

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”**



**DIVISIÓN DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE**

**Diseño de un sistema de riego por aspersión fijo subfoliar para  
cultivo de plátano.**

**Presenta:**

**PEDRO BERNABÉ GASPAR**

**Monografía**

**Presentada como Requisito Parcial para**

**Obtener el Título de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.**

**Marzo de 2011.**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO**

**Diseño de un sistema de riego por aspersión fijo subfoliar para  
cultivo de plátano.**

Monografía Realizada Por:

**PEDRO BERNABÉ GASPAR**

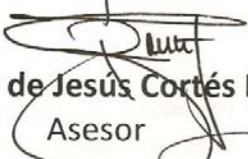
Que somete a consideración del H. Jurado Examinador como  
requisito parcial para obtener el título de:


**INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN**


**APROBADA**

  
**Ing. José Enrique Mandujano Álvarez**  
Asesor Principal

  
**MC. Tomás Reyna Cepeda**  
Asesor

  
**Dr. Javier de Jesús Cortés Bracho**  
Asesor

  
**MC. Luis Samaniego Moreno**  
Asesor

  
**MC. Luis Rodríguez Gutiérrez**  
Coordinador de la División de Ingeniería.

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Marzo de 2011

## AGRADECIMIENTO

En primer lugar, le doy gracias a Dios, por la vida, por marcar mi paso y por permitirme alcanzar una meta más en la vida.

A mi “Alma Mater” por todos los medios otorgados durante mi estancia de estudiante, agradezco infinitamente todo lo que me ha dado, en especial este logro, que sin su apoyo no hubiera sido posible.

Al Departamento de Riego y Drenaje, fuente de sabiduría que día con día me dio la facilidad de prepararme y otorgarme todas las herramientas necesarias para mi vida profesional.

A mis maestros: Dra. Manuela Bolívar, MC. Sergio Garza Vara, Dr. Raúl Rodríguez, Dr. Alejandro Zermeño, Dr. Cortés Bracho, Dr. Felipe de Jesús Ortega, MC. Rolando Sandino, MC. Luis Edmundo, MC. Lindolfo Rojas, Ing. José Enrique Mandujano, MC. Oscar Lemus, MC. Gregorio Briones, M.C. Tomás Reyna Cepeda, M.C. Luis Samaniego Moreno. Con todos ellos eternamente muy agradecido, ya que cada uno otorgo su grano de arena, para llevar a cabo mi formación académica y profesional.

Al Ing. Mandujano, por su incomparable amistad pura e incondicional que en todo momento me ofreció, mis más sinceros agradecimientos.

Al Dr. Cortés Bracho, al MC. Luis Samaniego, al MC. Tomas Reyna Cepeda, por su paciencia en la revisión de este trabajo.

Al Dr. Efraín Castro Narro, por haberme apoyado en todo momento con sus sabios consejos y su amistad incondicional.

Mis sinceros agradecimientos también a: Mary, Toñita, Melqui y Margarita, que también fueron grandes personas y sobre todo grandes amigos.

Agradezco infinitamente también, a todos aquellos que ya sea de manera directa o indirecta colaboraron en la elaboración de esta obra.

## DEDICATORIA

### ***A mis padres:***

Mateo Bernabé y María Gaspar.

Por sus sabios consejos y por haberme inculcado que el éxito se alcanza a través de una lucha persistente, lucha que es capaz de superar barreras y obstáculos en el andar. Gracias papá, gracias mamá este logro también es suyo.

### ***A mis abuelos:***

Gaspar Tomas 2do., por sus sabios consejos, su ejemplo a seguir, sus bendiciones, gracias abuelo. Elena (+), Bernabé (+), Juana (+), también gracias, aun estando en el más allá, se que este triunfo también lo celebran conmigo.

### ***A mis hermanos:***

Domingo, Gaspar, Julio, Elena, Juana, Nicolás, Eulalia (+), Tomás, Horacio y Emilio, gracias hermanos, por haberme apoyado en todo momento y por sus sabios consejos que en todo momento me fueron de gran apoyo.

### ***A mis cuñadas:***

Rosa, Ana, Angelina, por sus consejos y palabras de motivación en cada paso que di durante mi preparación profesional.

### ***Mis cuñados:***

Caño Pedro, Mateo y Julio (Pachis), por sus amistad y apoyo en todo momento.

### ***A mi novia:***

Kande, por ser mi aliento en todo momento, y mi fortaleza en las adversidades.

### ***A mis amigos:***

Yajaira, Elsy Pérez (Wachi), Mibzar, Doni, Royli, Kau, Lucio, Zoro, Julio (Pachis), Lic. Leonario (Primo Leo), Mario (Matute), Alfredo (Tol), Mateo (Mat), Julio (Kola), Tomás (Tomy), Lacho y Milo y a toda la gente de: La Esmeralda de Los Cipreses, Margaritas, Chiapas, México.

### ***A mis compañeros de la generación CX:***

Por haber sido parte de este grupo, juntos pasamos sobre las barreras y hoy hemos superado esta prueba y nunca olviden que somos y seremos *“buitres por siempre”*.

### ***A la familia Bernabé:***

Por ser mi fuente de inspiración en cada momento y etapa de mi preparación; esta obra no hubiera sido posible sin el apoyo de todos ustedes, gracias por haber confiado en mí y por todos los apoyos brindados, esta obra va dedicada a todos ustedes.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO	PÁGINA.
AGRADECIMIENTOS.....	I
DEDICATORIA.....	II
CONTENIDO.....	III
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
RESUMEN.....	VIII
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1. JUSTIFICACION.....	2
1.2. OBJETIVOS.....	3
1.2.1. OBJETIVO GENERAL.....	3
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1.2.3. METAS. ....	3
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>4</b>
2.1. Generalidades del agua.....	4
2.2. Distribución del agua en el planeta.....	4
2.3. Problemática del agua. ....	5
2.4. Sistemas de riego. ....	7
2.4.1. Antecedentes históricos de los sistemas de riego.....	7
2.4.2. Importancia de los sistemas de riego.....	8
2.4.3. Sistemas de riego en México.....	8
2.4.4. Clasificación de los sistemas de riego. ....	9

2.4.5.	Factores que alteran el funcionamiento de los sistemas.....	14
2.4.6	Algunos inconvenientes del riego.....	14
2.5.	El cultivo del plátano.....	16
2.6.	Antecedentes históricos. ....	16
2.7.	Morfología y taxonomía. ....	17
2.8.	Importancia económica y distribución geográfica. ....	19
2.9.	Requerimientos edafoclimáticos. ....	19
2.9.1.	El clima. ....	19
2.9.2.	El suelo. ....	20
3.0.	Propagación.....	21
3.1.	Variedades. ....	21
3.2.	Mejora genética. ....	22
3.3.	Particularidades del cultivo. ....	23
3.3.1.	Plantación. ....	23
3.3.2.	Abono orgánico. ....	24
3.4.	Riego. ....	24
3.5.	Problemas en crecimiento de hojas y producción de racimos.....	26
3.6.	Recolección. ....	26
3.7.	Plagas y enfermedades. ....	27
3.7.1.	Enfermedades causadas por hongos. ....	27
3.7.2.	Enfermedades causadas por bacterias. ....	30
3.7.3.	Enfermedades causadas por virus. ....	31

3.8.	Estadística de los principales países productores y exportadores del plátano a nivel mundial. ....	33
3.8.1.	Valor de las exportaciones de plátano.....	34
3.8.2.	Principales países importadores de plátano. ....	34
3.8.3.	Producción por tipo de plátano en México.....	35
3.8.4.	Principales estados productores de plátano en México por producción.....	35
3.8.5.	Principales estados productores de plátano en México por superficie.....	36
3.8.6.	Principales municipios en Veracruz por producción de plátano.....	37
3.8.7.	Principales municipios en Veracruz por su valor en peso.....	37
3.8.8.	Principales municipios en Veracruz por superficie cosechada.....	38
3.8.9.	Datos del plátano para el estado de Veracruz a diciembre 2009.....	38
<b>4.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>40</b>
4.1.	Aspectos generales. ....	40
4.2.	Propósito del diseño.....	40
4.3.	Localización.....	40
4.4.	Vías de comunicación.....	41
4.5.	Hidrografía.....	41
4.6.	Climatología.....	41
4.7.	Temperatura.....	41
4.8.	Precipitación.....	41
4.9.	Uso de suelos.....	41

<b>5. DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN FIJO SUBFOLIAR PARA PLÁTANO.</b>	<b>42</b>
5.1. Estudios técnicos.....	42
5.2. Datos básicos para el diseño.....	44
5.3. Diseño agronómico.....	46
5.4. Diseño hidráulico.....	47
5.5. Presupuesto de obra.....	50
5.6. Catálogo de obra.....	51
<b>6. CONCLUSIÓN.....</b>	<b>52</b>
<b>7. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>53</b>
<b>8. ANEXOS.....</b>	<b>56</b>



## ÍNDICE DE TABLAS.

TABLAS	PÁGINA.
1. COMPARACIÓN DE EFICIENCIA DE LOS SISTEMAS DE RIEGO (%).....	13
2. PRINCIPALES PAÍSES PRODUCTORES DE PLÁTANO (TONELADAS).....	33
3. PRINCIPALES PAÍSES EXPORTADORES DE PLÁTANO (TONELADAS).....	33
4. VALOR DE LAS EXPORTACIONES DE PLÁTANO.....	34
5. PRINCIPALES PAÍSES IMPORTADORES DEL PLÁTANO.....	34
6. PRODUCCIÓN POR TIPO DE PLÁTANO EN MÉXICO.....	35
7. PRINCIPALES ESTADOS EN MÉXICO POR PRODUCCION DE PLÁTANO (TON).....	35
8. PRINCIPALES ESTADOS EN MÉXICO POR SUPERFICIE COSECHADA DE PLÁTANO.....	36
9. PRINCIPALES ESTADOS EN MÉXICO POR VALOR DE PRODUCCIÓN COSECHADA.....	36
10. PRINCIPALES MUNICIPIOS EN VERACRUZ POR PRODUCCIÓN DE PLÁTANO.....	37
11. PRINCIPALES MUNICIPIOS EN VERACRUZ POR VALOR DE LA PRODUCCIÓN.....	37
12. PRINCIPALES MUNICIPIOS EN VERACRUZ POR SUPERFICIE COSECHADA.....	38
13. DATOS DE PLÁTANO EN EL ESTADO DE VERACRUZ A DICIEMBRE DE 2009.....	38
14. CÁLCULO DE PRECIPITACIÓN EFECTIVA.....	43
15. EVAPOTRANSPIRACIÓN.....	43
16. DATOS BÁSICOS PARA EL DISEÑO.....	44
17. PRESUPUESTO DE OBRA.....	50
18. CATÁLAGO DE OBRA.....	51

## **RESUMEN.**

El agua en el planeta, ha sido siempre el motor que ha dado vida a las diferentes generaciones que han vivido sobre ella. Este vital líquido ha sido el fundamento de las grandes civilizaciones, desde los tiempos pasados hasta hoy en día.

Por ser un recurso no renovable, debería ser cuidado como lo más fundamental que se tiene en el planeta, sin embargo la historia del estudio del agua enseña que a través de las grandes transformaciones que ha sufrido el planeta, a medida que ello crece así ha crecido el problema que hoy en día con tanta frecuencia se enfrenta a nivel mundial, refiriéndose a la escasez y la contaminación del agua; problema que no es otra cosa que el resultado de la falta de cultura de tomar consciencia sobre el cuidado de éste vital líquido.

Debido a la escasez de agua, se han implementado diferentes sistemas de uso racional, esto va de acuerdo al lugar en donde se efectúe el uso del vital líquido. En el campo agrícola por ejemplo, para atender el problema de la escasez y uso eficiente del agua, el riego en los cultivos se hace mediante el auxilio de un sistema de riego que permite dar un manejo adecuado del agua.

La eficiencia de un sistema de riego depende, entre otros, del diseño, mantenimiento y operación del sistema, así como de factores climáticos que afectan positiva o negativamente y de forma directa o indirecta.

Palabras clave: cultivo de plátano, generalidades del agua, sistemas de riego, diseño de sistema de riego.

## 1. INTRODUCCIÓN.

### *¡El agua en el planeta es el monumento de la existencia de todo ser con vida!*

La escasez de este vital líquido obliga a reiterar nuevamente una llamada a la moderación de consumo por parte de la población a nivel mundial, ya que sin su colaboración los esfuerzos técnicos que llevan a cabo algunas organizaciones resultarían insuficientes. Este problema que se presenta en la actualidad es un tema que cada día ocupa más la atención de científicos, técnicos, políticos y en general, de muchos de los habitantes del planeta.

La necesidad de lograr un equilibrio hidrológico que asegure el abasto suficiente de agua a la población se logrará armonizando la disponibilidad natural con las extracciones del recurso mediante el uso eficiente del agua.

En el mundo, del 100% del agua que existe, un 97.5% de ella es salada y sólo un 2.5% es agua dulce. De este último porcentaje el 70% está bloqueada, es decir, está retenida en casquetes polares o en hielos eternos; un 29.6% está almacenada y sólo un 0.4% está disponible para el consumo humano del planeta. De acuerdo a estos porcentajes se vislumbra que realmente es poca la cantidad de agua que se tiene disponible para el consumo humano ya que esta cantidad abastece a los más de 6,000 millones de seres humanos que habitan sobre el planeta. La cantidad de agua en el planeta no ha cambiado, es la misma de siempre, la misma que ha mantenido húmeda la superficie de la tierra.

La aplicación del agua de riego para los cultivos, anteriormente se hacía con métodos antiguos o primitivos, uno de los primeros sistemas de riego es el rodado o sistema de riego por superficie, pero su eficiencia es menor que los sistemas de riego presurizados, aun sigue siendo el más usado en la actualidad debido a su bajo costo de inversión.

Los sistemas de riego se usan mayormente en las regiones áridas y semiáridas donde la economía depende básicamente de la agricultura, de igual forma en las regiones donde el exceso afecta en las partes bajas del terreno y mediante un sistema de bombeo se distribuya el agua de forma equitativa sobre la superficie del terreno del cultivo. Los sistemas de riego se diseñan de acuerdo a las condiciones climáticas de la región donde se operará el sistema, también se consideran los tipos de cultivos para los cuales serán útiles, antes de hacer cualquier diseño se determina la disponibilidad de recurso hídrico.

Para este trabajo se tomarán en cuenta todos los aspectos necesarios para el diseño de un sistema de riego por aspersión para cultivo de plátano, lo cual es indispensable para llevar a cabo el análisis de los cálculos agronómicos e hidráulicos que son fundamentales para el diseño, se mencionarán durante el desarrollo de este trabajo.

## **1.1 JUSTIFICACIÓN.**

Los sistemas de riego se diseñan con un fin muy claro y preciso, satisfacer las necesidades hídricas de un cultivo durante todas sus etapas vegetativas para evitar que tenga déficit hídrico, la aplicación adecuada del agua de riego impide que la planta por diferencial de temperatura se someta a estrés hídrico, dando como consecuencia una producción de menor porcentaje ó en casos extremos provocando la pérdida total de la producción.

La función del sistema de riego será distribuir el agua entre las plantas del cultivo de forma equitativa de tal manera que ninguna planta reciba más ó menos agua que la otra.

Ningún sistema de riego es mejor que otro, simplemente cada uno se adapta a la razón por la que fue diseñado, para así cumplir satisfactoriamente en la demanda donde se es requerida.

El riego por aspersión se considera una alternativa de aplicación eficiente y adecuada del agua para el cultivo de plátano, ya que este tipo de sistema cumple con las expectativas de demanda del cultivo, tiene la capacidad de aplicar el agua a la planta directamente al área subfoliar sin afectar la parte de las hojas, permitiendo elevar su eficiencia de aplicación, se usarán aspersores de ángulo bajo para evitar afectar el área foliar de la planta. La eficiencia del sistema es del aproximadamente de 85%.

## **1.2. OBJETIVOS.**

### **1.2.1. OBJETIVO GENERAL.**

Diseñar un sistema de riego por aspersión fijo subfoliar, para un área de cultivo de plátano en la localidad de San Rafael, Veracruz.

### **1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

Recabar información del terreno para conocer el área donde se pretende establecer el sistema de riego, mediante visitas de campo y levantamiento topográfico con GPS.

Obtener información del cultivo de plátano, así como información climatológica de la región para evaluar la demanda de consumo de agua.

Recabar información sobre la descripción socioeconómica del lugar, con la finalidad de conocer la situación actual de la población.

Obtener información de precios de materiales para calcular el costo del sistema de riego.

### **1.2.3. METAS.**

Diseñar un sistema de riego por aspersión fijo subfoliar para el cultivo de plátano en una superficie de 5 hectáreas que cumpla con la demanda de agua para el cultivo, que sea eficiente y sustentable, con la finalidad de mejorar la productividad y rentabilidad del cultivo.

Al instalar y poner en operación el sistema de riego se generarán fuentes de empleo durante la operación del sistema, de igual forma durante las diferentes etapas de producción del cultivo.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA.**

### **2.1. GENERALIDADES DEL AGUA.**

El volumen total de agua en el mundo se mantiene constante. Lo que cambia es su calidad y la disponibilidad. El agua es constantemente reciclada, un sistema conocido como el ciclo del agua o ciclo hidrológico, es una muestra muy clara del reciclaje del agua.

El agua es una sustancia abiótica la más importante de la tierra y uno de los más principales constituyentes del medio ambiente y de la materia viva. En estado líquido aproximadamente un gran porcentaje de la superficie terrestre está cubierta por agua que se distribuye por cuencas saladas y dulces, las primeras forman los océanos y mares; las segundas por los lagos y lagunas, etc.; como gas constituyente la humedad atmosférica y en forma sólida la nieve o el hielo.

México, un país rico en recursos naturales, obtiene el agua que consume la población de fuentes tales como ríos, arroyos y acuíferos del subsuelo. Estos acuíferos se recargan de forma natural en época de lluvias. Sin embargo, la época de lluvias tiene una duración promedio de cuatro meses lo que propicia una escasa captación. Aunado a esto, del total de agua captada por lluvias, aproximadamente el 70% se evapora. La desproporción que existe entre la cantidad de agua que se capta por escurrimiento y las extensiones territoriales que comprenden aunado a la corta temporada de lluvias hace que la disponibilidad del agua sea cada vez menor. Bajo este panorama México enfrenta actualmente graves problemas de disponibilidad, desperdicio y contaminación del agua. (Ramírez, 2000).

### **2.2. DISTRIBUCIÓN DEL AGUA EN EL PLANETA.**

El 75% de la superficie del mundo está cubierta por agua, solamente el 2.5% del agua disponible es dulce, mientras que el restante 97.5% es agua salada. Casi el 70% del agua dulce está congelado en los glaciares, y la mayor parte del resto se presenta como humedad en el suelo, o yace en profundas capas acuíferas subterráneas inaccesibles.

Menos del 1% de los recursos de agua dulce del mundo están disponibles para el consumo humano. La tercera parte de los países en regiones con gran demanda de agua podrían enfrentar escasez severa de agua en éste siglo, y para el 2,025, dos tercios de la población mundial probablemente vivan en países con escasez moderada o severa.

La distribución de los recursos de agua dulce es muy desigual. Las zonas áridas y semiáridas del mundo constituyen el 40% de la masa terrestre, y estas disponen solamente del 2% de la precipitación mundial. (Ramírez, 2000).

### **2.3. PROBLEMÁTICA DEL AGUA.**

La oferta de alimentos de muchos países en desarrollo depende del agua subterránea que se utiliza para irrigación. Si ese recurso no se administra de forma más sostenible, probablemente algunas de las zonas más pobladas del mundo tengan que enfrentarse a una crisis profunda en el futuro. (Ramírez, 2000).

El primer estudio global del Instituto Internacional para el Manejo del Agua (IWMI, según sus siglas en inglés) sobre la escasez del agua, publicado en el año 1,998, puso de manifiesto que el agotamiento incontrolado de las capas acuíferas subterráneas representaba una seria amenaza para la seguridad de los alimentos en muchos países en desarrollo.

En esos países, el agua subterránea se ha convertido en el sostén principal de las actividades agroalimentarias. Sin embargo, ese valioso recurso no se está utilizando de manera sostenible. En los países en los que se depende del agua subterránea para la irrigación, el exceso de extracción de agua está provocando que los niveles freáticos de agua dulce estén descendiendo a un ritmo muy alarmante.

Las consecuencias derivadas de no intentar solucionar ese problema son potencialmente catastróficas, especialmente para las poblaciones más pobres, que son las que más padecen la escasez del agua. Son tres los problemas principales que caracterizan a la utilización del agua subterránea: el agotamiento debido a un exceso de extracción de este recurso; las inundaciones y la salinización causada por un drenaje deficiente; y finalmente, la contaminación, debida a las actividades intensivas agrícolas, industriales y de otro tipo. (Ramírez, 2000).

Los usos del agua se determinan de acuerdo a la ubicación geográfica del lugar, la economía que tiene, las actividades que realizan los miembros de la comunidad y el contexto cultural en el que se combinan cada uno de los aspectos anteriores. Cada vez es más frecuente ver como algunas acciones que se realizan en diversas comunidades deterioran no sólo la calidad del agua, sino también conducen hacia la racionalización severa del recurso para poder cubrir las necesidades de todos los pobladores. Esta situación dará como resultado en pocos años una escasez del agua que pondría en riesgo el desarrollo social de todos.

Si bien es importante que cada persona valore el uso del agua para sus actividades básicas, es necesaria la organización comunitaria para el manejo eficiente del agua que permita preservarla a futuro. Aproximadamente 1,100 millones de personas, es decir, el 18% de la población mundial, no tienen acceso a fuentes seguras de agua potable, y más de 2,400 millones de personas carecen de saneamiento adecuado. En los países en desarrollo, más de 2,200 millones de personas, la mayoría de ellos niños, mueren cada año a causa de enfermedades asociadas con la falta de acceso al agua potable, saneamiento inadecuado e insalubridad. (Ramírez, 2000).

Además, gran parte de las personas que viven en los países en desarrollo sufren de enfermedades causadas directa o indirectamente por el consumo de agua o alimentos contaminados o por organismos portadores de enfermedades que se reproducen en el agua. Con el suministro adecuado de agua potable y de saneamiento, la incidencia de contraer algunas enfermedades y consiguiente muerte podrían reducirse hasta en un 75%.

El consumo de agua en algunas áreas ha tenido impactos dramáticos sobre el medio ambiente. En áreas de los Estados Unidos, China y la India, se está consumiendo agua subterránea con más rapidez de la que se repone, y los niveles hidrostáticos disminuyen constantemente. Algunos ríos, tales como el Río Colorado en el oeste de los Estados Unidos y el Río Amarillo en China, con frecuencia se secan antes de llegar al mar.

La escasez de agua dulce es uno de los siete problemas ambientales fundamentales presentados en el Informe "Perspectivas del Medio Ambiente Mundial" del PNUMA. En una encuesta realizada a 200 científicos lo señalaban, junto al cambio climático, como el principal problema del nuevo siglo. De forma sencilla se puede decir que estamos alcanzando el límite de extraer agua dulce de la superficie terrestre, pero el consumo no deja de aumentar. (Ramírez, 2000).

Sin embargo, una gran amenaza la constituye el efecto que el cambio climático tendrá sobre el ciclo hidrológico y la disponibilidad de agua dulce. Básicamente se agravarán las condiciones de escasez de las zonas que ya son áridas (menos lluvias y mayor evaporación). El consumo global de agua dulce se ha multiplicado por seis entre 1900 y 1995 mientras que la población sólo lo ha hecho por tres. El sector agrícola es el mayor consumidor de agua con el 70%, no sólo porque la superficie irrigada en el mundo ha tenido que quintuplicarse sino porque no se cuenta con un sistema de riego eficiente, razón principal que provoca que las pérdidas se tornen monumentales.



Debido a que los suministros de agua dulce son el elemento esencial que permite la supervivencia y el desarrollo de la humanidad, se debe suministrar el uso del agua a los campos de cultivo mediante sistemas que permitan la distribución equitativa y eficiente para aprovecharlo de manera adecuada, para lograr esto, se recurre al diseño y uso de sistemas de riego, que son una alternativa de uso eficiente del agua.

## **2.4. SISTEMAS DE RIEGO.**

El aplicar agua por métodos artificiales a cualquier superficie dedicada al cultivo de plantas se denomina riego.

El método natural de aplicación de agua es la lluvia.

La distribución de la lluvia sobre el planeta es irregular y depende de la forma de la tierra, de los mares, las montañas y la vegetación. Depende también de factores climatológicos como la temperatura y los vientos. Esto hace más ó menos posible y más o menos abundante el proceso continuo de la evaporación-condensación-precipitación.

El agua, como elemento fundamental en la vida del hombre sobre la tierra, no se reparte por igual en todas las zonas del planeta, por lo que actualmente se ha considerado los sistemas de riego como una alternativa de aplicación del agua de forma adecuada y responsable en los campos de cultivo. (Covarrubias y Cisneros, 2002).

### **2.4.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LOS SISTEMAS DE RIEGO.**

El hombre desde la antigüedad tuvo que ingeniárselas para traer agua donde él se había ido estableciendo.

Se construyeron los primeros pantanos, los acueductos, los canales de riego para poder cultivar las plantas que eran necesarias para su subsistencia.

Durante muchos siglos la economía de los pueblos se basaba en la agricultura como economía de subsistencia primero y como base de riqueza después.

El dominio del agua es decir, su capacidad de almacenamiento y las técnicas de distribución, fueron determinantes para aquellas zonas donde la lluvia era irregular o llovía por épocas.

En las faldas de los Andes peruanos se encontraron los restos de los canales de irrigación más antiguos, conocidos hasta ahora en Sudamérica (Los Canales del Valle Zaña, a 620 km

al noroeste de Lima). Existen yacimientos en el área que tienen canales que datan de 5,300 años atrás, (Marín, 2008).

#### **2.4.2. IMPORTANCIA DE LOS SISTEMAS DE RIEGO.**

La necesidad de riego surge a partir del incremento de la insuficiencia alimentaria dado por el crecimiento de la población y la dificultad del cultivo en áreas semi-áridas o secas. A nivel mundial las zonas secas y semisecas con precipitaciones menores de 500 mm ocupan cerca del 60% de la superficie de la tierra firme. Entre las zonas más secas se encuentran

Australia (82% de la superficie), África (50%), Asia (45%), y América del Norte y del Sur (28% y 21% respectivamente), (Enciso, 2005).

De la superficie total mundial normalmente se cultiva cerca del 11%. Cerca de un 40% de las tierras cultivables se encuentra en zonas húmedas, alrededor de un 40% en zonas secas donde el riego complementario puede triplicar la producción agrícola; el 15% se encuentra en zonas semisecas donde el riego puede duplicar el volumen de la producción agrícola, tanto por el aumento de las áreas de siembra como por el aumento del rendimiento de la cosecha y el 5% restante de todas las tierras cultivables se encuentra en zonas intermedias donde la agricultura sin riego es prácticamente imposible.

En México existen alrededor de 200 millones de hectáreas de superficie total. Para efectos agropecuarios, las zonas áridas ocupan el 50% de la superficie, las semiáridas 14%; 19% corresponden a las zonas templadas, y las zonas tropicales húmedas son equivalente al 12.5%. Solo el 16% es potencialmente cultivable y de ese porcentaje el 82% ya están abiertas al cultivo, por lo que quedan tan solo 18% de la tierra arable para expansiones futuras, (Enciso, 2005).

Además de que el riego permite la accesibilidad del cultivo donde no es viable por las características climáticas, también permite intensificar la producción en las áreas de cultivo. Por ejemplo el 17% de las tierras cultivables del mundo, se obtiene más del 50% de toda la producción agrícola. En los países del Cercano Oriente las tierras irrigadas ocupan un 36% de los campos agrícolas y suministran un 70% de la producción agrícola (Enciso, 2005).

#### **2.4.3. SISTEMAS DE RIEGO EN MÉXICO.**

En México, anualmente se cosechan alrededor de 19 millones de hectáreas, de las cuales 6.3 millones cuentan con infraestructura de riego, por lo que el país se ubica en el sexto lugar a nivel mundial en este rubro para el año 2002, aunque de la superficie total de

riego, sólo se cosecharon 4.7 millones de hectáreas. De esta superficie aproximadamente el 60% se concentra en 80 distritos de riego y la restante distribuida en aproximadamente 30,000 unidades de riego y en pozos particulares.

Entre los estados con mayor número de unidades de riego y de superficie cultivada por miles de kilómetros cuadrados son, Jalisco, Sinaloa, Michoacán, Guanajuato, Zacatecas y Estado de México. Algunos de los cultivos predominantes en estas entidades son, el sorgo, maíz, frijol, trigo, papa, jitomate, aguacate y chile. (Enciso, 1995).

La mayor parte del origen del agua para irrigación que utilizan los estados de Jalisco, Michoacán, Guanajuato y parte de Zacatecas es de origen superficial, es decir, de ríos y lagos. Lo que quiere decir que la producción agrícola del país provino en su mayoría de estos estados en 1,999 (CNA, 2002).

El sistema de riego que mayor demanda registra en México es el de tubería de compuertas (superficial), siguiendo en forma descendente los de micro aspersión, goteo, aspersión y pivote central, principalmente.

De una muestra de 487 observaciones del Sistema de Evaluación de las Unidades de Riego versión 3.0 se observó que el 78.6% contaban con riego superficial y el 21.3% con riego presurizado o localizado, por lo que en general los sistemas comunes de riego presentan baja eficiencia en la conducción, distribución y aplicación del agua, lo que da como resultado una sobreexplotación de los mantos acuíferos y el incremento de áreas con problemas de salinidad, y que aunado a lo anterior, solamente el 8% de la superficie bajo riego está debidamente tecnificada (Contijoch, 1997).

#### **2.4.4. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE RIEGO.**

Existen distintas formas de riego, superficial, presurizado y subsuperficial. Sin embargo, independientemente de la forma de riego que se utilice, se observa que el ingreso promedio de los campesinos es casi tres veces mayor a su contraparte sin irrigación y la proporción de sus costos con respecto a sus ingresos disminuye sustancialmente para cualquier extensión de tierra. Esto se debe principalmente a que incrementa los retornos por unidad de tierra cultivada y la variedad de granos utilizados (particularmente los intensivos en agua), manteniendo todo lo demás constante, y ayudando a reducir el riesgo asociado con las variaciones de las lluvias (Monari, 2001).

Como podemos ver, el acceso al riego permite practicar la agricultura donde no es viable, intensifica (incrementos en la productividad) y diversifica las cosechas, así como también

contribuye al incremento del ingreso de los campesinos. Son por estas razones que el riego no solo contribuye a la tecnificación del campo, sino también al crecimiento sostenido del sector agropecuario.

De acuerdo a Enciso (1995) los métodos de riego se diferencian por la forma en que se aplica el agua en el suelo. Actualmente existen tres métodos básicos: superficial, en el que el agua se aplica sobre la superficie del suelo; presurizado o localizado, el agua es conducida a presión por tuberías, hasta un emisor en el punto de aplicación; y subsuperficial, en el que el agua se aplica por debajo de la superficie del suelo. Los sistemas de riego más importantes para cada método son el sistema de riego por gravedad (superficial), los sistemas de riego por aspersión, micro aspersión y goteo (presurizado) y el riego subterráneo (subsuperficial). Estos serán descritos detalladamente más adelante.

#### **EL RIEGO SUPERFICIAL POR GRAVEDAD.**

En el riego superficial por gravedad, el agua se distribuye directamente por la superficie del campo por gravedad a través de surcos, las porciones de tierra y las terrazas planas, y se caracteriza por ser técnicamente imperfecto, además de contar con una baja eficiencia de riego, lo que quiere decir, que existe un rango de 40 a 60% aproximadamente del agua que es utilizada por el cultivo con respecto al total aplicado, por lo cual éste sistema requiere una futura mecanización y automatización o su sustitución por otro método de riego más tecnificado. La ventaja fundamental de este método sobre los demás consiste en que para su práctica no se requieren gastos adicionales de energía eléctrica.

Entre las desventajas de este método se encuentran:

La necesidad de trabajo manual.

La dependencia de las condiciones del relieve.

La destrucción de la estructura del suelo.

La dificultad de regulación del grado de humedad y su uniformidad en el suelo.

La restricción en la mecanización de los procesos de la agricultura.

#### **EL RIEGO POR ASPERSIÓN.**

En el riego por aspersión, el agua se distribuye en el campo en forma de llovizna artificial, con la finalidad de reproducir una lluvia natural, por medio del rociado del agua sobre la superficie del suelo a través de equipo especiales de rociado. La eficiencia de riego para este sistema de riego es en promedio de 85%. Se utiliza con preferencia en las zonas de

humedad inestable y por lo general para irrigar cultivos de hortalizas, forrajes y frutales, y para suelos ligeros y de poca potencia en terrenos cultivables.

Las ventajas del riego por aspersión de acuerdo con Aidárov (1986), son:

Conservación de la estructura del suelo cuando tiene lugar una lluvia con la correspondiente intensidad y grosor de las gotas y adecuada a las propiedades hidrofísicas del suelo dado.

Posibilidad de regular con precisión la profundidad de humectación del suelo. Posibilidad de utilizarlo en un micro relieve complejo y en pendientes elevadas.

Humedecimiento no sólo del suelo, sino también de las plantas, lo que provoca un aumento de la humedad de la capa superficial de suelo, lo cual disminuye la intensidad de la evaporación y también influye positivamente en el desarrollo fisiológico de las plantas.

Creación de condiciones para un nivel más alto de mecanización de los procesos agrícolas en los campos.

Aseguramiento de un coeficiente más alto de aprovechamiento de la tierra del territorio irrigado y del rendimiento del sistema de riego.

Posibilidad de preparar el riego contra heladas.

Eliminar o reducir al mínimo los canales colectores y de desagüe de la red.

Una de los aspectos más importantes del riego por aspersión es la calidad de la lluvia creada artificialmente. Es sabido que no todas las lluvias naturales tienen igual importancia para la agricultura. La importancia de las lluvias, se caracterizan por la cantidad de agua que cae en una unidad de tiempo, es decir, la llamada intensidad de la lluvia. Una de las exigencias que se presentan al riego por aspersión de los cultivos agrícolas, es la necesidad de crear una lluvia con una intensidad que no sea mayor que la velocidad de infiltración del agua en el suelo dado.

La intensidad de la lluvia se regulará según la permeabilidad del suelo, es decir a mayor permeabilidad es posible utilizar mayor intensidad de lluvia, sin embargo a baja permeabilidad se necesita una intensidad baja de la lluvia, lo que provoca un rendimiento bajo de las instalaciones de riego por aspersión, al igual que grandes gastos de energía para crear la lluvia, un aumento de la evaporación del agua en el aire y un alargamiento de los plazos.

Además de la dificultad que se menciona anteriormente para la obtención de una lluvia de buena calidad, existen otros aspectos deficientes del riego por aspersión:

La necesidad de energía mecánica para el trabajo de algunos aspersores.

La influencia del viento en la uniformidad del riego en el área.

La necesidad del traslado de los tubos y las instalaciones aspersores por el campo y el gasto de trabajo necesario para ello.

Cuando no se tiene experiencia en el manejo de un sistema de riego, a través de este trabajo nos damos cuenta que el riego por aspersión es un sistema muy eficiente al conocer las ventajas antes mencionadas, pero todo estos beneficios no se pueden alcanzar a su máximo porcentaje, cuando no se consideran las recomendaciones del diseñador u operador que ya haya manejado el sistema, esto es muy importante, ya que el hecho de mencionar que se implementara un sistema de riego en el campo, no significa que llevará la producción a un porcentaje más alto si no se consideran los detalles mínimos, tanto en el diseño, operación y mantenimiento del sistema.

Para este proyecto se ha optado por el riego por aspersión, debido a las ventajas que nos ofrece, y de acuerdo a sus características, es el que más se adapta de acuerdo al cultivo a las necesidades y demandas del cultivo que se pretende manejar para este diseño. El sistema para el cultivo de plátano, nos ofrece un alto porcentaje de buena aplicación del agua en forma de lluvia artificial, lo cual nos indica que se podrá mejorar el porcentaje de necesidad hídrica de la planta y lo cual reflejará estadísticamente una mayor producción para nuestro cultivo.

### **EL RIEGO POR GOTEO.**

En el riego por goteo, el agua se suministra en forma de gotas directamente a la zona radicular de cada planta en cantidades extraordinariamente pequeñas (gota a gota) de agua mezclada con fertilizantes, utilizando dispositivos especiales que se colocan en el terreno, encima de la superficie de la tierra o debajo de ella. La eficiencia de riego para este sistema es en promedio del 95%.

#### **Las ventajas del riego por goteo son:**

Ahorro de agua (reduce las pérdidas de agua hasta un 70% en comparación con el riego por aspersión), lo que es de especial importancia cuando se trata de regiones secas, y al no contar con reservas suficientes de agua en la fuente de irrigación.

No hay la necesidad de nivelar el territorio.

Es posible introducir, de forma más productiva, los fertilizantes junto con el agua.

Se conserva una alta aireación del suelo.

**Las desventajas del riego por goteo son:**

Es un sistema muy caro de instalar, por lo que existe una limitación de tipo económico en su aplicación a los cultivos. No todos los cultivos son tan rentables como para justificar las fuertes inversiones que el goteo supone. En zonas frías y con cultivos sensibles a las heladas, el riego por goteo no protege contra las mismas, por lo que su uso debe descartarse. Si se proyecta o se instala mal, puede ocasionar la pérdida de la cosecha por falta de agua o nutrientes. En zonas áridas en que no existe posibilidad de lavado, el uso sistemático y durante varios años de aguas de mala calidad puede arruinar los terrenos de cultivo si no se riega de forma adecuada.

Obstrucción de los goteros por las partículas que arrastra el agua, y que, en ocasiones puede acarrear daños a la instalación y al cultivo. Se necesita una mayor cualificación por parte de los usuarios, que en cualquiera de los otros sistemas de riego. A continuación se presenta la Tabla 1 en donde se muestra la eficiencia de los sistemas de riego en porcentajes.

<b>sistemas de riego</b>	<b>eficiencia(%)</b>
<b>Riego por inundación</b>	<b>60%</b>
<b>Riego por surcos</b>	<b>70%</b>
<b>Riego por aspersión</b>	<b>80%</b>
<b>Riego por goteo</b>	<b>95%</b>

fuelle:<http://www.slideshare.net/csemidei/sistemas-de-riego-presentation>

**EL RIEGO SUBTERRÁNEO.**

En el riego subterráneo, el humedecimiento del suelo se realiza con el agua que se hace llegar al suelo por medio de humidificadores especiales colocados a una profundidad de 40-45 cm de la superficie y a determinadas distancias unos de otros en dependencia del sistema de riego (habitualmente entre 0.7-2.0 m). Los humidificadores subterráneos generalmente se construyen en forma de tubos permeables.

**Las ventajas del riego subterráneo son:**

En las capas superiores del suelo se conserva su estructura y no se crea costra.

En la superficie del campo no hay que mantener una red de riego permanente, lo que facilita el cultivo mecanizado.

Disminuye el desarrollo de hierbas malas y de parásitos agrícolas en el campo; se reducen los gastos en fuerza de trabajo para el riego.

**Las desventajas del riego subterráneo son:**

La poca humidificación de la capa superior del suelo, lo que exige con frecuencia que se realice la irrigación por aspersión cuando la humedad de la primavera no es suficiente para que broten las plantas (esta circunstancia, como es obvio, hace más cara y complica o limita su utilización). En ocasiones, una parte del agua se escapa por debajo de la capa activa del suelo.

La utilización limitada en los suelos salinos.

Un control deficiente del trabajo de los humidificadores.

Un alto costo del sistema de riego (Enciso, 1995).

**2.4.5. FACTORES QUE ALTERAN EL FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS.**

En este trabajo se diseñará un sistema de riego por aspersión, por lo que es necesario mencionar que dentro de los factores que ocasionan cierto margen de error en el funcionamiento del sistema es el viento, ya que afecta la distribución del agua pues la velocidad del viento puede desviar la dirección del chorro de agua e impide su llegada hacia su destino.

También las diferentes variaciones de los factores climáticos como: la temperatura, la humedad, pueden afectar el funcionamiento del sistema, principalmente en las variaciones bruscas de temperaturas, ya se baja o alta temperatura; por lo que es recomendable considerarlos antes de realizar el diseño.

**2.4.6. ALGUNOS INCONVENIENTES DEL RIEGO.**

Una vez analizadas las ventajas del buen uso del riego, es necesario estudiar las consecuencias que traen las malas técnicas de irrigación, por ejemplo, las pérdidas de agua, la contaminación de la misma, y salinidad de los suelos.



Las pérdidas de agua, se dan por no llegar a la zona de raíces, y es causada por percolación profunda, es decir cuando se escurre el agua por sobrepasar la velocidad de infiltración del agua al suelo, escurrimientos y evaporación. Estas mermas se presentan siempre, a pesar de que se calcula el requerimiento de agua del cultivo y varían de acuerdo con el sistema de riego (Enciso, 1995).

La contaminación del agua ocurre principalmente cuando se ha sobreestimado el requerimiento de riego de un cultivo, ya que una buena fracción de los agroquímicos disueltos en agua se mueven con el agua que se mueve, como es el caso de la mayoría de los fertilizantes nitrogenados que son una amenaza ambiental cuando éstos llegan a los mantos acuíferos (Ojeda y Herrera, 2000).

Las sales son benéficas para las plantas, pero cuando se acumulan en concentraciones mayores de 5 g L<sup>-1</sup> aumentan la presión osmótica del agua; es decir, las plantas realizan un mayor esfuerzo para absorber tanto el agua, como al calcio (Ca), azufre (S), hierro (Fe) y manganeso (Mn), y en su lugar se asimilan grandes cantidades de sodio (Na), cloro (Cl) y magnesio (Mg), disminuyendo la evapotranspiración y debilitando el proceso de fotosíntesis.

Todo esto provoca un retraso en el crecimiento de las plantas y el descenso del rendimiento de las cosechas (Aidarov, 1986).

Según la información de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO, no menos de un 50% del área de las tierras irrigadas del mundo están salinizadas y producen muy poco o han sido eliminadas totalmente de la agricultura (Aidárov, 1985). En México 15% aproximadamente de los seis millones de hectáreas bajo riego cuentan con problemas de salinidad o sodicidad (Enciso, 1995).

Si se aplica una lámina de un metro, y el agua tiene una conductividad eléctrica de 0.4 ds m<sup>-1</sup> (256 ppm) proporcionará 2.6 Ton ha<sup>-1</sup> de sal al suelo.

Los sistemas de riego presurizados se utilizan con más preferencia respecto al superficial, cuando se encuentren una o más de las siguientes condiciones: terrenos con pendiente pronunciada, donde el relieve tenga montículos o depresiones, los cultivos sean de alto valor económico, el suelo tenga una velocidad de infiltración media o baja capacidad de retención de humedad, y por último, cuando los costos del agua son elevados.

Según (Rojas y Briones, 2001), el riego por aspersión tiene la capacidad de regar varios cultivos como: forrajes, cereales, cultivos hortícolas, frutales. Este sistema se adapta a

todo tipo de suelos, es inadecuado para suelos de muy baja velocidad de infiltración, sin embargo, se puede utilizar desde suelos poco profundos hasta suelos de alta erodabilidad.

La pendiente que se utiliza para este tipo de sistema puede variar, desde pendientes fuertes a pendientes irregulares. Los gastos utilizados para el sistema pueden ser gastos mayores o relativamente pequeños, de acuerdo a la disponibilidad con se cuenta.

Dentro de los cultivos que se ha mencionado, a continuación se dará seguimiento al análisis y diseño de un sistema de riego por aspersión para el cultivo del plátano.

## **2.5. CULTIVO DEL PLÁTANO.**

El plátano es el cuarto cultivo más importante del mundo, después del arroz, el trigo y el maíz. Además de ser considerado un producto básico y de exportación, constituyendo una importante fuente de empleo e ingresos en numerosos países en desarrollo.

Los países latinoamericanos y del Caribe producen el grueso de los plátanos que entran en el comercio internacional, unos 10 millones de toneladas, del total mundial de 12 millones de toneladas. (CVCA, 2010).

## **2.6. ANTECEDENTES HISTÓRICOS.**

El banano y plátano, es un frutal cuyo origen se considera del sureste asiático, incluyendo el norte de la India, Burma, Camboya y parte de la China sur, así como las Islas mayores de Sumatra, Java, Borneo, las Filipinas y Taiwán.

Las más antiguas referencias relativas al cultivo del plátano proceden de la India, donde aparecen citas en la poesía épica del budismo primitivo de los años 500-600 A.C. Otra referencia encontrada en los escritos del budismo Jataka, hacia el año 350 antes de Cristo, sugiere la existencia, hace 2,000 años, de una fruta tan grande como "colmillo de elefante".

En el mediterráneo de los tiempos clásicos, el plátano solo se conocía de oídas; fue descrito por Megastenes, Teofrasto y Plinio. Todos los autores parecen convenir que la planta llegó al mediterráneo después de la conquista de los Árabes en el año 650 D.C.

Al África fue llevado desde la India, a través de Arabia, y luego rumbo al sur, atravesando Etiopía hasta el norte de Uganda aproximadamente en el año 1,300 D.C. El plátano fue llevado a las Islas Canarias por los portugueses después de 1,402 y de ahí paso al Nuevo Mundo, iniciándose en 1,516 una serie de introducciones de este cultivo. La posibilidad de

la presencia precolombina del plátano en América ha sido sugerida, pero no se tienen pruebas directas de ello. (PTPCP, 2005).

## **2.7. MORFOLOGÍA Y TAXONOMÍA.**

Familia: Musáceas.

Especie: *Musa Cavendishii* (plátanos comestibles cuando están crudos) y *Musa Paradisiaca* (plátanos machos o para cocer).

Planta: herbácea perenne gigante, con rizoma corto y tallo aparente, que resulta de la unión de las vainas foliares, cónico y de 3.5-7.5 m de altura, terminado en una corona de hojas.

Sistema radicular: raíz superficial, menos ramificada que en peral.

Hojas: muy grandes y dispuestas en forma de espiral, de 2-4 m. de largo y hasta de medio metro de ancho, con un peciolo de 1 m o más de longitud y limbo elíptico alargado, ligeramente decurrente hacia el peciolo, un poco ondulado y glabro. Cuando son viejas se rompen fácilmente de forma transversal por el azote del viento, como se puede observar en la figura 1 las hojas y la mata del plátano.



**Figura 1. Musa paradisiaca.**

De la corona de hojas sale, durante la floración, un escapo pubescente de 5-6 cm. de diámetro, terminado por un racimo colgante de 1-2 m de largo. Éste lleva una veintena de brácteas ovales alargadas, agudas, de color rojo púrpura, cubiertas de un polvillo blanco harinoso; de las axilas de estas brácteas nacen a su vez las flores.

Tallo: el verdadero tallo es un rizoma grande, almidonoso, subterráneo, que está coronado con yemas; éstas se desarrollan una vez que la planta ha florecido y fructificado. A medida que cada chupón del rizoma alcanza la madurez, su yema terminal se convierte en una inflorescencia al ser empujada hacia arriba desde el interior del suelo por el alargamiento del tallo, hasta que emerge arriba del pseudotallo.

Flores: flores amarillentas, irregulares y con seis estambres, de los cuales uno es estéril, reducido a estaminodio petaloide. El gineceo tiene tres pistilos, con ovario ínfero. El conjunto de la inflorescencia constituye el régimen de la platanera. Cada grupo de flores reunidas en cada bráctea forma una reunión de frutos llamada mano, que contiene de 3 a 20 frutos. Un régimen no puede llevar más de 4 manos, excepto en las variedades muy fructíferas, que pueden contar con 12-14.

Fruto: baya oblongo; durante el desarrollo del fruto éstos se doblan geotrópicamente, según el peso de este, hace que el pedúnculo se doble. Esta reacción determina la forma del racimo. Los plátanos son polimórficos, pudiendo contener de 5-20 manos, cada una con 2-20 frutos; siendo de color amarillo verdoso, amarillo, amarillo-rojizo o rojo tal como se aprecia en la figura 2.



**Figura 2. Fruto de la platanera.**

Los plátanos comestibles son de partenocarpia vegetativa, o sea, que desarrollan una masa de pulpa comestible sin la polinización. Los óvulos se atrofian pronto, pero pueden reconocerse en la pulpa comestible. La partenocarpia y la esterilidad son mecanismos diferentes, debido a cambios genéticos, que cuando menos son parcialmente independientes. La mayoría de los frutos de la familia de las Musáceas comestibles son estériles, debido a un complejo de causas, entre otras, a genes específicos de esterilidad femenina, triploidía y cambios estructurales cromosómicos, en distintos grados.

El plátano maduro es un alimento muy digestivo, pues favorece la secreción de jugos gástricos, por tanto es empleada en las dietas de personas afectadas por trastornos intestinales y en la de niños de corta edad. Tiene un elevado valor energético (1.1-2.7 Kcal 100 g<sup>-1</sup>), siendo una importante fuente de vitaminas B y C, tanto como el tomate o la naranja. Numerosas son las sales minerales que contiene, entre ellas las de hierro, fósforo, potasio y calcio. (Infoagro.com).

## **2.8. IMPORTANCIA ECONÓMICA Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA.**

El plátano es el cuarto cultivo más importante del mundo, después del arroz, el trigo y el maíz. Además de ser considerado un producto básico y de exportación, constituyendo una importante fuente de empleo e ingresos en numerosos países en desarrollo. Es considerado el principal cultivo de las regiones húmedas y cálidas del sudoeste asiático.

Aunque es uno de los cultivos más importantes de todo el mundo, los consumidores del norte lo aprecian sólo como un postre, pero constituye una parte esencial de la dieta diaria para los habitantes de más de cien países tropicales y subtropicales.

## **2.9. REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS.**

### **2.9.1. EL CLIMA.**

Exige un clima cálido y una constante humedad en el aire. Necesita una temperatura media de 26-27<sup>0</sup>C, con lluvias prolongadas y regularmente distribuidas. Estas condiciones se cumplen en la latitud 30 a 31<sup>0</sup>norte o sur y de los 1.00 a los 2.00 m de altitud. Son preferibles las llanuras húmedas próximas al mar, resguardadas de los vientos y regables.

En la cuenca del Mediterráneo es posible su cultivo, aunque no para producir frutas selectas, en las localidades donde la temperatura media anual oscila entre los 14 y 20<sup>0</sup>C y donde las temperaturas invernales no descienden por debajo de 2<sup>0</sup>C.

El crecimiento se detiene a temperaturas inferiores a 18<sup>0</sup>C. Se producen daños a temperaturas menores de 13<sup>0</sup>C y mayores de 45<sup>0</sup>C. En condiciones tropicales, la luz, no tiene tanto efecto en el desarrollo de la planta como en condiciones subtropicales, aunque al disminuir la intensidad de luz, el ciclo vegetativo se alarga.

El desarrollo de los hijuelos también está influenciado por la luz en cantidad e intensidad. La pluviosidad necesaria varía de 120 a 150 mm de precipitaciones mensuales o 44 mm semanales. La carencia de agua en cualquier momento puede causar la reducción en el número y tamaño de los frutos y en el rendimiento final de la cosecha.

Los efectos del viento pueden variar, desde provocar una transpiración anormal debida a la reapertura de las estomas foliar, siendo el daño más generalizado, provocando unas pérdidas en el rendimiento de hasta un 20%. Los vientos muy fuertes rompen los peciolos de las hojas, quiebran los pseudotallos o arrancan las plantas enteras inclusive. (CVCA, 2010).

### **2.9.2. EL SUELO.**

El suelo es la fina capa de material fértil que recubre la superficie de la Tierra. El suelo forma un sistema abierto a la atmósfera y la corteza que almacena de forma temporal los recursos necesarios para los seres vivos. La disponibilidad de estos recursos (agua, energía, nutrientes minerales, etc.) depende de la intensidad y velocidad de los procesos de intercambio entre el suelo y el resto de compartimentos de los sistemas ecológicos.

El cultivo del banano prefiere, sin embargo, suelos ricos en potasio, arcillo-silíceos, calizos, o los obtenidos por la roturación de los bosques, susceptibles de riego en verano, pero que no retengan agua en invierno. La platanera tiene una gran tolerancia a la acidez del suelo, oscilando el pH entre 4.5-8, siendo el óptimo 6.5. Por otra parte, los plátanos se desarrollan mejor en suelos planos, con pendientes del 0-1%.

Los suelos más aptos son los aluviales, de los valles costeros con textura arenosa pero con suficiente arcilla y limo para retener el agua. La textura siempre debe estar ligada a la estructura. Los suelos con textura arcillosa pueden ser adecuados si tienen una estructura migajosa ó granular. Las texturas más recomendables para este cultivo son desde franco arenosos muy finas hasta francos arcillosos. El porcentaje de arcilla no debe ser mayor del 40% ni menor al 20%. El suelo debe tener una profundidad mínima de 1 metro, sin nivel freático o capas endurecidas a esta profundidad. Es de suma importancia que tenga un buen drenaje. (PTPCP, 2005).

### **3.0. PROPAGACIÓN.**

La multiplicación se realiza casi exclusivamente por vástagos que la planta produce en abundancia cuando es adulta. Conviene utilizar vástagos bien desarrollados que tengan 1.50 m como mínimo de altura y recogidos en las plantas próximas a fructificar. Si han de transportarse lejos, conviene utilizar estos brotes cuando apenas hayan alcanzado la dimensión de un grueso bulbo, lo que ocurre cuando el tallo no está todavía formado. Entonces cortando este tallo un poco por encima de ese brote se producen en torno otros nuevos que se destacan a medida que van adquiriendo la longitud de 3 a 4 m. De este modo se puede obtener de cada planta y en pocas semanas unas 15 ó 20 nuevas plantas. En condiciones normales de cultivo conviene cortar los brotes a 1 m de altura, cortando también las hojas, y se plantan en el terreno de asiento, a 3 m de distancia por todos lados. En dos o tres semanas los tallos emiten raíces y empiezan a aparecer las nuevas hojas. (CVCA, 2010).

### **3.1. VARIEDADES.**

Son innumerables la cantidad de variedades de plátano cultivadas en Oriente, pues cada región tiene sus propias variedades adaptadas a las condiciones climáticas locales. Al contrario sucede con las variedades introducidas en los trópicos americanos que son limitadas. Entre las variedades cultivadas en los trópicos americanos destinadas a la exportación destaca Gros Michel, por poseer cualidades extraordinarias en cuanto al manejo y a la conservación.

Las variedades de plátano enano procedentes de las Islas Canarias son las únicas que producen fruta con excelentes cualidades de conservación, que se pueden cultivar en un clima típicamente subtropical, destacando la variedad tradicional Pequeña enana, en la actualidad también se cultiva la variedad.

**Enano Gigante.** Aunque en los últimos años se ha comenzado a cultivar dos selecciones locales llamadas Brier y Gruesa. El cultivar Zelig es fruto de la selección israelita intermedia en altura entre Pequeña y Enano Gigante.

**Lacatan** es una variedad muy cultivada en la región del Caribe y Sudamérica, en aquellas áreas donde la variedad Gros Michel ha sido eliminada por el mal de Panamá. Las manos del racimo de Lacatan son más rectas desde el pedúnculo, en comparación con las de Gros Michel, por tanto presenta un grave inconveniente para acomodar los racimos en los embarques voluminosos y los frutos tienden a caerse más fácilmente debido a que

maduran con más rapidez. El fruto de la variedad Lacatan se diferencia de Gros Michel en que es más o menos aplanado en el extremo.

La variedad Poyo procede de Guadalupe, la variedad Grande Naine de Martinica y la variedad Laidier procedente de Oceanía, perteneciendo todas al grupo enano.

**Curraré Rosado** es una variedad muy susceptible de plagas y enfermedades aunque presenta un extraordinario sabor.

**Dominico** es una variedad caracterizada por su sabor dulce, aunque los dedos son de menor tamaño, delgados y más rectos que los de Curraré. El racimo se caracteriza por la presencia de la inflorescencia masculina.

**Curraré Enano** está tomando importancia, pues se caracteriza por su porte bajo, con una altura aproximada de 2.5 m., posee racimos grandes y dedos conspicuos. Por su tamaño, facilita el manejo y la cosecha, estando menos afectado por el viento.

**FHIA 21** es un híbrido tetraploide, caracterizado por ser de porte mediano, tallo de color verde y franjas rosado-amarillentas, hojas más verdes y ligeramente más duras que los de la variedad Curraré, y de un racimo largo con un promedio de 80 dedos, los cuales, son de menor tamaño y menos arqueados que los de Curraré. Creada por la Fundación Hondureña de Investigación Agrícola. En 1991 comenzaron su evaluación a nivel internacional, patrocinado por el INIBAP (Red Internacional para el Mejoramiento del Banano y el Plátano).

**Balangon** es la variedad más cultivada en Filipinas, de sabor muy agradable, cuya fruta madura entre los 90 y 100 días después de la última cosecha. (Mem XV, 2002).

### **3.2. MEJORA GENÉTICA.**

La historia del Mejoramiento Genético del banano ha sido descrita en varias publicaciones (Simmonds, 1966; Rowe and Richardson, 1975; Stover and Buddenhagen, 1986; Stover and Simmonds, 1987; INIBAP, 1994; Jones, D.R., 2000; Silva et al, 2001).

También se ha llevado a cabo durante los últimos 25 años gran cantidad de investigaciones, con la intención de establecer variedades cuyo sabor y calidad de conservación puedan igualar a las de Gros Michel, mientras se sigue investigando para encontrar un sustituto aceptable de esta variedad, muchos productores de Brasil, Fiji e India están cultivando la variedad Lacatan, la cual se siembra principalmente en las Islas Canarias con fines de exportación.



Los estudios citológicos han mostrado que el plátano está constituido por 11 cromosomas con un total de 500 a 600 millones de pares de bases, tratándose de uno de los genomas más pequeños de todas las plantas, y que la mayoría de las variedades cultivadas son triploides. Por tanto, sólo un pequeño porcentaje de los óvulos producidos por las flores de las variedades triploides son capaces de ser fertilizados. Si las flores se polinizan con polen procedente de una especie o variedad diploide, la descendencia resultante será principalmente tetraploide.

La comparación de los genomas de las variedades asiáticas silvestres con la de los cultivares africanos, proporcionará un aspecto poco común acerca de los efectos en cuanto a los agentes de las enfermedades sobre la evolución del genoma. (Mem XV, 2002).

### **3.3. PARTICULARIDADES DEL CULTIVO.**

#### **3.3.1. PLANTACIÓN.**

La plantación se lleva a cabo en hoyos de 60 cm de profundidad a la distancia de 3-3.5 m en cuadro, colocando dos plantitas por hoyo, una más pequeña que la otra y ambas desprovistas de hojas. Se llena el hoyo con mantillo y se acumula después tierra hasta unos 10 cm por encima de la inserción de las raíces. Se deja una reguera alrededor de la planta para que retenga el agua de riego y se extiende también el estiércol sobre la reguera para que la tierra no se deseque.

En siembras en triángulo y doble surco, se aprovecha mejor el terreno y se obtiene una mayor cantidad de plantas por hectárea. Sin embargo, dada su alta densidad, se tiene que dar un mejor manejo de la plantación, sobre todo para el control de enfermedades, pues la humedad dentro de la plantación será alta.

Si se incrementa la densidad de siembra se eleva el rendimiento bruto, aunque disminuye el número de dedos por mano y racimo, hay un menor peso del racimo y más lentitud en la maduración, por tanto una mayor densidad se debe compensar con una mayor fertilización y un mejor manejo en general.

Entonces de las dos plantitas se deja la mejor y a ésta se le dejan únicamente dos brotes, los mejores y más alejados entre sí. En años sucesivos se le pueden dejar cuatro, pero no más.

Se están instalando bajo cultivo en invernadero de plástico o de malla de 6-7 metros de altura. Las plantaciones modernas se realizan con amplios pasillos, que facilitan la mecanización, y a densidades entre 2,000 y 2,400 plantas ha<sup>-1</sup>.

Cabe destacar como factores limitantes de su cultivo en las Islas Canarias la orografía del terreno y el minifundio, ya que hacen imposible una mecanización total del cultivo. (Infoagro.com).

### **3.3.2. ABONO ORGÁNICO.**

El uso de abonado orgánico es adecuado en este cultivo no sólo porque mejora las condiciones físicas del suelo, sino porque aporta elementos nutritivos. Entre los efectos favorables del uso de materia orgánica, está el mejoramiento de la estructura del suelo, un mayor ligamiento de las partículas del suelo y el aumento de la capacidad de intercambio.

### **3.4. RIEGO.**

Es imposible el cultivo de la platanera donde no se disponga de agua de riego. Los sistemas de riego más empleados son el riego por goteo y por aspersión. En verano las necesidades hídricas alcanzan aproximadamente unos 100 m<sup>3</sup> de agua por semana y por hectárea y en otoño la mitad. En enero no se riega y en febrero, una sola vez. Los riegos se reducen cuando los frutos están próximos a la madurez.

La platanera sólo puede aprovechar el agua del suelo cuando tiene a su disposición suficiente cantidad de aire, por tanto la cantidad de agua y de aire en el suelo deben estar en cierto equilibrio para obtener un alto rendimiento en el cultivo. El drenaje es una de las prácticas más importantes del cultivo. Un buen sistema de drenaje aumenta la producción y la disminución de la incidencia de plagas y enfermedades. Se recomienda realizar el drenaje, cuando la capa de agua esté a menos de 40-60 cm. de la superficie, aunque sea temporalmente.

Las consecuencias de la sequía son las obstrucciones florales y foliares. La primera dificulta la salida de la inflorescencia dando por resultado, racimos torcidos y entrenudos muy cortos en el raquis que impiden el enderezamiento de los frutos. La obstrucción foliar provoca problemas en el desarrollo de las hojas.

El plátano es muy sensible tanto al exceso como al déficit de agua en el suelo, por lo cual es necesario tomar medidas para regular los niveles de humedad durante el año. Los requerimientos hídricos para crecer normalmente son altos pero dependen del clon, de la

radiación solar diaria, de la densidad poblacional, de la edad del cultivo y del área foliar. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el consumo de agua por las plantas de plátano es variable porque ni la radiación ni el área foliar permanecen constantes (Belalcázar *et al.*1991).

El plátano es poco tolerante a las deficiencias de humedad y en las hojas, como respuesta al agotamiento del agua en el suelo, se aumenta la resistencia de los estomas al flujo de vapor de agua, reduciendo las tasas de transpiración; esta respuesta al déficit hídrico es visible por el doblamiento de la lámina foliar a lo largo de la nervadura central, poniendo en contacto las dos porciones del envés que son las que presentan las mayores tasas de transpiración, debido a su mayor densidad de estomas (Champion, 1975).

La sequía causa reducción de la actividad fotosintética por provocar el cierre prematuro de las estomas durante el día. Por esta razón, el desarrollo general de la planta se retrasa, la emisión foliar es lenta, se reduce el tamaño de las hojas e inflorescencias y las hojas más antiguas se secan rápidamente, las cuales parecen no tolerar los déficits hídricos temporales. Si la sequía se prolonga, las hojas se secan una tras otra, las vainas foliares se marchitan y se produce ruptura del pseudotallo.

El cormo, por el contrario, es más resistente a las sequías prolongadas, conservando la capacidad de emitir hojas cuando la disponibilidad de agua vuelve a ser favorable, aún mucho después de la desaparición del pseudotallo. El déficit de agua puede causar algunas distorsiones en la morfología de la planta, restringiendo el crecimiento de los pecíolos los cuales quedan muy juntos en el interior del pseudotallo, y al salir las hojas la planta adquiere un aspecto de abanico. Cuando esto ocurre en el período de prefloración, se dificulta la salida de la inflorescencia por tener esta que vencer la resistencia de los pecíolos compactados, originando anomalías como la torsión del eje sobre sí mismo o la emisión lateral de la inflorescencia en el pseudotallo (Champion, 1975).

Champion (1968), señala que el consumo diario varía entre 5 mm/planta y día a pleno sol y 1.9 mm/planta y día, en días completamente nublados. La absorción de agua por las raíces es función de numerosos factores tales como el tipo de suelo evaporación, sistema de riego, calidad de agua y estado de desarrollo de la planta.

En la práctica, se requieren alrededor de 150 mm mensuales de precipitación ( $1,500 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ) para satisfacer las necesidades hídricas del plátano. En zonas y épocas en que la precipitación o el agua almacenada en el suelo sean inferiores a  $5 \text{ mm día}^{-1}$ , es necesario aplicar riego suplementario. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el consumo

de agua por las plantas de plátano es variable, porque ni la radiación solar ni el área foliar permanecen constantes (Belalcázar *et al.* 1991).

### **3.5. PROBLEMAS EN CRECIMIENTO DE HOJAS Y PRODUCCIÓN DE RACIMOS.**

El crecimiento y producción del cultivo de plátano dependen del desarrollo progresivo de las hojas, las cuales deben mantenerse funcionales desde la emisión de la inflorescencia y durante el desarrollo de los frutos. El área foliar y la fotosíntesis están estrechamente relacionadas con la acumulación de materia seca y, por lo tanto ha sido utilizada para evaluar la capacidad fotosintética y predecir el desempeño productivo de las plantas de plátano y banano (Stover, R.H & N.W. Simmonds, 1987).

### **3.6. RECOLECCIÓN.**

La duración de la plantación es de 6 a 15 años, dependiendo de las condiciones ambientales y de los cuidados del cultivo. La plantita que se colocó sobre el terreno de asiento da únicamente frutos imperfectos y los mejores frutos se obtienen de los vástagos nacidos de su pie, que fructifican a los nueve meses de la plantación. Los frutos se pueden recolectar todo el año y son más o menos abundantes según la estación.

Se cortan cuando han alcanzado su completo desarrollo y cuando empiezan a amarillear y los respectivos ángulos longitudinales han adquirido cierta convexidad. Pero con frecuencia, y especialmente en invierno, se anticipa la recolección y se dejan madurar los frutos suspendiéndolos en un local cerrado, seco y cálido, conservado en la oscuridad. Apenas recogido el fruto, se corta la planta por el pie, dejando los vástagos en la base. Éstos, convenientemente aclarados, fructifican pasados cuatro meses, de modo que en un año se pueden hacer tres recolecciones.

Rendimiento.

La cantidad de plátanos que se puede cosechar anualmente por hectárea depende del número de chupones fructificantes que se dejan en cada cepa. Un buen rendimiento anual es más o menos 300 a 350 racimos, pesando cada uno un promedio de 30 a 45 kg. Según autoridades locales de la región de San Rafael. (CVCA, 2010).

Recomendaciones sobre cosecha.

Para la cosecha del racimo se hace un corte en el pseudotallo en forma de cruz que permita que el racimo por su propio peso doble el pseudotallo y se pueda sujetar antes de que llegue al suelo. El lado cortado del pinzote se pone hacia atrás sobre la espalda para

evitar que los dedos se manchen con el látex que se desprende del corte. Se colocan sobre una superficie acolchada por hojas para que los dedos no se maltraten y se pondrán hojas sobre el racimo para evitar la quemadura por el sol. (Infoagro.com).

### **3.7. PLAGAS Y ENFERMEDADES.**

#### **3.7.1. ENFERMEDADES CAUSADAS POR HONGOS.**

##### **SIGATOKA AMARILLA.**

*Mycosphaerella musicola.*

Los cultivos del plátano y el guineo pertenecientes a las musáceas son afectados por la enfermedad conocida como Sigatoka amarilla y toma su nombre del Valle Sigatoka en Fiji, donde fue informada por primera vez en 1,912. Los primeros síntomas en las hojas son pequeñas estrías amarillo verdosas. Estas estrías se van alargando y sus centros toman un color marrón rojizo. Las manchas tienen margen definido y una zona amarilla de apariencia acuosa a su alrededor. El centro de las manchas se torna gris, permaneciendo el margen color marrón oscuro o negro y los bordes amarillos. Cuando la severidad de la enfermedad es alta, las manchas se juntan, hay muerte rápida de las hojas y permanece la amarillez alrededor de las manchas.

Control.

Evite el estancamiento de agua y exceso de humedad en el suelo.

Mantenga un control efectivo de malezas.

Haga un deshoje y deshoje fitosanitario.

Siembre en hileras dobles para que haya mejor ventilación y penetración de la luz.

Mantenga un buen programa de fertilización y control de plagas.

El control químico es más eficiente si es aplicado en un sistema de rotación. Para tener mayor efectividad en las aplicaciones alterne las hileras o calles y los puntos de partida o llegada.

##### **SIGATOKA NEGRA**

*Mycosphaerella fijiensis.*

La Sigatoka negra es más agresiva y virulenta que la Sigatoka amarilla, causando la pérdida rápida del follaje de las plantas, reducción del rendimiento y maduración prematura y dispareja de los frutos. En siembras comerciales su control es difícil ya que afecta variedades de plátano que son resistentes a la Sigatoka amarilla.

La aplicación de fungicidas debe realizarse antes de que el hongo infecte las hojas o antes de que la infección pase la etapa primaria. El uso de aceite agrícola solo o en combinación con fungicidas ha sido útil en el control de esta enfermedad. Uso de híbridos resistentes. La Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA) ha desarrollado varios híbridos resistentes a la Sigatoka negra. Los híbridos de guineos FHIA 1, 2, 3 y el FHIA-21 tienen características de eficiencia productiva, calidad de fruta y tolerancia a Sigatoka Negra.

### **MARCHITEZ POR FUSARIUM.**

*Fusarium oxysporum f. sp.cubense.*

Al comienzo de esta enfermedad se observa decoloración vascular color marrón rojizo del xilema de las raíces y luego del rizoma. Cuando el rizoma ha sido afectado significativamente entonces aparecen los primeros síntomas externos. Las orillas de las hojas más viejas toman un color amarillo brillante y se comienzan a marchitar y la enfermedad se extiende a las hojas más jóvenes. Las hojas se colapsan en la zona del peciolo y cuelgan alrededor del pseudotallo.

Según la enfermedad progresa todo el follaje se afecta y se observa la decoloración en el xilema del pseudotallo. Las plantas afectadas eventualmente mueren pero pueden permanecer erectas hasta por 2 meses durante los cuales las hojas que salen se observan decoloradas y de menor tamaño. Otros síntomas que pueden observarse son arrugas y deformaciones en las hojas y grietas a lo largo del pseudotallo.

Una planta de guineo afectada muestra poco desarrollo y produce hijuelos infectados antes de morir. Los síntomas pueden confundirse con los de la Enfermedad del Moko, pero en la marchitez por Fusarium no se observa decoloración interna del fruto.

Control.

La resistencia genética es la mejor medida de control de esta enfermedad. Se deben sembrar rizomas e hijuelos libres del hongo. El control químico, la rotación de cultivos y otras técnicas no han sido efectivos en el control de la marchitez por Fusarium. Es recomendable usar plántulas provenientes de cultivo de tejido. Debido a problemas de infertilidad todavía no se ha podido producir un sustituto para los cultivos del subgrupo

Cavendish. El FHIA-01 "Goldfinger" es un guineo para postre que presenta resistencia contra las razas 1 y 4 de este hongo.

### **MANCHA FOLIAR POR CORDANA**

*Cordana musae*

Esta enfermedad es más común en siembras en la zona montañosa donde hay más humedad, afectando las hojas bajas. Se pueden observar manchas ovaladas de color marrón claro en la lámina de la hoja, particularmente hacia los bordes, que están rodeadas de un borde amarillo brillante. Las manchas muestran zonación o anillos concéntricos y cubren gran parte de la hoja uniéndose a manchas causadas por Sigatoka u otras enfermedades foliares. Este hongo produce esporas abundantemente en la parte inferior de las hojas en periodos de humedad alta y lluvia. Afecta mayormente plantas debilitadas por otras enfermedades u otros factores. El control químico utilizado para la Sigatoka ayuda en el manejo de esta enfermedad.

### **PUNTA DE CIGARRO "CIGAR-END ROT"**

*Verticillium theobromae*.

*Trachysphaera fructigena*.

El primer síntoma que se observa es un área ennegrecida y arrugada en la cáscara de la punta del fruto. El borde de la lesión es negro y se observa un área clorótica entre el tejido enfermo y el sano. En la pudrición causada por *Trachysphaera* la superficie se cubre de esporas blancas que se tornan rosa o marrón cuando maduran. El extremo de la fruta se torna color gris cenizo. En la pudrición causada por *V. theobromae* la pulpa del fruto se observa seca y fibrosa y masas de esporas grisáceas cubren la lesión. Uno o ambos hongos pueden estar presentes en los tejidos afectados. La frecuencia de esta enfermedad aumenta en periodos de alta humedad y lluvia. Las conidias son diseminadas por el viento e infectan las partes florales senescentes. Puede afectar los frutos después de la cosecha.

Control.

El control de esta enfermedad comienza en el campo con la remoción de las flores muertas. El uso de bolsas de polietileno para cubrir los racimos ayuda en el control. El saneamiento practicado para el control de manchas en el fruto reduce la cantidad del hongo presente en la siembra. El uso de aspersiones de fungicidas puede ser necesario en tiempos de mucha lluvia o alta humedad.

## **PUNTA NEGRA.**

*Deightoniella torulosa.*

Esta enfermedad es de importancia en lugares de siembras donde la humedad relativa es más alta y en siembras con un mal manejo del cultivo. Se observa una lesión de color negro que va avanzando en la punta de uno o más de los frutos con márgenes amarillo pálido o gris. Las lesiones viejas se rompen y en condiciones húmedas se observa un moho marrón claro creciendo sobre ésta. *V. theobromae* puede infectar el fruto a través de lesiones causadas por *D. torulosa* y causar punta de cigarro.

Control.

La remoción de los residuos de cosecha y otras prácticas culturales, como mejorar el drenaje, para reducir la humedad relativa en las siembras ayudan en el control de esta enfermedad.

### **3.7.2. ENFERMEDADES CAUSADAS POR BACTERIAS.**

#### **ENFERMEDAD DEL MOKO.**

*Burkholderia solanacearum*

(*Pseudomonas solanacearum*).

Causa marchitez del plátano y del guineo. Se informó por primera vez en Trinidad en 1,910 y más tarde en Brasil, Perú, Guatemala, México y en Trinidad y Granada en el Caribe. Esta enfermedad ocurre en otras musáceas como *Heliconia* spp., por lo que el patógeno puede ser transportado en material de propagación de *Musa* spp. Y *Heliconia* spp. Algunas cepas de esta bacteria encontradas en heliconias pueden afectar el guineo.

El medio de transmisión más efectivo es a través de insectos, en áreas donde se encuentran las cepas que se transmiten por insectos. Los insectos se contaminan con la bacteria y la llevan a otras plantas donde la bacteria invade por la pámpana.

Si se siembran guineos en suelos donde hay sembradas *Heliconias* afectadas por la enfermedad del Moko, estos se enfermarán en los meses siguientes a la siembra por invasión a través de la raíz. Si se realizan podas sin desinfectar las herramientas, el patógeno se transmitirá a los hijuelos cercanos y en podas subsiguientes la bacteria se transmitirá de forma epidémica.



Control.

Los implementos de poda deben desinfectarse para evitar diseminar la enfermedad. Se debe destruir las plantas enfermas y otras plantas adyacentes con herbicidas. Estas plantas tratadas deben dejarse en su lugar en el campo. Donde no se sigan estas prácticas el Moko puede ser epidémico.

### **PUDRICIÓN BLANDA DEL PSEUDOTALLO.**

*Erwinia carotovora*

*E. chrysanthemi*

Los tejidos del cormo y del pseudotallo se pueden pudrir a causa de esta bacteria. La pudrición ocurre luego de la siembra de hijuelos o pedazos de cormo que exponen superficies frescas cortadas. Se puede observar pobre germinación, enanismo y amarillamiento de plantas jóvenes y más tarde, reducción en el cuaje de los frutos.

Estas bacterias se encuentran comúnmente en los suelos donde se siembran las musáceas y son oportunistas invadiendo mayormente por heridas. En la corteza se desarrollan áreas de color amarillo a marrón acuosas con bordes negros que luego dejan huecos parecidos a los que deja el picudo negro. La incidencia de esta enfermedad es mayor en áreas húmedas y en material de siembra tratado con agua caliente. En general estas enfermedades son esporádicas y surgen como resultado de prácticas culturales pobres.

Control.

La desinfección apropiada de las superficies que se cortan y de los cuchillos u otros implementos es efectiva en la reducción de la pudrición del cormo. Se deben mantener las plantas bien fertilizadas y no usar semilla de plantas afectadas para propagar. Se ha demostrado que plantas deficientes en potasio son más susceptibles a esta enfermedad.

### **3.7.3. ENFERMEDADES CAUSADAS POR VIRUS.**

#### **VIRUS DEL MOSAICO DEL PEPINILLO.**

(“CMV - *Cucumber Mosaic Virus*”).

En el guineo normalmente se observan síntomas leves de la enfermedad que se limitan a arrugamiento leve y engrosamiento de las venas secundarias de las hojas, principalmente días después de los meses más fríos, ya que las temperaturas altas enmascaran el

desarrollo de síntomas. En estas plantas se producen racimos aceptables. Estos síntomas leves se deben probablemente a cepas poco virulentos, a bajas concentraciones del virus dentro de las plantas o al efecto de las temperaturas altas de la Zona Atlántica.

El virus se transmite principalmente por insectos de la familia Aphididae (áfidos). Estos insectos no se alimentan normalmente del guineo sino que se encuentran en las malezas presentes en las siembras. Es por esta razón que la transmisión entre plantas de guineo es mínima y por lo que en fincas establecidas con buenas prácticas de cultivo la incidencia del mosaico es muy baja.

Control.

Al hacer siembras nuevas debe usar semilla proveniente de plantas sanas y debe mantenerse un combate adecuado de yerbajos, principalmente los de hoja ancha, como el cohitre, tanto en el área de cultivo como en los alrededores.

Esto debe ser igual en fincas ya establecidas. Las plantas enfermas que muestren síntomas severos pueden eliminarse con herbicida.

#### **ENFERMEDAD DEL RAYADO DEL GUINEO.**

*("BSV-Banana Streak Virus")*

Inicialmente los síntomas más comunes son rayas cloróticas interrumpidas con zonas en forma de diamante a lo largo de las venas. Estas rayas se van poniendo necróticas y de color marrón oscuro a negro. Pueden observarse otros síntomas como mosaico y grietas, necrosis interna y pudrición de la base del pseudotallo. En las plantas afectadas por este virus hay una reducción del crecimiento y vigor, y los racimos son de menor tamaño y tienen frutos deformes. Este virus no se disemina en las herramientas de corte durante los procesos normales del cultivo o de cosecha.

Control.

Se deben erradicar las plantas infectadas y usar material de siembra libre de virus (proveniente de siembras sin la enfermedad). Hay evidencia que sugiere que este virus se puede diseminar por técnicas de cultivo de tejido ya que se hace parte del genoma de la planta. En áreas afectadas por el virus se deben controlar los insectos vectores. (Almodóvar y Díaz, 2001).

### 3.8. ESTADÍSTICA DE LOS PRINCIPALES PAÍSES PRODUCTORES Y EXPORTADORES DEL PLÁTANO A NIVEL MUNDIAL.

Los principales países productores del plátano su actividad económica se puede ver muy reflejada por los beneficios en la producción de este cultivo, los principales productores en función de su rendimiento en toneladas se presentan en la tabla 2.

Tabla 2. Principales países productores de plátano (toneladas).

PAÍSES	2004	2005	2006	2007	2008
Uganda	9,686,000	9,045,000	9,054,000	9,231,000	9,371,000
Colombia	3,274,419	3,457,185	2,704,172	3,218,804	3,379,742
Ghana	2,380,858	2,792,000	2,900,000	2,930,000	2,930,000
Rwanda	2,469,740	2,593,080	2,653,348	2,750,000	2,750,000
Nigeria	2,421,000	2,591,000	2,785,000	2,991,000	2,727,000
Perú	1,664,085	1,697,120	1,778,159	1,834,511	1,834,511
Costa de Marfil	1,519,717	1,569,866	1,540,039	1,510,778	1,555,454
Camerún	1,314,898	1,355,660	1,400,000	1,400,000	1,400,000
Congo República Democrática	1,199,400	1,193,024	1,918,080	1,204,860	1,206,690
Myanmar	602,100	650,000	625,000	630,000	630,000

Fuente: <http://apps.fao.org/faostat>

Entre los principales países productores de plátano están Uganda, Colombia y Ghana, los cuales producen el 33%, el 12%, y el 11% respectivamente. México no aparece en la lista debido a su baja producción respecto a este cultivo. Los principales exportadores del plátano se presentan en la tabla 3.

Tabla 3. Principales países exportadores de plátano (toneladas).

PAÍSES	2003	2004	2005	2006	2007
Guatemala	82,601	65,458	97,900	75,404	116,870
Ecuador	93,093	98,574	123,432	166,688	111,649
Colombia	127,848	118,331	139,439	129,513	109,410
Perú	19,390	27,307	42,855	57,108	65,500
Costa Rica	21,550	28,237	15,610	35,547	30,635
Nicaragua	7,794	11,014	13,130	25,940	23,553
Países Bajos	3,902	4,179	4,626	11,483	20,115
Bélgica	28,018	28,045	30,029	25,703	18,523
Venezuela	6,597	0	12,082	12,476	10,410
Reino Unido	199	601	391	206	7,151

Fuente: <http://apps.fao.org/faostat>

Respecto al valor de las exportaciones los países más importantes son Colombia, Perú y Guatemala con 37,859, 31,240 y 22,793 miles de pesos, respectivamente, como se muestra en la tabla 4, los valores de las exportaciones expresados en miles de pesos.

Tabla 4. Valor de las exportaciones de plátano (miles de pesos).

PAÍSES	2003	2004	2005	2006	2007
Colombia	35,823	34,172	43,166	43,292	37,859
Perú	7,289	10,597	17,590	26,557	31,240
Guatemala	24,461	19,226	23,042	15,650	22,793
Ecuador	15,082	50,000	13,882	29,134	20,484
Países Bajos	3,120	3,757	4,199	9,312	18,780
Bélgica	19,430	21,813	22,040	20,710	15,456
Costa Rica	8,017	10,704	6,471	14,005	13,192
Reino Unido	384	843	364	189	6,519
Nicaragua	795	1,176	1,418	2,115	3,674
República Dominicana	1,257	2,170	1,685	3,067	2,280

Fuente: <http://apps.fao.org/faostat>

Entre los principales importadores de este producto están Estados Unidos, Colombia y El Salvador con 44%, el 14% y el 11%, respectivamente del total de las exportaciones mundiales tal como se expresa en la tabla 5, las importaciones están dadas en toneladas.

Tabla 5. Principales países importadores de plátano (toneladas).

PAÍSES	2003	2004	2005	2006	2007
Estados Unidos	253,383	268,811	262,604	245,880	255,005
Colombia	69,876	67,723	60,902	27,781	82,981
El Salvador	50,730	52,650	55,765	55,288	65,501
Reino Unido	13,790	24,936	22,377	21,412	49,310
Países Bajos	7,454	17,486	7,848	15,796	37,745
España	12,771	12,392	17,467	22,271	27,516
Bélgica	22,813	26,611	27,600	24,930	19,883
Macedonia	15,173	19,295	15,434	14,756	14,756
Francia	48,367	30,785	11,788	12,184	12,027
Honduras	1,013	67	1,989	6,200	8,857

Fuente: <http://apps.fao.org/faostat>

En México el principal tipo de plátano producido es el Enano Gigante, en segundo lugar es el Macho y en tercero el Tabasco. Tal como se expresa en la tabla 6. Donde el valor está dado en toneladas.

Tabla 6. Producción por tipo de plátano en México (toneladas).

TIPOS	2004	2005	2006	2007	2008
Criollo		114,802.85	105,184.04	88,648.9	92,210.2
Dominico	36,457.5	182,159.8	62,115.9	53,652.9	62,389.39
Enano gigante	980,173.65	742,346.49	1,377,638.23	1,123,949.27	1,322,556.79
Macho	228,245.13	289,999.11	334,761.51	294,646.93	332,242.43
Manzano	14,592.05	17,819.36	20,964.24	15,607.88	13,478.3
Morado	3,182	4,392.6	10,875.12	7,949.4	21,615.5
Pera	37,904.33	34,470.42	34,684.57	34,868.55	29,434.58
Sin clasificar	314,337.28	69,743.31	18,887.75	124,930.63	48,050.45
Tabasco	659,183	633,311	158,713.43	140,581.45	159,662.4
Valery	87,069.35	160,996.75	72,330.14	79,709.44	69,200.8

Fuente: [www.siacon.sagarpa.gob.mx](http://www.siacon.sagarpa.gob.mx)

En el 2003, 2004 y 2005 el principal estado productor en México fue Veracruz con 175,780.23, 198, 262.12 y 23,720.31 toneladas, respectivamente. Sin embargo en el 2008 paso al lugar número 3 con una producción de 164,829.38, como se expresa en la tabla 7, los valores son expresados en toneladas.

Tabla 7. Principales estados en México por producción cosechada de plátano (toneladas).

ESTADOS	2004	2005	2006	2007	2008
Chiapas	830,519.79	762,643.65	702,868.35	547,742.91	831,006.41
Tabasco	689,436	652,957	669,126.76	630,295.72	545,387.3
Veracruz	245,799.12	238,088.42	274,078.66	189,303.45	164,829.38
Colima	162,116.5	154,105.5	151,134	143,931	159,507
Michoacán	108,358.05	125,162.95	98,419.03	108,239.6	110,004.96
<b>TOTAL</b>	<b>2,361,144.29</b>	<b>2,250,041.69</b>	<b>2,196,154.93</b>	<b>1,964,545.35</b>	<b>2,150,800.84</b>

Fuente: [www.siacon.sagarpa.gob.mx](http://www.siacon.sagarpa.gob.mx)

En México, el estado de Chiapas es el primer lugar en superficie cosechada de plátano como se presenta en la tabla 8, expresada en hectáreas.

Tabla 8. Principales estados en México por superficie cosechada de plátano (hectáreas).

ESTADOS	2004	2005	2006	2007	2008
Chiapas	25,277.45	25,297.45	21,078.82	21,601.32	24,995.88
Veracruz	11,818.25	10,785.43	13,313.89	12,400.69	14,411.33
Tabasco	15,486	14,705	14,779	14,538	10,422.28
Colima	5,718	5,645	5,468.5	5,699.55	5,417
Michoacán	3,722.4	4,209	3,517	3,633	3,813
<b>TOTAL</b>	<b>78,734.1</b>	<b>76,972.13</b>	<b>74,337.91</b>	<b>75,651.21</b>	<b>77,705.14</b>

Fuente: [www.siacon.sagarpa.gob.mx](http://www.siacon.sagarpa.gob.mx)

La producción del plátano en nuestro país es muy importante, ya que genera divisas importantes, como también fuentes de empleo, el estado de Chiapas es el máximo exponente de la producción de este cultivo en nuestro país, como se expresa en la tabla 9.

Tabla 9. Principales estados en México por valor de la producción de plátano (pesos).

ESTADOS	2004	2005	2006	2007	2008
Chiapas	1,496,406,702	1,366,842,129	1,373,530,398	1,720,249,095	1,954,600,210
Tabasco	718,173,800	1,196,945,852	1,224,016,803.17	1,695,043,199.42	1,032,013,817
Veracruz	351,751,080.36	424,934,306.14	365,569,508.84	471,236,045	396,127,243.62
Colima	225,604,563.75	306,631,145	244,390,475	348,958,020	263,732,194.69
Michoacán	107,282,569.65	184,245,672.4	83,633,014.14	134,255,824.75	165,752,186.01
<b>TOTAL</b>	<b>3,393,819,117.5</b>	<b>3,978,187,091.66</b>	<b>3,798,361,538.78</b>	<b>5,227,920,480.17</b>	<b>4,514,292,803.57</b>

Fuente: [www.siacon.sagarpa.gob.mx](http://www.siacon.sagarpa.gob.mx)

En el estado de Veracruz, la producción del cultivo de plátano es una gran fuente de empleo e ingresos para los productores de la región, los municipios más importantes en la producción de este cultivo son expresadas en la tabla 10, la producción en toneladas cosechadas.

Tabla 10. Principales municipios en Veracruz por producción de plátano (toneladas).

MUNICIPIOS	2004	2005	2006	2007	2008
Martínez de la Torre	113,483	110,667	101,077.50	68,462	58,180
Atzalan	16,314	21,206	37,419.21	20,930.85	24,226
Tlapacoyan	14,930	17,402	15,840.68	11,682	12,759
Papantla	7,900	5,900	26,305	10,530	11,000
Otatitlán	15,960	11,340.63	12,800	16,200	10,281.60
<b>TOTAL</b>	<b>245,799.12</b>	<b>238,088.42</b>	<b>274,078.66</b>	<b>189,303.45</b>	<b>164,829.38</b>

Fuente: [www.siacon.sagarpa.gob.mx](http://www.siacon.sagarpa.gob.mx)

El principal municipio productor del plátano en el Estado de Veracruz en los últimos nueve años ha sido Martínez de la Torre, como se muestra en la tabla 11, la producción esta expresada por su valor en miles de pesos.

Tabla 11. Principales municipios en Veracruz por valor de la producción (miles de pesos).

MUNICIPIOS	2004	2005	2006	2007	2008
Martínez de la Torre	198,933	176,415.52	110,634.43	196,427.05	118,940
Atzalan	16,314	53,661	57,574.53	196,427.05	47,115.50
Papantla	7,000	5,915	46,205.48	27,022.20	36,750
Tlapacoyan	14,930	52,206	27,131.41	45,184.24	47,115.50
Otatitlán	27,179.88	23,815.32	19,200	23,348	36,750
<b>TOTAL</b>	<b>351,751.08</b>	<b>424,934.31</b>	<b>365,569.51</b>	<b>471,236.04</b>	<b>396,127.24</b>

Fuente: [www.siacon.sagarpa.gob.mx](http://www.siacon.sagarpa.gob.mx)

El municipio de Martínez de la Torre en el estado de Veracruz, representa la mayor superficie de producción como se muestra en la tabla 12, superficie de producción expresada en hectáreas.

Tabla 12. Principales municipios en Veracruz por superficie cosechada de plátano (hectáreas).

MUNICIPIOS	2004	2005	2006	2007	2008
Atzalan	1,344	1,644	2,700.69	1,772.11	3,031
Martínez de la Torre	2,690	2,310	1,982.75	1,379	2,085
Papantla	3,350	238	1,962.07	1,384.75	1,830
Tlapacoyan	1,130	1,370	1,020.19	1,214	1,621
Otatitlán	1,200	907.25	1,000	1,200	816
<b>TOTAL</b>	<b>11,818.25</b>	<b>10,785.43</b>	<b>13,313.89</b>	<b>12,400.69</b>	<b>14,411.33</b>

Fuente: [www.siacon.sagarpa.gob.mx](http://www.siacon.sagarpa.gob.mx)

La producción de plátano en el Estado de Veracruz a diciembre de 2009 fue de 275,103.43 toneladas con una superficie cosechada de 14,340.87 hectáreas (Fuente: [www.oedrus-veracruz.gob.mx](http://www.oedrus-veracruz.gob.mx)). Los principales municipios productores se enlistan en la Tabla 13 en donde se expresa la producción obtenida en toneladas, el rendimiento en toneladas por hectáreas, y la superficie cosechada expresada en hectáreas.

Tabla 13. Datos de plátano en el estado de Veracruz a diciembre de 2009.

### DATOS DE PLÁTANO EN EL ESTADO DE VERACRUZ A DICIEMBRE DE 2009

MUNICIPIO	PRODUCCIÓN OBTENIDA (Ton)	RENDIMIENTO OBTENIDO (Ton/Ha)	SUPERFICIE COSECHADA (Ha)
Martínez de la Torre	106,755	51.20	2,085
Atzalan	44,138	14.80	2,981
Tlapacoyan	23,374	14.41	1,621
Nautla	17,950	27.05	664.70
Papantla	16,862	9.22	1,828



La comercialización del cultivo de plátano se puede dar de distintas formas, a través de entrega directa a las empresas distribuidoras de exportación o a través de mediadores (comúnmente conocidos como coyotes), quienes llegan a comprar la producción hasta la huerta del cultivo.

El canal de comercialización para este producto pasa por diferentes procesos antes de llegar directamente a los consumidores finales, una forma clara y precisa de cómo se da el círculo de comercialización del producto, es conociendo los círculos de comercialización del producto, desde su salida de la huerta de cultivo, empaques, entrega a bodega, distribuidoras, centros comerciales, etc.

El cultivo del plátano en la región, se ha estado desarrollando desde hace varios años de manera individual pero actualmente pertenece a la asociación de plataneros, con la finalidad de unir esfuerzos y capacidades y a la vez poder gestionar recursos para fortalecer su proyecto productivo junto con recursos propios, para abatir altos costos de producción realizando compras consolidadas, para vender juntos en mercados más seguros y así evadir intermediarios locales y regionales los cuales han golpeado gravemente su economía al castigar el valor de los productos.

Como ya se mencionó anteriormente, la producción del plátano se ha llevado a cabo en tiempos anteriores pero bajo condiciones de sistemas de producción ineficientes (producción sin ninguna tecnificación de riego), por lo que mediante la elaboración de este trabajo se pretende demostrar, que a través de un diseño de un sistema de riego se puede elevar el nivel de producción del cultivo de plátano en esta región.

#### **4. MATERIALES Y MÉTODOS.**

##### **4.1. ASPECTOS GENERALES.**

###### **NOMBRE DEL DISEÑO.**

RIEGO POR ASPERSIÓN FIJO SUBFOLIAR PARA CULTIVO DE PLÁTANO.

###### **MUNICIPIO.**

SAN RAFAEL.

###### **ESTADO.**

VERACRUZ DE IGNACIO DE LA LLAVE, MÉXICO.

###### **INVERSION CALCULADA.**

\$ 184,929.78 pesos.

###### **SUPERFICIE.**

5 HECTÁREAS.

###### **FINALIDAD DEL DISEÑO.**

Aplicación del agua a través de un sistema de riego y a través de éste lograr una buena producción del cultivo de plátano.

##### **4.2. PROPÓSITO DEL DISEÑO.**

Determinar la forma más adecuada de la distribución del agua desde la fuente de abastecimiento hasta el área agrícola, y utilizar el diseño como un patrón de establecimiento y desarrollo de un proyecto.

##### **4.3. LOCALIZACIÓN.**

La localidad de San Rafael, municipio de San Rafael Veracruz, se ubica al norte del estado y cuenta con una población aproximada de 6,465 habitantes, su localización es bajo las siguientes coordenadas geográficas: 20°11'23" latitud norte y 96°52'05" longitud oeste con una altitud de 20 metros sobre el nivel del mar (msnm), a 15 km de la carretera 180 a la altura del sitio conocido como El Faro y a 25 km de la ciudad de Martínez de la Torre, Veracruz, en dirección a Nautla, limita al norte y noreste con Tecolutla, al oeste con

Martínez de la Torre, al sur con Misantla y al sureste con Nautla. Su distancia a la capital del estado por carretera es de 175 kilómetros aproximadamente. (INEGI).

#### **4.4. VÍAS DE COMUNICACIÓN.**

El municipio cuenta con infraestructura de vías de comunicación:

San Rafael-El Faro-13 km.

San Rafael-Casitas-15 km.

San Rafael-Martínez de La Torre-25 km.

San Rafael-Nautla-18 km.

Tiene servicios de transporte de pasajeros de primera y segunda clase.

#### **4.5. HIDROGRAFÍA.**

Se encuentra regado por el Río Bobos.

#### **4.6. CLIMATOLOGÍA.**

Su clima es tropical con una humedad alrededor de 80 y 90%. Predominando la mayor parte del año lluvioso, actualmente durante los meses de septiembre y octubre la población se mantiene alerta por los fenómenos meteorológicos que ocasionan inundaciones por el Río Bobos, y durante el verano y otoño la temporada de huracanes.

#### **4.7. TEMPERATURA.**

Una temperatura aproximada durante el verano de 35°C y durante el invierno de 18°C, la temperatura media anual del estado de Veracruz, oscila entre los 25°C.

#### **4.8. PRECIPITACIÓN.**

La precipitación media anual es de 1,060 a 1,530 mm.

#### **4.9. USO DE SUELOS.**

La mayoría de sus suelos se usa para la agricultura y la ganadería.

## 5. DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN FIJO SUBFOLIAR PARA PLÁTANO.

Partiendo de la problemática del uso irracional del agua en nuestros campos de cultivo, a continuación se procede a elaborar el diseño de un sistema de riego por aspersión fijo subfoliar para el cultivo del plátano.

### 5.1. ESTUDIOS TÉCNICOS.

#### *Estudio del suelo.*

#### *Evapotranspiración y necesidades de agua de los cultivos.*

Se presenta a continuación el cálculo del uso consuntivo para el cultivo de Plátano en esta región utilizando el método de Blaney-Criddle, de acuerdo a las características climáticas de la zona.

Cultivo: Plátano

Ciclo del cultivo: Perenne

Kg.: 0.80 Kg.: Coeficiente global de Evapotranspiración del cultivo.

#### -----INFORMACIÓN SOBRE EL SUELO -----

Estrato	Prof. (m)	CC (%)	PMP (%)	Da	Lámina (cm)
1	0.30	38.00	19.00	1.40	7.980
2	0.70	41.00	22.00	1.50	19.950

Lámina total = 27.93 cm.

Lámina de Siembra = 27.93 cm.

Lámina Auxiliar = 16.75 cm. (Se aplicará el riego al consumirse el 60.00 % de la Humedad Aprovechable) requerimientos de riego del cultivo.

Para poder determinar la precipitación efectiva, se realizan los cálculos con el método de Ogrsky y Mockus como se muestra en la tabla 14.

Tabla 14. Cálculo de la precipitación efectiva.

Mes	Diario (cm)	Obs. (cm)	Efec. (cm)	Lavado (cm)	Mensual (cm)	Acum. (cm)	
Ene	4.332	1.26	1.01	0.00	3.320	3.320	0.107
Feb	5.644	1.11	1.01	0.00	4.633	7.954	0.165
Mar	8.888	1.03	1.03	0.00	7.857	15.811	0.253
Abr	11.213	0.84	0.84	0.00	10.369	26.180	0.346
May	14.808	4.41	3.51	0.00	11.296	37.476	0.364
Jun	16.353	25.27	7.99	0.00	8.367	45.843	0.279
Jul	17.403	21.56	8.00	0.00	9.404	55.248	0.303
Ago	17.657	25.90	8.51	0.00	9.149	64.397	0.295
Sep	16.117	52.64	9.08	0.00	7.037	71.433	0.235
Oct	14.498	8.44	4.99	0.00	9.505	80.938	0.307
Nov	11.182	4.39	3.14	0.00	8.047	88.985	0.268
Dic	7.329	1.00	0.99	0.00	6.338	<b>95.323</b>	0.204

Cultivo : Plátano      Ciclo Veg. : 365 días      Lugar : San Rafael, Veracruz.

Para el cálculo de la evotranspiración se utilizo el método de Método de Cálculo: Blaney y Criddle modificado por Grassi-Christiasen. Tal como se muestra en la tabla 15.

Tabla 15. Cálculo de evapotranspiración mediante el método de Blaney y Criddle.

MES	Temp	TTrans	P (%)	f (cm)	Km	ETr	Fact.Cor.	Etp"
1.00	21.29	1.79	7.11	12.74	0.22	2.80	1.55	4.33
2.00	21.08	1.78	6.61	11.78	0.31	3.65	1.55	5.64
3.00	23.27	1.88	7.63	14.38	0.40	5.75	1.55	8.89
4.00	25.50	1.99	7.77	15.44	0.47	7.26	1.55	11.21
5.00	28.30	2.11	8.39	17.74	0.54	9.58	1.55	14.81
6.00	28.16	2.11	8.36	17.64	0.60	10.58	1.55	16.35
7.00	27.11	2.06	8.68	17.87	0.63	11.26	1.55	17.40
8.00	27.40	2.07	8.48	17.58	0.65	11.43	1.55	17.66
9.00	27.36	2.07	7.87	16.30	0.64	10.43	1.55	16.12
10.00	26.23	2.02	7.74	15.64	0.60	9.38	1.55	14.50
11.00	23.92	1.91	7.13	13.65	0.53	7.24	1.55	11.18
12.00	15.90	1.55	7.13	11.03	0.43	4.74	1.55	7.33
							94.10	145.42

$Kg = 0.80$

$Kg = E_{tr}/e_v$

$Kg$  = Coeficiente global de Evapotranspiración del cultivo.

$E_{tr}$  = Evapotranspiración real  $\text{mm día}^{-1}$ .

$E_v$  = Evapotranspiración de una superficie libre de agua, tanque estándar tipo A, del servicio meteorológico de los Estados Unidos,  $\text{mm día}^{-1}$

Donde:

Temp. = Temperatura media mensual

$T_{Trans} = (T+17.8) / 21.8$

$P$  = Porcentaje de horas luz del mes con respecto al total anual

$f$  = factor de luminosidad y temperatura

$K_m$  = Coeficiente periódicos de evapotranspiración

fact.Cor = factor de corrección

$E_{tp}''$  = Evapotranspiración corregida

**NOTA:** La información recabada en cuanto a temperatura y precipitación corresponde a la que se utilizada por el ingenio Independencia de Martínez de la Torre.

## 5.2. DATOS BÁSICOS PARA EL DISEÑO.

Para el diseño del sistema se quieren datos técnicos y específicos como los que se presentan en la tabla 16.

Tabla 16. Datos básicos para el diseño.

DATOS DE DISEÑO PARA EL SISTEMA DE RIEGO	
Requerimientos de riego totales	= 1094.1 mm.
Requerimientos de riego diarios (uso consuntivo)	= 3.64 mm
Lámina neta de riego	= 7.28 mm
Lámina bruta de riego	= 7.64 mm
Eficiencia total de riego	= 95.0 %
Intervalo de riego	= 2 días.
<b>LÁMINA BRUTA DE RIEGO = LÁMINA DE AUXILIO</b>	7.64 mm = 16.16 mm

**NOTA:** La lámina bruta de riego es la que realmente se aplica al suelo ya que considera las pérdidas de lámina (agua) por concepto de eficiencia y no debe ser mayor que la lámina de auxilio, deberá ser igual o menor para cumplir con la condición del porcentaje de abatimiento de la capacidad de almacenamiento del suelo que para nuestro caso es del 60%.

#### **DATOS DEL ASPERSOR**

$$q = 350 \text{ l h}^{-1}.$$

$$h = 2.0 \text{ kg cm}^{-2}.$$

$$r = 7.75 \text{ mt.}$$

a= área de mojado.

$$A = \pi r^2 = 3.1416(7.75)^2 = 188.69 \text{ m}^2$$

Marco de plantación promedio =  $10 \times 11 = 110 \text{ m}^2$ . Basándose en el marco de plantación promedio del aspersor en función de su alcance.

$$\text{El 100\% del m.p.p} = 110 \times 1 = 110 \text{ m}^2.$$

Como se mencionó anteriormente se está proponiendo establecer un sistema de riego por aspersión con la finalidad de tener un área de mojado igual al área de sombreado de cada árbol y alcanzar una cobertura de mojado del 60% o más del marco de plantación. Por lo que el aspersor cumple con esta condición.

#### **LÁMINA HORÁRIA O PRECIPITACIÓN HORÁRIA.**

$$\text{Lámina horaria} = q \text{ del aspersor } \text{m}^3 / \text{área de mojado } \text{m}^2 = .350 \text{ m}^3 \text{ hr}^{-1} / 110 \text{ m}^2 = 0.00318 \text{ m} = 3.181 \text{ mm/hr.}$$

$$\text{El gasto del aspersor} = 350 \text{ l h}^{-1} = .350 \text{ m}^3 \text{ hr}^{-1}.$$

$$\text{Área de mojado} = 110 \text{ m}^2.$$

#### **TIEMPO REAL DE RIEGO x SECC EN HRS.**

$$\text{Lámina bruta} / \text{lámina horaria} = 7.64 \text{ mm/día} / 3.181 \text{ mm/hr} = 2.401 \text{ h} = 3 \text{ h /día.}$$

#### **INTÉRVALO DE RIEGO.**

IR = Lámina Neta / Uso consuntivo del cultivo.

$$\text{IR} = 7.28 \text{ mm} / 3.24 \text{ mm} = 2 \text{ días}$$

#### **NÚMERO DE SECCIONES DE RIEGO.**

No SECC. = tiempo total de riego / tiempo de riego por sección.

No SECC. = 18 horas / 3 horas = 6 Secciones.

GASTO TOTAL POR SECCIÓN PARA 5.15 HAS.

$$Q_{\text{TOTALDEL SISTEMA}} = \frac{A \times \%C \times LB}{TR}$$

**Q** = Gasto m<sup>3</sup>/hr.

**A** = Área en m<sup>2</sup>            51,515.23 m<sup>2</sup>.

**%C** = Por ciento de cobertura (100 %).

**LB** = Lámina bruta m        **7.64 mm**

**TR** = Tiempo de riego horas **18 horas**.

$$QTS = \frac{51,515 \times 1.0 \times 0.0076}{18} = 21.75 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} = 6.04 \text{ l s}^{-1}$$

### 5.3. DISEÑO AGRONÓMICO.

El diseño agronómico de un sistema de riego consiste básicamente en el cálculo de la demanda de agua por el cultivo, conocido también como uso consuntivo. De esta demanda de agua lo que más interesa en el diseño del riego es el máximo consumo o demanda pico, para dimensionar el sistema de tal forma que se satisfagan las necesidades del cultivo en los periodos críticos y la planta no sufra por deficiencia de humedad del suelo.

Uso consuntivo: Agua que evapora del suelo + agua transpirada por las plantas, agua utilizada para la construcción de los tejidos = Evapotranspiración agua utilizadas para la construcción de los tejido.

La Evapotranspiración y su estimación en función de datos climatológicos de una región, ha sido ampliamente estudiada. Sin embargo, debe señalarse que muchos de los métodos usados no siempre dan resultados aceptables cuando las condiciones de las áreas en estudio difieren de las propias de la región donde se obtuvo el método. Por otra parte, como la evapotranspiración del cultivo depende de muchas variables, entre las que destacan la cantidad de agua que se le aplica al cultivo, la etapa de desarrollo del mismo y otros factores del suelo.



Las estimaciones de la evapotranspiración de los cultivos en base a medias de la radiación solar son muy confiables. Desafortunadamente en México no es fácil obtener información sobre la radiación solar. El método de Blaney y Criddle arroja resultados muy confiables para zonas con características muy similares a la región del oeste de los Estados Unidos, sin embargo, este método no es recomendable en zonas tropicales. (Jensen y Haise ,1963)

#### **5.4. DISEÑO HIDRÁULICO.**

Después de haber estudiado las características del agua, el suelo y la disponibilidad del volumen de agua a utilizar; el sistema que mejor se adapta a estas condiciones, es el riego por aspersión fijo subfoliar. Debido a que se pretende hacer un uso eficiente del agua, recomendándose el tipo de riego por aspersión fija subfoliar en donde los aspersores mejoran la humedad del área. El diseño se realizó utilizando aspersores de baja presión, con las características anteriores para la temporada de sequía.

Este sistema ayudará a obtener mejores rendimientos en el cultivo, mejor aprovechamiento de la planta, uniformidad de la cosecha y se pretende un ahorro considerable de agua y de energía.

##### ***Diseño del sistema de riego.***

##### ***Selección de línea máxima regante.***

El criterio para hacer el cálculo de líneas regantes y secundarias es que desde el primer emisor hasta el último emisor no debe haber una diferencia en el caudal de 10 % esto equivale a una diferencia de presión de 20% de la presión de operación del emisor. Esta diferencia de presión se debe repartir entre el tubo regante y la tubería secundaria; para fines prácticos consideramos mitad de diferencia de presión en cada una. Con la salvedad que cuando se utilizan aspersores de ángulo bajo de  $350 \text{ L H}^{-1}$ , se empieza a hacer uso de una mayor variación en la presión que se utiliza en regantes y en secundarias por ello es que en secundarias se emplea una presión del 20% en secundarias y el 10% en regantes. Con el criterio de tomar en cuenta la presión de operación del tubo de PVC RD 21-19MM ya que su máxima presión permitida es de  $14.00 \text{ Kg cm}^{-2}$ .

Con los datos técnicos del emisor seleccionamos la longitud máxima de la línea regante que da como valor máximo una variación de flujo del 2%, que para este caso es de 90 m aproximadamente.

La ecuación utilizada para hacer el cálculo de todas las pérdidas de carga es la de Manning, con un coeficiente para PVC  $n = 0.009$ , reduciendo los términos de la ecuación

original a una sección circular y sustituyendo los valores conocidos queda de la siguiente manera:

$$H_f = 8.3378 \cdot 10^6 \cdot Q^2 \cdot D^{-5.333} \cdot L$$

Donde:

$H_f$ : Pérdida de carga hidráulica (m).

$Q$ : Caudal ( $\text{l s}^{-1}$ ).

$D$ : Diámetro interno (mm).

$L$ : Longitud.

El ancho de los cuadros de riego son variables, por lo que se procede a colocar regantes que no excedan de los 60.0 m de largo. Como estas longitudes están por debajo de la máxima regante se tendrán diferencia de presión máxima de 2 m.c.a., con un gasto mínimo de  $349.0 \text{ l h}^{-1}$ , máximo de  $351.0 \text{ l h}^{-1}$  y, lo que da una uniformidad de emisión ( $Q_{\text{min}} / Q_{\text{med}}$ ) de 99.0%.

#### ***Calculo de líneas secundarias.***

La diferencia de presión permitida en la línea secundaria es de 2.0 m.c.a. El programa de cómputo utilizado proporciona las longitudes de cada diámetro comercial para satisfacer esta condición de pérdida de carga.

La rutina identifica el área que se va a regar con la línea secundaria que se va a calcular, toma en consideración la lamina horaria de riego para calcular el caudal de ese bloque, o sea el caudal al inicio de la secundaria, con este caudal y con la disposición de la tubería realiza las intersecciones con las curvas de pérdida de carga para establecer los puntos de cambio de diámetro que satisfaga la condición de que la suma no sea mayor a la perdida propuesta.

#### ***Tamaño de las válvulas de seccionamiento.***

Los caudales en los bloques de riego son de aproximadamente  $7.4 \text{ l s}^{-1}$  por sección, y cada sección cuenta con 1 válvula y por lo que las válvulas utilizadas en este proyecto son Válvulas de PVC 75MM-3" y 1 válvula AE 75 MM en línea.

La perdida recomendada para este tipo de válvulas es de 2.0 m.c.a.

El caudal total requerido en el sistema de riego es de  $42.4 \text{ l s}^{-1}$ , y el caudal disponible, por lo cual el sistema quedara integrado en 6 secciones de riego que se incorporaran al riego.

### ***Cálculo de la línea principal.***

La disposición de la tubería principal está determinada por la posición de las válvulas de seccionamiento, esto nos lleva a colocar la tubería principal por la cabecera de los cuadros de riego para alimentar estas válvulas. El gasto máximo que se va a manejar en una sección es de  $7.4 \text{ l s}^{-1}$  que se conducirá por la tubería de 50 MM diámetro exterior, la perdida por fricción sobre la longitud critica de la tubería principal es de 0.25 m.c.a. Calculada mediante la ecuación que se indica a continuación.

$$H_f = 8.3378 \times 10^6 * Q^2 * D^{-5.333} * L$$

Donde:

*Q*: Gasto en  $\text{l s}^{-1}$ .

*D*: Diámetro del tubo en mm.

*L*: Longitud de la tubería en m.

Los resultados de la pérdida por fricción son obtenidos directamente en nuestro sistema de cómputo. Estos datos están impresos en cada tramo de la línea principal, en los planos anexos. Base de datos, Microsoft office Excel 2007, ecuaciones anteriores.

### ***Selección de filtración.***

Existen tres tipos básicos de filtros:

- 1.-Filtros granulares (Grava- arenas)
- 2.-Filtros de mallas / discos
- 3.-Hidrociclones.

Para este tipo de sistema que se diseña, no se necesita filtro ya que en particular el tipo de aspersor es amplio y no tiene retención de arenas y que éstas taponen los aspersores.

## 5.5. PRESUPUESTO DE OBRA.

A través de la tabla 17. Presupuesto de obra se puede ubicar el costo por hectárea y costo total del proyecto, para una superficie total de 5 hectáreas. Se describe cada uno de los conceptos para los cuales se generarán los gastos ya sea en su compra o instalación.

Tabla 17. Presupuesto de obra.

PRESUPUESTO DE OBRA					
OBRA:	SITEMA DE RIEGO POR ASPERSION SUBFOLIAR MOISES THOMAS				
SUPERFICIE:	5-00-00 HAS				Por: Pedro Bernabé.
PROPIETARIO:	SR.MOISES THOMAS MEUNIER				
UBICACIÓN:	LOCALIDAD SAN RAFAEL, VER.				
PART.	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE
1	TE C40 75 MM	PZA	5.00	\$79.70	\$398.50
2	RED. BUSHING CEN. PVC 19-13 MM	PZA	439.00	\$1.00	\$439.00
4	TE C40 19 MM	PZA	390.00	\$3.95	\$1.540,50
5	CODO HID. PVC 90° X 75" MM	PZA.	4.00	\$82.00	\$328.00
6	CODO C40 CEM 90° X 19MM	PZA.	96.00	\$3.96	\$380.16
7	TUBO PVC RD-51 75 MM ABOC	PZA.	96.00	\$155.40	\$14.918,40
8	TUBO PVC RD-41 50 MM ABOC	PZA.	60.00	\$113,16	\$6.789,60
9	TUBO PVC RD-21 19 MM	PZA.	878.00	\$33,28	\$29.219,84
10	TUBO HID. PVC RD-13.5 1/2" Ø		439.00	\$39,84	\$17.489,76
11	COPELE C40 50 MM	PZA	4.00	\$7,82	\$31,28
12	COPELE C40 75 MM	PZA	4.00	\$25,18	\$100,72
13	CRUC. VAL. DE BOLA DE 75 MM Ø	LOTE	7.00	\$1.250.00	\$8.750.00
14	CRUCERO DE VALVULA DE ADM. Y EXPU. DOBLE ACCION DE 3 X 1"	LOTE	7.00	\$1.350.00	\$9.450.00
15	CEMENTO PARA PVC 0.5 LTS	PZA	15.00	\$78.00	\$1.170.00
16	PURGA DE LINEAS 2"	lote	12.00	\$113.00	\$1.356.00
17	ABRAZ. PVC. DE 50-19MM	PZA	47.00	\$35.00	\$1.645.00
19	ASPELOR 1/2" PLASTICO	PZA.	439.00	\$75.00	\$32.925.00
20	ADAP. HID. PVC CEM R/HEMBRA 1/2"	PZA	439.00	\$1,18	\$518.02
21	CONEXIÓN DE DESCARGA DE LA BOMBA DE 3" ( MEDIDOR DE FLUJO TIPO CARRETE CON LECTURA INSTANTANEA Y TOTALIZADOR 3", VALV. DE AIRE 1", VALV CHECK 3", CUELLO DE GANSO DE FO.FO 3", 1 MANOMETRO DE 0-7 KG, CONEXIONES)	LOTE	1.00	\$16.000.00	\$16.000.00
22	INSTALACION APERTURA DE ZANJA Y TAPADO	LOTE	4.88	\$8.500,00	\$41.480.00
				<b>TOTAL PROYECTO</b>	<b>\$184.929,78</b>
	<b>COSTO POR HA.</b>		\$184.929,78	<b>\$ 36.985,96</b>	
			5.00		
(CIENTO OCHENTA Y CUATRO MIL NOVECIENTOS VEINTINUEVE PESOS 78/100 M.N.)					

## 5.6. CATÁLOGO DE OBRA.

En la tabla 18. Catálogo de obra ó comúnmente conocido también como “lista de materiales”, facilita al diseñador identificar de forma rápida y sencilla el total de material que utilizará en el desarrollo del proyecto; permite un manejo adecuado del pedido de materiales y la elaboración de una cotización de manera efectiva.

Este catálogo también permite un fácil manejo del conteo de material que se destina para cierta área de cultivo o cierto proyecto, cuando se maneja más de un proyecto.

Tabla 18. Catálogo de obra.

CATALÁGO DE OBRA				
OBRA: SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION SUBFOLIAR MOISES THOMAS				
SUPERFICIE: 5-00-00 HAS				
PROPIETARIO: SR. MOISES THOMAS MEUNIER				
UBICACIÓN: LOCALIDAD SAN RAFAEL, VER.				
			Por: <u>Pedro Bernabé.</u>	
PART.	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	
1	TE C40 75 MM	PZA	5,00	
2	RED. BUSHING CEN. PVC 19-13 MM	PZA	439,00	
4	TE C40 19 MM	PZA	390,00	
5	CODO HID. PVC 90° X 75" MM	PZA.	4,00	
6	CODO C40 CEM 90° X 19MM	PZA.	96,00	
7	TUBO PVC RD-51 75 MM ABOC	PZA.	96,00	
8	TUBO PVC RD-41 50 MM ABOC	PZA.	60,00	
9	TUBO PVC RD-21 19 MM	PZA.	878,00	
10	TUBO HID. PVC RD-13.5 1/2" Ø	PZA.	439,00	
11	COPLER C40 50 MM	PZA	4,00	
12	COPLER C40 75 MM	PZA	4,00	
13	CRUC. VAL. DE BOLA DE 75 MM Ø	LOTE	7,00	
14	CRUCERO DE VALVULA DE ADM. Y EXPU. DOBLE ACCION DE 3 X 1"	LOTE	7,00	
15	CEMENTO PARA PVC 0.5 LTS	PZA	15,00	
16	PURGA DE LINEAS 2"	lote	12,00	
17	ABRAZ. PVC. DE 50-19MM	PZA	47,00	
19	ASPERSOR 1/2" PLASTICO	PZA.	439,00	
20	ADAP. HID. PVC CEM R/HEMBRA 1/2"	PZA	439,00	
21	CONEXIÓN DE DESCARGA DE LA BOMBA DE 3" ( MEDIDOR DE FLUJO TIPO CARRETE CON LECTURA INSTANTANEA Y TOTALIZADOR 3", VALV. DE AIRE 1", VALV CHECK 3", CUELLO DE GANZO DE FO.FO 3", 1 MANOMETRO DE 0-7 KG, CONEXIONES)	LOTE	1,00	
22	INSTALACION APERTURA DE ZANJA Y TAPADO	LOTE	4,88	

## **6. CONCLUSIÓN.**

A través de este diseño se puede observar muchos factores que pueden ser de gran utilidad para un proyectista, ingeniero o estudiante de la rama de ingeniería agrícola, ya que en este trabajo se incluyen algunos métodos para determinar los requerimientos de agua para el cultivo del plátano, como es el método de Blaney y Criddle, así también, a través de estadísticas mencionadas, se puede conocer la situación actual del cultivo, no solo en nuestro país sino a nivel internacional, ya que antes de desarrollar un proyecto productivo de este tipo, es importante conocer la situación del cultivo para poder tomar una decisión sobre los requerimientos para su producción, como por ejemplo el uso consuntivo, el costo por hectárea del sistema, entre otros.

Como conclusión, en este proyecto, se ha determinado a través de los cálculos que, el sistema es capaz de cumplir con los requerimientos que demanda del cultivo, la eficiencia que ofrece el sistema es aproximadamente del 85%, lo cual indica que es capaz de aplicar el recurso hídrico a la planta de forma adecuada, se dice que es una alternativa, porque beneficiará una superficie de 5 hectáreas, con una inversión calculada de \$184,929.78 pesos, lo cual pudiera recuperarse en un tiempo no mayor a dos años, ya que la producción se incrementaría durante la proyección inmediata del sistema y mediante ésta habrá una mejor de condición de vida para los productores de esta región.

La puesta en marcha de este diseño generaría mano de obra local en el proceso de producción del cultivo, así como durante la instalación y operación del sistema. Se creará dos empleos directos por hectárea en los cuales participarán hombres y se contempla también que se puede generar empleos eventuales básicamente para el empaque de la producción del cultivo, en esta actividad podrán participar mujeres.

## 7. BIBLIOGRAFÍA.

Aidarov, I.P., Golovanov, A.I., y Mamaev, M.G. (1986). El Riego. Editorial Mir. Moscú.

Belalcázar et al. (1991) Citado en la Memoria XV reunión realizada en Colombia, 2002).  
Riego para cultivo de plátano.

Champión J. 1968. El plátano. Ed. Cubano del libro La. Haba La. Habana.

Contijoch, M. (1997). Programa de Fertiirrigación. Agro-Síntesis.

Covarrubias, M.HC y Cisneros, A.R. (2002). Sistemas de riego. Universidad Autónoma De San Luis Potosí, Facultad De Ingeniería Ingeniero Topógrafo Hidrólogo. En línea: <http://www.slideshare.net/RCISNEROS/sistemas-de-riego> (verificado en febrero del 2011).

CVCC, (2010). Comisión veracruzana de comercialización agropecuaria, 2010. Monografía del plátano.

EMMSA. Sistemas de tubería. En línea: <http://www.emmsa.com.mx> (verificado en febrero del 2011).

Enciso, M.J. (2005). El riego, capítulo 1. En línea en:  
[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lec/fernandez\\_r\\_r/capitulo1.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lec/fernandez_r_r/capitulo1.pdf). (Verificado en febrero del 2011).

Enciso, M.J. (1995). Manual para planificar la tecnificación del riego parcelario. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. Comisión Nacional del Agua.

Gobierno del estado. <http://www.oeidrus-veracruz.gob.mx>).

<http://www.siacon.sagarpa.gob.mx>

INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Archivo histórico de localidades san Rafael, Veracruz.

Info agro México. Cultivo del plátano. En línea: [www.infoagro.com](http://www.infoagro.com) /verificado en febrero del 2011).

Info agro México, <http://articulos.infojardin.com/Frutales/fichas/platano-platanos-banano-bananos.htm>

Jensen, M.E. and Haise, H.R., 1963. Estimating evapotranspiration from solar radiation. En línea:[http://www.wsl.ch/staff/niklaus.zimmermann/programs/aml3\\_2.html](http://www.wsl.ch/staff/niklaus.zimmermann/programs/aml3_2.html) (verificado en marzo de 2011).

La información recabada en cuanto a temperatura y precipitación, corresponde a la que se utilizada por el ingenio Independencia de Martínez de la Torre.

Marín, M.SM, (2008). Antecedentes de sistemas de riego.

Memoria XV reunión realizada en Colombia, (2002). Manejo integrado de plagas del plátano y el banano, asociación de bananeros de Colombia. En línea: [http://econegociosagricolas.com/ena/files/Manejo\\_Integrado\\_de\\_Plagas\\_del\\_Plátano\\_y\\_el\\_Banano.pdf](http://econegociosagricolas.com/ena/files/Manejo_Integrado_de_Plagas_del_Plátano_y_el_Banano.pdf) (verificado en marzo de 2011).

Monari, L. (2001). India Power Supply to Agriculture. Energy Sector Unit South Asia Regional Office. The World Bank.

Necesidad de agua del plátano, Belalcázar et al. (1991) cita a Champion, (1975).

Nelson Irrigation Corporation. En línea: [www.nelsonirrigation.com](http://www.nelsonirrigation.com) (verificado en febrero del 2011).

Ojeda, W. y Herrera, JC. (2000). Uso eficiente del Agua y la energía en sistemas de bombeo. IMTA. Jiultepec, Morelos.

PTPCP, (2005). Paquete tecnológico para el cultivo del plátano. Gobierno del estado de colima.

Ramírez, R.R. (2000). Perspectivas del Medio Ambiente Mundial. En línea en: <http://www.monografias.com/trabajos14/problemadelagua/problemadelagua.shtml> (verificado en febrero del 2011).

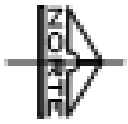
Rojas, P.L. y Briones, S. G. 2001. Diseño y operación de sistemas de riego. Esta publicación se realizó en el Departamento Editorial y Servicios de Apoyo de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México, con el apoyo de la imprenta de la misma. 152 páginas.



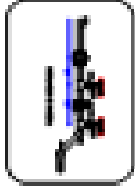
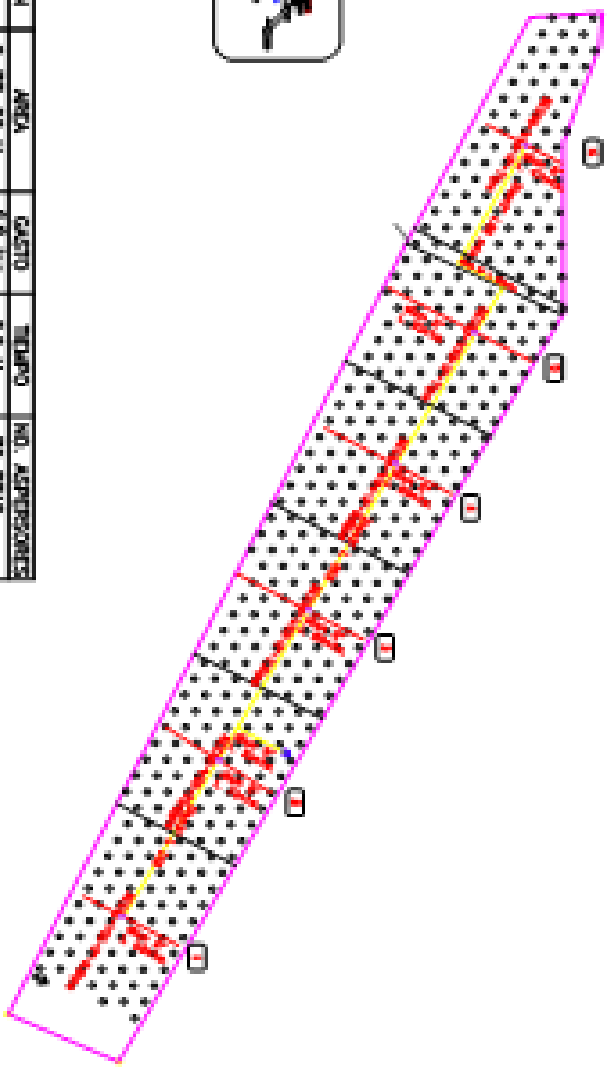
Stover, R.H & N.W. Simmonds, (1987). Bananas (3era edicion), Longman, London, united Kingdom.

Wanda Almodóvar y Manuel Díaz, (2001). Enfermedades del plátano y guineo. Universidad de puerto rico. Colegio de ciencias agrícolas. En línea: <http://articulos.infojardin.com/Frutales/fichas/platano-platanos-banano-bananos.htm> (Verificado en febrero del 2011).

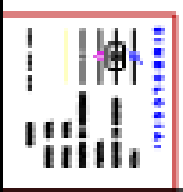
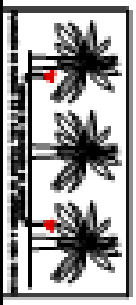
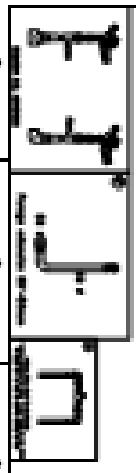
## **8. ANEXOS.**



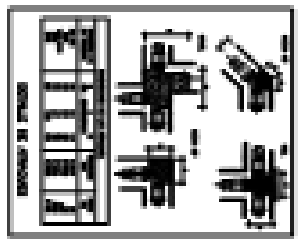
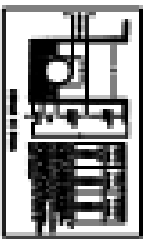
SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN PARA CULTIVO DE PLÁTANO  
SAN BARAHIL, VERACRUZ, MÉXICO.



SECCION	AREA	GASTO	TIEMPO	NO. ASPERSORIOS
I	0-77-00 HORA	6.8 lps	3.0 Hrs.	79 PZAS.
II	0-79-00 HORA	7 lps	3.0 Hrs.	73 PZAS.
III	0-80-00 HORA	7.2 lps	3.0 Hrs.	79 PZAS.
IV	0-84-00 HORA	7.4 lps	3.0 Hrs.	77 PZAS.
V	0-85-00 HORA	7 lps	3.0 Hrs.	73 PZAS.
VI	0-79-00 HORA	7 lps	3.0 Hrs.	73 PZAS.



**Nota especial del autor:**  
Este sistema de riego por aspersión está diseñado para el cultivo de plátano en San Barahil, Veracruz, México. El sistema está diseñado para un riego por aspersión de 3.0 horas por zona. El sistema está diseñado para un riego por aspersión de 3.0 horas por zona. El sistema está diseñado para un riego por aspersión de 3.0 horas por zona.



ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	...	...	...	...	...
2	...	...	...	...	...
3	...	...	...	...	...
4	...	...	...	...	...
5	...	...	...	...	...
6	...	...	...	...	...
7	...	...	...	...	...
8	...	...	...	...	...
9	...	...	...	...	...
10	...	...	...	...	...
11	...	...	...	...	...
12	...	...	...	...	...
13	...	...	...	...	...
14	...	...	...	...	...
15	...	...	...	...	...
16	...	...	...	...	...
17	...	...	...	...	...
18	...	...	...	...	...
19	...	...	...	...	...
20	...	...	...	...	...
21	...	...	...	...	...
22	...	...	...	...	...
23	...	...	...	...	...
24	...	...	...	...	...
25	...	...	...	...	...
26	...	...	...	...	...
27	...	...	...	...	...
28	...	...	...	...	...
29	...	...	...	...	...
30	...	...	...	...	...
31	...	...	...	...	...
32	...	...	...	...	...
33	...	...	...	...	...
34	...	...	...	...	...
35	...	...	...	...	...
36	...	...	...	...	...
37	...	...	...	...	...
38	...	...	...	...	...
39	...	...	...	...	...
40	...	...	...	...	...
41	...	...	...	...	...
42	...	...	...	...	...
43	...	...	...	...	...
44	...	...	...	...	...
45	...	...	...	...	...
46	...	...	...	...	...
47	...	...	...	...	...
48	...	...	...	...	...
49	...	...	...	...	...
50	...	...	...	...	...