.

2.1.3.7 Frecuencia de riego. El tiempo que debe transcurrir entre la aplicación de una lámina de agua a la siguiente, depende del uso consuntivo del cultivo, el caudal disponible de agua para regar y de la capacidad de almacenamiento del suelo en la zona radicular (FHIA, 1995). Según Belalcázar (1991), la frecuencia de riego teóricamente se define en función de la lámina de riego (d) y el uso consuntivo (U_c).

$$Fr = d/U_c$$

2.2 DRENAJE

Según FHIA (1995), el drenaje tiene como objeto la eliminación de los excesos de agua de los suelos a fin de proporcionar a los cultivos un medio adecuado para su normal desarrollo, el drenaje según la localización de los excesos de agua puede ser:

- a. Superficial.- Consiste en la remoción del exceso de agua sobre la superficie del terreno.
- b. Interno o sub - superficial.- aquel que se destina a evacuar los excesos de agua acumulados en el perfil del suelo.

Se debe tener presente que las raíces del plátano debido a su constitución no soportan el exceso ni la deficiencia de agua, desarrollándose mejor en un suelo bien aireado y con suficiente humedad, por lo tanto si se presentan problemas de exceso de agua, es indispensable el mantenimiento de un buen sistema de drenaje (Vélez, 1985).

El exceso de agua sobre los terrenos puede ser ocasionado por cuatro causas principales: precipitación, inundaciones, limitaciones topográficas y limitaciones edáficas. La principal consecuencia para los cultivos del mal drenaje superficial es la limitación del intercambio gaseoso entre las raíces de las plantas y la atmósfera (FHIA, 1995).

Las necesidades del drenaje se dan como consecuencia de la profundidad crítica del nivel freático mínimo para el cultivo y que en el caso del banano no puede ser menor de 1.80m (Soto, 1985). La forma práctica de verificar si un cultivo necesita o no drenaje, es mediante la construcción de un pozo en medio del cultivo, examinando la profundidad del nivel freático y midiendo la velocidad de descenso, posterior a un aguacero que satura el suelo en mm/día (Belalcázar, 1991).

2.2.1 Sistema de drenaje

En el cultivo del plátano se debe tener cuidado especial en el diseño esquemático del sistema de drenajes (Ver Anexo 1). Se debe efectuar una planificación integral de vías, cables para el transporte de la fruta, canales de riego y drenaje (Belalcázar, 1991).

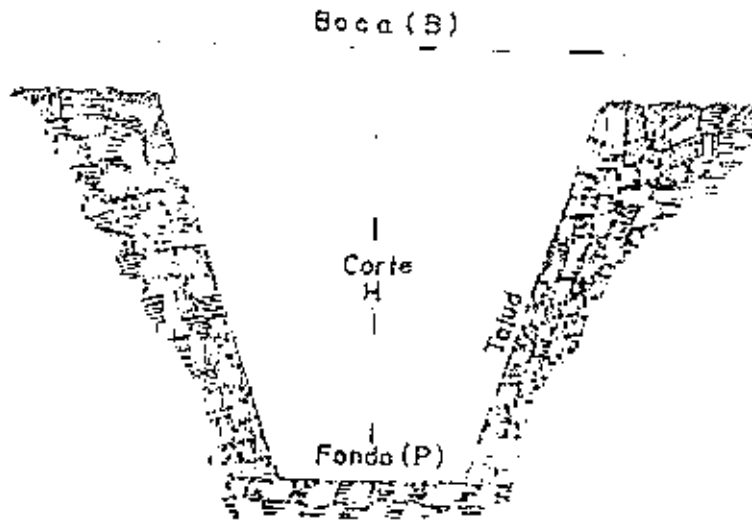
Es muy importante en el diseño del sistema de drenajes, que sea orientado en forma regular y perpendicular, cuando se construye en zonas planas. El sistema regular, permite una buena distribución administrativa de la plantación y facilitará las operaciones del cultivo y cosecha (Soto, 1985).

2.2.1.1 Drenajes primarios o colectores. Son zanjas o canales colectores que evacuan en forma pronta las aguas sobrantes del sistema; éstos pueden ser naturales como ríos, quebradas o depresiones; o artificialmente construidos de acuerdo a las necesidades. Debido a su tamaño es necesario el uso de maquinaria hidráulica a fin de disminuir los

costos durante su establecimiento (Ver Anexo 2). El cálculo está dado por el caudal de agua a evacuar y por lo general está incluido entre los siguientes ámbitos (Figura 2) (Soto, 1985).

Corte	2,5 a 6,0 metros
Boca	6,0 a 10,0 metros
Fondo	1,0 a 3,0 metros
Gradiente	1,5 a 2,0 por mil
Frecuencia	400 a 1.200 metros
Longituda	La necesaria
Talud de las paredes	Textura media o ligeramente liviana: 30 a 45 por ciento Textura liviana: 45 a 60 por ciento.

Figura 2. Sección de corte de un canal.



Fuente: Soto, 1985

2.2.1.2 Canales secundarios. Constituyen la base del sistema. La profundidad y frecuencia de éstos, determinan el nivel freático en los suelos, es por ello que su cálculo y construcción debe ser muy preciso (Soto, 1985). Según Duarte (1995), estos canales son alimentados por canales terciarios y estos a su vez van conectados a los cuaternarios que desembocan en ellos y que se usan para evacuar el agua superficial o para zonas específicas de la plantación (Ver Anexo 3).

Según Soto (1985), los canales secundarios se construyen dentro de las siguientes medidas:

Corte	2,5 a 4,0 metros
Boca	4,0 a 6,0 metros
Fondo	1,0 metro
Gradiente	1,5 a 2,0 por mil
Frecuencia	80 a 125 metros
Longitud	200 a 600 metros
Talud de las paredes	Textura media a ligeramente liviana: 30 a 45 por ciento Textura liviana: 45 a 60 por ciento.

2.2.1.3 Canales terciarios o boquetes. Según Soto (1985), mantienen el nivel freático a la profundidad deseada en las áreas de topografía crítica, son de corto recorrido y se construyen dentro de la plantación sin modificar las distancias de siembra, y recogen las aguas superficiales a fin de que la humedad no afecte el sistema radical. Este sistema está en verdadero contacto con la planta de banano, y es el de mayor capacidad para evacuar agua al sistema de drenaje de la plantación (Ver Anexo 4).

Los boquetes, no se calculan con el sistema, sino que se construyen donde las variaciones de microrelieve indican que es necesario; o donde las plantas de bananos por su anormal desarrollo muestran la necesidad de construir un drenaje (Soto, 1995).

Según Soto (1985), tienen las siguientes características:

Corte	1,2 a 2,5 metros
Boca	2,0 a 4,0 metros
Fondo	0,60 a 1,0 metro
Gradiente	1,5 a 2,0 por mil
Frecuencia	40 a 60 metros
Longitud	50 a 60 metros
Talud de las paredes	Textura media a ligeramente liviana: 30 a 45 por ciento Textura liviana: 45 a 60 por ciento.

2.2.1.4 Canales cuaternarios. Según Soto (1985), evacuan el agua superficial de pequeñas áreas y bien localizadas, su construcción es muy sencilla y de bajo costo, y no requiere de equipo o personal especializado. Presenta las siguientes medidas:

Corte	0,90 a 0,30 metros
Boca	1,50 a 0,60 metros
Fondo	0,30 a 0,60 metros
Frecuencia	La necesaria
Longitud	No más de 30 metros

2.2.2 Estudios básicos para determinar el sistema de drenaje

2.2.2.1 Estudio topográfico. 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 (Belalcázar, 1991).

Según Luthin (1967), el levantamiento topográfico debe indicar la posible dirección y almeamiento de los drenes, el tipo del sistema de drenaje que se deberá usar y, hasta cierto grado, su factibilidad económica.

2.2.2.2 Análisis de perfil del suelo. Según Belalcázar (1991), es básico construir calicatas que permitan analizar las variaciones de nivel freático y los cambios de textura en la profundidad del perfil, sobre todo localizar estratos arcillosos de baja permeabilidad y la profundidad de la barrera impermeable (Cuadro 3).

Cuadro 3. Profundidad requerida del nivel freático después de la recarga (Aplicable al plátano) (Salazar, 1987).

Días	Profundidad (m)
1	1.10
2	1.30
3	1.40

Fuente: Belalcázar, 1991

2.2.2.3 Conductividad hidráulica. Este parámetro define la capacidad del suelo para permitir el paso del agua a través de él. Condiciona por lo tanto la mayor o menor permeabilidad del suelo (Belalcázar, 1991). Según Luthin (1967), la conductividad hidráulica depende principalmente de la estructura del suelo, la estabilidad de tal estructura es de esencial importancia (Cuadro 4).

Cuadro 4. Clasificación de la conductividad hidráulica del suelo (Salazar, 1987).

Clase	K (m/día)
Muy alta	5.00
Alta	5.00 - 1.00
Media	1.00 - 0.30
Bajo	0.30 - 0.05
Muy bajo	0.05

Fuente: Belalcázar, 1991

2.2.2.4 Calidad de agua. Aunque no siempre es necesario es recomendable analizar el agua freática, estableciendo las posibilidades de salinización y sodificación por efecto de ascenso de nivel freático (Belalcázar, 1991).

2.2.2.5 Estudios hidrológicos. Se requieren para determinar las lluvias críticas, que producen un incremento máximo en la elevación del nivel freático (Belalcázar, 1991).

2.2.2.6 Propiedades físicas de los suelos. Según Belalcázar (1991), los valores de densidad aparente, porosidad, macroporosidad, tienen gran importancia para determinar el comportamiento del suelo en relación con los problemas de drenaje (Cuadro 5).

Cuadro 5. Valores medios de macroporosidad del suelo (Johnson, 1966)

Material	Límites	Media
Arcilla	0.15	0.02
Limo	0.03-0.19	0.08
Arcillo - arenoso	0.03-0.12	0.07
Arena fina	0.10-0.32	0.21
Arena media	0.15-0.32	0.26
Arena gruesa	0.20-0.35	0.27

Fuente: Belalcázar, 1991

2.2.2.7 Estudios frealimétricos. Consisten en la instalación de pozos de observación para determinar la posición de la capa freática en diferentes puntos de la zona y en varios estratos del suelo (Luthin, 1967). Según Belalcázar (1991), se toman registros periódicos de la máxima altura del nivel freático durante las épocas de lluvias y se grafican los valores críticos, elaborando un plano a curvas de nivel freático.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN DEL PROYECTO

Este proyecto de diseño de un sistema de riegos se realizó para las vegas 2, 3 y 5 de Monte Redondo, en la Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, ubicada en el valle del río Yeguaré, al oriente de Tegucigalpa en el Departamento de Fco. Morazán (Honduras), a una latitud de 14° norte y 87° oeste. Se encuentra a una altura de 742 msns, con una temperatura promedio anual de 24 °C y una precipitación anual promedio de 1100 mm.

3.1.1 Historial climático del terreno. El Zamorano goza de dos estaciones climáticas bien marcadas, una seca y una lluviosa de 6 meses cada una, con una canícula aproximada de 30 días. Este clima obliga que en toda esta zona se necesite sistema de riego para poder producir los cultivos eficientemente.

Es muy importante para determinar la necesidad del cultivo, tipo y frecuencia de riego a usar en una zona, en el Zamorano los datos climáticos fluctúan cada año (Ver Anexo 5).

La estación meteorológica es de mucha ayuda y da una pauta para determinar las variaciones del clima en la zona, para mayor precisión del diseño se obtuvo datos de los últimos meses del año 1999 y los primeros del 2000 como se ve en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Datos climatológicos de la estación meteorológica de El Zamorano, Junio 1999 - Febrero 2000.

MES	PRECIPT. X (mm)	EVAP. X (mm)	HR. X (%)	TEMP. X (°C)
JUNIO	4.3	2.7	75.5	30.3
JULIO	4.9	4.3	78.8	24.0
AGOSTO	5.6	4.6	82.1	24.3
SEPTIEMBRE	11.0	3.6	84.9	24.4
OCTUBRE	6.9	3.67	85.6	22.9
NOVIEMBRE	0.9	3.36	82.3	20.8
DICIEMBRE	1.0	3.60	79.5	20.5
ENERO	0.3	3.90	76.9	20.0
FEBRERO	0.02	4.43	76.1	21.1

Fuente: ZESA, 2000

3.2 DEFINICIÓN DE LÍMITES

El área utilizada para el proyecto es de 10 ha, tomando en consideración que el terreno es irregular y que sufrió algunos daños ocasionado por el Huracán Mitch, sólo se tomó el área que no fue afectada.

La definición se realizó por el método de poligonales con ángulos a la derecha. Según Brinker y Wolf (1982), los ángulos son medidos en el sentido de rotación del reloj desde un visual hacia atrás según la línea anterior, con los platos ajustados a cero, en vez de estarlo al acimut inverso; este método es adecuado para el arreglo de las graduaciones de los círculos de todos los tránsito y teodolitos, inclusive de los instrumentos direccionales.

Los instrumentos que se usaron para la medición fueron:

1. Teodolito
2. Estadia o estadal
3. Estacas
4. Cinta métrica
5. Brújula

Para facilidad de manejo de datos para el área de riego por aspersión subfoliar, se usó un programa de cálculo de área de poligonal del INA (Ver Anexo 6).

3.3 ANÁLISIS DE SUELO

El análisis de suelo fue realizado en el año de 1997 en el Laboratorio de Suelos de El Zamorano, como se ve en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Análisis de suelo

# Lab.	Muestra	Textura	% Arena	% Limo	% Arcilla	PH (H ₂ O)	% M.O	% N total	Ppm (Disponible)			
									P	K	Ca	Mg
453	Monte Redondo V2	Franco	42	38	20	5.15	1.93	0.11	25	197	1434	100
454	Monte Redondo V3	Franco	52	30	18	4.90	2.05	0.10	29	168	1435	75

Fuente: Laboratorio de Suelos de El Zamorano

3.4 NIVELACIÓN

Se diseñó por el método de centroide o mínimos cuadrados (Ver Anexo 7).

3.5 DIVISIÓN DEL ÁREA

Se dividió el área en bloques para facilitar el diseño de riego y su manejo posterior, también con el propósito de llevar estadísticas de rendimiento (Ver Planos en Anexo 8).

3.6 TIPO DE RIEGO

Como este proyecto tiene fines educativos se planteó dos tipos de riego, el de aspersión o sub-foliar y el de microaspersión (Ver Planos en Anexo 8).

3.7 MEMORIA DE CÁLCULO HIDRÁULICO

Para el cálculo de la tubería tanto central como para los dos tipos de riego, se usó una hoja de cálculo proporcionada por Pablo Quintana, en la cuál utiliza la fórmula de Hazen-Williams y Darcy Weisbach como comprobación.

La variación máxima de presión dentro de cada bloque es de menos de 20% para tener un coeficiente de uniformidad de 90%.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 NIVELACIÓN

Los datos que se obtuvieron en la medición indican que la pendiente del terreno es casi uniforme y muy reducida, pero con muchas irregularidades que dificultarían el drenaje superficial. En vista de lo anterior se decidió efectuar una nivelación de precisión que permita la evacuación rápida y efectiva de los excesos de aguas de lluvia. Esta preparación permite construir sistemas de drenaje altamente eficientes, diferentes al enfoque tradicional de drenaje bananero con grandes canales.

4.2 PARÁMETROS DE DISEÑO

Cultivo: Plátano
Tipos de suelo: Franco

4.2.1 Riego por aspersión.

1. Método de riego: Subfoliar
2. Aspersor seleccionado: Senninger 2014HD, boquilla 7SPNV
Q=2.16 GPM a 40 PSI,
Diámetro mojado = 70'
3. Grupos de riego por sistema: 6
4. Máximo número de horas de operación por diseño: 17 h/día
5. Capacidad de aplicación en pulgadas/hora: 0.13"/h
6. Espaciamiento: 36' x 40'
7. Eficiencia de aplicación diseñada: 75.20 %

4.2.2 Riego por microaspersión.

1. Aspersor seleccionado: Bowsmith 50 J,
Q=0.25 GPM a 15 PSI
Diámetro mojado = 17'
2. Grupos de riego por sistema: 4
3. Máximo número de horas de operación por diseño: 12 h/día
4. Capacidad de aplicación en pulgadas/hora: 0.119"/h
5. Espaciamiento: 12.30' x 16.41'
6. Eficiencia de aplicación diseñada: 90%

4.3 MEMORIA DE CÁLCULO HIDRÁULICO

Determinamos mediante un análisis hidráulico la tubería requerida para los dos métodos de riego, como lo vemos en los cuadros 8, 9, 10, 11 y 12.

Cuadro 8. Análisis hidráulico para el elevador y el nudo de válvula de bloque. Proyecto Plátano, sistema SF.

Aspersor Senninger Mod.2014-1-1/2" M, a 40PSI con 70ft de diámetro mojado. Q=2.16 GPM Boquilla #7= 7/64"							
	Punto ft.	Dist./ Elev	DI Tubería	Flujo en GPM	Bloque acum. Flujo GPM	Pérdida H. ft.	Veloci. ft./seg.
Elevador Plá SCH40 1/2"	1	3	0.662	2.16		0.09	2.0
Altura del elevador		3				3.00	
Presión en la base del aspersor				1.10		2.54	
Presión de operación promedio del aspersor			40.000			92.40	
Mínimo de presión en la salida más lejana del múltiple						98.03	
Lateral con la pérdida máxima						10.51	
Pérdida en válvula de bloque, factor K=0.14			3.000		220	0.22	
Pérdida en codos del nudo del bloque, factor K= 0.54			3.000		220	0.84	
						11.56	
Mínima presión disponible a la entrada de la válvula						109.59	47 PSI

Fuente: El autor, en hoja de cálculo de Pablo Quintana, 2000.

Cuadro 9. Diseño hidráulico de tubería principal y sub - principal, aspersión subfoliar.

Fca. Plátano "Monte Redondo" ** El Zamorano.						
Tipo de tubería	Aspersor	Dist. ft.	Diám. Tubería	GPM Bloque	GPM/AC. Bloques	Pérd. Hf/ft.
A n á l i s i s d e l L a t e r a l						
1/2"	1	42	0.75	2.160	2.160	0.70
						0.70
1/2"	1	36.75	0.75	4.320	4.320	2.20
1/2"	2	42.00	0.75	2.160	2.160	0.70
						2.90
1/2"	1	5.25	0.75	6.480	6.480	0.67
1/2"	2	42.00	0.75	4.320	4.320	2.52
1/2"	3	42.00	0.75	2.160	2.160	0.70

Fuente: El autor, en hoja de cálculo de Pablo Quintana, 2000.

Finca Plátano "Monte Redondo" ** El Zamokano.

BLOQUE 1-Ce, 1-E, 2-Ce, 2-E, 3-Ce, 4-Ce, 5-Ce, 6-Ce/ 50SP/ 108GPM														
PUNTO	ELEV./ft.	DIST.	DIAM.	FLUJO LATERAL	BLOQUE	PERD. Hf/ft	DIF.Elev.	PERD. TOTAL.ft	EXCESO ft	MINIMO EXCE. PRESSION ft.	DELTA H/ft.	VELOCIDAD ft/sec.	BLOQUE	
			TUBE.	LATERAL	ACUM.	HE/ft	ft/PUNTO	TOTAL.ft	EXCESO ft	PRESSION ft	H/ft.	ft/sec.	EXCESO ft	PERD.
1	0.00	18	3.330	10.80	108.00	0.00	0.00	0.00	103.95	93.16	10.49	4.0	103.95	0.00
2	0.00	36	3.330	10.80	108.00	0.30	0.00	0.30	103.65	93.16	10.01	4.0	103.65	0.30
3	0.00	36	2.229	10.80	86.40	0.49	0.00	0.49	103.17	93.16	7.24	3.6	103.17	0.49
4	0.00	36	2.229	10.80	75.60	2.76	0.00	2.76	100.40	93.16	5.09	7.1	100.40	2.76
5	0.00	36	2.229	10.80	64.80	2.16	0.00	2.16	98.25	93.16	3.46	5.3	98.25	2.16
6	0.00	36	2.229	10.80	54.00	1.62	0.00	1.62	96.62	93.16	2.31	4.4	96.62	1.62
7	0.00	36	2.229	10.80	43.20	1.16	0.00	1.16	95.47	93.16	1.54	3.6	95.47	1.16
8	0.00	36	2.229	10.80	32.40	0.77	0.00	0.77	94.70	93.16	1.09	2.7	94.70	0.77
9	0.00	36	1.780	10.80	21.60	0.45	0.00	0.45	94.25	93.16	0.46	2.8	94.25	0.45
10	0.00	36	1.780	10.80	10.80	0.63	0.00	0.63	93.62	93.16	0.28	1.4	93.62	0.63
													10.51	10.51

BLOQUE 3E/45SP/97.2GPM														
PUNTO	ELEV./ft.	DIST.	DIAM.	FLUJO LATERAL	BLOQUE	PERD. Hf/ft	DIF.Elev.	PERD. TOTAL.ft	EXCESO ft	MINIMO EXCE. PRESSION ft.	DELTA H/ft.	VELOCIDAD ft/sec.	BLOQUE	
			TUBE.	LATERAL	ACUM.	HE/ft	ft/PUNTO	TOTAL.ft	EXCESO ft	PRESSION ft	H/ft.	ft/sec.	EXCESO ft	PERD.
1	0.00	18	3.330	10.80	97.20	0.00	0.00	0.00	103.95	93.16	10.55	3.6	103.95	0.00
2	0.00	36	3.330	10.80	97.20	0.24	0.00	0.24	103.71	93.16	7.78	3.6	103.71	0.24
3	0.00	36	2.229	10.80	86.40	2.76	0.00	2.76	100.94	93.16	5.63	7.1	100.94	2.76
4	0.00	36	2.229	10.80	75.60	2.16	0.00	2.16	98.79	93.16	4.00	5.3	98.79	2.16
5	0.00	36	2.229	10.80	64.80	1.62	0.00	1.62	97.16	93.16	2.85	4.4	97.16	1.62
6	0.00	36	2.229	10.80	54.00	1.16	0.00	1.16	96.01	93.16	2.06	3.6	96.01	1.16
7	0.00	36	2.229	10.80	43.20	0.77	0.00	0.77	95.24	93.16	1.63	2.7	95.24	0.77
8	0.00	36	2.229	10.80	32.40	0.45	0.00	0.45	94.79	93.16	1.00	2.8	94.79	0.45
9	0.00	36	1.780	10.80	21.60	0.63	0.00	0.63	94.16	93.16	0.82	1.4	94.16	0.63
9	0.00	36	1.780	10.80	10.80	0.18	0.00	0.18	93.88	93.16	0.82	1.4	93.88	0.18
													9.97	9.97

BLOQUE 4E/43SP/92.88GPM														
PUNTO	ELEV./ft.	DIST.	DIAM.	FLUJO LATERAL	BLOQUE	PERD. Hf/ft	DIF.Elev.	PERD. TOTAL.ft	EXCESO ft	MINIMO EXCE. PRESSION ft.	DELTA H/ft.	VELOCIDAD ft/sec.	BLOQUE	
			TUBE.	LATERAL	ACUM.	HE/ft	ft/PUNTO	TOTAL.ft	EXCESO ft	PRESSION ft	H/ft.	ft/sec.	EXCESO ft	PERD.
1	0.00	18	3.330	10.80	92.88	0.00	0.00	0.00	103.95	93.16	10.57	3.4	103.95	0.00
2	0.00	36	3.330	10.80	92.88	0.22	0.00	0.22	103.73	93.16	8.05	3.4	103.73	0.22
3	0.00	36	2.229	10.80	82.08	2.51	0.00	2.51	101.21	93.16	6.12	5.9	101.21	2.51
4	0.00	36	2.229	10.80	71.28	1.93	0.00	1.93	99.28	93.16	4.69	5.0	99.28	1.93
5	0.00	36	2.229	10.80	60.48	1.43	0.00	1.43	97.85	93.16	3.70	4.1	97.85	1.43
6	0.00	36	2.229	10.80	49.68	0.99	0.00	0.99	96.86	93.16	1.82	5.0	96.86	0.99
7	0.00	36	1.780	10.80	38.88	1.88	0.00	1.88	94.98	93.16	0.79	3.6	94.98	1.88
8	0.00	36	1.780	10.80	28.08	1.03	0.00	1.03	93.95	93.16	0.37	2.2	93.95	1.03
9	0.00	36	1.780	10.80	17.28	0.42	0.00	0.42	93.53	93.16	0.30	0.8	93.53	0.42
9	0.00	36	1.780	6.48	6.48	0.07	0.00	0.07	93.46	93.16	0.30	0.8	93.46	0.07
													10.49	10.49

PUNTO	ELEV./ft.	DIST. ft	DIAM. TUBE.	FLUJO LATERAL	GPM/ACUM. BLOQUE	PERD. Hf/Lt	Dif.Elev. ft/PUNTO	PERD. TOTAL.ft	PRESION EXCESO ft	MINIMO EXCE. PRESION ft.	DELTA H/ft.	VELOCIDAD ft/sec.
			3.330		84.24	0.00		0.00	103.95			3.1
1	0.00	18	2.229	10.80	84.24	1.32	3.00	1.32	102.53	93.16	9.47	6.9
2	0.00	36	2.229	10.80	73.44	2.04	0.00	2.04	100.59	93.16	7.43	6.0
3	0.00	36	2.229	10.80	62.64	1.52	0.00	1.52	99.06	93.16	5.90	5.2
4	0.00	36	2.229	10.80	51.84	1.07	0.00	1.07	97.99	93.16	4.83	4.3
5	0.00	36	1.780	10.80	41.04	2.08	0.00	2.08	95.91	93.16	2.75	5.3
6	0.00	36	1.780	10.80	30.24	1.18	0.00	1.18	94.73	93.16	1.57	3.9
7	0.00	36	1.780	10.80	19.44	0.52	0.00	0.52	94.21	93.16	1.05	2.5
8	0.00	36	1.780	8.64	8.64	0.12	0.00	0.12	94.09	93.16	0.93	1.1
						9.86		9.86				
BLOQUE 60/20SP/43.2GPM												
PUNTO	ELEV./ft.	DIST. ft	DIAM. TUBE.	FLUJO LATERAL	GPM/ACUM. BLOQUE	PERD. Hf/Lt	Dif.Elev. ft/PUNTO	PERD. TOTAL.ft	PRESION EXCESO ft	MINIMO EXCE. PRESION ft.	DELTA H/ft.	VELOCIDAD ft/sec.
			3.330		43.20	0.00		0.00	103.95			1.6
1	0.00	18	1.780	10.80	43.20	1.14	0.00	1.14	102.81	93.16	9.65	5.6
2	0.00	36	1.780	8.64	32.40	1.34	0.00	1.34	101.46	93.16	8.30	4.2
3	0.00	36	1.780	8.64	23.76	0.76	0.00	0.76	100.71	93.16	7.55	3.1
4	0.00	36	1.780	6.48	15.12	0.33	0.00	0.33	100.38	93.16	7.22	2.0
5	0.00	36	1.780	4.32	8.64	0.12	0.00	0.12	100.27	93.16	7.11	1.1
6	3.00	36	1.780	4.32	4.32	0.03	3.00	0.03	100.23	93.16	7.07	0.6
						3.72		3.72				

Fuente: El autor, en hoja de cálculo de Pablo Quintana, 2000

Cuadro 11. Diseño hidráulico de tubería principal y sub-principal, microaspersión.

Fca. Plátano "Monte Redondo" ** El Zamorano						
Tipo de Tubería	MS	DIST. ft.	DIAM. TUBERIA	GPH BLOQUES	GPM/AC. BLOQUES	PERD. M/ft
ANÁLISIS DEL LATERAL						
PE600	1	12.30	0.60	0.250	0.250	0.01 0.01
PE600	1	12.30	0.60	0.500	0.500	0.04
PE600	2	12.30	0.60	0.250	0.250	0.01 0.05
PE600	1	12.30	0.60	0.750	0.750	0.09
PE600	2	12.30	0.60	0.500	0.500	0.04
PE600	3	12.30	0.60	0.250	0.250	0.01 0.14
PE600	1	12.30	0.60	1.000	1.000	0.15
PE600	2	12.30	0.60	0.750	0.750	0.09
PE600	3	12.30	0.60	0.500	0.500	0.04
PE600	4	12.30	0.60	0.250	0.250	0.01 0.28
PE600	1	12.30	0.60	1.250	1.250	0.22
PE600	2	12.30	0.60	1.000	1.000	0.15
PE600	3	12.30	0.60	0.750	0.750	0.09
PE600	4	12.30	0.60	0.500	0.500	0.04
PE600	5	12.30	0.60	0.250	0.250	0.01 0.50
PE600	1	12.30	0.60	1.500	1.500	0.31
PE600	2	12.30	0.60	1.250	1.250	0.22
PE600	3	12.30	0.60	1.000	1.000	0.15
PE600	4	12.30	0.60	0.750	0.750	0.09
PE600	5	12.30	0.60	0.500	0.500	0.04
PE600	6	12.30	0.60	0.250	0.250	0.01 0.81
PE600	1	12.30	0.60	1.750	1.750	0.41
PE600	2	12.30	0.60	1.500	1.500	0.31
PE600	3	12.30	0.60	1.250	1.250	0.22
PE600	4	12.30	0.60	1.000	1.000	0.15
PE600	5	12.30	0.60	0.750	0.750	0.09
PE600	6	12.30	0.60	0.500	0.500	0.04
PE600	7	12.30	0.60	0.250	0.250	0.01 1.22
PE600	1	12.30	0.60	2.000	2.000	0.52
PE600	2	12.30	0.60	1.750	1.750	0.41
PE600	3	12.30	0.60	1.500	1.500	0.31
PE600	4	12.30	0.60	1.250	1.250	0.22
PE600	5	12.30	0.60	1.000	1.000	0.15
PE600	6	12.30	0.60	0.750	0.750	0.09
PE600	7	12.30	0.60	0.500	0.500	0.04
PE600	8	12.30	0.60	0.250	0.250	0.01 1.74

PE600	1	12.30	0.60	2.250	2.250	0.65
PE600	2	12.30	0.60	2.000	2.000	0.52
PE600	3	12.30	0.60	1.750	1.750	0.41
PE600	4	12.30	0.60	1.500	1.500	0.31
PE600	5	12.30	0.60	1.250	1.250	0.22
PE600	6	12.30	0.60	1.000	1.000	0.15
PE600	7	12.30	0.60	0.750	0.750	0.09
PE600	8	12.30	0.60	0.500	0.500	0.04
PE600	9	12.30	0.60	0.250	0.250	0.01
						2.39
PE600	1	12.30	0.60	2.500	2.500	0.79
PE600	2	12.30	0.60	2.250	2.250	0.65
PE600	3	12.30	0.60	2.000	2.000	0.52
PE600	4	12.30	0.60	1.750	1.750	0.41
PE600	5	12.30	0.60	1.500	1.500	0.31
PE600	6	12.30	0.60	1.250	1.250	0.22
PE600	7	12.30	0.60	1.000	1.000	0.15
PE600	8	12.30	0.60	0.750	0.750	0.09
PE600	9	12.30	0.60	0.500	0.500	0.04
PE600	10	12.30	0.60	0.250	0.250	0.01
						3.19
PE600	1	12.30	0.60	2.750	2.750	0.95
PE600	2	12.30	0.60	2.500	2.500	0.79
PE600	3	12.30	0.60	2.250	2.250	0.65
PE600	4	12.30	0.60	2.000	2.000	0.52
PE600	5	12.30	0.60	1.750	1.750	0.41
PE600	6	12.30	0.60	1.500	1.500	0.31
PE600	7	12.30	0.60	1.250	1.250	0.22
PE600	8	12.30	0.60	1.000	1.000	0.15
PE600	9	12.30	0.60	0.750	0.750	0.09
PE600	10	12.30	0.60	0.500	0.500	0.04
PE600	11	12.30	0.60	0.250	0.250	0.01
						4.13
PE600	1	12.30	0.60	3.000	3.000	1.11
PE600	2	12.30	0.60	2.750	2.750	0.95
PE600	3	12.30	0.60	2.500	2.500	0.79
PE600	4	12.30	0.60	2.250	2.250	0.65
PE600	5	12.30	0.60	2.000	2.000	0.52
PE600	6	12.30	0.60	1.750	1.750	0.41
PE600	7	12.30	0.60	1.500	1.500	0.31
PE600	8	12.30	0.60	1.250	1.250	0.22
PE600	9	12.30	0.60	1.000	1.000	0.15
PE600	10	12.30	0.60	0.750	0.750	0.09
PE600	11	12.30	0.60	0.500	0.500	0.04
PE600	12	12.30	0.60	0.250	0.250	0.01
						5.24

Fuente: El autor, en hoja de cálculo de Pablo Quintana, 2000.

BLOQUE 1-04/152 MS/38GPM																		
PUNTO	ELEV./ft.	DIST.	DIAM.	FLUJO	LATERAL	BLOQUE	GPM/ACUM.	PERD.	HE/ft	PERD.	DEL.ELEV.	TOTAL ft	EXCESO ft	PRECION	MINIMO EXCE.	DELTA H/ft.	VELOCIDAD	ft/seg.
1	0	2.46	1.780	3.50	38.00	0.12	38.00	0.00	0.12	69.18	0.12	69.30	0.00	69.30	50.00	19.18	4.9	3.1
2	0	16.41	1.780	3.75	34.50	0.69	34.50	0.69	0.69	68.49	0.69	67.93	0.56	68.49	50.00	18.49	4.5	4.0
3	0	16.41	1.780	3.75	30.75	0.56	30.75	0.56	0.56	67.93	0.56	67.17	0.76	67.50	50.00	17.50	3.5	3.5
4	0	16.41	1.780	3.75	27.00	0.44	27.00	0.44	0.44	67.50	0.44	67.17	0.33	67.17	50.00	17.17	3.0	3.0
5	0	16.41	1.780	3.75	23.25	0.33	23.25	0.33	0.33	67.17	0.33	67.17	0.00	67.17	50.00	15.46	4.6	3.0
6	0	16.41	1.189	3.75	19.50	1.70	19.50	1.70	1.70	65.46	1.70	64.32	1.14	65.46	50.00	14.32	4.6	5.6
7	0	16.41	1.189	3.75	15.75	1.15	15.75	1.15	1.15	64.32	1.15	64.32	0.00	64.32	50.00	13.63	3.5	4.6
8	0	16.41	1.189	4.00	12.00	0.69	12.00	0.69	0.69	63.63	0.69	63.30	0.33	63.63	50.00	13.30	2.3	3.5
9	0	16.41	1.189	4.00	8.00	0.33	8.00	0.33	0.33	63.30	0.33	63.30	0.00	63.30	50.00	13.30	2.3	3.5
10	0	16.41	1.189	4.00	4.00	0.09	4.00	0.09	0.09	63.21	0.09	63.21	0.00	63.21	50.00	13.21	1.2	1.2
BLOQUE 1B/124MS/31GPM																		
PUNTO	ELEV./ft.	DIST.	DIAM.	FLUJO	LATERAL	BLOQUE	GPM/ACUM.	PERD.	HE/ft	PERD.	DEL.ELEV.	TOTAL ft	EXCESO ft	PRECION	MINIMO EXCE.	DELTA H/ft.	VELOCIDAD	ft/seg.
1	0	13.95	1.780	3.50	31.00	0.48	31.00	0.00	0.48	68.82	0.48	69.20	0.00	69.20	50.00	18.82	4.0	2.6
2	0	16.41	1.780	3.50	27.50	0.45	27.50	0.45	0.45	68.37	0.45	68.37	0.00	68.37	50.00	18.37	3.5	3.5
3	0	16.41	1.780	3.50	24.00	0.35	24.00	0.35	0.35	68.02	0.35	68.02	0.00	68.02	50.00	18.02	3.1	3.1
4	0	16.41	1.780	3.50	20.50	0.26	20.50	0.26	0.26	67.76	0.26	67.76	0.00	67.76	50.00	17.76	2.6	2.6
5	0	16.41	1.189	3.50	17.00	1.32	17.00	1.32	1.32	66.44	1.32	66.44	0.00	66.44	50.00	16.44	4.9	3.9
6	0	16.41	1.189	3.25	13.50	0.86	13.50	0.86	0.86	65.57	0.86	65.57	0.00	65.57	50.00	15.57	3.9	3.9
7	0	16.41	1.189	3.25	10.25	0.52	10.25	0.52	0.52	65.06	0.52	65.06	0.00	65.06	50.00	15.06	3.0	3.0
8	0	16.41	1.189	7.00	7.00	0.26	7.00	0.26	0.26	64.80	0.26	64.80	0.00	64.80	50.00	14.80	2.0	2.0
9	0	16.41	1.189	3.75	3.75	0.08	3.75	0.08	0.08	64.72	0.08	64.72	0.00	64.72	50.00	14.72	1.1	1.1
BLOQUE 2-04/144MS/36GPM																		
PUNTO	ELEV./ft.	DIST.	DIAM.	FLUJO	LATERAL	BLOQUE	GPM/ACUM.	PERD.	HE/ft	PERD.	DEL.ELEV.	TOTAL ft	EXCESO ft	PRECION	MINIMO EXCE.	DELTA H/ft.	VELOCIDAD	ft/seg.
1	0	12.24	1.780	4.00	36.00	0.55	36.00	0.00	0.55	69.75	0.55	69.30	0.45	69.75	50.00	18.75	4.6	3.0
2	0	16.41	1.780	4.00	32.00	0.60	32.00	0.60	0.60	69.15	0.60	68.15	1.00	69.15	50.00	18.15	4.1	4.1
3	0	16.41	1.790	4.00	28.00	0.47	28.00	0.47	0.47	67.68	0.47	67.68	0.00	67.68	50.00	17.68	3.6	3.6
4	0	16.41	1.780	4.00	24.00	0.35	24.00	0.35	0.35	67.33	0.35	67.33	0.00	67.33	50.00	17.33	3.1	3.1
5	0	16.41	1.189	4.00	20.00	1.78	20.00	1.78	1.78	65.55	1.78	64.37	1.18	65.55	50.00	15.55	5.8	4.6
6	0	16.41	1.189	4.00	16.00	1.18	16.00	1.18	1.18	64.37	1.18	64.37	0.00	64.37	50.00	14.37	4.6	4.6
7	0	16.41	1.189	4.00	12.00	0.69	12.00	0.69	0.69	63.67	0.69	63.67	0.00	63.67	50.00	13.67	3.5	3.5
8	0	16.41	1.189	4.00	8.00	0.33	8.00	0.33	0.33	63.35	0.33	63.35	0.00	63.35	50.00	13.35	2.3	2.3
9	0	16.41	1.189	4.00	4.00	0.09	4.00	0.09	0.09	63.26	0.09	63.26	0.00	63.26	50.00	13.26	1.2	1.2

PUNTO	ft	TUBE.	LATERAL	BLOQUE	HE/ft	DI.F.PUNTO	PERD.	TOTAL ft	EXCESO ft	PRECISION ft.	ft/sec.
1	0	4.17	4.00	36.00	0.06	0	0.00	0.00	69.30	50.00	3.0
2	0	16.41	4.00	36.00	0.19	0	0.19	0.19	69.11	50.00	4.6
3	0	16.41	4.00	32.00	0.60	0	0.60	0.60	68.51	50.00	4.1
4	0	16.41	4.00	28.00	0.47	0	0.47	0.47	68.05	50.00	3.6
5	0	16.41	4.00	24.00	0.35	0	0.35	0.35	67.70	50.00	3.1
6	0	16.41	4.00	20.00	1.78	0	1.78	1.78	65.91	50.00	5.8
7	0	16.41	4.00	16.00	1.18	0	1.18	1.18	64.73	50.00	4.6
8	0	16.41	5.25	12.00	0.69	0	0.69	0.69	64.04	50.00	3.5
9	0	16.41	2.75	8.00	0.33	0	0.33	0.33	63.71	50.00	2.3
				2.75	0.06	0	0.06	0.06	63.67	50.00	0.8
					5.63			5.63			

BLOQUE 3-0e/144MS/36GPM

PUNTO	ELEV./ft.	DIST.	DIAN.	FLUJO LATERAL	GRK/ACUM.	PERD.	HE/ft	DI.F.PUNTO	PERD.	TOTAL ft	EXCESO ft	PRECISION	MINIMO EXCE.	PRECISION ft.	DELTA H/ft.	VELOCIDAD
1	0	5.22	1.780	4.00	36.00	0.00	0.00	0	0.24	0.24	69.30	50.00	50.00	50.00	19.06	4.6
2	0	16.41	1.780	4.00	32.00	0.60	0.60	0	0.60	0.60	68.47	50.00	50.00	50.00	18.47	4.1
3	0	16.41	1.780	4.00	28.00	0.47	0.47	0	0.47	0.47	68.00	50.00	50.00	50.00	18.00	3.6
4	0	16.41	1.780	4.00	24.00	0.35	0.35	0	0.35	0.35	67.55	50.00	50.00	50.00	17.55	3.1
5	0	16.41	1.189	4.00	20.00	1.78	1.78	0	1.78	1.78	65.86	50.00	50.00	50.00	15.86	5.8
6	0	16.41	1.189	4.00	16.00	1.18	1.18	0	1.18	1.18	64.68	50.00	50.00	50.00	14.68	4.6
7	0	16.41	1.189	4.00	12.00	0.69	0.69	0	0.69	0.69	63.99	50.00	50.00	50.00	13.99	3.5
8	0	16.41	1.189	4.00	8.00	0.33	0.33	0	0.33	0.33	63.66	50.00	50.00	50.00	13.66	2.3
9	0	16.41	1.189	4.00	4.00	0.09	0.09	0	0.09	0.09	63.57	50.00	50.00	50.00	13.57	1.2
						5.73			5.73							

BLOQUE 3E/112MS/28.25GPM

PUNTO	ELEV./ft.	DIST.	DIAN.	FLUJO LATERAL	GRK/ACUM.	PERD.	HE/ft	DI.F.PUNTO	PERD.	TOTAL ft	EXCESO ft	PRECISION	MINIMO EXCE.	PRECISION ft.	DELTA H/ft.	VELOCIDAD
1	0	11.19	1.780	4.00	28.25	0.00	0.00	0	0.32	0.32	69.30	50.00	50.00	50.00	18.98	3.6
2	0	16.41	1.780	4.00	24.25	0.36	0.36	0	0.36	0.36	66.96	50.00	50.00	50.00	18.62	3.1
3	0	16.41	1.189	4.00	20.25	1.83	1.83	0	1.83	1.83	66.79	50.00	50.00	50.00	16.79	5.9
4	0	16.41	1.189	4.00	16.25	1.21	1.21	0	1.21	1.21	65.58	50.00	50.00	50.00	15.58	4.7
5	0	16.41	1.189	4.00	12.25	0.72	0.72	0	0.72	0.72	64.86	50.00	50.00	50.00	14.86	3.5
6	0	16.41	1.189	4.00	8.25	0.35	0.35	0	0.35	0.35	64.51	50.00	50.00	50.00	14.51	2.4
7	0	16.41	1.189	4.25	4.25	0.10	0.10	0	0.10	0.10	64.41	50.00	50.00	50.00	14.41	1.2
						4.89			4.89							

PUNTO		ft	TUBE.	LATERAL	BLOQUE	HF/ft	ft/PUNTO	TOTAL ft	EXCESO ft	PRESION ft.	DELTA H/ft.	VELOCIDAD ft/sec.
			2.229		14.75	0.00		0.00	69.30			1.2
1	0	1.71	1.189	1.75	14.75	0.11	0	0.11	69.19	50.00	19.19	4.3
2	0	16.41	1.189	1.75	13.00	0.80	0	0.80	68.39	50.00	18.39	3.8
3	0	16.41	1.189	1.75	11.25	0.61	0	0.61	67.78	50.00	17.78	3.3
4	0	16.41	1.189	1.75	9.50	0.45	0	0.45	67.13	50.00	17.33	2.7
5	0	16.41	1.189	1.75	7.75	0.31	0	0.31	67.02	50.00	17.02	2.2
6	0	16.41	1.189	1.50	6.00	0.19	0	0.19	66.83	50.00	16.83	1.7
7	0	15.41	1.189	1.50	4.50	0.11	0	0.11	66.71	50.00	16.71	1.3
8	0	15.41	1.189	1.50	3.00	0.05	0	0.05	66.66	50.00	16.66	0.9
9	0	16.41	1.189	1.50	1.50	0.01	0	0.01	66.65	50.00	16.65	0.4
						2.65		2.65				

BLOQUE 4E/49MS/12.25GPM													
PUNTO	ELEV./ft.	DIST. ft	DIAM. TUBE.	FLUJO LATERAL	GPM/ACUM. BLOQUE	PERD. HF/ft	Dis.Elev. ft/PUNTO	PERD. TOTAL ft	PRESION EXCESO ft	MINIMO PRESION ft.	EXCE.	DELTA H/ft.	VELOCIDAD ft/sec.
			2.229		12.25	0.00		0.00	69.30				1.0
1	0	14.70	1.189	2.00	12.25	0.64	0	0.64	68.66	50.00	18.66	3.5	
2	0	16.41	1.189	2.00	10.25	0.52	0	0.52	68.14	50.00	18.14	3.0	
3	0	16.41	1.189	2.00	8.25	0.35	0	0.35	67.79	50.00	17.79	2.4	
4	0	16.41	1.189	2.00	6.25	0.21	0	0.21	67.59	50.00	17.59	1.8	
5	0	16.41	1.189	2.25	4.25	0.10	0	0.10	67.48	50.00	17.48	1.2	
6	0	16.41	1.189	2.00	2.00	0.03	0	0.03	67.46	50.00	17.46	0.6	
						1.84		1.84					

Fuente: El autor, en hoja de cálculo de Pablo Quintana, 2000.

4.4 LISTA DE MATERIALES

Con ayuda del diseño en el plano y el cálculo de la memoria hidráulica de cada tipo de riego, sacamos la lista de materiales a ocupar.

4.4.1 Riego por aspersión

Accesorios de PVC, accesorios, válvulas y manguera de polietileno.

<u>Diámetro</u>	<u>SDR</u>	<u>Clase</u>	<u>Cantidad</u>
6"	41	100	130 tubos 20 ft
4"	41	100	125
3"	41	100	90
2"	32.5	125	285
1½"	32.5	125	824
1"	32.5	125	370
½"	13.5	315	1320
½"	SC1140		100

Tees SC1140

<u>Diámetro</u>	<u>Código</u>	<u>Cantidad</u>
6"	401-060	5
6" × 3"	401-530	5
4" × 3"	401-422	14
3"	401-030	25
3" × 2"	401-338	4
3" × ½"	401-333	25
2"	401-020	35
2" × ½"	401-247	105
1½" × 1½" × ½"	401-209	450
1" × 1" × ½"	401-130	100
½"	401-005	600

Codos de 90°

6"	406-060	4
4"	406-040	2
3"	406-030	45
2"	406-020	65
1½"	406-015	100
1"	406-010	10
½"	406-005	250

<u>Reductores</u>	<u>Código</u>	<u>Cantidad</u>
<u>Diámetro</u>		
6" x 4"	437-532	2
6" x 3"	437-530	3
4" x 3"	437-422	2
3" x 2"	437-338	50
2" x 1½"	437-251	80
2" x 1"	437-249	10
1½" x 1"	437-211	90
 <u>Adaptadores macho</u>		
3"	436-030	50
2"	436-020	10
1½"	436-015	15
1"	436-010	10
 <u>Adaptadores hembra</u>		
½"	435-005	700
½" x ¼"	435-074	500
 <u>Tapón hembra roscado</u>		
1½"	448-015	15
1"	448-010	10
 <u>Bridas</u>		
3"	851-030	46
2"	851-020	10
 <u>Pernos y tuercas</u>		
5/8" x 3½"		90
 <u>Válvulas de bronce con disco sólido tipo cuña</u>		
3"		25
2"		5
 <u>Empaques de hule rojo</u>		
3"		50
2"		10
 <u>Aspersores Senninger</u>		
2014-1-½" M Boquilla #7		600
3023-2-¾" M Boquilla #9x5		500

4.4.2 Riego por microaspersión

Manguera de polietileno y accesorios.	<u>Cantidad</u>
Manguera de polietileno 600 ID 0.600	15000ft
Microtubo flexible de vinil 0.150" ID	1500ft
Acople 0.150" para tubería tipo púa BC187	2000
Tees S3t anillo, estilo 565	100
Codos SELL, estilo 565	150
S½"MA acople ½" roscado x anillo, estilo 565	100
SC acople anillo, estilo 565	150
Figura 8	200
Microaspersor para trabajo volteado hacia arriba 0.25 GPM = 15 GPH a 15PSI. Rango de diámetro mínimo 12-16, Bowsmith	1500
Producto AG filtro 4E-4" bridado, malla mesh 100	1
Tapón de doble uso	500

4.5 PRESUPUESTO

4.5.1 Para el sistema de riego (S)

	Microaspersión (1.68 ha)	Subfoliar (7.72 ha)
Materiales	3555	16000
Instalaciones	<u>1500</u>	<u>4554</u>
TOTAL	5055	20554

4.5.2 Construcción de un pozo mecánico de 300 pies de profundidad adomado con tubería PVC 10" (S)

Fase exploratoria con barrenos de 3.5" de diámetro	4650
Registro eléctrico y litología	<u>300</u>
SUBTOTAL	4950
Sifoneo	400
Ampliación con barrenos de 18" si el análisis del registro eléctrico combinado con la litología y el sifoneo indica una alta probabilidad de producción a los niveles requeridos	4750
Terminación	<u>6062</u>
TOTAL	16162

4.5.3 Equipo para bombeo (\$)

Bomba para pozo, sumergible ST 7T-356, 25 HP, 300 GPM a 265 ft CDT 72.5% eficiencia a 3500 RPM	2700
Control 230V/ 3PH/ 60HZ	900
Bomba centrífuga modelo B 2½ 5PBM para río de 20 HP, 300 GPM a 150 ft CDT 65%eficiencia a 1760 RPM	2100
Control 230V/ 3HP/ 60HZ	<u>900</u>
TOTAL	6600

4.5.4 Presupuesto consolidado (\$)

Riego subfoliar	20554
Riego microaspersión	5055
Pozo mecánico	16162
Equipo para bombeo	<u>6600</u>
TOTAL	48371

5. CONCLUSIONES

- El uso de irrigación en plátano es altamente rentable ya que mantiene los rendimientos adecuados en lugares con épocas de sequía.
- Un diseño bien elaborado de un sistema de riego beneficia a los productores ya que pueden mantener la demanda hídrica del cultivo y calendarizar el riego.
- La diferencia en la cantidad de agua demandada entre el sistema de riego por aspersión subfoliar y microaspersión no es significativa, lo único es que el de microaspersión puede estar limitado en la aplicación porque no todos los productores tienen instalado el cable de apoyo que es la estructura que se aprovecha para instalarlo.
- La potencia para bombear que requiere el sistema de riego por microaspersión es menor que para el subfoliar, ahorrando considerable gasto en energía.
- La nivelación del terreno facilita el diseño del sistema y disminuye los costos ya que no se necesita un sistema de drenajes tradicional.

6. RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio en la época seca, comparando en cada sistema de riego el rendimiento del cultivo, la demanda de agua y el gasto de energía para bombear.
- Elaborar curvas de retención de humedad del suelo, para poder determinar con más precisión la lámina de agua a reponer.
- Adaptar un sistema de fertirrigación a cada tipo de riego y medir su eficiencia.
- Ejecutar el proyecto en su totalidad y que se le de seguimiento, con el fin de hacer las correcciones debidas.
- Proporcionar seguridad al proyecto en todas sus etapas, en especial cuando ya este ejecutado, ya que donde se desarrollará este proyecto al lado del río Yeguaré, existe un tránsito de personas ajenas al Zamorano, y esto representa un riesgo para los equipos e instalaciones que tienen un costo muy elevado.
- Hacer un pozo profundo para tener una dotación constante de agua, pues siendo el río Yeguaré la fuente principal para este proyecto, y dado que en los últimos meses la disminución del caudal ha sido bastante significativa hasta llegar al punto de pronosticar que no habrá agua suficiente como para abastecer al proyecto, esto debido al incremento aguas arriba de áreas productoras de caña de azúcar.

7. BIBLIOGRAFIA

- BELALCÁZAR, S. 1991. El cultivo del plátano en el trópico. Cali, Colombia, Instituto Colombiano Agropecuario. 376 p.
- BRINKER, R.; WOLF, P. 1982. Topografía moderna. Traducido por Dolores García y Rafael García. Sexta ed. México 4, D.F. Lito Offset California. 542 p.
- CORBANA; CINDE; FARTH. 1996. Validación de un proyecto de plátano altamente tecnificado para la exportación. snt. [167] p.
- DELOYE, M.; REBOUR, H.; TRINTIGNAC, M. 1967. El riego. Trad. Por Rafael Cervera Alvarez. Madrid, España. Ediciones Mundi – Prensa. 291 p.
- DUARTE, O. 1991. Manual para el cultivo del banano. Departamento de horticultura. Escuela Agrícola Panamericana. Honduras C.A. 49 p.
- FHIA. 1995. Manual de plátano. San Pedro Sula, Honduras. 131 p.
- GUNDERSEN, W. 1979. Riego y manejo del agua. Impresos Lou, Guatemala, Guatemala. 353 p.
- GRASSI, C. S.F. Métodos de riego. CIDINT. 265 p.
- KEIDAR, A. 1983. Agua-suelo-planta. In El Riego. Comayagua, D.C. Honduras. 30p.
- LUTHIN, J. 1967. Drenaje de tierras agrícolas. Editorial Limusa, S.A. de C.V. México, D.F. 684 p.
- SIMMONDS, N.W. 1973. Los plátanos. Trad. por Esteban Rimbau. Barcelona, España. Editorial Blume. 539 p.
- SOTO, M. 1985. Banano, cultivo y comercialización. San José, Costa Rica. Litografía e Imprenta LIL, S.A. 627 p.
- THORNE, D.W.; PETERSON, H.B. 1963. Técnica del riego, fertilidad y explotación de los suelos. México 22, DF. Compañía Editorial Continental, S.A. 496 p.

- VÉLEZ, J. 1985. Riego y drenaje. *In* Curso sobre producción de musáceas. Ed. Centro de Tecnología Agrícola (CENTA), San Andrés, La Libertad, El Salvador, C.A. pp 10-12.
- WITHERS, B.; VIPOND, S. 1978. El riego, diseño y práctica. Trad. Por Agustín Contín. México 12, D.F. Editorial DIANA, S.A. 350 p.

8. ANEXOS

Anexo 1. Sistema de drenajes de una plantación bananera.

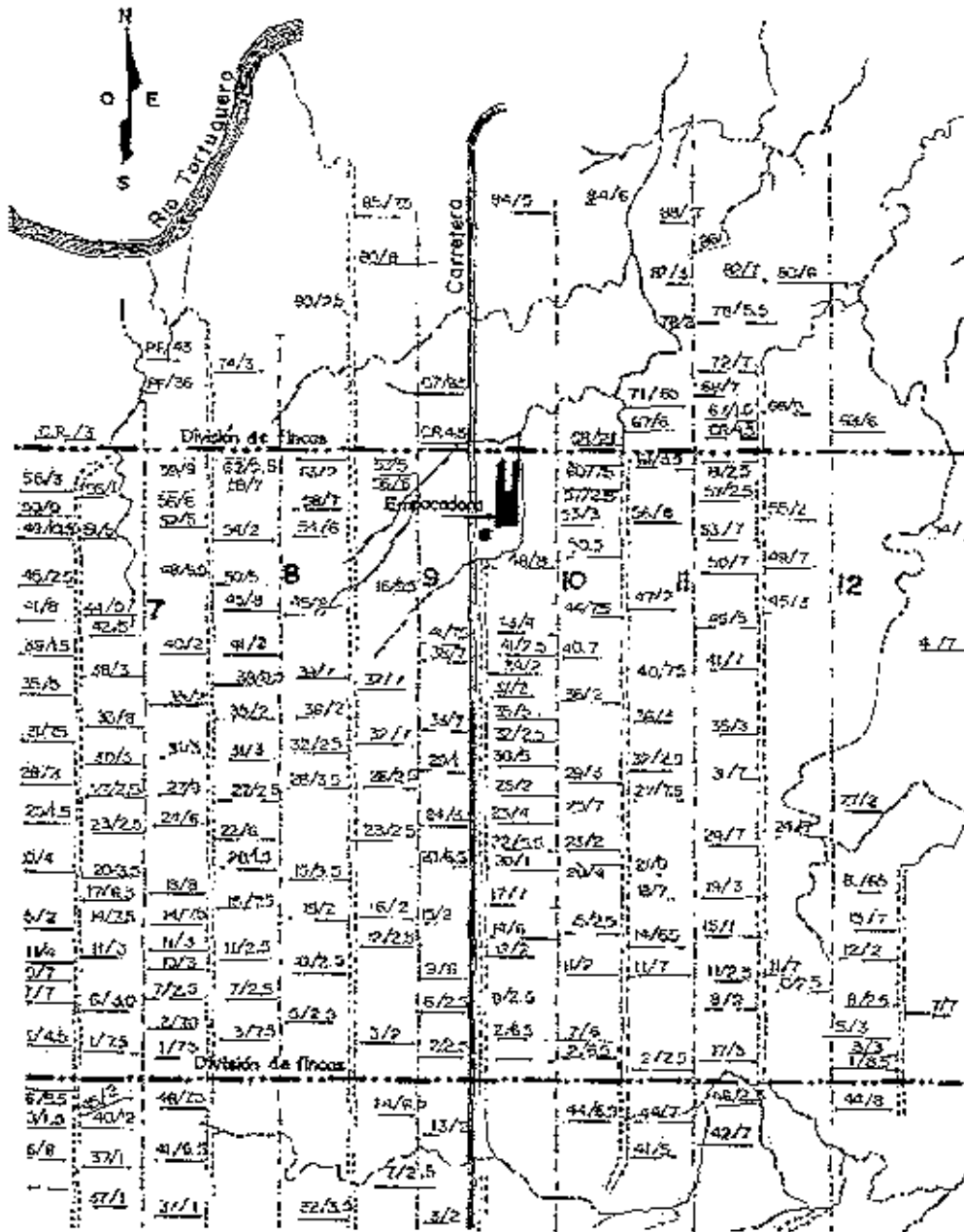
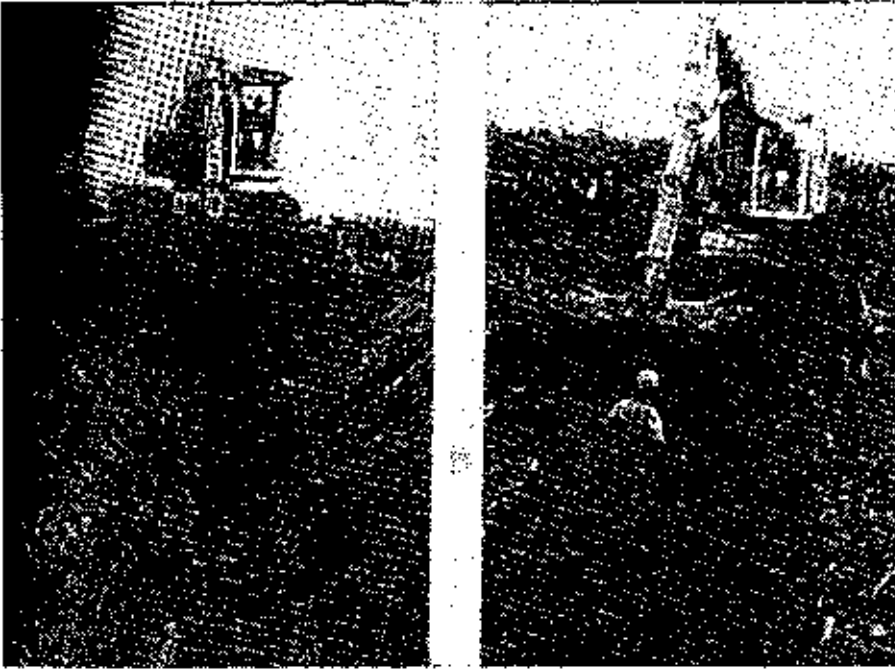


Fig. 5.6 Sistema de drenajes de una plantación bananera.

- Sistema natural primario
- - - - Drenajes secundarios espaciados cada 125 m
- Drenajes terciarios numerados
- Cable Carrit

Fuente: Soto, 1985

Anexo 2. Construcción de drenajes.



Fuente: Soto, 1985

Anexo 3. Drenaje secundario.



Fuente: Soto, 1985

Anexo 4. Drenaje terciario o boquete



Fuente: Soto, 1985

Anexo 5. Precipitación Mensual 1942 - 1999. Estación Zamorano.

No.	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOT/mm	TOT/pul
1	1942				3.8	251.2	154.9	164.1	188.1	182.6	106.7	22.6	38.3		
2	1943	0.0	0.0	0.0	0.0	90.7	83.3	96.8	50.3	175.8	264.7	29.0	8.4	797.0	31.4
3	1944	5.6	5.6	0.0	22.4	85.4	424.4	181.9	203.7	182.6	422.2	38.4	4.6	1200.8	47.3
4	1945	14.2	6.4	10.7	17.6	175.3	240.5	79.0	198.1	330.7	144.5	61.7	11.4	1290.0	50.8
5	1946	18.8	47.2	6.4	3.8	110.5	107.2	87.4	131.8	207.3	150.4	56.1	11.7	938.6	37.0
6	1947	21.3	13.0	7.4	2.5	28.4	162.6	220.7	177.0	148.6	194.6	118.1	34.5	1128.7	44.4
7	1948	12.9	10.4	4.1	6.6	164.3	363.7	184.4	77.0	188.2	175.5	42.2	13.0	1242.3	48.9
8	1949	11.2	7.4	0.0	2.0	42.9	262.4	112.5	55.9	216.4	255.8	34.8	19.3	1020.6	40.2
9	1950	42.7	0.0	6.1	0.0	40.6	310.6	182.9	128.3	144.3	307.6	56.1	0.0	1219.2	48.0
10	1951	2.8	0.0	0.0	3.6	99.3	276.9	124.7	50.8	209.3	86.9	18.3	8.9	881.3	34.7
11	1952	10.4	4.1	67.8	50.5	143.8	449.8	171.5	150.6	185.7	95.3	53.1	2.0	1385.6	54.6
12	1953	0.0	9.7	0.8	7.9	127.0	84.1	59.7	133.1	275.8	178.8	2.8	26.7	906.2	35.7
13	1954	10.4	5.3	6.9	21.8	175.8	407.2	146.8	187.2	251.0	181.9	3.3	6.4	1403.9	55.3
14	1955	0.3	6.1	5.8	45.2	70.1	100.6	592.9	331.6	323.6	351.8	34.7	16.8	1688.4	66.6
15	1956	1.5	8.8	3.6	25.1	180.3	233.2	141.7	55.4	212.3	76.2	58.2	15.0	991.1	39.0
16	1957	23.1	4.3	1.3	65.5	240.0	142.7	111.3	99.1	223.8	98.8	10.8	13.7	1040.4	41.0
17	1958	8.2	0.8	6.6	38.1	212.3	189.0	216.2	104.9	179.1	181.8	34.5	5.8	1157.3	45.6
18	1959	24.1	2.3	1.0		125.7	187.2	87.1	200.4						
19	1960				137.2	343.4	220.2	94.7	211.1	192.8	204.5	86.9	13.5		
20	1961	22.1	21.1	2.5	15.0	21.3	236.7	191.8	93.0	95.5	100.8	56.5	27.2	891.3	35.1
21	1962	0.8	0.0	0.3	67.1	55.1	236.7	133.4	79.8	99.6	100.8	56.6	0.0	830.2	32.7
22	1963	26.1	11.7	16.3	11.2	47.2	139.4	173.7	105.9	120.7	195.9	102.9	0.3	952.3	37.5
23	1964	30.2	12.2	0.3	58.9	92.5	268.2	172.7	182.4	215.1	59.4	62.5	8.1	1162.5	45.8
24	1965	8.4	26.2	6.1	20.8	212.3	189.7	127.0	93.2	191.0	102.4	41.1	14.7	1030.7	40.6
25	1966	4.8	1.8	73.4	48.8	185.6	205.7	168.8	129.3	189.2	186.7	20.1	9.4	1201.5	47.3
26	1967	8.9	7.6	59.2	83.8	7.4	216.4	168.5	102.4	164.8	39.4	28.2	18.3	895.7	35.3
27	1968	22.4	6.9	0.8	4.1	251.7	160.8	80.8	118.4	140.7	107.4	47.8	21.8	953.6	37.9
28	1969	20.1	4.3	29.7	4.6	303.0	280.2	139.2	313.2	333.8	289.3	50.5	13.5	1781.4	70.1
29	1970	9.4	5.8	0.8	47.5	164.6	124.2	209.8	192.5	224.8	127.3	38.6	5.0	1150.6	45.3
30	1971	7.9	7.6	1.5	0.0	199.9	75.9	112.8	148.1	184.7	203.5	22.9	33.5	998.3	39.3
31	1972	12.9	3.3	1.5	1.0	172.7	102.2	99.1	101.9	81.4	89.3	62.5	13.2	751.2	29.6
32	1973	12.9	6.6	0.0	46.0	144.0	153.4	155.4	154.7	142.5	354.8	64.5	6.4	1241.2	48.9
33	1974	26.7	0.8	1.5	3.6	117.6	234.7	136.7	135.4	199.6	89.7	13.0	128.2	1085.6	42.7
34	1975	42.8	1.0	17.0	71.1	192.0	40.9	141.7	140.2	378.2	237.7	149.1			
35	1976		2.8	2.5	3.6	88.4	312.2	91.4	67.8	97.3	221.2	53.8			
36	1977		0.0	0.0	25.4	214.6	199.4	90.2	58.4	306.1	48.3	63.0	8.6		
37	1978	4.8	8.8	9.7	18.0	194.1	132.1	182.6	169.9	197.1	34.3	48.3	20.8	1018.1	40.1
38	1979	4.8	15.7	14.5	102.1	137.4	349.0	161.0	148.1	206.8	118.6	88.6	57.2	1403.8	55.3
39	1980	1.5	5.1	3.6	48.3	314.2	236.7	226.6	109.2	215.9	217.7	17.3	4.8	1400.9	55.2
40	1981	10.7	15.7	56.9	6.4	172.7	228.1	79.2	310.3	97.8	114.8	13.2	68.6	1212.4	47.7
41	1982	43.7	9.1	3.0	0.5	240.8	214.1	93.0	73.7	128.4	107.2	73.7	1.3	1001.5	39.4
42	1983	3.0	14.0	8.9	40.6	52.1	129.3	165.6	133.4	239.3	72.4	63.0	20.1	941.7	37.1
43	1984	15.1	2.6	5.3	10.4	150.0	218.6	174.9	226.9	230.4	162.8	15.5	15.5	1232.0	48.5
44	1985	5.4	6.1	7.0	126.9	99.5	40.8	85.2	92.2	138.1	142.3	16.2	46.0	805.7	31.7
45	1986	12.9	4.8	0.0	3.9	212.4	88.8	140.9	79.8	230.0	85.0	97.2	10.9	964.6	38.0
46	1987	0.7	0.0	97.2	7.6	133.0	160.5	196.7	133.9	220.4	49.1	9.1	10.0	1018.2	40.1
47	1988	6.5	8.3	47.4	84.0	115.0	212.0	128.3	311.6	281.9	176.9	13.7	4.7	1370.3	53.9
48	1989	16.3	8.2	1.1	2.7	128.6	161.5	110.9	150.8	380.2	92.4	47.7	11.5	1091.9	43.0
49	1990	24.2	7.7	4.3	3.7	111.4	131.8	67.7	103.0	278.2	85.2	110.3	14.7	1005.2	39.6
50	1991	11.3	5.8	1.0	1.8	106.8	167.0	57.7	84.5	171.6	117.6	11.3	16.5	752.9	29.6
51	1992	6.7	5.1	8.9	121.8	205.3	222.9	135.0	55.9	236.4	111.5	23.2	16.5	1151.2	45.3
52	1993	8.7	2.2	0.7	183.5	327.5	389.3	170.5	128.3	175.3	82.5	27.8	19.6	1511.9	58.5
53	1994	6.5	9.3	0.0	21.7	157.8	143.2	77.0	70.2	195.6	135.0	27.8	18.9	853.0	34.0
54	1995	6.8	2.4	18.4	120.6	66.9	138.3	95.6	367.3	271.6	133.8	87.4	32.6	1350.6	53.2
55	1996	28.7	12.9	3.9	14.6	175.1	60.8	201.9	211.2	115.4	270.4	73.9	0.9	1167.8	46.0
56	1997	12.5	8.6	32.6	28.1	17.2	324.9	105.7	77.4	185.6	134.2	118.3	1.4	1046.7	41.2
57	1998	3.2	0.0	5.5	0.6	229.69	133.19	272.65	202.85	87.2	572.38	52.0	13.6	1573.1	61.9
58	1999	18.2	3.0	0.9			772.9	151.2	172.5	328.3	214.9	27.8	30	1057.5	41.6
	PROM.	13.2	7.2	12.0	34.3	149.0	199.5	143.5	145.1	203.3	155.5	48.8	18.4	1118.6	44.0

fuente: ZESA, 2000

Anexo 6. Hoja de cálculo de área para riego por aspersión subfoliar.

EST.	RUMBO	DISTANCIA	PROYECCIONES		COORDENADAS		OFFSETS
			N+ / S-	E+ / W-	N+ / S-	E+ / W-	
0	N 80° 0' W	40.00	6.95	-39.39	6.95	-39.39	0.00
1	N 84° 12' W	49.90	5.04	-49.64	11.99	-89.04	0.00
2	N 85° 43' W	125.00	9.34	-124.65	21.32	-213.69	0.00
3	S 7° 32' W	49.50	-49.07	-6.49	-27.75	-220.18	0.00
4	S 6° 5' W	101.48	-100.91	-10.75	-128.66	-230.93	0.00
5	S 5° 57' W	104.18	-100.63	-10.52	-229.29	-241.45	0.00
6	S 6° 30' W	101.28	-100.63	-11.49	-329.92	-252.94	0.00
7	S 3° 56' W	29.88	-29.81	-2.06	-359.73	-255.00	0.00
8	S 78° 5' E	51.00	-10.52	49.90	-370.25	-205.10	0.00
9	S 80° 8' E	51.00	-8.74	50.25	-378.99	-154.85	0.00
10	N 81° 43' E	8.20	1.18	8.11	377.80	-146.74	0.00
11	N 59° 15' E	59.78	30.57	51.38	-347.24	-95.36	0.00
12	N 48° 18' E	22.70	15.10	16.95	-332.14	-78.42	0.00
13	N 35° 13' E	41.60	33.99	23.99	-298.15	-54.43	0.00
14	N 14° 18' E	23.10	22.38	5.71	-275.77	-48.72	0.00
15	N 14° 10' E	78.50	76.11	19.21	-199.66	-29.51	0.00
16	N 12° 52' E	58.68	57.21	13.07	-142.45	-16.44	0.00
17	N 6° 5' E	93.91	93.38	9.95	-49.07	-6.49	0.00
18	N 7° 32' E	49.50	49.07	6.49	-0.00	-0.00	0.00

Perímetro=	1136,19
Suma Proyecciones NORTE=	400.32
Suma Proyecciones SUR=	400.30
Suma Proyecciones ESTE=	255.00
Suma Proyecciones OESTE=	255.00
Error Angular=	0 Grados 0 minutos
Error Lineal	0.01 Metros
Precisión=	1/ 91724.74

Fuente: ZESA, 2000

Anexo 7. Datos de nivelación para el área de riego por aspersión.

Estación	+	H.J.	-	Elevación
A0	0.882	100.882		100
A1			1.980	98.902
A2			2.058	98.824
A3			2.156	98.726
A4			2.102	98.780
A5			2.105	98.777
A6			2.075	98.807
A7			3.589	97.293
B0			2.415	98.467
B1			2.689	98.193
B2			2.616	98.266
B3			2.619	98.263
B4			2.446	98.436
B5			2.268	98.614
B6			2.340	98.542
B7			2.498	98.384
B8			3.052	97.830
C0			3.244	97.638
C1			3.238	97.644
C2			3.022	97.860
C3			3.027	97.855
C4			2.721	98.161
C5			2.602	98.280
C6			2.580	98.302
C7			2.609	98.273
C8			2.915	97.967
C9			3.625	97.257
PC1	2.389	99.646		
D0			2.045	97.601
D1			2.281	97.365
D2			2.018	97.628
D3			1.985	97.661
D4			1.693	97.953
D5			1.633	98.013
D6			1.633	98.013
D7			1.445	98.201
D8			1.691	97.955
D9			2.218	97.428
E0			2.445	97.201

Estación	+	H.I.	-	Elevación
PC2	2.090	99.291		
D10			3.313	95.978
E1			2.131	97.160
E2			1.717	97.574
E3			1.766	97.525
E4			1.570	97.721
E5			1.399	97.892
E6			1.420	97.871
E7			1.123	98.168
E8			1.342	97.949
E9			1.604	97.687
E10			2.122	97.169
F0			2.320	96.971
F1			2.267	97.024
F2			1.955	97.336
F3			1.980	97.311
F4			1.859	97.432
F5			1.560	97.731
F6			1.442	97.849
F7			1.189	98.102
F8			1.522	97.769
F9			1.602	97.689
F10			2.167	97.124
G0			1.621	97.670
G1			2.513	96.778
G2			2.296	96.995
G3			2.271	97.020
G4			2.035	97.256
G5			1.707	97.584
G6			1.588	97.703
G7			1.305	97.986
G8			1.645	97.646
G9			1.725	97.566
G10			2.155	97.136
PC3	1.342	98.478		
H0			1.048	97.430
H1			1.858	96.620
H2			1.743	96.735
H3			1.753	96.725

Estación	+	H.I.	-	Elevación
PC3	1.342	98.478		
H4			1.485	96.993
H5			1.149	97.329
H6			1.062	97.416
H7			0.771	97.707
H8			1.140	97.338
H9			1.160	97.318
H10			1.765	96.713
I0			1.055	97.423
I1			1.900	96.578
I2			1.870	96.608
I3			1.916	96.562
I4			1.715	96.763
I5			1.465	97.013
I6			1.283	97.195
I7			1.141	97.337
I8			1.400	97.078
I9			1.447	97.031
I10			1.975	96.503
PC4	1.872	98.375		
J0			0.872	97.503
J1			1.945	96.430
J2			1.932	96.443
J3			1.979	96.396
J4			1.822	96.553
J5			1.635	96.740
J6			1.524	96.851
J7			1.260	97.115
J8			1.501	96.874
J9			1.633	96.742
J10			2.12	96.255
J11			2.410	95.965
K0			0.790	97.585
K1			2.012	96.363
K2			1.987	96.388
K3			2.032	96.343
K4			1.918	96.457
K5			1.749	96.626
K6			1.707	96.668

Estación	+	H.I.	-	Elevación
PC4	1.872	98.375		
K7			1.455	96.920
K8			1.695	96.680
K9			1.840	96.535
K10			2.405	95.970
K11			2.415	95.960
PC5	1.755	97.715		
L0			0.811	96.904
L1			1.589	96.126
L2			1.542	96.173
L3			1.625	96.090
L4			1.549	96.166
L5			1.427	96.288
L6			1.258	96.457
L7			1.063	96.652
L8			1.265	96.450
L9			1.417	96.298
L10			1.790	95.925
L11			2.385	95.330
M0			0.935	96.780
M1			1.535	96.180
M2			1.574	96.141
M3			1.696	96.019
M4			1.561	96.154
M5			1.500	96.215
M6			1.355	96.360
M7			1.112	96.603
M8			1.313	96.402
M9			1.510	96.205
M10			1.895	95.820
M11			2.672	95.043
N0			1.019	96.696
N1			1.595	96.120
N2			1.649	96.066
N3			1.659	96.056
N4			1.622	96.093
PC6	1.524	97.617		
N5			1.393	96.224
N6			1.338	96.279

Estación	+	H.I.	-	Elevación
PC6	1.524	97.617		
N7			1.085	96.532
N8			1.293	96.324
N9			1.505	96.112
N10			1.930	95.687
N11			2.582	95.035
O0			1.019	96.598
O1			1.595	96.022
O2			1.456	96.161
O3			1.582	96.035
O4			1.510	96.107
O5			1.388	96.229
O6			1.331	96.286
O7			1.138	96.479
O8			1.375	96.242
O9			1.632	95.985
O10			1.425	96.192
O11			1.815	95.802
P0			1.105	96.512
P1			1.642	95.975
P2			1.512	96.105
P3			1.612	96.005
P4			1.604	96.013
P5			1.436	96.181
P6			1.285	96.332
P7			1.215	96.402
P8			1.530	96.087
P9			1.696	95.921
P10			2.148	95.469
P11			2.865	94.752
Q0			1.153	96.464
Q1			1.772	95.845
Q2			1.603	96.014
Q3			1.622	95.995
Q4			1.657	95.960
Q5			1.465	96.152
Q6			1.244	96.373
Q7			1.318	96.299
Q8			1.572	96.045

Estación	+	H.I.	-	Elevación
PC6	1.524	97.617		
Q8			1.572	96.045
Q9			1.855	95.762
Q10			2.300	95.317
Q11			3.015	94.602
PC7	2.865	97.467		
R0			1.078	96.389
R1			1.670	95.797
R2			1.470	95.997
R3			1.601	95.866
R4			1.527	95.940
R5			1.368	96.099
R6			1.215	96.252
R7			1.251	96.216
R8			1.515	95.952
R9			1.738	95.729
R10			2.122	95.345
R11			2.975	94.492
S0			1.112	96.355
S1			1.663	95.804
S2			1.473	95.994
S3			1.563	95.904
S4			1.518	95.949
S5			1.423	96.044
S6			1.385	96.082
S7			1.412	96.055
S8			1.641	95.826
S9			1.830	95.637
S10			2.270	95.197
S11			3.105	94.362
T0			1.154	96.313
PC8	1.595	97.908		
T1			1.948	95.960
T2			1.954	95.954
T3			1.952	95.956
T4			1.921	95.987
T5			1.830	96.078
T6			1.851	96.057
T7			1.979	95.929

Estación	+	H.I.	-	Elevación
PC8	1.595	97.908		
T8			2.374	95.534
T9			2.555	95.353
T10			2.990	94.918
T11			3.365	94.543

Fuente: ZESA, 2000

Anexo 8. Plano de bloques, tuberías principales y cable vía.

Fuente: El autor