

1
519.8
ZAM



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Instituto de Ciencias Matemáticas

“ Estudio Esfádísfico Mulfivariado de la incidencia de la Sigafoka negra frente a los diferentes pesficidas y su efecto sobre el rendimiento de los cultivos ”

T E S I S D E G R A D O

**Previa a la obtención del Título de:
INGENIERO EN ESTADÍSTICA INFORMATICA**

Presentada por:

Ignacio Abel } Zambrano Quirola



GUAYAQUIL - ECUADOR

A Ñ O

2 0 0 0



D-20525

Agradecimiento

A todas las personas que de uno u otro modo colaboraron en la realización de este trabajo y especialmente al Mat. Jhon Ramírez Director de Tesis, por su invaluable ayuda

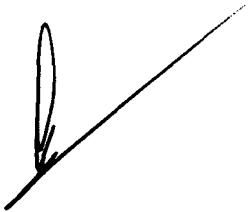
Dedicatoria

A MI MADRE

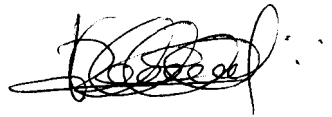
AMI HERMANA

A MIS FAMILIARES

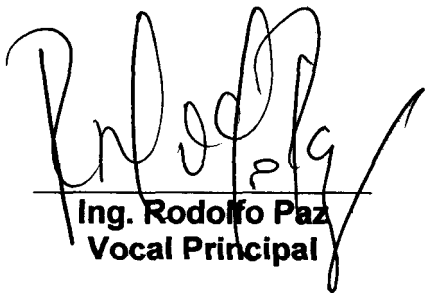
Tribunal de Graduación



Mat. Feliz Ramírez
Director del I.C.M



Mat. Jhon Ramírez
Director de Tesis



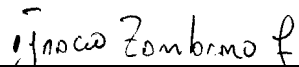
Ing. Rodolfo Paz
Vocal Principal



Dr. Rodolfo Maribona
Vocal Principal

Declaratoria Expresa

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado me **corresponden** exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la Escuela Superior Politécnica del **Litoral**”



Ignacio Zambrano Quirola

RESUMEN

En el siguiente trabajo, expondremos los efectos que produce el hongo de la Sigatoka negra en los cultivos bananeros de la región de Milagro, específicamente en la Hacienda Sta. Ana (Zona de estudio), seleccionando aquellas variables que tienen, estrecha relación con la enfermedad en mención, como son:

- Hojas en emisión foliar
- Hojas sin infección
- Precipitación pluvial
- Evaporación
- Temperatura ambiental
- Grado de infección en el estadio 1
- Grado de infección en el estadio 2
- Grado de infección en el estadio 3
- Grado de infección en el estadio 4
- Racimos cortados por cosecha

Probaremos, qué tipo de fungicida resulta más adecuado en la aplicación sobre las plantas, cuál resulta ser más deficiente al momento de controlar la enfermedad. Analizaremos el comportamiento que presentan las variables

escogidas mediante gráficas que detallen los grupos que conforman entre sí, y describiremos, **porqué, algunas** variables muestran un **comportamiento** contrario con las demás.

Para finalizar propondremos algún nombre específico, a los ejes principales de las gráficas, de acuerdo, a las características propias que **presentan cada** una de las variables y los grupos que conforman

Índice General

RESUMEN.....	II
INDICE GENERAL	III
INTRODUCCION	Pg 1
I. LA SIGATOKA NEGRA EN EL ECUADOR	3
1.1 Historia del Banano.....	3
1.2 Organización Bananera.....	7
1.3 Origen de la Sigatoka negra.....	8
1.4 Historia de la Sigatoka negra.....	9
1.5 Causa de la enfermedad.....	10
1.51 Sintomatología.....	11
1.52 Propagación.....	11
1.53 Patrones de infección.....	12
1.54 Diagnóstico de la enfermedad.....	12
1.5.5 Técnicas de montaje.....	13
1.6 Característica epidemiológicas de la enfermedad.....	13
1.7 Epidemiología de la Sigatoka negra.....	14
1.8 Clima.....	18
1.9 Practica agrícola que condicionan un buen control sobre ta enfermedad.....	20
1.9.1 Materiales para el control de la Sigatoka negra.....	20
1.9.2 Aceite mineral o aceite agrícola.....	20
1.9.3 Benzimidazoles y Tiofanatos.....	22
1.9.4 Morfilinas	23
1.9.5 Ditiocarbamatos.....	24
1.9.6 Cloronitrilos.....	24
1.9.7 Triazoles.....	25
1.9.8 Imidazoles.....	26
1.9.9 Pirimidinas.....	26
1.10 Control de Sigatoka negra.....	27
1.11 Implementación de parcelas de preaviso biológico para el control de Sigatoka negra.....	29
1. II. 1 Las características vegetativas de la planta.....	30
1.11.2 Las condiciones climáticas de la zona.....	30

II. ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES.....	31
2.1 Introducción.....	31
2.2 Análisis de componentes principales.....	32
2.3 Obtención de las componentes principales.....	33
2.4 Características de las componentes principales.....	34
2.4.1 Cantidad de Información y Distancias.....	35
2.4.2 Representación gráficas.....	35
2.5 Distancias.....	37
2.6 Diferentes medidas de la información.....	39
2.7 Descripción formal del método factorial.....	41
2.7.1 Información.....	41
2.8 Características de la tabla de datos.....	42
2.9 Representación de las variables artificiales	44
2.10 Construcción de la componentes Y_i	46
2.11 Objetivo.....	48
2.12 Estructura espectral de las componentes principales	49
III. Análisis Univariado y Multivariado.....	50
3.1 Introducción.....	50
3.2 Total hojas de emisión foliar.....	51
3.3 Total hojas sin infección.....	52
3.4 Grado de infección estadio 1.....	54
3.5 Grado de infección estadio 2.....	56
3.6 Grado de infección estadio 3.....	57
3.7 Grado de infección estadio 4.....	59
3.8 Temperatura Ambiental.....	61
3.9 Evaporación.....	62
3.10 Precipitación Pluvial.....	64
3.11 Análisis de datos univariados.....	65
3.12 Temperatura.....	66
3.13 Grado de infección.....	70
3.14 Prueba de hipótesis para medias.....	86
3.14.1 Hojas sin infección.....	87
3.14.2 Grado de infección 1, 2, 3 y 4.....	88
3.15 Análisis de componentes principales.....	93
IV. Conclusiones.....	II 1
Apéndice	
Bibliografía	

Índice de Gráficos

	Pg
Figura 2.1 Estructura de la nube de datos	34
Figura 2.2 Centra de gravedad de la nube de datos	37
Figura 2.3 Representación gráfica de una matriz $M_{n \times p}$	42
Figura 3.1 Logotipo del Grupo Quirola , Hacienda Sta, Ana	Apéndice
Figura 3.2 Grados de Severidad de las hojas	Apéndice
Figura 3.3 Grado de infección en el estadio 3	Apéndice
Figura 3.4 Grado de infección en el estadio 4 y 5	Apéndice
Figura 3.5 Plantación Bananera	Apéndice
Figura 3.6 Número de hojas en emisión foliar	52
Figura 3.7 Hojas sin infección	53
Figura 3.8 Grado de infección en el estadio 1	55
Figura 3.9 Grado de infección en el estadio 2	57
Figura 3.10 Grado de infección en el estadio 3	5%
Figura 3.11 Grado de infección en el estadio 4	60
Figura 3.12 Temperatura ambiental	62
Figura 3.13 Evaporación	63
Figura 3.14 Precipitación pluvial	65
Figura 3.15 Temperatura maxima	66
Figura 3.16 Temperatura minima	67
Figura 3.17 Temperatura maxima y minima	6%
Figura 3.18 Grado de infección en el estadio 1 y 4 con sus f e c h a s	70
Figura 3.19 Grado de infección en el estadio 1 y 4 para cada fungicida	72
Figura 3.20 Fecha en que se registró grado de infección en el estadio 2 y 3	74
Figura 3.21 Grado de infección en el estadio 1 y 4 con sus evaporaciones	77
Figura 3.22 Grado de infección en el estadio 2 y 3 con sus evaporaciones	80
Figura 3.23 Gráfica del estado evolutivo y severidad de la infección	83

Figura 3.24 Gráfica de los valores propios versus el número de componentes principales	98
Figura 3.26 Gráfica de los factores de cargas	101
Figura 3.27 Proyección de las variables sobre los ejes vectoriales 1 y 2	102
Figura 3.28 Proyección de las variables sobre los ejes vectoriales 1 y 3	103
Figura 3.27 Gráfica de las variables sobre los componentes principales 1 y 2	110

Índice de Tablas

	Pg	
Tabla I	Ejemplo de una matriz de datos con 2 variables	35
Tabla II	Prueba de hipótesis para la variable hoja sin infección	87
Tabla III	Grado de infección en el estadio 1	89
Tabla IV	Grado de infección en el estadio 2	90
Tabla V	Grado de infección en el estadio 3	90
Tabla VI	Grado de infección en el estadio 4	91
Tabla VII	Tabla de variables obtenidas	93
Tabla VIII	Variables analizadas	94
Tabla IX	Matriz de Varianzas y Covarianzas	94
Tabla X	Componentes Principales con sus porcentajes	95
Tabla XI	Los 3 primeros valores propios	97
Tabla XII	Matriz de componentes principales	99
Tabla XIV	Proporción de la varianzas de cada variable explicada	100

INTRODUCCIÓN

El trabajo expuesto a continuación, cuantificaremos los daños causados por la Sigatoka negra a las plantaciones, tomamos como referencia la Hacienda Santa Ana ubicada en el tramo **vía a Milagro** de propiedad del Grupo **Quirola** que integran un conjunto de plantaciones bananeras y de otros productos asentadas en la región de la costa Ecuatoriana, cuyo dueño el Sr. Esteban Quirola Figueroa, a través de su administrador el Ingeniero agrónomo Carlos Zambrano me brindaron la oportunidad de realizar un análisis sobre la situación de la bananera en lo referente a la enfermedad.

Para introducirnos en el análisis de la situación de la hacienda en lo referente a la infección, expondremos en la siguiente; la historia y orígenes de la Sigatoka negra, en qué lugar primero se detectó, los grados de infección que presenta, cuales son los productos elaborados para su combate y los compuestos químicos que lo componen, cuales son los métodos comunes que se frecuentan para **diagnosticar** la realización de las **fumigaciones** con el fin de mejorar el control sobre la infección.

Además definiremos que técnica estadística se ajusta mejor a nuestro estudio y nos enfocaremos concretamente en el análisis **multivariante** mediante la utilización de la herramienta diseñada para tal propósito, como lo

es el análisis de componentes principales. Esta técnica diseñada con el objetivo de mostrar y visualizar **el** comportamiento de **las variables a** partir de la matriz de Varianzas-Covarianzas con la ayuda de **graficas** que muestran la ubicación de dichas variables con respecto a los ejes principales definidos.

Luego cuantificaremos los diferentes grados de infección que se dan, una vez contraído el virus, relacionándolas con la **aplicación de los fungicidas** durante las fechas encontrada para **tales aplicaciones** y de **aquellas** fechas que presentan mayor intensidad en la infección, para luego obtener que productos controlan mejor la enfermedad y en qué condiciones obtuvo esos resultados cuando se presentaron todas las condiciones para el brote del virus.

Capítulo I

1. La Sigatoka negra en el Ecuador

1.1 Historia del Banano(1)

El banano es una fruta de gran valor nutritivo, **con** alto contenido de vitaminas-minerales, de buen sabor y **fácil** digestión, su consumo se ha extendido a niveles mundiales, éste precisamente, uno de **los** motivos por lo que el cultivo de banano ocupa el primer lugar en el Ecuador dentro de la producción agrícola, y el segundo producto que genera más divisas, a la economía nacional, después del petróleo. Por varios años se ha mantenido un nivel de exportaciones promedio de 1'300.000 TM, (toneladas métricas); con excepción de los **años** 1983 – 1984, en los que descendió **a** menos de 1'000.000 de TM, a causa del fuerte invierno de 1982 – 1983, que afectó **los** rendimientos de las plantaciones bananeras. Alrededor del 30% de la producción total se consume internamente.

¹ Basado en el texto original del tng. Agrónomo **Fulbio Gonzalez**.

La especialización en el sector agrícola es el caso del banano, es cada vez mayor, sobre todo desde su **vinculación al** sistema de intercambio, relación que ha priorizado el cultivo de ciertos productos, según las fluctuaciones del mercado mundial.

En términos generales, el auge de las exportaciones de productos primarios, ha sostenido la presencia en la economía nacional del modelo agro-exportador, que teniendo como eje principal los cultivos tropicales, incluso mucho antes de la exportación petrolera, ha servido de sostén del ejercicio fiscal y de gran parte de la estructura productiva del país. En el marco de esa inserción la historia de la economía nacional durante los 40 últimos años se caracteriza por una marcada dependencia a la exportación de productos primarios, actividades que se han constituido en núcleo de nuestro sistema capitalista. Actualmente las exportaciones del sector primario representan el 88.1% del total de las exportaciones Ecuatorianas.

En ese esquema de desarrollo la producción del banano se ha destacado por el rol económico que asume en los últimos **años** de la década de los 40, cuando el país se incorporó como productor importante en los mercados internacionales, entre otras cosas, por la caída que sufrió la producción en las áreas bananeras de los países

centroamericanos, situación particular que da la oportunidad al Ecuador a cubrir parte de la demanda en el mercado estadounidense y el europeo.

A partir de este hecho el banano se ha constituido en un recurso básico de los ingresos nacionales, fiscales y de la Empresa Privada. El rol del banano en la economía nacional se ha destacado en gran dimensión desde inicios de la década de los 50 época en la que fue el eje principal de las exportaciones de bienes primarios.

En la economía nacional la producción bananera presentó varios ciclos, entre **1948** y 1965 tuvo su primer auge, a partir de este último año entró en una etapa de estancamiento que se prolongó hasta 1976, Este período de estancamiento señalado tiene que ver con la declinación de las ventas a los mercados tradicionales en EEUU, Europa Occidental y al mercado Japonés derivado de las exportaciones.

A las modificaciones de la oferta hay **que agregar** la recomposición en la estructura de costos, que en términos comparativos desfavoreció al Ecuador en la competencia del mercado' bananero. Como resultado de todo esto en el país se redujo considerablemente

la superficie sembrada. Esta que de 91.466 has en 1962 había pasado a 163.772 Has. En 1966 comienza a reducirse a partir de 1967 llegando en 1976 a descender a 85.904 Has. Situación particular que tuvo que ver con la reducción del área destinado al cultivo bananero que siguió siendo una tendencia inclusive hasta 1985.

Desde 1977, experimentó un nuevo auge caracterizado por la **re-**adecuación y modernización la cual permitió cumplir con las expectativas de un protagonismo en la economía nacional. Este síntoma positivo tuvo su origen en la nueva estrategia productiva de las -empresas productoras y exportadoras al introducir la variedad Cavendish, más resistente y productiva que la anterior producida y se siembran nuevos esquemas de tecnología en las fases de este cultivo.

Según las cifras se destaca que a partir de 1986 se incrementó el área bananera, llegando a cubrir 160.710 Has, en el año de **1990**. La ampliación del área bananera va a incidir en los niveles de producción que **registraron** tasas de crecimiento **anual positivas** en algunos años, mereciendo descartarse las de los años 1986 y 1990.

En el plano económico las exportaciones de banano siguen siendo un puntal fuerte en las exportaciones primarias y en el **total** general. Entre 1985 y 1991, su importancia varía positivamente llegando a partir de 1989, a consolidar su aporte y hegemonía en las exportaciones ecuatorianas, pasando a ocupar el segundo lugar de importancia superando al **camarón** y productos **industrializados**.

Para el repunte de la actividad bananera, reflejada en el aumento de la producción exportable y su participación en el cuadro general de exportación, podrían estar incidiendo, entre otros hechos, la ampliación de las áreas de cultivo, las nuevas inversiones de **las** empresas y los productores **individuales**, así como también la reducción de la oferta exportable de los países centroamericanos, factores que en conjunto incentivan la producción ecuatoriana.



1.2 Organización Bananera

La organización bananera ecuatoriana se basa en organismos técnicos especialmente creados para dar asistencia técnica especializada, regular la comercialización y fijar los **precios**, La AMBE (Asociación Nacional de Bananeros del Ecuador), ente que nace como Campaña de defensa del banano en el año de 1957, y luego en el año de 1964 adopta la denominación de Dirección

Nacional del Banano la cual conserva hasta 1971, cuando pasa a llamarse Programa Nacional del Banano y Frutas Tropicales, hasta que en el año de 1977 queda como Programa Nacional del Banano todas pertenecientes al Ministerio de Agricultura y Ganadería.

La modernización del estado ha hecho que **desaparezca el Programa** Nacional del Banano desde 1999. En la actualidad INEBAN, pasa a remplazar al PNB.

1.3 Origen de la Sigatoka negra

1.3.1 Diagnóstico y reconocimiento de las principales enfermedades del banano en el Ecuador

El diagnóstico es una de las bases indispensables para lograr el control eficaz de una enfermedad. Cuando el agente causal no es **fácil** diagnosticar puede consultarse literatura especializada, la cual revela la experiencia de otros **fitopatólogos** y puede **servir** para plantear las medidas de combate

El diagnóstico es más preciso, si es que se realiza personalmente en el campo. Un observador cuidadoso puede obtener datos valiosos que **facilitan** todo el proceso de identificación, ya que le permite recoger muestras adecuadas

para el examen de laboratorio. Es conveniente tomar muestras representativas de **las** diferentes etapas del desarrollo de la enfermedad.

En el laboratorio, las muestras primero se examinan con poco aumento en el microscopio estereoscópico, examen. que **revela a** veces signos del patógeno suficientemente **característicos** para el diagnóstico definitivo, o en su defecto, las áreas de tejidos infectadas que conviene examinar en mayor detalle al microscopio.

En algunos casos el examen microscópico es insuficiente para reconocer el patógeno, pues revela una diversidad de organismos cuyo papel en la enfermedad es incierta.

En el caso de presuntas virosis generalmente se prueban métodos de transmisión como mecánico, vectores, por semillas, pruebas en plantas artificiales y serológicos.

1.4 Historia de la Sigatoka negra

La Sigatoka negra se detectó por primera vez en Honduras en la finca **Guaruma** en 1969 y ahí permaneció hasta el **año** de 1972.

En 1976 las zonas plataneras de este país **sufrieron** un fuerte ataque de la enfermedad que hizo reducir el volumen de su exportación en un **85%**, en 1979, apareció en Guatemala y Belice.

En Octubre de 1979, apareció en la zona platanera de San Carlos en Costa Rica y poco después paso a la zona bananera ~~del~~ Atlántico-En febrero de 1981 se la encontró en la zona Atlántica de Panamá y en agosto del mismo año ya estaba en la Costa Pacífica. En este mismo **año** fue detectada en México.

En Octubre de 1981 apareció en la zona de **Uraba** en Colombia, y en nuestro país a pesar de todos los cuidados y prevención, hizo su aparición en la provincia de Esmeraldas, en la haciendas: Timbre, Flamingo y Victoria, en el mes de febrero de 1987, cuando fue identificada por técnicos del INIAP.

1.5 Causa de la enfermedad(*)

El organismo **causat** de **la** Sigatoka negra es el hongo **Mycosphaerella fijiensis var. difformis**, en su fase sexual y paragercóspora fijiensis en su fase **conidial** o asexual.

² INIAP, conferencias dictadas sobre el control de la Sigatoka negra.

1.51 Sintomatología

Los síntomas iniciales de la Sigatoka negra son puntos pequeños de color café rojizo, que luego se convierten en rayas del mismo color. Estas rayas se alargan y cambian a color café oscuro o casi negro. Más tarde se agrandan y se hacen más anchas, el centro negro de la lesión se hunde un poco, se seca y se **vuelve** ligeramente **gris**, aumenta la depresión y se rodea de un angosto borde café claro bien definido.

La presencia de numerosas manchas provoca la muerte de grandes áreas de tejido foliar, y después, de toda la hoja. Como en el caso de la Sigatoka amarilla, al reducir fuertemente el número de hojas sanas, causa disminución considerable del peso y tamaño de la fruta, así, como su maduración prematura. Debido a que es mucho más virulenta, inutiliza la planta en corto tiempo causando enormes problemas económicos.

1.5.2 Propagación

La enfermedad se propaga fácilmente de una plantación a otra por diversos medios como: lluvia, viento, herramientas de trabajo, material vegetativo enfermo, vestidos, calzado, etc.

La distribución y diseminación del hongo de un país a otro, es a través del viento y del hombre, este último por transportar **material** vegetal, sin reconocer, ni respetar las medidas de cuarentena que existen para el manejo y transporte de este material.

1.5.3 Patronee de infección

Los patrones **de** infección que se presentan en la hoja van desde el ápice, la base, y a lo largo de la vena central. Y la infección puede ser por ascósporas y conidios. Estos patrones difieren del ataque de la Sigatoka amarilla, el cual se presenta en la base de la hoja cuando, es originada por conidios y en el ápice de la misma cuando, es producida por ascósporas.

1.5.4 Diagnóstico de la enfermedad

Entre las técnicas que se usan para la **identificación** es el laboratorio del patógeno causante de la Sigatoka negra, tenemos que fundamentalmente se trata de **localizar** de una muestra o mancha, **la** fase asexual o conidial (**Paracercóspora** fijiensis) que nos permitirá diferenciarla de la misma fase del patógeno causante de la Sigatoka amarilla.

Una característica visible de diferenciación, es la presencia de una cicatriz basal en el **conidio** del patógeno de la Sigatoka negra, al igual

que en el conidioforo en donde esta se ha desarrollado, lo que no acontece con los conidios de la Sigatoka amarilla.

La fase sexual (Mycosphaerella fijiensis. var. **difformis**) no permite ninguna clase de comparaciones para ningún diagnóstico, porque, las ascósporas producidas por **ambos patógenos (Amarilla y Negra)** son idénticas. .

1.5.5 Técnicas de montaje

Son vanas técnicas utilizadas para hacer montajes de tejidos, siendo las principales: la impronta, montaje de raspados y ejecución de cortes del tejido enfermo.

Esta última **técnica**, es empleada para el diagnóstico de la Sigatoka negra en **Uraba**, Colombia.

1.6 Características epidemiológicas de la enfermedad

Las enfermedades de la Sigatoka tienen como agente causal un hongo de la división Eumycota, subdivisión Ascomycotina, clase Loculoascomycetes, orden Dothideales, familia Dothii, género Mycosphaerella.

La fase sexual del patógeno de la Sigatoka negra es *Mycosphaerella fijiensis*, no existe diferencias notables entre las estructuras **sexuales** de este patógeno y el de la Sigatoka amarilla.

La fase asexual del patógeno de la Sigatoka negra es *Paracercospora fijiensis*, así como la de la Sigatoka amarilla, y este patógeno, las pueden diferenciar solamente.

Paracercospora fijiensis se produce en conidioforos simples, con menos frecuencia en esporodoquios pequeños (2-8 conidioforos), rectos o variablemente **curvados, pálidos** a café grisáceos, de 0 a 5 septas, raramente enramados cerca de la base, los conidios son cilíndricos o cilindro-obclavados, rectos o curvados, hialinos a muy pálido oliváceos, de 1 a 10 **septas**, con un distintivo engrosamiento basal, al igual que en el conidioforo donde estaba unido **el conidio**, de 30-1 32 X **2,5-5** micras.

1.7 Epidemiología de la Sigatoka negra

En el patógeno de la Sigatoka negra, la fuente más importante de **inóculos** son las ascósporas. Las trampas de esporas han recolectado de 8.000 a 33.000 ascósporas por metro cúbico de aire en 24 horas. En cuanto se mojan las hojas, las ascósporas maduras son liberadas dentro de unos pocos minutos. Bajo condiciones

óptimas de temperatura y precipitación, **las** ascósporas maduras pueden estar presentes de 3 a 4 semanas **después** de la aparición de las primeras estrías. (Hojas de banano con manchas en desarrollo colocadas en el suelo, para su lenta descomposición en el campo, han mostrado capacidad para liberar **ascósporas**, por un periodo de hasta 90 días.)

Como en el caso de la Sigatoka **amarilla**, la hoja **más** joven manchada es un buen indicador del nivel de la enfermedad y de las fluctuaciones de su intensidad. El nivel manchado se correlaciona estrechamente con la precipitación, y en general, la curva de la hoja más joven manchada sigue de 3 a 6 semanas, detrás de la **curva** de precipitación, en áreas donde no se efectúa ningún control. El clima seco acompañado de temperaturas nocturnas por debajo de los 20 grados centígrados, frena el **desarrollo** de la enfermedad. La temperatura óptima para el crecimiento del patógeno es alrededor de 26°C.

La penetración al hospedero normalmente ocurre en un lapso de 2 a 3 días, y esta condicionada por la película de agua sobre la hoja y la humedad relativamente alta, favorecen la apertura de estomas.

El período promedio de incubación en banano, es de 17 días, y en plátano de 29 días. El período de **latencia** va desde la formación de conidios en el estado de estrías, y ocurre 26 días **después** de la infección en banano y 34 días en plátano. Los períodos de incubación varían: por efecto de las condiciones ambientales, por la presión de **inóculo**, la **susceptibilidad del** hospedero. **y la cantidad** de lesiones por unidad de área. En la época lluviosa ascósporas de **M. Fijiensis**, se obtienen 49 días después de la infección en banano y **54** días después en plátano. Durante los meses de la época seca, las ascóspora maduras se obtienen 64 días después de la infección en banano y 115 días en **plátano**.

Un conidioforo de **M. Fijiensis** puede producir hasta 6 conidios y sobre una estría adulta pueden formarse hasta 134 conidios. Stover indica que en una lesión de 20 **mm²** pueden formarse aproximadamente 1.200 conidios. Los conidios no requieren de lluvia para ser removidos.

Las lluvias de 10 mm o menos, son las mayores causantes de liberación de ascósporas. Al comparar la presencia de **ascósporas en** el ambiente **versus** la incidencia de Sigatoka negra expresada como hoja más joven manchada, se observa que existe una relación

directa entre la presencia de esporas al inicio de la época lluviosa y la incidencia de la enfermedad 3 o 4 semanas después de **ocurrida la liberación**, y que corresponden el período de incubación.

Las lluvias de baja intensidad y la humedad relativa alta, son las causantes de incremento en la incidencia de Sigatoka negra.

La temperatura induce fuertes cantidades de rocío en el verano, que favorece la liberación de esporas de *M. Fijiensis* al ambiente, no obstante el tiempo que dura este rocío, sobre la hoja, no es suficiente para que las esporas depositadas germinen y causen nuevas infecciones, y los incrementos diurnos de temperatura que evaporan el rocío ocasionan deshidratación de las esporas ya germinadas.

En la época lluviosa la situación es más **favorable, pues las lluvias** inician la liberación, y depositan agua sobre las hojas que son de poca variación de temperaturas y humedades relativas altas, favorecen el desarrollo de nuevas infecciones, si el agua permanece sobre los tejidos por más de 10 horas. Pequeñas disminuciones de la humedad relativa o grandes disminuciones por pocos **períodos** de tiempo no afectan a las esporas de *M. Fijiensis*.

La continua exposición de la plantaciones a los vientos limitan el desarrollo de la enfermedad. Ella tiende a ser común en suelos pobres, mal drenados y en áreas protegidas **contra** los vientos. En condiciones de abundante inóculo con tiempo húmedo y caluroso, se observan estrías y aun manchas en la segunda hoja de planta sin fruto, lo que da idea de que el **patógeno de M. Fijiensis** es altamente virulento.

Las características que hacen más violenta la Sigatoka negra son: Las estrías aparecen de 10 a 12 días más temprano que en Sigatoka amarilla. El período de transición de estrías con manchas es de 5 a 7 días más temprano. Hay 5 a 6 veces más capacidad de producción de inóculo por unidad de área foliar.

Además hay otros factores, al producirse la mayor cantidad de estructuras infecciosas por el envés de la hoja y en la zona pulvinar media, ya que la eficiencia de los químicos es limitada, por lo difícil de alcanzar estos sitios.

1.8 Clima

El desarrollo de la enfermedad depende de las condiciones del clima: como lluvia, humedad y temperatura y la cantidad de **inóculo** existente en el área.

Las hojas mojadas con humedad relativa sobre el 90% y con temperatura entre los **26°C** a **28°C** favorecen al desarrollo **rápido** de la infección, se retarda el desarrollo de la enfermedad, cuando la temperatura es inferior a 20" C. La enfermedad se propaga fácilmente de una plantación o planta a otra por intermedio de la lluvia, viento, herramientas de trabajo, material **vegetal** afectado, vestidos y calzado de las personas que transitan por las plantaciones afectadas.

Las hojas de banano con manchas en desarrollo, colocadas en el suelo para su descomposición, liberan ascósporas por un periodo de hasta 90 días. Siendo la Sigatoka negra más virulenta que la Sigatoka amarilla.

1. Las ascósporas se producen dos semanas después que aparecen las pizcas y en la Sigatoka amarilla a las cuatro semanas en condiciones óptimas de temperatura, lluvias y cantidades de **inóculos**.
2. Los períodos de aparición de estrías son: 10 a 12 días, más temprano que en la Sigatoka amarilla.
3. El período de transición de estrías a manchas es de: 6 a 7 días más temprano que en Sigatoka amarilla.

4. La capacidad de producción de esporas del hongo en, igual superficie de la hoja es de 5 a 6 días más que la Sigatoka amarilla.

1.9 Practicas agrícolas que condicionan un control sobre la enfermedad⁽³⁾

1.9.1 Materiales para el control de la Sigatoka negra

Los materiales para el control de la Sigatoka negra son básicamente los mismos materiales que se utiliza para el control de la Sigatoka amarilla. La única diferencia es en el número de aplicaciones, ya que la Sigatoka negra es más agresiva y por esta razón se necesita aplicaciones más frecuentes para un control eficaz.

Los materiales disponibles en el mercado son los siguientes:

1.9.2 Aceite mineral o aceite agrícola

Una arma muy poderosa en el control de Sigatoka. Existen dos clases de aceites: parafínicos y naftalínicos, pero los **parafínicos** son más importantes para el control de Sigatoka. El aceite tiene estas propiedades.

1. Propia acción fungistática, es decir, puede bloquear el crecimiento del hongo pero sin matarlo.

³ El Dc. Keith Cronshaw, **representante técnico de Basf-Alemania con sede en el Ecuador**

2. Ayuda a la penetración de fungicidas, especialmente líquidos dentro de la hoja y también la cobertura, es decir, las gotas se extienden mejor sobre la superficie de la hoja.
3. El aceite puede resistir la acción de la lluvia.

El aceite usado en Centro América tiene todas las características fisicoquímicas ideales para el **control** de la Sigatoka, pero al mismo tiempo es fitotóxico cuando se hacen muchas aplicaciones con altos volúmenes. Por esta razón, en Centro América se aplica el aceite generalmente mezclado con agua en la forma de una emulsión donde el porcentaje de aceite en la emulsión es aproximadamente 25%.

El aceite agrícola nacional del Ecuador no tiene las características físico químicas ideales para el control de Sigatoka, pero tampoco es muy fitotóxico. Existen fincas con más de 20 aplicaciones por año de 4 galones / Ha con muy pocos síntomas de fitotoxicidad.

Con **su** precio y fitotoxicidad bajos, el aceite ecuatoriano es un vehículo excelente para las aplicaciones de fungicidas. No se tiene todavía en Ecuador suficiente experiencia con **la** Sigatoka negra para saber que frecuencia de aplicaciones serán necesarias para un

control eficaz (30 **laño** en Colombia o hasta 45 en Honduras). Con este conocimiento se podrá decidir como se va a utilizar el aceite en la forma de emulsión.

1.9.3 Benzimidazoles y Tiofanatos

Ejemplos de Benzimidazoles son el Benomyl con el nombre comercial Benlate y **el Tiabendazol** con **los nombres comerciales** Mertect y **Tecto**. De **Metil** – Tiobendazol existen los nombres comerciales Peltis, **Topsin** o Sigma. Todos **ellos** son fungicidas localmente sistémicos en la hoja con acción preventiva y curativa.

Fueron introducidos para el control de Sigatoka en 1970 y durante el decenio 1970-1980 y, debido a su excelente acción, fueron utilizados en gran escala. Sin embargo, el uso excesivo de los benzimidazoles causo la generación de resistencia por parte **del patógeno** en Honduras, Guatemala, Surinam y **las Antillas** Francesas. **El** modo de acción de los benzimidazoles es la inhibición de la mitosis y es muy específico dentro de las células del hongo y por eso con una sola mutación genética, el hongo puede producir resistencia al fungicida y las razas resistentes pueden competir bien en el campo con razas susceptibles.

Actualmente para evitar la resistencia y para mantener estos fungicidas en el programa de control de Sigatoka, se recomienda un

máximo de 4 a 6 aplicaciones de benzimidazoles por **año** con aplicaciones bien alternadas con fungicidas de otro **modo de acción**. En Centro América se aplica los benzimidazoles normalmente mezclado con aceite para ayudar la penetración junto con un fungicida protector. Se llama a esta mezcla de dos fungicidas “un cóctel” y la idea es que la mezcla de dos fungicidas puede evitar resistencia a los benzimidazoles.

1.9.4 Morfilinas

Dentro de este grupo se tiene un solo producto, el Tridemorf con el nombre comercial Calixin. Este fungicida es sistémico en muchos cultivos, pero en el banano los estudios han demostrado que Ttidemotf no es sistémico, sino el producto puede penetrar la cutícula y la epidermis y llegar al interior de la hoja. Por eso, Tridemorf tiene una acción preventiva y curativa. El modo de acción de **Tridemorf** es principalmente por la inhibición de biosíntesis de **ergosterol**. El producto **fue** introducido en el año 1969 y después de casi veinte **años** en muchos cultivos no existen ni un solo caso de resistencia. En banano es necesario siempre aplicar Calixin con aceite para ayudar a la penetración del producto, la cual normalmente ocurre en cuatro horas.

1.9.5 Ditiocarbamatos

De este grupo de fungicidas, Mancozeb es el ingrediente **activo** más utilizado para el control de Sigatoka. Productos comerciales como Dithane, Manzate, Vondozeb, Nemispor y **Manzicarb** tienen ese ingrediente activo. Mancozeb es un fungicida protector y su **acción** contra el patógeno es solamente en **la** superficie de la hoja donde **el** producto inhibe la germinación de **las** esporas. Por esta- **razón, los** fabricantes de estos fungicidas **han** mejorado **las formulaciones** de Mancozeb para aumentar la tenacidad del producto en la superficie de la hoja, y para prevenir el lavado del mismo por la acción de las lluvias Mancozeb tiene un modo de acción múltiple contra los sistemas enzimáticos de la célula y la posibilidad de resistencia es muy baja.

1.9.6 Cloronitrilos

En este grupo se dispone de **un solo** producto para **el** uso en bananera contra la Sigatoka, el Clorotalonil, con nombres comerciales Bravo y Daconil. En común con Mancozeb, el clorotalonil, es un fungicida protector con acción en la superficie de la hoja. El producto tiene una alta tenacidad pero es más **costoso que el** Mancozeb. Se aplica Clorotalonil solamente con agua, porque, la mezcla **con** aceite resulta **fitotóxica** a las hojas. En **la práctica** se usa clorotalonil contra Sigatoka negra principalmente en la época seca. El

producto tiene un modo de acción múltiple contra el metabolismo de las células y la posibilidad de resistencia.

1.9.7 **Triazoles**

Este es el grupo más reciente de fungicidas. Hasta la fecha solamente se trabaja con Propkonazole, con el nombre comercial **Tilt**, tiene la aprobación de la EPA de los EEUU. Para su uso en banano, pero hay varios otros productos casi **listos** para **el** mercado como por ejemplo: **Triadimentol** con et nombre comercial **Bayfidan**; Fluzilazole con el nombre comercial **Punch** y Diniconazole con el nombre comercial Spotles.

Los triazoles son fungicidas sistémicos con movimiento hacia el ápice de la hoja, en el caso de aplicaciones aéreas. Son fungicidas muy potentes y generalmente se los **aplica** en **mezcla** con aceites.

Hay dos obstáculos al uso masivo de los triazoles; el costo es muy alto y experiencias en Europa con los triazoles para controlar enfermedades de los cereales y cucurbitáceas han demostrado que dentro de poco tiempo, los hongos pueden generar resistencia. Es aconsejable por lo tanto utilizar los triazoles con cuidado y no en aplicaciones seguidas. El modo de **acción** de **los triazoles**, es la inhibición de la biosíntesis de ergosterol.

1.9.8 Imidazoles

En este grupo se tiene a Imazalil con el nombre **comercial** Fungaflor. El Fungaflor ya tiene la aprobación de la EPA **para** uso en banano, pero no ha logrado una posición fuerte en el mercado debido **a la** introducción de los triazoles. Imazalil también es un inhibidor de la biosíntesis de **ergosterol**.

1.9.9 Pirimidinas

En este grupo se encuentra **Nuarimol** con el nombre **comercial** Trimidal. Varias empresas bananeras han hecho ensayos con éste producto, pero todavía no tiene la aprobación de la EPA y su desarrollo para uso en banano parece incierto.

Cabe destacar que los últimos tres grupos, **triazoles**, Imidazoles y Pirimidinas, son todas inhibidores de la biosíntesis de ergosterol con un modo de acción idénticos. Por eso, no se puede alternar productos de estos tres grupos porque el fenómeno de resistencia cruzada ocurre. El Tridemorf también es un inhibidor de la biosíntesis de ergosterol, pero estudios han mostrado que el sitio de Imidazoles y Pirimidinas inhiben la producción de ergosterol en los puntos **1** y **2**, mientras Tridemorf inhibe la producción en el punto **3**. Por esta razón no hay resistencia cruzada entre Tridemorf y los otros **inhibidores** de

la biosíntesis de ergosterol y en la práctica se puede alternar **Tridemorf** con cualquier otro producto.

1.10 Control de Sigatoka negra

Existen en la actualidad varios enfoques de control integrado que involucran prácticas culturales, predicción de aplicaciones de compuestos químicos basada en la precipitación, nivel de manchado de las hojas e historiat de la enfermedad en el **área**, y la **posibilidad** del uso de variedades resistentes.

En referencia a prácticas culturales, el control de la enfermedad es más factible cuando, existe un dosel cerrado del cultivo, lo cual resulta en menor humedad en las hojas por rocíos en la parte baja e interior.

También existe una mejor cobertura cuando se realizan aplicaciones aéreas de fungicidas. Para obtener un dosel cerrado, el marco de plantación debe ser ajustado a la fertilidad del suelo y condiciones que afectan al crecimiento, especialmente drenaje, fertilización y control de malezas. La población ideal en suelos de alta fertilidad, constituido por aluviones bien drenados es de 1.500 a 1.600 unidades de producción por hectárea. Una unidad de producción la constituyen la planta madre y un retoño. En suelos menos fértiles la

población será entre 1.800 a 2.000 unidades de producción por hectárea.

La remoción de hojas aunque se dejen sobre el suelo, reduce el área de descarga de ascósporas por lo menos a la mitad y favorece para una descomposición más acelerada de las hojas. **En** áreas de alta infestación, deben removerse las hojas con más de un tercio de **área** foliar manchada mediante pases semanales.

Mejorar la infraestructura del drenaje, contribuye a un control más fácil de la enfermedad.

En cuanto a la aplicación de químicos, mancozeb formulado como floable mezclado en una emulsión de Aceite agrícola en **agua** (3 lt de mancozeb flotables 40% + 3 gal, de aceite + **Emulsificante** al 1% del volumen de aceite, con volumen total de 4-5 **gal/Ha**), es la formula más económica y aplicable en menor presión de la enfermedad.

Cuando aumenta el manchado de las **hojas** como resultado de **las** condiciones ambientales o demora en las aplicaciones, debe aplicarse inmediatamente un **cóctel** (3 lt de mancozeb **floable** al 46% + 0.6 lt de **tridemorf** 40% o 0.28 Kg. de benomil 50% + 3 gal. de

Aceite agrícola + **Emulsificante** al 1% del volumen de aceite + agua con un volumen total de 4-5 **gal/Ha**).

Fungicidas sistémicos nuevos y muy poderosos controlan efectivamente la Sigatoka negra, pero algunos de estos productos aun no están registrados para uso por **la** Agencia de **Protección** Ambiental de los Estados Unidos o **Sanidad Vegetal** en- **el** país, aunque sus solicitudes se encuentran pendientes. Todos estos productos nuevos son inhibidores de ergosterol y deben ser usados con las mismas precauciones, junto con el uso de benomil no deben bajo ninguna circunstancia, ser usados en forma excesiva, de lo contrario, el hongo es capaz de desarrollar resistencia, volviendo inefectivo a todo este grupo de compuestos fungicidas.

1.11 Implementación de **parcelas de preaviso biológico para el control de Sigatoka negra⁽⁴⁾.**

La metodología del preaviso biológico se fundamenta en el análisis de descriptores biológicos y climáticos de forma tal, que las aplicaciones de productos químicos para el control, se pueden

⁴ Sacado del libro del Iniap, Conferencias dictadas sobre **control de la Sigatoka negra**

efectuar al momento de iniciar el desarrollo de la infección y cuando los parámetros climáticos resultan favorables **al hongo**.

La aplicación de este método permite una disminución de los ciclos de tratamientos, niveles más bajos de la enfermedad y por consiguiente una plantación sana y reducción. de **daños** al ecosistema, de allí la necesidad de analizar dos elementos de relación muy estrecha que son:

1. Las características vegetativas de la planta y,
2. Las condiciones climáticas de **la** zona.

1.11.1 Las características vegetativas de la planta

La planta de banano presenta un ritmo de emisión foliar constante, por lo que permanentemente esté exponiendo nuevos tejidos a la posible inoculación del patógeno.

1.11.2 Las condiciones climáticas de la zona

Las características de temperatura y humedad de **la** zona bananera son muy favorables a la biología del patógeno. Estas **características**, unidas a la acción de los productos fungicidas, han provocado una constante búsqueda de estrategias de control, dentro de las cuales el **Preaviso Biológico** ha demostrado una alta eficiencia, con la consiguiente reducción de los costos de combate y bajos niveles de contaminación ambiental.

Capítulo II

2. Análisis de Componentes Principales

Para enfocar la problemática producida por la Sigatoka negra, desde el punto de vista multidimensional, vamos a utilizar la estadística **multivariante**, que tiene como eje principal el análisis de componentes principales, técnica que se describe a continuación.

2.1 Introducción

El análisis de componentes principales es una **técnica multivariada** de análisis de datos que estudia un **número** finito de **p variables**, las cuales constituyen un vector aleatorio en \mathbf{R}^p denotado por $\mathbf{X}^t [x_1, x_2, x_3, \dots, x_p]$, mediante el método estas p variables observadas generan k variables artificiales (siendo $k < p$) a las cuales podemos llamar variables latentes, las mismas que se pretende, tendrán tanta información como las p variables originales.

El objetivo de la técnica consiste en:

- Reducir el número de variables consideradas tanto como sea posible.
- Encontrar una explicación de los factores que inciden en el comportamiento de las p variables originales

Esta técnica fue creada por Pearson a comienzos de siglo y luego de 30 años más tarde formalizada por Hotelling que, en su afán de analizar las estructuras de correlación dadas en la matriz de datos de orden $n \times p$, observo p variables medibles en n unidades de observación.

2.2 Análisis de componentes principales

Analíticamente los componentes **principales** son, combinaciones lineales de p variables aleatorias $x_1, x_2, x_3, x_4, \dots, x_p$, geométricamente estas combinaciones lineales representan la elección de nuevos sistemas de coordenadas obtenidos por la relación de los sistemas originales con $x_1, x_2, x_3, \dots, x_p$, como ejes de coordenadas, los nuevos ejes, representan la dirección con variabilidad máxima y proveen una descripción de **la** estructura de **la** matriz de Varianzas-Covarianzas.

Las componentes principales, dependen solamente de la matriz de Varianzas-Covarianzas \mathbf{D} , o la matriz de Correlaciones de $x_1, x_2, x_3, \dots, x_p$.

2.3 Obtención de las componentes principales

Para su obtención no se requiere el supuesto de normalidad multivariada, por otra parte, si las componentes principales se derivan de una población normal multivariada se tienen interpretaciones en términos de las **elipsoides de confianza**.

La técnica de análisis de datos, se basa en el álgebra lineal, presenta métodos descriptivos que no hacen ningún tipo de hipótesis probabilísticas, más bien dan prioridad a la información pero en la búsqueda de interpretación de los factores, se pueden sugerir formulas de hipótesis, a partir de los resultados obtenidos.

El investigador realiza un análisis **exhaustivo de toda la información** disponible, manipula al mismo **tiempo** enormes cantidades de información escogiendo las características o **variables** asumiendo algún criterio que se relacione con el problema y el análisis mostrara que variables son redundantes, cuales influyen en el fenómeno y quienes no aportan información.

2.4 Características de las componentes principales

Con el uso del método factorial se pierde información pero, se obtiene una mayor visualización de ésta sobre la estructura de la nube de datos, es decir, una representación más simple, sencilla y fácil de observar e interpretar. Una característica del método factorial es que se pueda representar **gráficamente**, con el objeto de obtener una mejor visualización de los resultados, si la nube de datos se concentra sobre un eje llamaremos a este eje principal.

El análisis de la estructura de la nube de datos se concentra en la dispersión o variabilidad de las variables, que representan la información, que se proyectan sobre los ejes encontrados al interior de la nube que representan los llamados ejes factoriales.

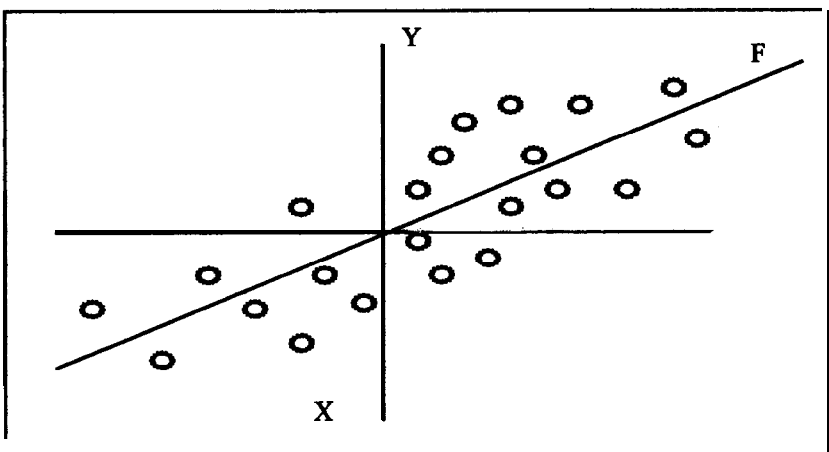


Figura 2.1 Estructura de la nube de datos

2.4.1 Cantidad de Información y Distancias

El objetivo del Análisis de Datos va a ser resumir y sintetizar la información contenida en una gran tabla de datos, de manera que se pueda vigilar la calidad de los resultados, así como diseñar el método de análisis.

2.4.2 Representación gráfica

Imaginemos una tabla en la que mide dos variables para n individuos, gráficamente la podemos representar mediante un plano cuyos ejes representan las dos variables respectivamente, y cada punto representa un individuo cuyas coordenadas son los valores que toma para cada una de las variables.

Tabla I

Ejemplo de una matriz de datos con dos variables

Número de unidades	X_1	X_2
1		
2		
.		
.		
n		

La gráfica a continuación, podría dar lugar a un plano como el de la figura #. I o el de la figura #. II

En la figura #. I, casi todos los puntos son semejantes, y toman los mismos valores para ambas variables, No hay mucha diferencia entre unos individuos y **otros**; cada unas de **ellos** no aporta mucha información al colectivo. Se podría representar bastante bien por su centro de gravedad G.

En la figura #. II los individuos están **más** dispersos, más separados. Su centro de gravedad G los representa peor, los resume mal, y varia con la introducción o supresión de un individuo. Todos son muy diferentes, podríamos decir intuitivamente, que los puntos de ta figura # I **contienen** poca información y los de la figura # 2, mucha.

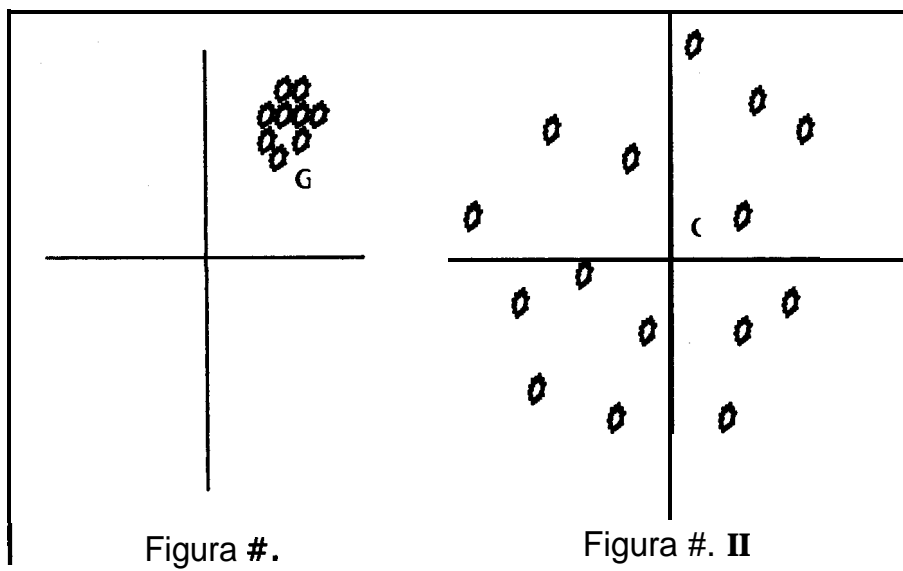


Figura 2.2 Centro de gravedad de la nube de datos

Existen diversas formas matemáticas de medir la cantidad de información. Algunas de **ellas utilizan** ert **los métodos** factoriales. Todas **las** medidas de la información incluyen una medida de la distancia entre los puntos; por eso es necesario definir también las distancias.

2.5 Distancias

Las distancias entre dos individuos o variables, miden el grado de asociación o semejanza entre estas. Existen distintas medidas de la distancia y todas ellas cumplen los siguientes axiomas.

- I. $i, j ; d(i, j) \geq 0$
- II. $i, j ; d(i, j) = d(j, i) = 0$; si y solo si $i = j$
- III. $i, j ; d(i, j) = d(j, i)$
- IV. $\forall i, j, k ; d(i, j) \leq d(i, k) + d(k, j)$ 2.1

La distancia más utilizada con variables cuantitativas es la distancia euclídea la que definiremos a continuación. Sea i e i' dos individuos en los que se han medido p variables. Estos individuos están representados por los valores que toman para el conjunto de variables x_i y $x_{i'}$. La distancia euclídea al cuadrado se mide a través de

$$d^2_{ii'} = \sum_{j=1}^p (x_{ij} - x_{i'j})^2 \quad 2.2$$

Es la suma de las diferencias al cuadrado de los valores de cada variable en los dos individuos. Dos individuos que toman valores próximos para todo el conjunto de variables tendrán una distancia pequeña: son semejantes.

Otra función de distancia utilizada en algunos métodos multivariantes es la distancia χ^2 . Es una distancia entre distribuciones o perfiles; por eso se Utiliza cuando se analizan tablas de frecuencias.

$$d^2_{ii'} = \sum_{j=1}^l \frac{l}{k_j / k} \left(\frac{k_{ij}}{k_i} - \frac{k_{i'j}}{k_{i'}} \right)^2 \quad 2.3$$

Es la distancia χ^2 entre dos filas i e i' de términos k_{ij} y $k_{i'j}$

Donde k_{ij} es la frecuencia de asociación de i y j , k_i es la frecuencia con que se ha presentado i ,

$$k_i = \sum_j k_{ij} \quad k = \sum_i \sum_j k_{ij} \quad 2.4$$

Es una distancia **euclídeana** ponderada.

Existen diversas funciones de distancia, y cada una, **tiene** propiedades que la hacen más adecuada a **un** tipo de datos **o** de análisis.

2.6 Diferentes medidas de la información

La medida de la información de una tabla de datos de n individuos y p variables, se define como, la suma de los cuadrados de distancias de los individuos i respecto al origen.

$$l = \sum_{i=1}^n d^2(i, o) \quad 2.5$$

El origen suele hacerse coincidir con el centro de gravedad G , con lo que la información se mide mediante.

$$l = \sum_{i=1}^n d^2(i, G) \quad 2.6$$

Si las variables son métricas, se puede utilizar la distancia **euclídea**,

$$l = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p (x_{ij} - G_j)^2 \quad 2.7$$

Esta es la suma de las varianzas de las variables, por lo que se denomina "**Varianza** total".

Este criterio de la **varianza** se utiliza en muchos casos factoriales, para medir la cantidad de información de una tabla o la cantidad de información después de un **análisis**

$$l = \sum_{j=1}^p \sum_{i=1}^n (x_{ij} - G_j)^2 \quad 2.8$$

Otra 'medida usual de la cantidad de información es la inercia de la nube .

$$l_G(N) = \sum_i p_i d^2(i, G) \quad 2.9$$

La inercia de la nube de puntos $l(N)$ con relación al centro de gravedad G , es una medida de la dispersión de los puntos en torno a su centro.

Y es la suma de las distancias al cuadrado de los puntos al centro, ponderados por los pesos p_i . Cuando todos los individuos i tienen peso $p_i = 1$ y la distancia es la euclídea, la inercia de la nube coincide con la **varianza** total.

2.7 Descripción formal del **método factorial**

2.7.1 Información

Consideremos una tabla rectangular de valores numéricos formada por n líneas que representa a n individuos y p columnas correspondientes a p variables. Los representaremos mediante la matriz $X \in \mathbf{M}_{n \times p}$ de términos x_{ij} , valor que toma la variable j **para el** individuo i .

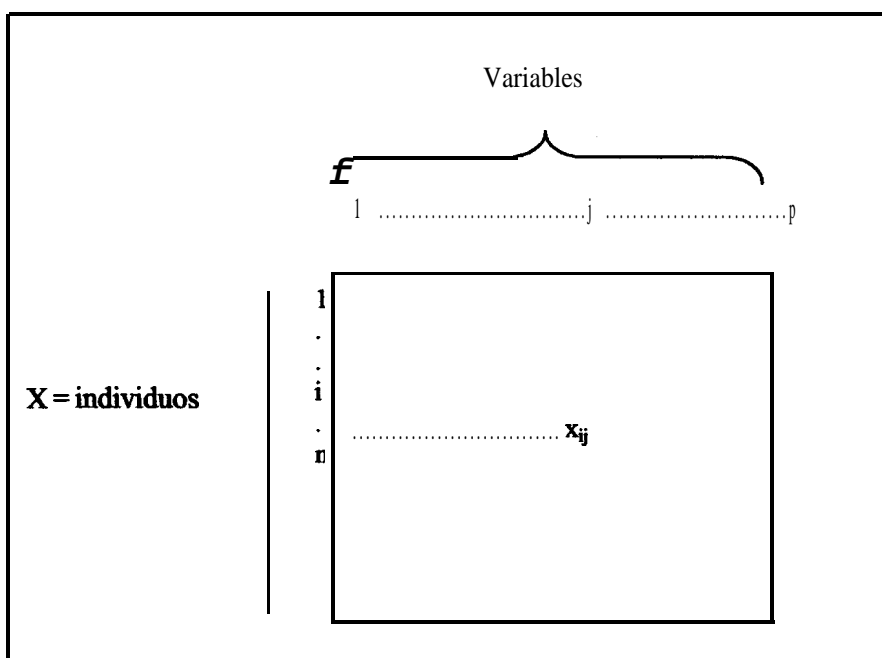


Figura 2.3 Representación gráfica de la matriz $M_{n \times p}$

2.8 Características de la tabla de datos

1. Esta tabla se puede representar en dos espacios.

En el espacio de las variables \mathbf{R}^p se representan los n individuos por sus coordenadas o valores que toman para cada una de las p variables.

En el espacio de los individuos \mathbf{R}^n se representan las p **variables** por puntos j . Las coordenadas, son los valores que toma esa variable j para cada individuo i .

2. Estos **espacios** están provistos de la distancia **euclídea** usual.

La distancia **euclídea** entre dos individuos i, i' es la raíz cuadrada de la suma de las diferencias existentes entre **los** valores **que toman** los individuos para cada variable, las diferencias se elevan al cuadrado para evitar que se compensen las positivas con las negativas.

$$d(ii') = \sqrt{\sum_j (x_{ij} - x_{i'j})^2} \quad 2.10$$

Si dos individuos toman valores iguales en todas las variables, y estas, coinciden en un punto, su distancia es nula. Cuanto mayores sean las diferencias entre los individuos en relación a las variables medidas, más alejadas **estarán** en el espacio y mayor será su índice de distancias.

De igual forma, las distancias entre dos variables j, j' es

$$d(jj') = \sqrt{\sum_i (x_{ij} - x_{ij'})^2} \quad 2.11$$

Esta distancia será nula cuando, las variables tomen los mismos valores para el conjunto de **individuos**, y **será pequeña** cuando, **las variables** tengan un comportamiento semejante.

3. La cantidad de información se mide por la suma de las distancias al origen al cuadrado.

$$\sum_i \sum_j x_{ij}^2 \quad 2.12$$

Cuando el origen coincida con el centro de gravedad y el peso es la unidad, se denomina, la inercia de la nube.

$$I_G(N) = \sum_i d^2(i, G) \quad 2.13$$

2.9 Representación de las variables artificiales

Definimos el vector aleatorio $\mathbf{X}^t = (x_1, x_2, \dots, x_p)$; que tiene matriz de **Varianzas – Covarianzas** D , con valores propios $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \lambda_3 \geq \dots \geq \lambda_p \geq 0$, \mathbf{a} es la matriz de coeficientes que componen **la combinación** lineal. de las variables latentes, entonces se define las componentes principales **de** la siguiente manera:

$$Y_1 = a_1'X = a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + a_{13}X_3 + \dots + a_{1p}X_p$$

$$Y_2 = a_2'X = a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + a_{23}X_3 + \dots + a_{2p}X_p$$

.....

$$Y_p = a_p'X = a_{p1}X_1 + a_{p2}X_2 + a_{p3}X_3 + \dots + a_{pp}X_p$$

$$a_i' = (a_{i1}, a_{i2}, a_{i3}, \dots, a_{ip}) \quad i = 1, 2, 3, \dots, p$$

2.14'

Se define también:

$$\text{Var}(Y_i) = a_i'D a_i \quad i = 1, 2, 3, \dots, p$$

$$\text{Cov}(Y_i, Y_k) = a_i'D a_k \quad i, k = 1, 2, 3, \dots, p$$

2.15

La primera componente principal es la combinación lineal de las variables originales con **máxima varianza**, $\text{Var}(Y_1) = a_1'Da_1$, esta puede ser incrementada por la multiplicación de a_1 por una constante. Para eliminar esta indeterminación es conveniente restringir o adoptar restricciones del vector de coeficientes de unidad de peso, que la representamos por

Primera componente principal = Combinación lineal $a_1'X$ que maximiza $\text{Var}(a_1'X)$ sujeto a $a_1'a_1 = 1$, es decir a_1 es unitario

Segunda componente principal = Combinación lineal $a_2'X$ que maximiza $\text{Var}(a_2'X)$ sujeto a $a_2'a_2 = 1$ y $\text{Cov}(a_1'X, a_2'X) = 0$, es decir, a_2 es unitario

Y para el i -ésimo paso

i -ésima componente principal = Combinación lineal $a_i'X$ que maximiza $\text{Var}(a_i'X)$ sujeto a $a_i'a_i = 1$ y $\text{Cov}(a_k'X, a_i'X) = 0$ para $k < i$, es decir a_i es unitario

2.10 Construcción de las componentes Y_i

Definimos a D como la matriz de Varianzas – Covarianzas asociadas con un vector aleatorio $X^t = [X_1, X_2, X_3, \dots, X_p]$, determinamos que D tiene pares de vectores y valores propios ortonormalizados (λ_1, e_1) , (λ_2, e_2) , $(\lambda_3, e_3), \dots, (\lambda_p, e_p)$, donde $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \lambda_3 \geq \dots \geq \lambda_p \geq 0$, puesto que la matriz D es definida positiva. La i -ésima componente principal esta dada por.

$$Y_i = e_i'X = e_{i1}X_1 + e_{i2}X_2 + e_{i3}X_3 + \dots + e_{ip}X_p \quad 2.16$$

Para $i = 1, 2, \dots, p$

Con **Varianza** y Covarianza igual a:

$$Var(Y_i) = e_i' D e_i = \lambda_i$$

Para $i = 1, 2, 3, \dots, p$ 2.17

$$Cov(Y_i, Y_k) = e_i' D e_k = 0$$

$i \neq k$

Si algunas λ_i son iguales, con su correspondiente vector de coeficientes e_i entonces, la variable artificial Y_i no es única.

Si $Y_1 = e_1' X$, $Y_2 = e_2' X$, $Y_3 = e_3' X$, . . . , $Y_i = e_i' X$ son las componentes principales.

Entonces:

$$\sigma_{11} + \sigma_{22} + \sigma_{33} + \dots + \sigma_{pp} = \sum_{i=1}^p Var(X_i) = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \dots + \lambda_p = \sum_{i=1}^p Var(Y_i)$$

2.18

En consecuencia, la proporción de total de **varianza** explicada por la k-esima componente principal esta dada por.

Proporción total de la **varianza** explicada por la **k-ésima** componente principal es:

$$= \frac{\lambda_k}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \dots + \lambda_p} \quad K=1, 2, 3, \dots, p$$

2.19

2.11 Objetivo

El objetivo del análisis será buscar un Subespacio \mathbf{R}^k , $k < p$ que contenga la mayor cantidad posible de información existente en la nube primitiva, es el que mejor se ajuste a la nube de puntos y ~~la~~ deforme lo menos posible. El criterio de ajuste es el de los mínimos cuadrados.

Las variables que pueden agrupar en factores de acuerdo a sus correlaciones, es decir, un factor se determina un grupo de variable, que están altamente correlacionadas entre. **sí**, pero no con otra(s) grupo(s) de variable.

2.12 Estructura espectral de las componentes principales

La descomposición **espectral**, nos **la proporciona** la matriz de Varianzas y Covarianzas D , como se define a continuación, Sea $(\lambda_i, \mathbf{e}_i)$ el correspondiente par de valor propio y vector propio, entonces:

$$D = \lambda_1 \mathbf{e}_1 \mathbf{e}_1' + \lambda_2 \mathbf{e}_2 \mathbf{e}_2' + \lambda_3 \mathbf{e}_3 \mathbf{e}_3' + \dots + \lambda_p \mathbf{e}_p \mathbf{e}_p' \quad 2.20$$

Las matrices, conformadas por los vectores y valores propios de las p variables latentes o componentes principales, se muestran en **la** siguiente ecuación:

$$D = \left[\sqrt{\lambda_1} \mathbf{e}_1 \mid \sqrt{\lambda_2} \mathbf{e}_2 \mid \dots \mid \sqrt{\lambda_p} \mathbf{e}_p \right] \begin{bmatrix} \sqrt{\lambda_1} \mathbf{e}_1 \\ \sqrt{\lambda_2} \mathbf{e}_2 \\ \cdot \\ \sqrt{\lambda_p} \mathbf{e}_p \end{bmatrix} \quad 2.21$$

Capítulo III

3 Análisis Univariado y Multivariado

3.1 Introducción

Durante el resto de este capítulo se mostrará la estadística descriptiva de las diferentes variables analizadas, las cuales fueron seleccionadas conforme al criterio de importancia que el investigador emitió con respecto a la enfermedad, esto quiere decir, que cuantificaremos la variabilidad de cada una de las variables y determinaremos aquellas, que inciden en el desarrollo e incremento del síntoma de la Sigatoka negra en las plantas, además cuantificaremos su dispersión y profundizaremos, en el análisis de componentes **principales** que es nuestro principal objetivo, para finalizar añadiremos algunas hipótesis de confianza para las medias de cada producto utilizado frecuentemente, para probar que la media poblacional esta alrededor de la media **muestral** propuesta.

3.2 Total hojas de emisión foliar

El histograma que corresponde a la variable hojas de emisión foliar, tiene como finalidad indicar con que frecuencia los fungicidas toman valores alrededor de su punto central, en este caso, alrededor de su media o promedio.

Al analizar la gráfica observamos que durante el período de aplicación del químico, llamado Benlate-Manzate la planta emite más de 33 hojas, el segundo de la lista con más de 32 hojas emitidas, es calixin, le sigue Mangozil y Folicur.

La cantidad promedio de hojas en emisión foliar es de 31.48 hojas, es decir, redondeando tenemos 32 hojas emite la planta en cada cosecha, además, se obtuvo una dispersión igual a **1.23** hojas por cada producto que se utilizó en el período de tiempo en que duró la aplicación, desde comienzos de 1997 hasta finales de 1999.

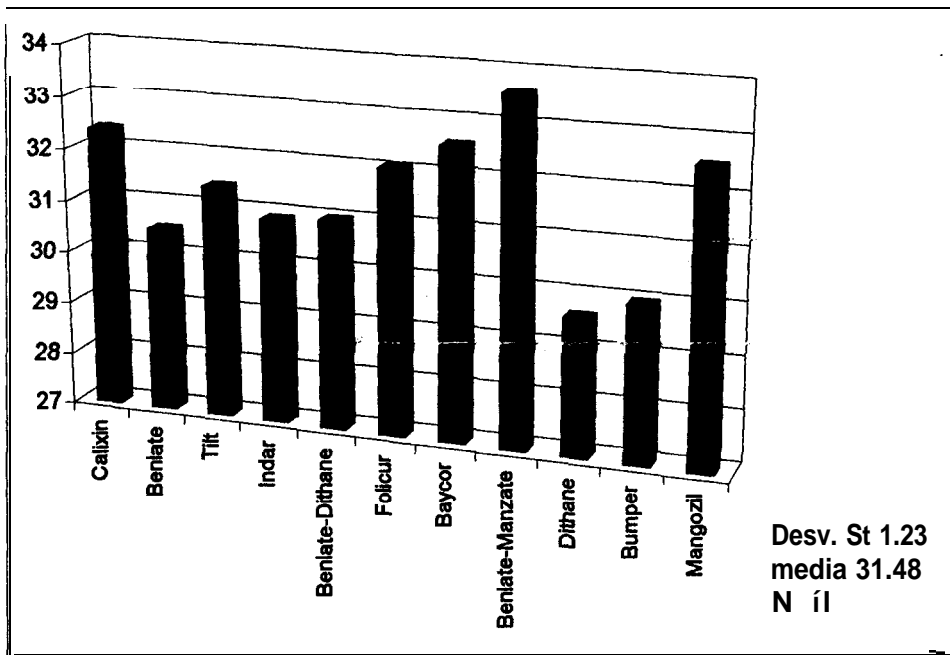


Figura 3.6 Número de hojas en emisión foliar

3.3 Total hojas sin infección

Hojas sin infección, es el número de hojas que posee una planta, la cual no muestra síntomas de haber contraído infección alguna, es decir, el total de hojas sanas con que la planta de banano, asegura el crecimiento normal del racimo.

La gráfica presenta, una media de 485.9 hojas que no muestran síntomas de infección, es decir, que en promedio se espera un valor de alrededor de 486 hojas que no presenten contagio a causa del hongo de la Sigatoka negra.

Podemos observar en la ilustración, el valor máximo que obtiene la variable hojas sin infección y corresponde al producto denominado Dithane, con un valor superior a las 510 hojas. El siguiente, es el **coctel** formado por los químicos Benlate-Manzate y en tercer lugar el fungicida llamado Bumper con valores por arriba de las **500** hojas,

Estos tres fungicidas, muestran su eficacia al controlar el desarrollo de la infección, en la zona agrícola de Milagro, porque, cada uno de ellos presenta más de 500 hojas sin manchas de infección sobre la **superficie** de las hojas.

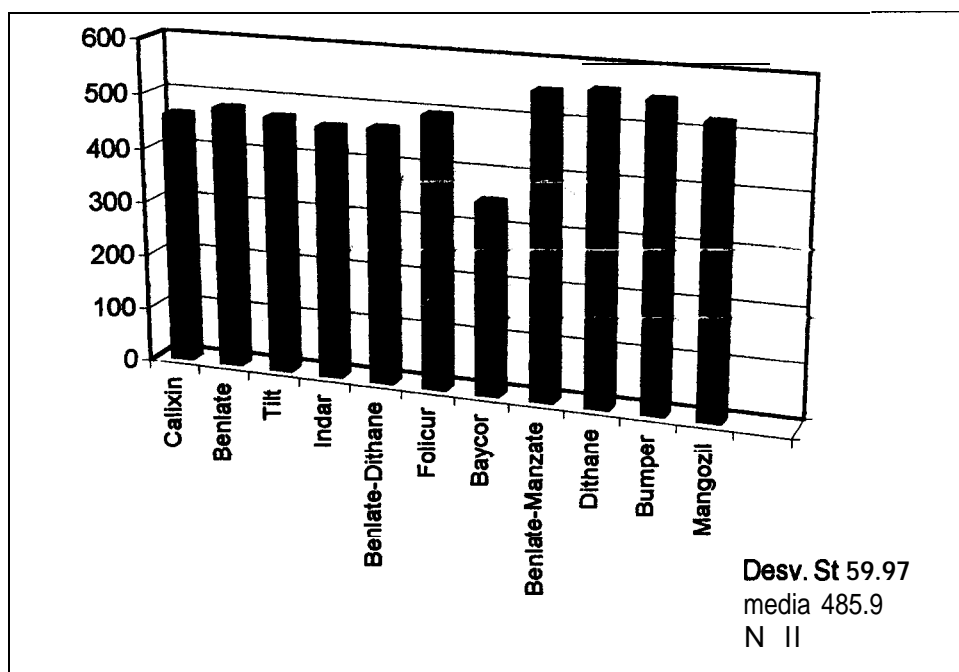


Figura 3.7 Hojas sin infección

3.4 Grado de infección estadio 1

El máximo valor estimado, que presentó la hacienda Sta. Ana fue de 51.6 hojas, es decir, aproximadamente un total de 52 hojas en **las** que se pudo constatar una infección de grado 1, para mejor visualización del efecto producido por la Sigatoka negra presentaremos en la sección de apéndices (figura **3.2**), este grado de infección

El producto que se empleó para la fumigación aérea o terrestre durante el período en que se presentó, la cantidad antes expuesta fue el fungicida Baycor, y el que menos hojas infectadas con este grado de severidad corresponde al cóctel formado por los fungicidas Benlate-Manzate, con un valor de 17 hojas en estadio **1**.

A continuación se detalla el histograma de frecuencia de esta variable:

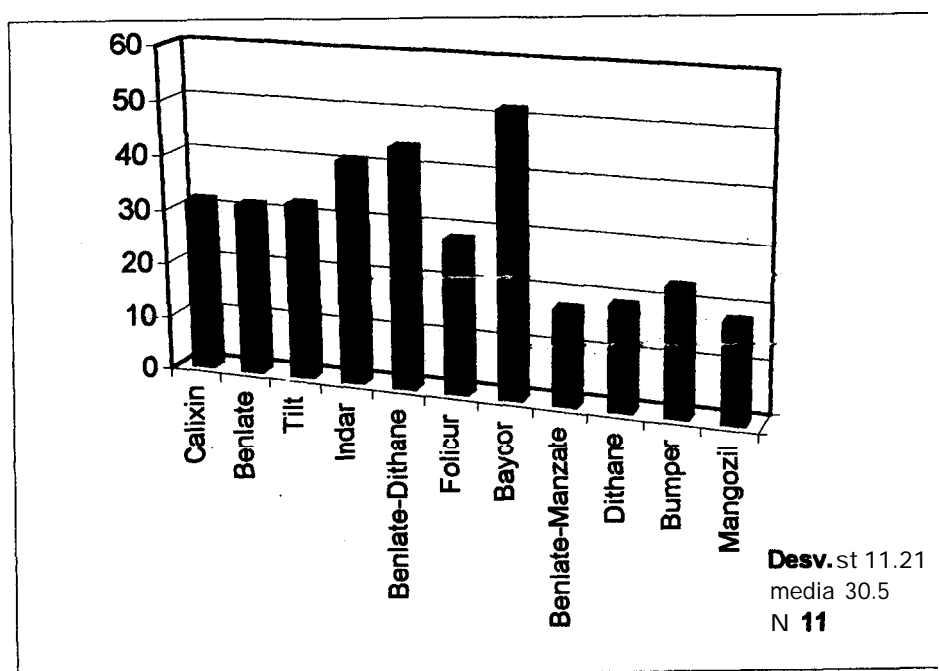


Figura 3.8 Grado de infección estadio 1

Se estimó un valor promedio de 31 hojas enfermas, para cada fungicida con el cual se rocía o se distribuye sobre la **plantación**. Este valor nos indica que existirá este tipo de infección aunque la aplicación en la plantación se realice con mayor frecuencia, utilizando la combinación o también llamado cóctel o en su caso el uso individual de cada uno de ellos.

Una aplicación constante con químicos produciría el riesgo de quemar la plantación, en su lugar de repeler la infección del hongo denominado, Sigatoka negra.

3.5 Grado de infección estadio 2

Presenta los mismos patrones que se observaron en la variable que se analizó anteriormente. **Baycor** sigue siendo, aquel fungicida que muestra mayor virulencia, y que presenta una cantidad de hojas infectadas en estadio 2, de 56 aproximadamente. Mientras Dithane de la lista de fungicidas utilizados en el combate de la Sigatoka negra, obtiene un valor mínimo de 0.5, es decir, la mitad de una hoja infectada. Siguiendo de cerca la acción de combate del químico Dithane contra el ataque de la enfermedad, encontramos a Mangozil que presenta un valor similar al del químico anterior.

La media de la variable, grado de infección en ~~estadio~~ estadio 2 se situó alrededor de 17 hojas, observando una vez más, que los productos químicos o fungicidas rociados sobre la plantación, no pueden detener el efecto contagioso de la enfermedad (ver apéndice figura 3.2 y 3.3).

Aunque debemos recordar, que durante los últimos años de 1997 a 1999 la costa ecuatoriana, fue golpeada gravemente por el fenómeno del Niño, en el lapso de tiempo, que duro dicho fenómeno, se presentaron todas las condiciones ideales para el brote y propagación de la enfermedad.

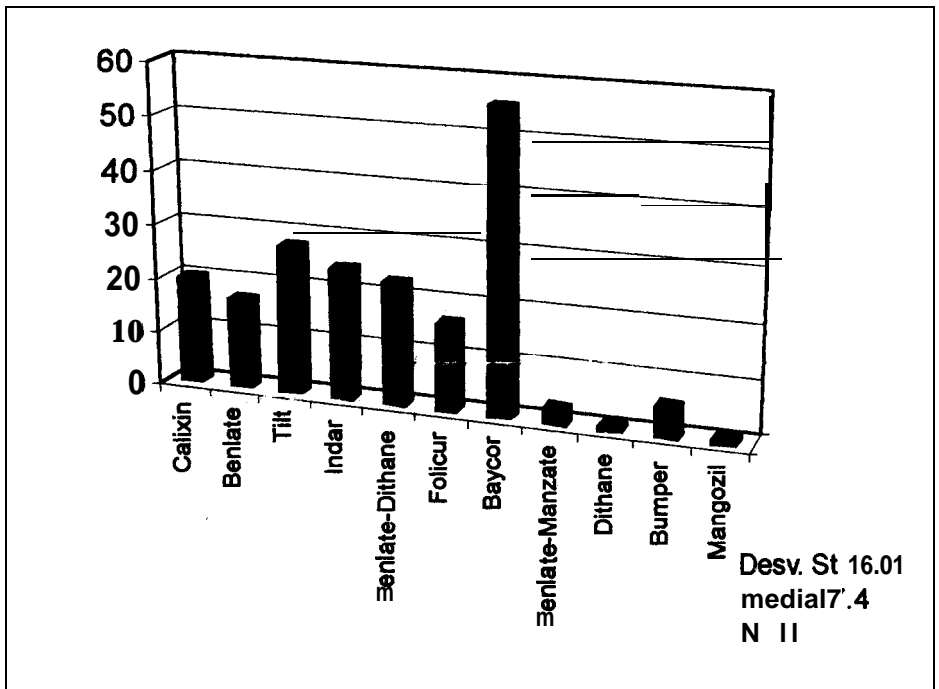


Figura 3.9 Grado de infección estadio 2

3.6 Grado de infección estadio 3

La variable grado de infección en estadio 3, obtuvo un valor mínimo, igual a 0 y un máximo valor que se ubicó en 23 hojas enfermas. El fungicida que utilizó para detener la infección en estadio 3, Baycor, de la lista de productos frecuentados para el

control de la enfermedad, es aquel, que muestra un valor superior a las 25 hojas infectadas. El fungicida Folicur presenta un valor que bordea las 4 hojas infectadas aunque el **coctel** formado por los fungicidas Benlate-Manzate, Dithane, Bumper y Mangozil obtiene un valor igual a 0 hojas enfermas.

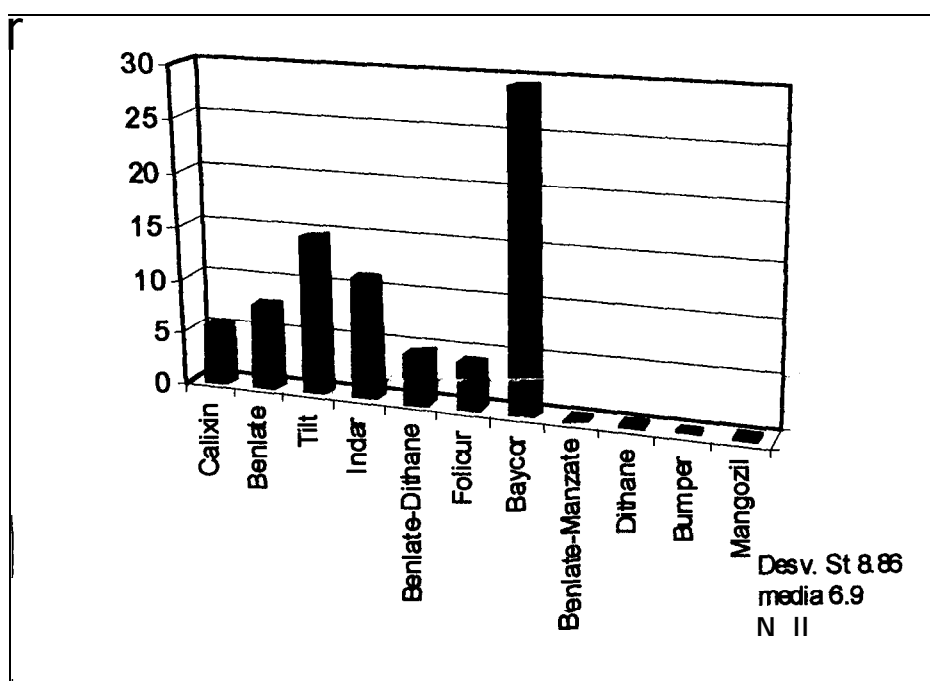


Figura 3.10 Grado de infección estadio 3

Esta variable tiene un valor promedio que se sitúa alrededor de las 7 hojas que presentan grado de infección 3. En este tipo de **infección las** hojas muestran **pequeñas** rayas en Ca superficie **de** la misma, apreciables a simple vista (ver apéndice figura **3.3**), la

dispersión, que presenta la variable grado de infección en estadio 3 es de 8.86 hojas.

3.7 Grado de infección estadio 4

Una vez que se llega a este grado de infección, (ver apéndice figura 3.4), se debe considerar hacer una **campaña** de fumigación o aplicación del químico a toda la plantación, porque, conforme pase más tiempo la severidad de la infección se incrementa sobre las hojas, hasta llegar, a presentar casos en estadio quinto o sexto, donde la infección de la enfermedad ya es incontrolable y lo que se hace en estos casos es cortar el tallo de raíz, lo que disminuye la productividad para la hacienda y aumenta los costos de mano de obra por **tales** labores.

Al llegar a este grado de infección 4, las hojas presentan manchas negras más acentuadas y con una leve coloración amarillenta que acompañan el contorno de las manchas, en la superficie de las hojas.

El **coctel** conformado por los fungicidas **Benlate-Dithane** presenta la menor cantidad de hojas infectadas (0.1). La mayor

cantidad de hojas infectadas se da cuando, se utiliza el fungicida Indar, con un total de 6 hojas enfermas.

Hay que indicar que no se puede utilizar un solo fungicida para controlar la infección producida por la Sigatoka negra, esa es la razón por la cual se debe de rotar los **productos** contra el combate de la enfermedad, precisamente para evitar ese mal, es así, que debido a tal transición se observa estos niveles de severidad sobre las hojas.

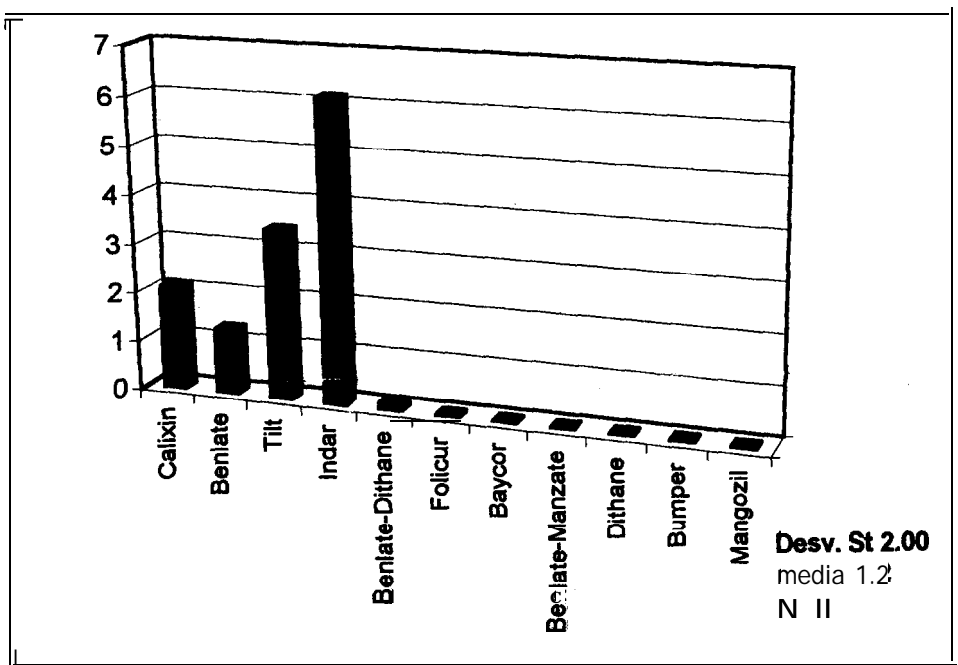


Figura 3.11 Grado de infección estadío 4

3.8 Temperatura Ambiental

La temperatura que se muestra en la zona agrícola de Milagro, muestra claras tendencias de situarse en los 26.2 °C en promedio. La teoría sobre el desarrollo de la Sigatoka negra nos indica, que la enfermedad evoluciona entre los 22 °C y 28 °C. Obviamente la zona de estudio se encuentra en plena etapa de crecimiento de la infección, y parecería ser algunas veces contradictoria para tal aseveración, porque, generalmente estos valores de temperatura se dan en los meses que corresponde al invierno, donde se observan frecuentemente temperaturas que alcanzan los niveles antes descritos, en comparación, al **verano**.

En la región de Milagro la temperatura se sitúa entre los 16 °C hasta 20 °C, por lo que, durante estas fechas no hace falta la aplicación con tanta periodicidad y constancia de químicos, en comparación con los meses de invierno. Más adelante presentaremos las temperaturas máximas y mínimas que se suscitan en las proximidades de la zona de estudio, con las fechas en que registraron.

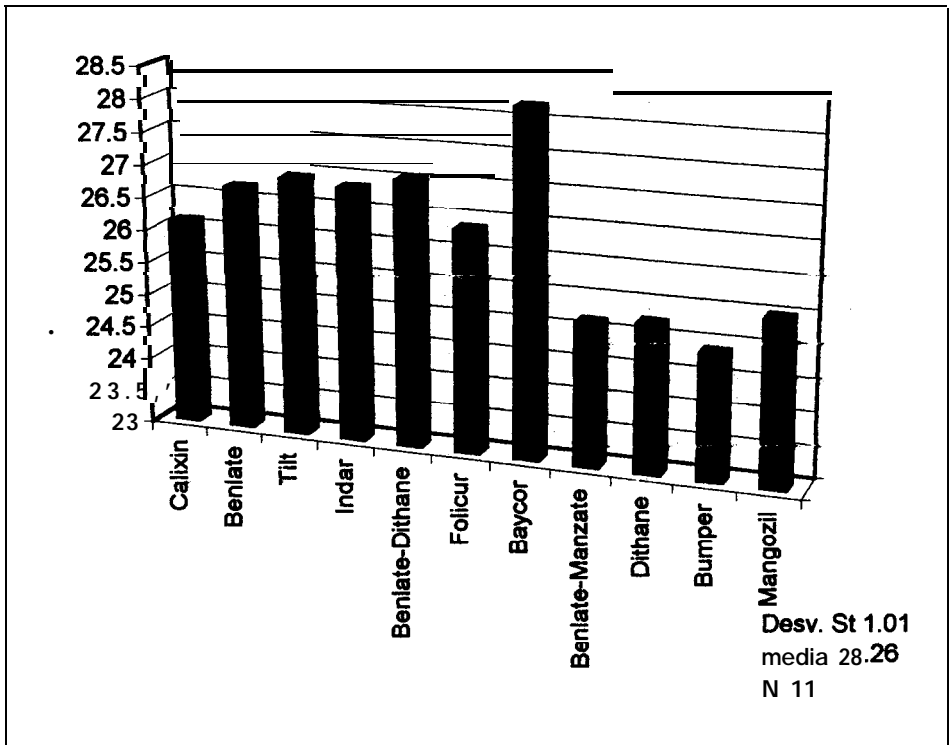


Figura 3.12 Temperatura Ambiental

3.9 Evaporación

La variable evaporación se ubicó aproximadamente **20 cal** en promedio, esta variable es de mucha importancia, ya que nos proporciona información sobre la cantidad de humedad que propicia la germinación de esporas y estas que acompañadas por el viento, incrementan la población de plantas enfermas, esa es la razón, por la que los factores climáticos son preponderantes en **el desarrollo** y crecimiento de **la infección**.

Baycor es el fungicida que presenta la mayor cantidad de humedad con un total de 24 cal. El valor mínimo que presentó la variable vaporización fue de 17.6 cal, y corresponde al cóctel formado por los químicos **Benlate-Manzate**, mientras que Folicur, es el segundo de la lista de productos que presenta un valor similar al del fungicida anterior (**Benlate-Manzate**).

Benlate e **Indar** son aquellos químicos que se encuentran por encima del promedio estimado superior a los 20 cal, y con Baycor siguen siendo los fungicidas más frecuentados al momento de su aplicación sobre la plantación.

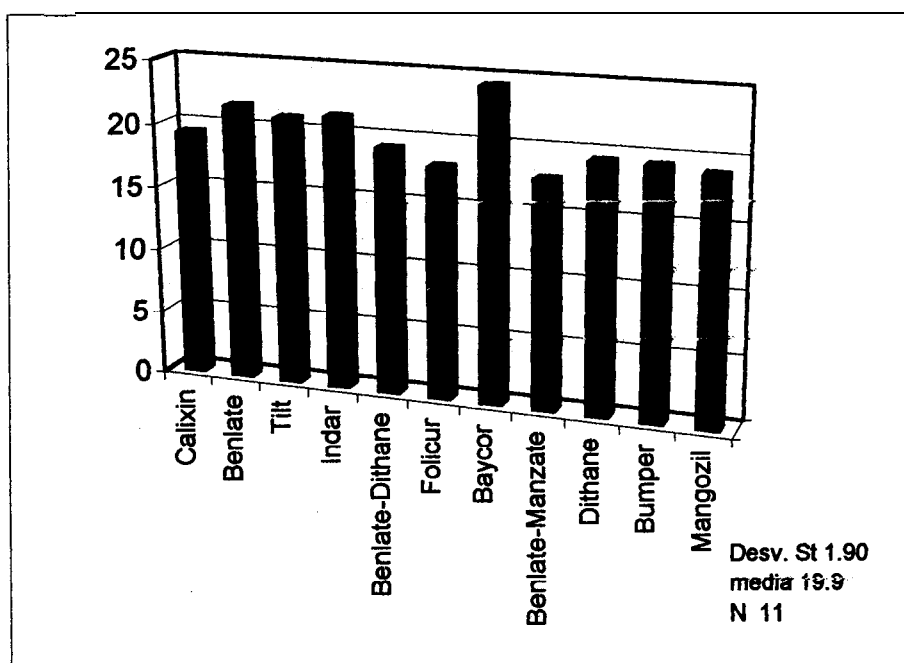


Figura 3.13 Evaporación

3.10 Precipitación Pluvial

En la época de lluvia, cuando se acumula el agua sobre la superficie de las hojas, y el agua permanece sobre los tejidos por más de 10 horas con incrementos de temperatura y evaporación que se suscitan en la zona de estudio, favorece al surgimiento de nuevas infecciones, que tienden a desarrollarse con mayor **ahínco**.

Ese es el caso de la Sigatoka negra, que aumenta su severidad debido al mal manejo del suelo y a la poca importancia en la construcción de drenajes que desfoguen el agua para no acumular gran cantidad de ella sobre el suelo.

El químico más utilizado cuando se da un aumento de lluvias en el sector es **Tilt**, debido, a la confianza que se tiene a este fungicida por su duración y eficacia en épocas donde la afluencia de lluvia es mayor. Y su rendimiento y permanencia sobre la superficie de **las** hojas, es **más alto**.

La variable precipitación pluvial, presenta un valor promedio de **60.3 cm³** de lluvias que caen sobre la plantación, con una desviación estandar igual a **58,07**.

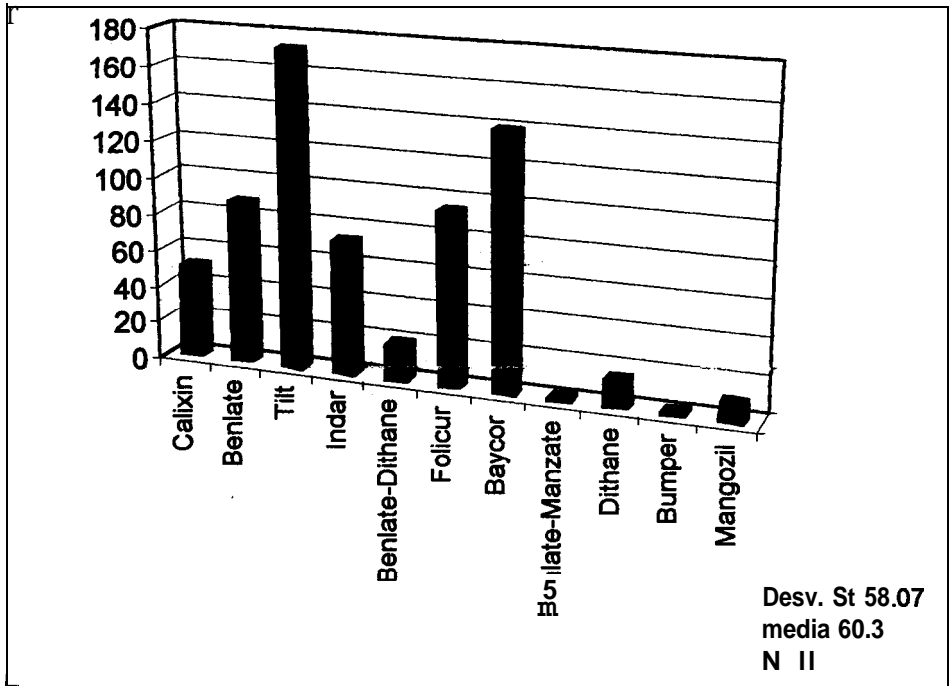


Figura 3.14 Precipitación Pluvial

3.11 Análisis de datos univariados

El clima en la zona de Milagro, específicamente en la región escogida para realizar el estudio, Hacienda Santa Ana, presenta las siguientes variables:

- Temperatura Máxima
- Temperatura Mínima
- Horas Solares
- Evaporación
- Precipitaciones Pluviales

3.12 Temperatura

Se ha observado que la temperatura máxima promedio es de 31 grados centígrados, con un pico de **32.81°C** en el mes de Mayo de 1998, y un mínimo de 27 en la época de Octubre de 1998, a continuación se detalla el histograma de frecuencia que presenta esta variable

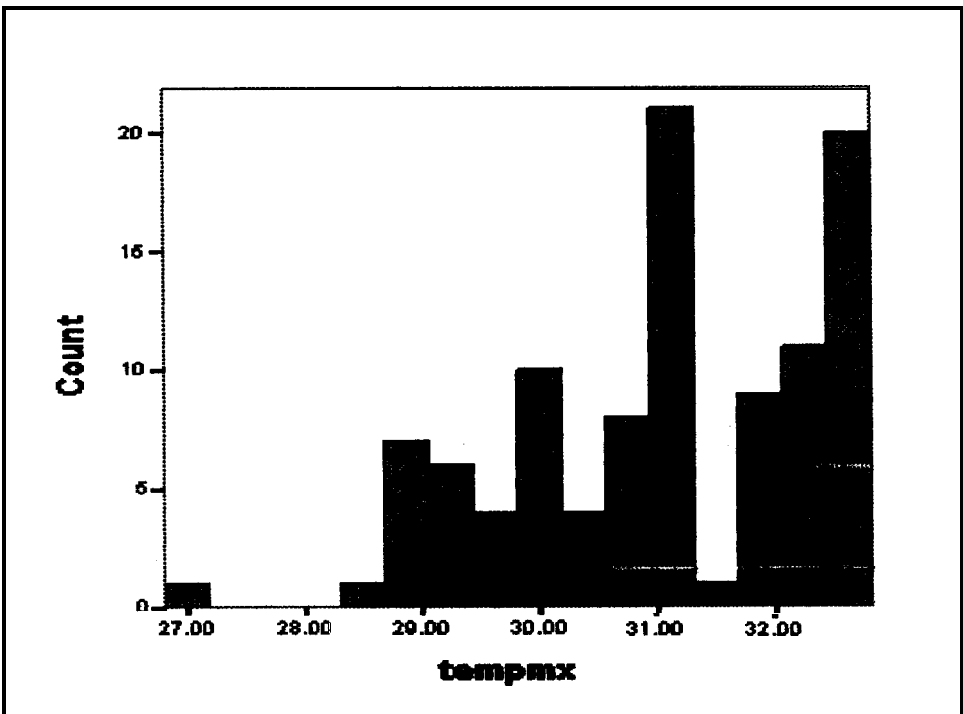


Figura 3.15 Temperatura Máxima

La temperatura mínima, que presenta la región de Milagro se ubica, en promedio, alrededor de los 22 grados centígrados, con un valor máximo de 31°C y un mínimo que oscila en 19°C y 20°C, hay que referenciar que los datos expuestos aquí, son

semanales, y a continuación se muestra el histograma de temperaturas mínimas registrados en la zona de estudio.

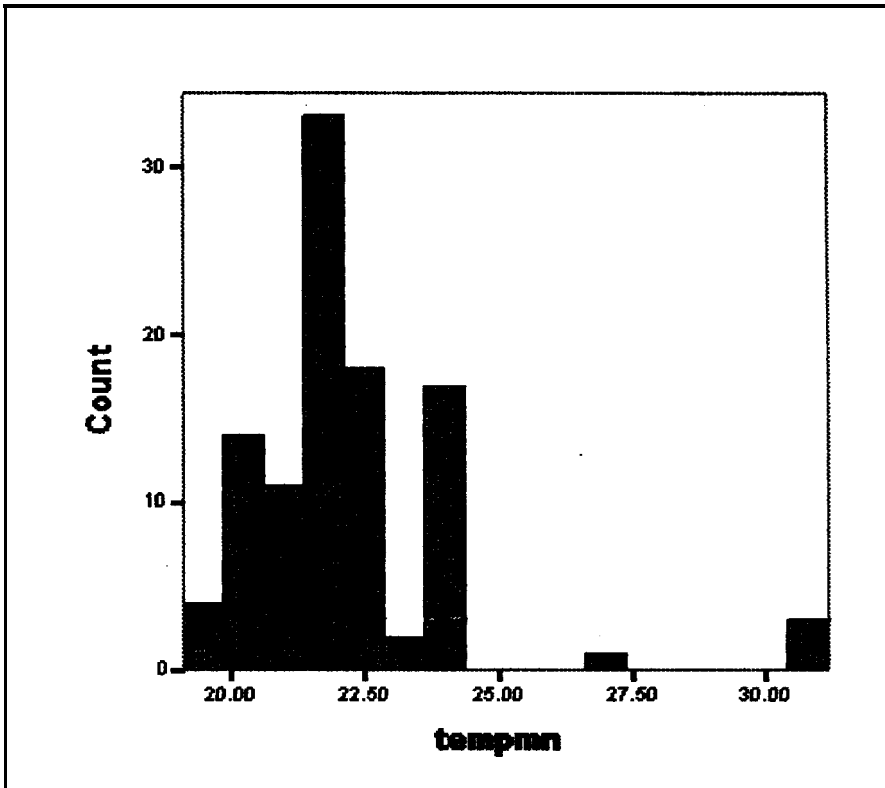
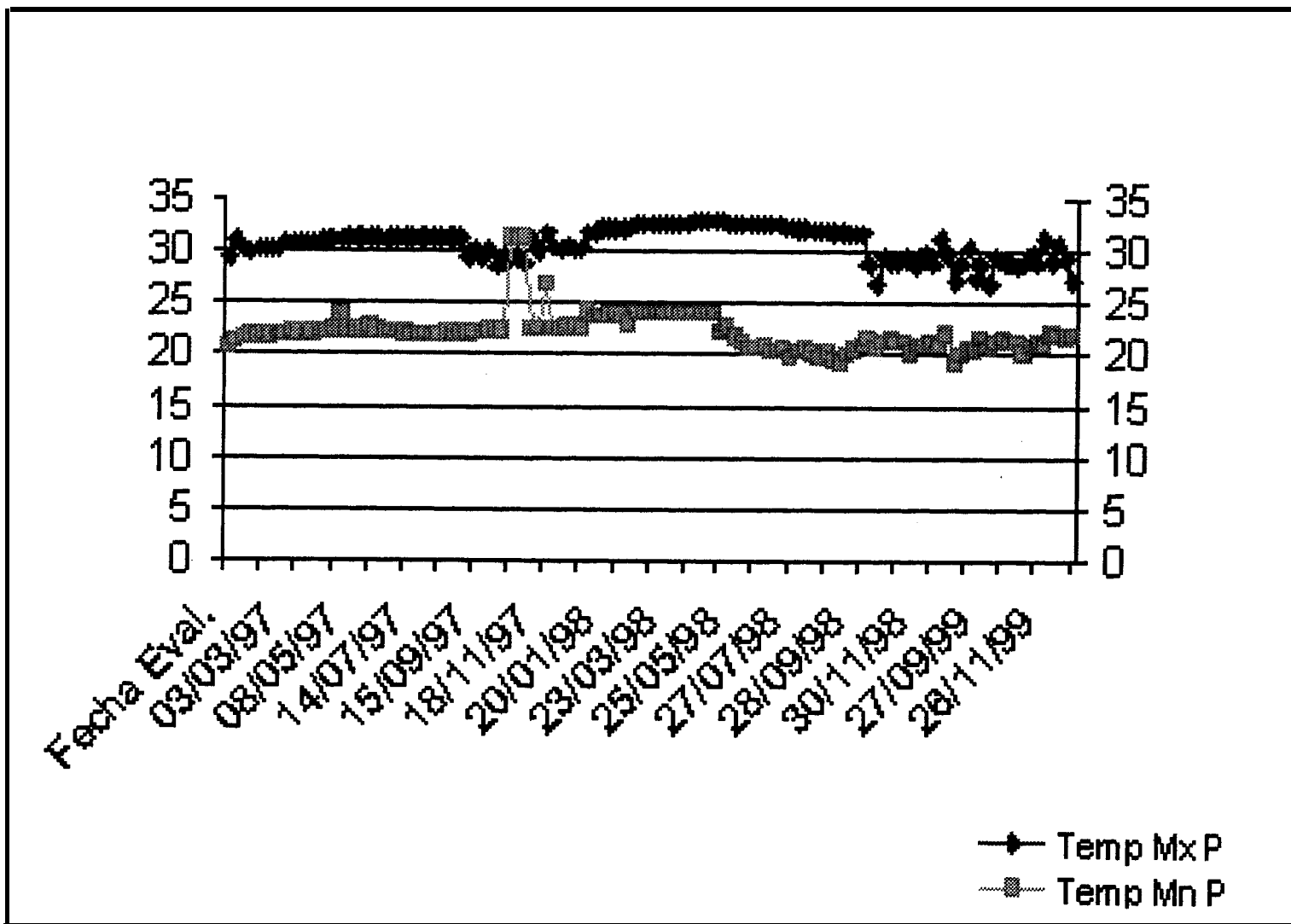


Figura 3.16 Temperatura Mínima

También se ilustra, las curvas de temperatura máxima y mínimas correspondiente a las 52 semanas de los 3 últimos años 1997, 1998, 1999.

Figura 3.17 Temperatura Máxima y Mínima



Durante los meses de septiembre a noviembre de 1997, las temperaturas mínimas eran de 31.1°C , pero a finales del mes de noviembre descendió a 22.41°C . Comenzando el siguiente mes, Diciembre, la temperatura se sitúa en 26.76°C , para luego presentar una leve estabilidad en los meses posteriores. Pero a finales del mes de Diciembre de **1998**, hasta mayo de 1999, la temperatura se ubicó en 22° centígrados, para luego decrecer hasta alcanzar un punto inferior a 19.1° centígrados. En el mes de julio de 1998 a Noviembre del mismo año, presentaron el mismo valor, en los siguientes meses fluctuó aproximadamente entre 21° centígrados hasta finales de diciembre de 1999, donde presentó un valor de 23.8° centígrados

A principios del año de 1997, la temperatura máxima presentó el valor de 31.1° centígrados, para luego situarse en 31.18° centígrados, con incrementos de 0.7° hasta llegar a Agosto del mismo año. **Durante** el mes de Agosto en sus últimas fechas, hasta el mes de Octubre, hubo un descenso en los valores registrados de temperaturas y alcanzó su mínimo en 29.3° centígrados, en el lapso de 1998, se puede afirmar que la temperatura permaneció estable en un rango de 32.1° a 31.65° centígrados, para Octubre de este año, se observó en la zona un

descenso brusco en la temperatura llegando a 26.8 ° centígrados y desde Noviembre hasta Diciembre de 1998, ha fluctuado entre un valor de 29.6 °C y 31.2 °C, sin llegar a comportarse de manera constante durante este período de tiempo.

3.13 Grado de infección

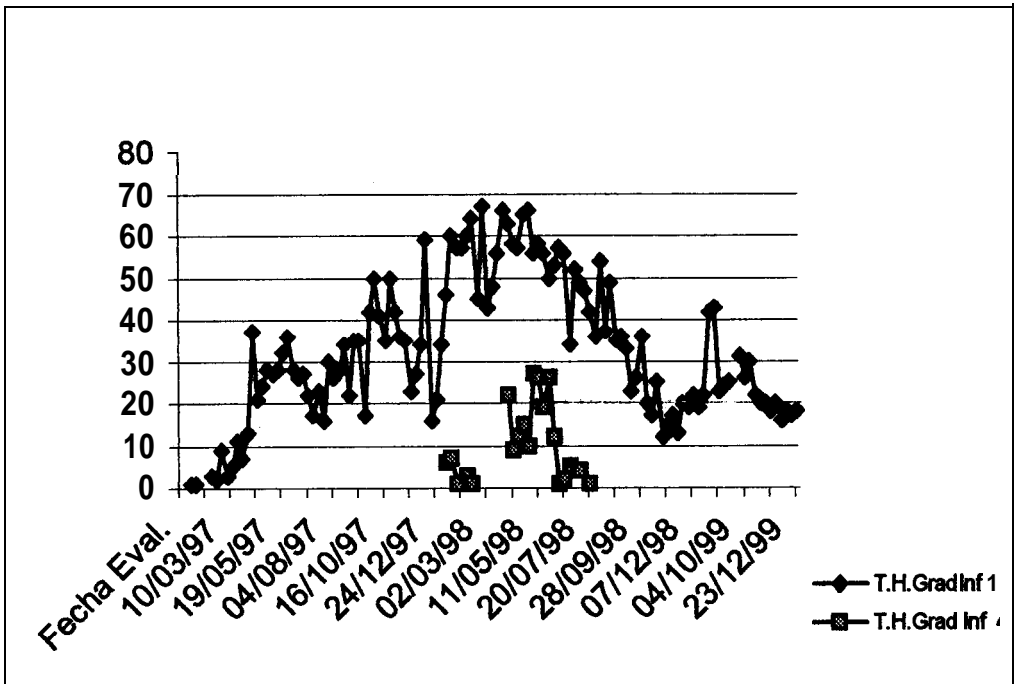


Figura 3.18 Grado de infección en estadio 1 y 4 con sus fechas

El grado de infección de las hojas en estadio 1, se mostró durante los meses de Enero a Mayo, con leves incrementos llegando a registrar 37 hojas manchadas por la enfermedad, durante el mes Abril se utilizó el fungicida Tilt, mientras que en el

mes siguiente presentó un total de 36 hojas enfermas, desde el mes de Mayo de 1997, hasta Agosto. ~~del mismo año,~~ **decreció** de 36 hojas a 16 hojas enfermas. En esta fecha se aplicó el fungicida **Indar**, en el mismo mes de Agosto hasta finales de 1997, se presentaron fluctuaciones muy variadas, pasando de un total de 16 hojas a 59 hojas manchadas, los fungicidas que se usaron durante esas fechas fueron: Benlate y **Calixin**,

Se pudo notar que la incidencia de utilizar Benlate en el rocío de las hojas, se incrementó el número de hojas infectadas con Sigatoka negra alcanzando las 59 hojas en total, con el cambio de fungicidas, se logró controlar la infección durante principios de Enero, donde se registró 16 hojas enfermas, pero, a finales del mismo mes de 1998, repuntó a 60 hojas enfermas, esto coincide con **la** época ~~del~~ fenómeno def Niño donde se agravó **la** infección presentando casos de hasta 17 hojas en el estadio 4.

Durante Julio de 1998 hasta Diciembre del mismo año, no se volvió a presentar casos de hojas enfermas en el estadio 4, mientras que en Marzo de 1998, se **observó más** de 43 hojas enfermas en el estadio 1, **llegando** a presentar 67 hojas enfermas. En el mes de Febrero de 1998, al mismo tiempo, se

presentaba más casos de estadio 4 y en el mes de Abril se llegó a registrar 22 hojas infectadas **hasta Mayo** donde **presentó** un total de 26 hojas.

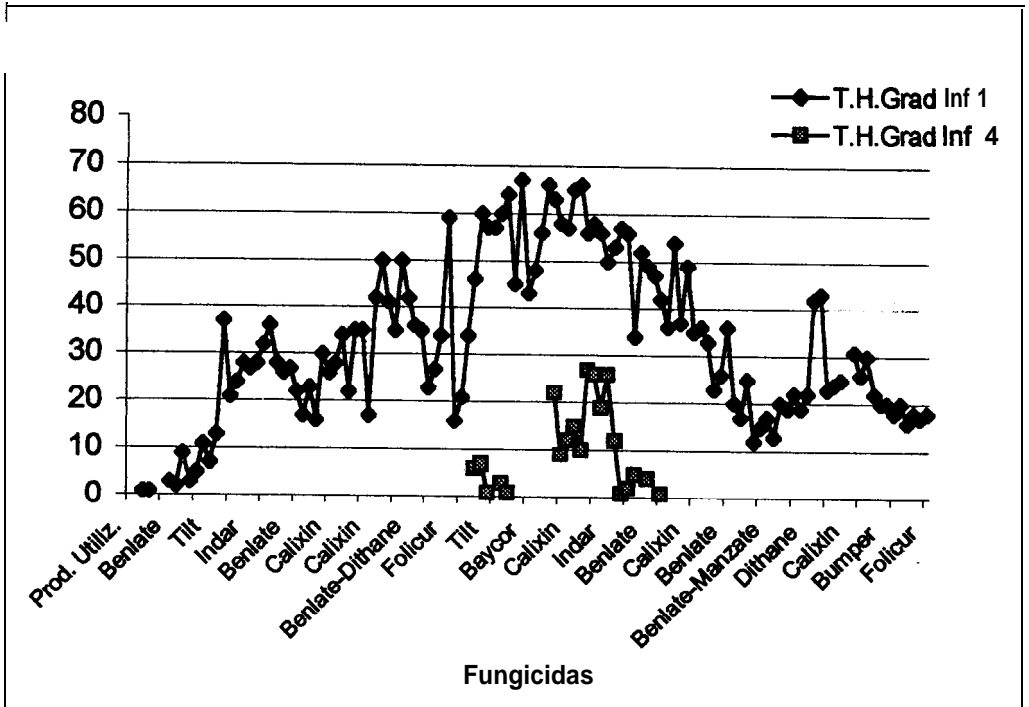


Figura 3.19 Grado de infección en estadio 1 y 4. para cada fungicida

Desde Mayo de **1998** **decreció** el número de **hojas infectadas** en los estadios 1 y 4 , en el **mencionado** mes se aplicó **Tilt** en la plantas de la zona, para Julio de 1996, ya no presentó casos de infección en el estadio 4, sin embargo, en el estadio 1 llegó a ubicarse a principios de Diciembre en 12 hojas manchadas, y se observó que para el siguiente año incrementos eran muy **ínfimos**,

en el transcurso de este período se aplicó los fungicidas **Tilt**, **Indar**, Benlate.

Durante este año se registraron 43 hojas en el mes de Mayo, el fungicida que se utilizó fue Dithane y permanecieron con el mismo químico en el siguiente mes, se verificó una **reducción** hasta 16 hojas manchadas, luego de la aplicación de Calixin a las plantas y al final del año, se **estabilizó** en 18 hojas manchadas, para estos meses se **aplicó** el fungicida Folicur, hasta el final del año.

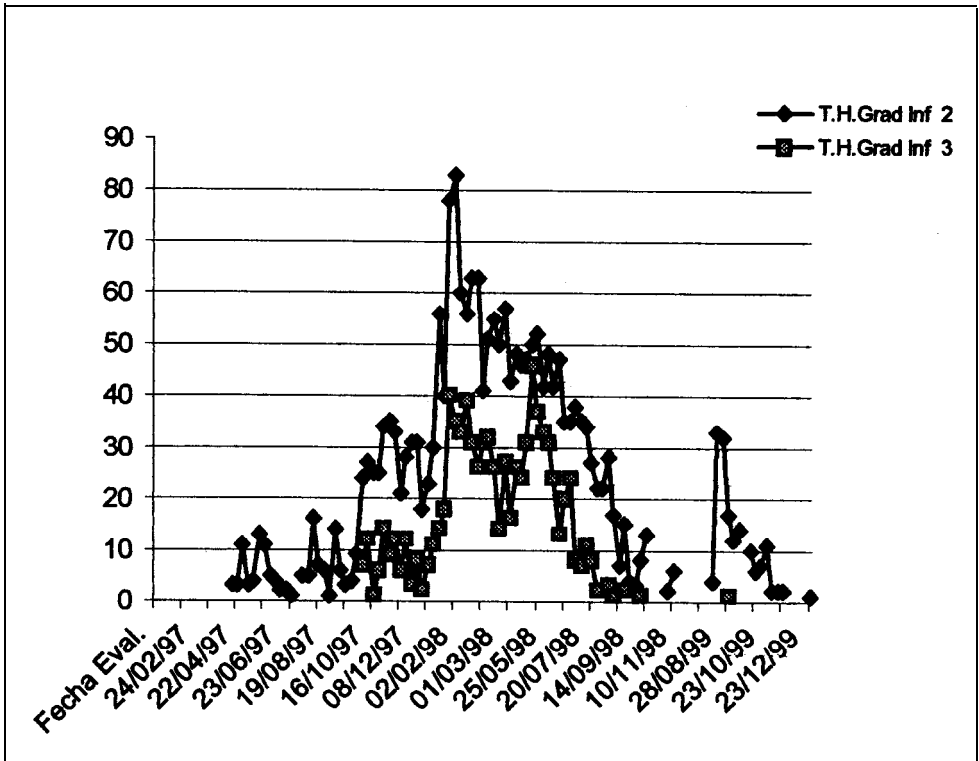


Figura 3.20 Fechas en las que se registró grados de infección en el estadio 2 y 3

En este gráfico podemos notar que durante los meses comprendidos entre Enero y Septiembre de 1997, se ha controlado el número de hojas infectadas en el estadio 2, solo, en los meses de Abril se presentaron 11 hojas enfermas, en Mayo hubo dos brotes de 13 y 11 hojas manchadas. En Junio ascendió a 16 hojas enfermas y en Agosto a 14 hojas infectadas en el estadio 2, en el mes de Abril se aplicó los fungicidas Tilt y Benlate en el mes de Abril, Indar durante el mes de Mayo y en Julio de 1997 se aplicó Calixin, a inicios del mes de Octubre

cambiaron de fungicida a Benlate y se observaron en esas fechas un total de 33 hojas infectadas en **estadio** 2.

En el mes de Noviembre se presentaron 35 hojas enfermas y el **producto** que se utilizo fue Calixin, el cual se mantuvo durante el mes de Enero en el que se registraron 57 hojas infectadas, luego, a finales del mismo mes se **incrementó** a 83 hojas, en **el** estadio 2. Los primeros indicios de la enfermedad en estadio 3 se presentaron en el mes de Octubre de 1997, con un total de 12 hojas enfermas, y el fungicida que se utilizo en esa fecha fue **Benlate–Dithane**. En Enero de 1998, creció a 40 hojas infectadas y utilizaron el químico Tilt en la aplicación. En el mes de Marzo de 1998, se presentaron 14 hojas el fungicida utilizado fue Benlate, para Mayo se registraron 35 hojas en el estadio 3, luego decreció desde Mayo hasta Agosto cuando soto se encontró una hoja enferma.

Durante este tiempo, se combinó una serie de químicos Benlate, **Tilt, Indar**, Calixin, y terminaron el período, utilizando Benlate. La constante variación de químicos se debe, **porque**, se pretenda evitar la resistencia del hongo a ciertos fungicidas, **el mismo** caso se presento en el estadio 2, hasta llegar a 3 hojas enfermas,

durante ese lapso de tiempo se utilizaron los mismo fungicidas que en el estadio 3.

Para 1999, se presentó una elevada infección llegando a tener un total de 32 hojas en el mes de Agosto, el fungicida que se utilizó fue Calixin, y finalizó el **año** con una **sola** hoja infectada **los** fungicidas que se utilizaron durante esa fecha fueron **Calixin**, Bumper en el mes de Octubre, y terminaron el periodo utilizando el fungicida con Folicur en el **año** de 1999.

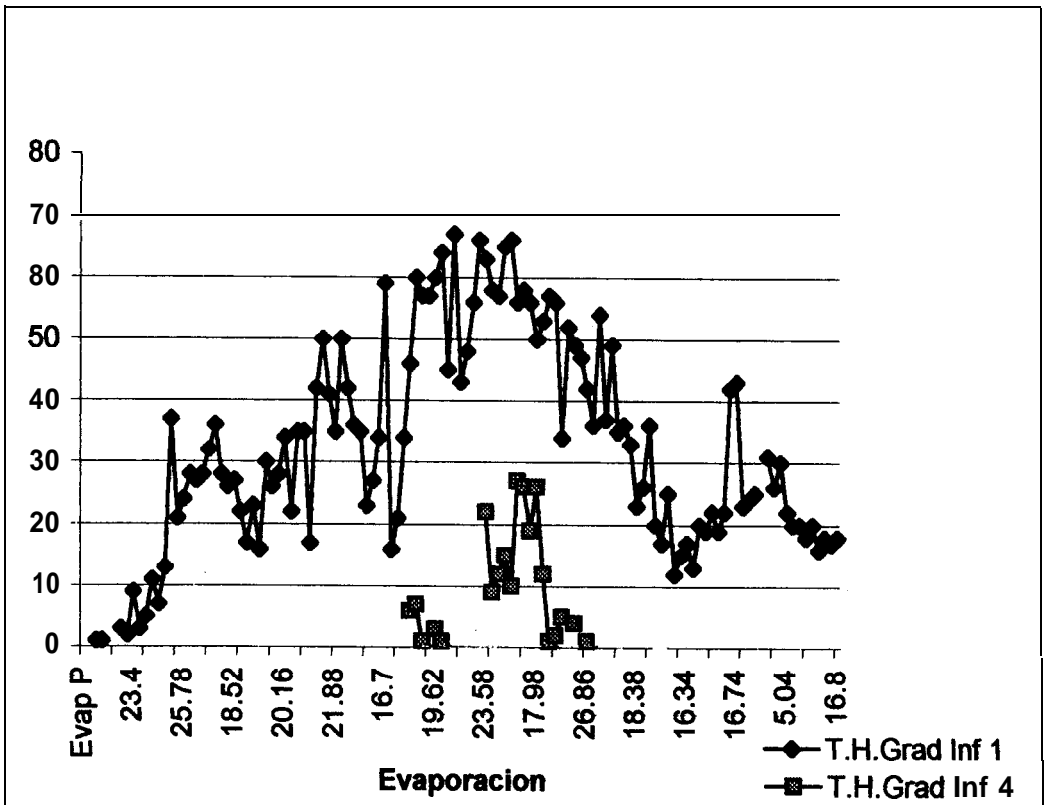


Figura 3.21 Grado de infección en **estadio 1** y **4** con sus evaporaciones

En los primeros meses de 1997, las hojas ~~soportaron~~ **soportaron** los intensos calores que se suscitaron en la zona de estudio, en el mes de Marzo se presentaron 13 hojas con una evaporización de 18 cal, en los siguientes días hubo incrementos en la intensidad de calor hasta llegar a su tope en el mes de Abril, donde se encontró 37 hojas infectadas y vaporizaciones de 19.67 cal. El punto máximo se registró en el mes de Diciembre con un total de 16.7 cal. El número de hojas que presentaron severidades en el

estadio 1, fueron de 59 hojas. Sin embargo el 15 de Diciembre del mismo año, descendió a un valor de 16.42 **cal**.

Para comienzos de 1996, se obtuvo en el mes de Enero, 42 hojas infectadas con valor de evaporación cercano a 21.64 cal, en Febrero de 1996, se ubicó en 26.67 cal y se contaron 67 hojas enfermas. En el mes de Marzo se redujo a 43 hojas con una evaporación de agua **igual** a 21.92 cal, en tan sólo **21 días** se observó que el número de hojas creció y su evaporación de agua correspondiente para **tales** fechas fue, de 21.04 cal, para el mes de Abril, se observaron 66 hojas infectadas en el estadio 1 y el correspondiente valor de vaporización fue de 22 cal.

Para el 25 de Mayo de 1996, se registraron 50 hojas infectadas con Sigatoka negra en **el estadio 1**, su vabr de vaporación fue de 17.96 cal. En Junio, se presentaron 34 hojas infectadas con un valor de vaporización de 19.71 cal. Las primeras infecciones en estadio 4 fueron con un valor cercano a 19.14 cal, y se constato que hubo 7 hojas enfermas

El máximo se dió en el mes de Mayo, con un **total** de 17.96 **cal** y 26 hojas registradas en el estadio 4. En Julio del mismo año, se

presento con una hoja infectada y el valor que se registró fue de 26.86 cal, mientras que de Julio ~~a~~ **Agosto** descendió hasta un valor de 14.8 cal, presentandose 36 hojas enfermas. El 4 y 17 de Agosto de 1998, se presentaron valores en el número de hojas infectadas, de 54 y 49 hojas enfermas respectivamente. Durante esas dos fechas, sus valores de vaporización fueron de **13.92** y 15.82 cal. En los meses de Agosto a Septiembre de 1998, no se presentaron importantes cambios en **los valores de vaporización**, sin embargo, para Agosto del año siguiente, es decir, para 1999, se incrementó en 43 hojas en estadio 1 y su evaporación mostró un valor igual a 16.74 cal, y para el mes de Diciembre se ubico en 16.8 cal y con un total de 18 hojas infectadas.

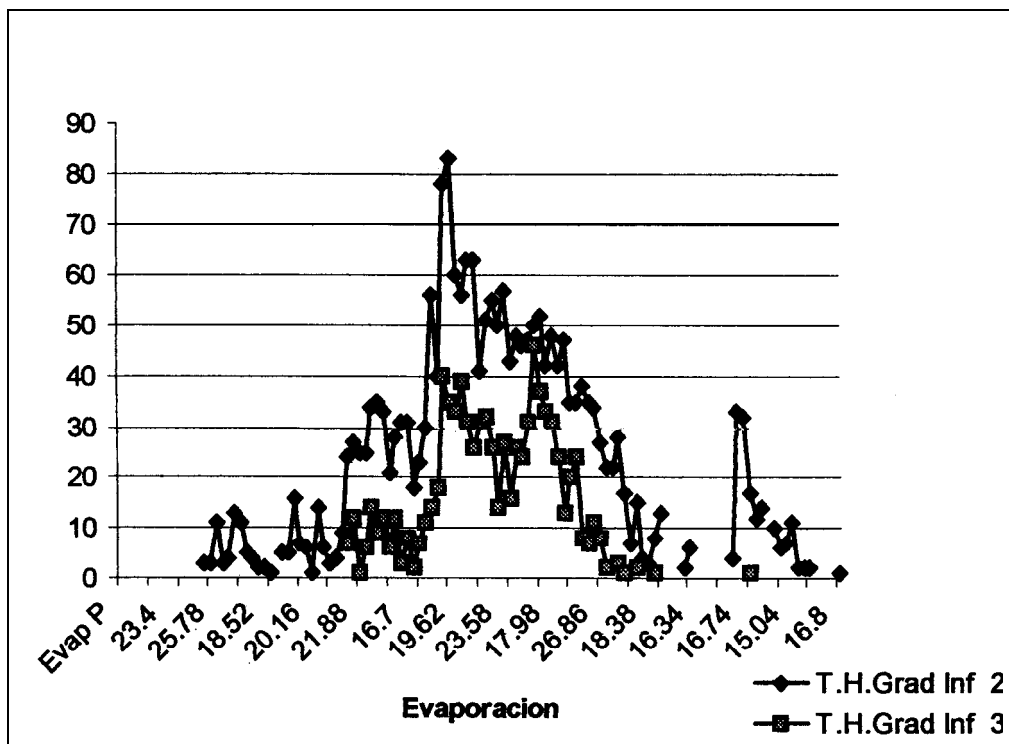


Figura 3.22 Grado de infección en estadio 2 y 3 con sus evaporaciones

En el mes de **Abri** se observaron 11 hojas infectadas en el estadio 2, con un valor de vaporización igual a 27.78 cal, para el mes de Mayo, en los días 12 y 19 se observaron 13 y 11 hojas infectadas en el estadio 2, presentando con valores de evaporación de agua iguales a 25.78 y 23.24 cal respectivamente, posterior a esta fecha hasta **Nejar** al mes de Julio 22, donde se mantuvo por debajo de 21.9 cal, llegando a registrarse 5 hojas manchadas. Al llegar el mes de Agosto durante los días 22 y 25 se registraron valores de evaporaciones

iguales a 21.48 y 19.48 cal, para los meses de Septiembre a Enero de 1998, aumentaron **desproporcionadamente** hasta **llegar** a 83 hojas manchadas, no podemos decir lo mismo para la variable de Evaporación, hubo distintos valores durante estos meses que pasaron por 15.9 cal en Septiembre de 1997, a 25.88 cal en el mes de Enero de 1998.

De Enero a Agosto **del** año referido anteriormente, **el** número de hojas decreció hasta ubicarse en 7 hojas en el estadio 2, durante 1999, En el mes de Agosto específicamente, se incrementó en 32 hojas infectadas en tal estadio, para esta fecha su valor de evaporación se registró en 16.74 cal. El máximo valor de evaporación que se obtuvo en ese año, en el mes de Julio, tuvo un total de 26.86 cal, con 27 hojas enfermas.

Mientras que en **el** mes de Septiembre se ubicó en 15.04 cal con un total de 11 hojas, para concluir el año, con un total de 16.8 cal y 1 hoja infectada en estadio 2. En el mes de Septiembre de 1997, comenzó con un valor de 26.78 cal y presentaba **12** hojas enfermas, la variable evaporación se incrementó hasta **llegar a** 25.88 cal. En los meses posteriores, se registraron valores **maximo** de 40 hojas **infectadas** en **el estadio**, concretamente en

el mes de Enero de 1996. Luego para las siguientes fechas decreció hasta llegar al mes de **Marzo** donde se **obtuvo 22.14** cal, presentando 14 hojas infectadas. Para Mayo del mismo año se registraron 46 hojas enfermas, con un valor de **evaporación** que bordeó los 20.02 cal.

La variable evaporación llegó a su **valor** mínimo, en el mes de Septiembre de 1996, donde el número de hojas se ubicó en una y cuyo valor de evaporación fue de 17.34 cal, hay que comentar que se presentó un caso de infección en el estadio 3, en el mes de Septiembre de 1999, con un valor de humedad que se ubicó en 17.76 cal..

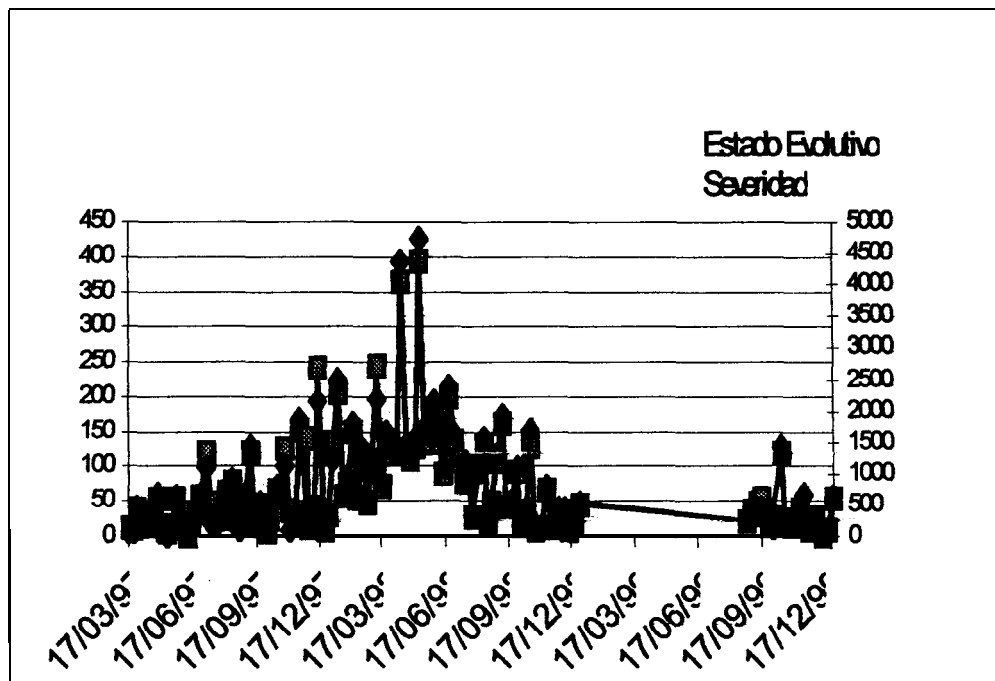


Figura 3.23 Gráfica del estado evolutivo y severidad de la infección

Estas dos variables se utilizan en el método de preaviso biológico, que es el aplicado para la detección temprana de los síntomas de la Sigatoka negra. Primero se revisa las tres de las hojas más jóvenes de la planta, mediante la ayuda de fungicidas de acción sistemática y curativa, que tienen un buen efecto **sobre** los estadios que se presentan en etapas tempranas de **la** enfermedad.

La gráfica adjunta, muestra el estado de la variable evolución de la enfermedad en la zona de **Milagro** (Hacienda Sta. Ana), mientras más alto sea el valor de la variable estado evolutivo, más indicios sobre la gravedad de la infección en las hojas.

La variable estado evolutivo se relaciona con la **variable** severidad de la infección presentada en la **gráfica** anterior, podemos observar que en las primeras fechas de 1997, hubo un estricto control sobre la intensidad de la infección, se presume que durante este período de tiempo, las condiciones climáticas de la región no permitieron el brote de infección sobre las plantas.

Pero a finales de 1997, en el mes de Noviembre se obtuvo un valor cercano a los **1840** puntos para **la variable** estado evolutivo, su correspondiente valor de severidad en la infección fue de 151 puntos, coincidieron con la llegada del fenómeno del Niño que golpeó, gravemente las plantaciones bananeras en el año de 1998. Estas dos variables presentaron puntuaciones altas en el mes de Abril y Mayo con un **valor** que **bordea** los 4367 y 4720 puntos respectivamente, mientras que la variable severidad presentó los siguientes valores 364 puntos en el mes de Abril y

en el mes de Mayo se registró 393 puntos, para el siguiente mes de 1998, descendió la **variable** estado **evolutivo** hasta **alcanzar** los 2390 puntos, en Octubre **del** mismo año se situó en 1699 puntos para la variable estado evolutivo y 129 puntos para la variable severidad, en el mes de Diciembre de 1998, alcanzó los 531 puntos de estado evolutivo y 44 puntos de severidad.

Durante el mes de Septiembre de 1999, hubo pequeños incrementos y presentó un valor igual a 55 puntos de la variable severidad. Durante el mes de Octubre del mismo año, se ubicó en los 1430 puntos para la variable estado evolutivo, mientras que la **variable** severidad ascendió a un valor cercano a los 119 puntos. Al finalizar el año en mención (**1999**), se registraron durante el mes de Diciembre de 1999, un valor **por arriba** de los 500 puntos para la variable estado evolutivo y los 50 puntos para la variable **severidad**.

3.14 Prueba de Hipótesis para medias

En esta sección realizamos una serie de pruebas de hipótesis referentes a medias con la finalidad de analizar la efectividad de los fungicidas utilizados en el desarrollo del proceso infeccioso del hongo.

La prueba en cada caso se desarrolla de la siguiente manera:

Se desea probar la hipótesis nula de que la media **muestral** es $\mu = \mu_0$ contra la hipótesis alterna de que esta no es la media supuesta

$$\begin{array}{c} H_0 : \mu = \mu_0 \\ \text{vs} \\ H_1 : \mu \neq \mu_0 \end{array}$$

De esta manera, obtendremos 3 posibles resultados respecto de la hipótesis nula.

No se **Rechaza**: Se interpreta como que, no existe suficiente evidencia **estadística** para rechazar la hipótesis nula.

Se **Rechaza**: Existe suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula

Indiferencia: No existe la certeza de Rechazar H_0 o en su defecto No Rechazar H_0

Notación:

\bar{x} : Promedio 0 media por producto

s : Desviación estándar de la muestra

α : Nivel de significancia

n : Cantidad de información

3.12.1 Hojas sin infección

En el caso de esta variable, se probará la hipótesis nula:

El promedio del número de hojas sin infección encontradas en la época de aplicación del producto, es igual al número total de hojas sin infectarse en el período de análisis.

En caso de rechazarse la hipótesis nula, debemos interpretar que la media del número de hojas sin infección fue mayor o menor que el intervalo de confianza para la media propuesta.

A continuación mostramos las pruebas de hipótesis para cada producto

Tabla tt

Prueba de hipótesis para la variable Hojas sin infección

Benlate	$H_0 : \mu = 485.9$ $H_1 : \mu \neq 485.9$	$\bar{x} = 477$ $s = 122$ $\alpha = 0.05$ $n = 28$	$430 < \mu < 525$ No se Rechaza H_0
Benlate - Dithane	$H_0 : \mu = 485.9$ $H_1 : \mu \neq 485.9$	$\bar{x} = 483$ $s = 50$ $\alpha = 0.05$ $n = 8$	$421 < \mu < 501$ No se Rechaza H_0

Calixin	$H_0 : \mu = 485.9$ $H_1 : \mu \neq 485.9$	$\bar{x} = 472$ $s = 88$ $\alpha = 0.05$ $n = 35$	$442 < \mu < 503$ No se Rechaza H_0
Dithane	$H_0 : \mu = 485.9$ $H_1 : \mu \neq 485.9$	$\bar{x} = 558$ $s = 4$ $\alpha = 0.05$ $n = 7$	$554 < \mu < 562$ Se Rechaza H_0
Folicur	$H_0 : \mu = 485.9$ $H_1 : \mu \neq 485.9$	$\bar{x} = 494$ $s = 89$ $\alpha = 0.05$ $n = 7$	$411 < \mu < 577$ No se Rechaza H_0
Indar	$H_0 : \mu = 485.9$ $H_1 : \mu \neq 485.9$	$\bar{x} = 458$ $s = 97$ $\alpha = 0.05$ $n = 8$	$377 < \mu < 539$ No se Rechaza H_0
Tilt	$H_0 : \mu = 485.9$ $H_1 : \mu \neq 485.9$	$\bar{x} = 468$ $s = 107$ $\alpha = 0.05$ $n = 14$	$407 < \mu < 530$ No se Rechaza H_0

3.12.2 Grado de infección 1, 2, 3 y 4

Calculamos la media global que presenta la población de plantas, y se ha decidido probar la hipótesis nula (H_0), de que los productos tienen un promedio especificado en la tabla, en contra la hipótesis alterna de que no está alrededor de tal valor.

A continuación se presenta los resultados obtenidos, especificando el tamaño de muestra en cada uno de los productos utilizados.

Tabla III

Grado de infección en estadio 1

Dithane	$H_0: \mu = 31$ $H_1: \mu \neq 31$	$\bar{x} = 20$ $s = 2$ $a = 0.05$ $n = 7$	$18 < \mu < 21$ Se Rechaza H_0
Folicur	$H_0: \mu = 31$ $H_1: \mu \neq 31$	$\bar{x} = 28$ $s = 15$ $a = 0.05$ $n = 7$	$14 < \mu < 42$ No se Rechaza H_0
Indar	$H_0: \mu = 31$ $H_1: \mu \neq 31$	$\bar{x} = 41$ $s = 13$ $a = 0.05$ $n = 8$	$30 < \mu < 52$ No se Rechaza H_0
Benlate	$H_0: \mu = 31$ $H_1: \mu \neq 31$	$\bar{x} = 34$ $s = 17$ $a = 0.05$ $n = 26$	$27 < \mu < 41$ No se Rechaza H_0
Benlate - Dithane	$H_0: \mu = 31$ $H_1: \mu \neq 31$	$\bar{x} = 44$ $s = 7$ $a = 0.05$ $n = 8$	$38 < \mu < 50$ Se Rechaza H_0
Calixin	$H_0: \mu = 31$ $H_1: \mu \neq 31$	$\bar{x} = 34$ $s = 14$ $a = 0.05$ $n = 33$	$29 < \mu < 39$ No se Rechaza H_0
Tilt	$H_0: \mu = 31$ $H_1: \mu \neq 31$	$\bar{x} = 32$ $s = 28$ $a = 0.05$ $n = 14$	$16 < \mu < 41$ No se Rechaza H_0

Tabla IV
Grado de infección en estadio 2

Folicur	$H_0: \mu = 17$ $H_1: \mu \neq 17$	$\bar{x} = 22$ $s = 13$ $\alpha = 0.05$ $n = 5$	$7 < \mu < 38$ No se Rechaza H_0
Indar	$H_0: \mu = 17$ $H_1: \mu \neq 17$	$\bar{x} = 24$ $s = 9$ $\alpha = 0.05$ $n = 8$	$9 < \mu < 40$ Se Rechaza H_0
Benlate	$H_0: \mu = 17$ $H_1: \mu \neq 17$	$\bar{x} = 20$ $s = 20$ $\alpha = 0.05$ $n = 23$	$11 < \mu < 30$ No se Rechaza H_0
Benlate - Dithane	$H_0: \mu = 17$ $H_1: \mu \neq 17$	$\bar{x} = 23$ $s = 6$ $\alpha = 0.05$ $n = 8$	$18 < \mu < 20$ Indiferencia
Calixin	$H_0: \mu = 17$ $H_1: \mu \neq 17$	$\bar{x} = 24$ $s = 16$ $\alpha = 0.05$ $n = 30$	$18 < \mu < 30$ Indiferencia
Tilt	$H_0: \mu = 17$ $H_1: \mu \neq 17$	$\bar{x} = 32$ $s = 19$ $\alpha = 0.05$ $n = 7$	$37 < \mu < 72$ Se Rechaza H_0

Tabla V
Grado de infección en estadio 3

Folicur	$H_0: \mu = 7$ $H_1: \mu \neq 7$	$\bar{x} = 7$ $s = 4$ $\alpha = 0.05$ $n = 4$	$1 < \mu < 13$ No se Rechaza H_0
---------	-------------------------------------	--	--

Indar	$H_0 : \mu = 7$ $H_1 : \mu \neq 7$	$\bar{x} = 22$ $s = 15$ $CC = 0.05$ $n = 4$	$-2 < \mu < 46$ No se Rechaza H_0
Benlate	$H_0 : \mu = 7$ $H_1 : \mu \neq 7$	$\bar{x} = 23$ $s = 12$ $\alpha = 0.05$ $n = 9$	$14 < \mu < 33$ Se Rechaza H_0
Benlate - Dithane	$H_0 : \mu = 7$ $H_1 : \mu \neq 7$	$\bar{x} = 6$ $s = 4$ $\alpha = 0.05$ $n = 6$	$2 < \mu < 10$ No se Rechaza H_0
Calixin	$H_0 : \mu = 7$ $H_1 : \mu \neq 7$	$\bar{x} = 12$ $s = 9$ $\alpha = 0.05$ $n = 16$	$7 < \mu < 17$ No se Rechaza H_0
Tilt	$H_0 : \mu = 7$ $H_1 : \mu \neq 7$	$\bar{x} = 29$ $s = 12$ $\alpha = 0.05$ $n = 7$	$18 < \mu < 40$ Se Rechaza H_0

Tabla VI
Grado de infección en estadio 4

Indar	$H_0 : \mu = 1$ $H_1 : \mu \neq 1$	$\bar{x} = 16$ $s = 11$ $\alpha = 0.05$ $n = 3$	$-12 < \mu < 44$ No se Rechaza H_0
Tilt	$H_0 : \mu = 1$ $H_1 : \mu \neq 1$	$\bar{x} = 8$ $s = 10$ $\alpha = 0.05$ $n = 6$	$-2 < \mu < 18$ No se Rechaza H_0

Benlate	$H_0 : \mu = 1$ $H_1 : \mu \neq 1$	$\bar{x} = 7$ $s = 6$ $a = 0.05$ $n = 5$	$0 < \mu < 15$ No se Rechaza H_0
Calixin	$H_0 : \mu = 1$ $H_1 : \mu \neq 1$	$\bar{x} = 15$ $s = 9$ $a = 0.05$ $n = 5$	$4 < \mu < 26$ Indiferencia

Los productos Benlate, Benlate-Dithane, Calixin, Folicur, Indar y Tilt muestran valores de su media $\mu = 485,9$ con un nivel de **confianza** del **95%**, no es posible rechazar la hipótesis nula de que el total de hojas sin infección están alrededor de la media antes dicha.

Una vez que se llega a niveles de infección de cuarto grado, la experiencia de los ingenieros agrícolas, indican la aplicación aérea o terrestre con algún tipo de químico o fungicida.

Cuando este producto es Calixin muestra el más alto valor en promedio de hojas infectadas en grado 4, porque supone una **media** o promedio igual a $\mu = 4$, cuando en **realidad** se **observa** que existe un promedio igual a 1.

3.15 Análisis de componentes principales

Se registró información sobre los últimos 3 años en las variables que representaron características de **interés**, para su posterior análisis. El número total de variables que se ingresaron fueron de 25 entre las cuales constaban las siguientes:

Tabla VII
Tabla de variables obtenidas

Fecha actual	Producto Utilizado	Hojas de Emisión Foliar
Estado Evolutivo	Severidad	Calificación Severidad
Total de hojas	Hojas grado de infección 1	Total de hojas sin infección
Hojas grado de infección 2	Hojas grado de infección 3	Hojas grado de infección 4
Atomización	Foliar	Cantidad de Aceite
Emulsificante	Fijador	Temperatura Máxima
Evaporación	Horas Solar	Temperatura Mínima
Ratio	Precipitación Pluvial	Racimos Cortados
Racimos Rechazados		

Luego de seleccionar aquellas que tienen estrecha relación con la enfermedad decidimos escoger las siguientes variables y obtuvimos la matriz de correlación de ellas

Observación: La variable, X1 representa los nombres de los fungicidas o productos frecuentados, durante las campañas de aplicación aérea o terrestre y no se considero en el análisis, porque, no es una variable cuantitativa.

Tabla VIII
variables analizadas

x2	Emisión de hojas foliar
X3	Hojas sin infección
X4	Hojas en grado de infección 1
X5	Hojas en grado de infección 2
X6	Hojas en grado de infección 3
X7	Hojas en grado de infección 4
X8	Temperatura Ambiental
X9	Horas Solares
X10	Evaporación
X11	Precipitación Pluvial
X12	Racimos Cortados por cosecha

Con la ayuda del paquete estadístico **SPSS**, calculamos la matriz de correlación de los datos, cuyos resultados se muestran a continuación:

Tabla IX
Matriz de Varianzas y Covarianzas

	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	x10	X11	x12
X2	1.000	-0.257	0.004	0.185	0.184	-0.143	0.134	-0.096	-0.115	0.096	0.043
X3	-0.257	1.000	-0.915	-0.969	-0.919	-0.249	-0.946	-0.836	-0.799	-0.695	0.254
X4	0.004	-0.915	1.000	0.923	0.817	0.319	0.928	0.817	0.730	0.568	-0.376
X5	0.185	-0.969	0.923	1.000	0.960	0.250	0.937	0.826	0.816	0.753	-0.223
X6	0.184	-0.919	0.817	0.960	1.000	0.270	0.887	0.825	0.898	0.807	-0.010
X7	-0.143	-0.249	0.319	0.250	0.270	1.000	0.299	0.592	0.302	0.404	0.238
X8	0.134	-0.946	0.928	0.937	0.887	0.299	1.000	0.792	0.766	0.765	-0.385
X9	-0.096	-0.836	0.817	0.826	0.825	0.592	0.792	1.000	0.872	0.649	0.035
X10	-0.115	-0.799	0.730	0.816	0.898	0.302	0.766	0.872	1.000	0.660	0.171
X11	0.096	-0.695	0.568	0.753	0.807	0.404	0.765	-0.649	0.660	1.000	-0.149
X12	0.043	0.254	-0.376	-0.223	-0.010	0.238	-0.385	0.035	0.171	-0.149	1.000

Podemos observar **claramente** que existen grupos de variables que están altamente **correlacionados**. Las variables X3, X4, X5, X6, X7, X8, X9, X10, X11 tienen altos valores en la matriz de correlación, podríamos suponer que estas, pueden formar grupos, a los cuales podríamos asignar algún nombre específico, de acuerdo, a las características individuales de **cada variable** y los grupos que conforman. Podemos también **observar** los valores propios de la matriz de correlación y el porcentaje de explicación de la información contenida en la matriz de datos.

Tabla X

Componentes principales con sus porcentajes

Comp	Total	% of Var	Acum %
1	6.9743	63.403	63.403
2	1.5262	13.874	77.277
3	1.1301	10.274	87.551
4	0.7334	6.6674	94.218
5	0.4654	4.2313	98.45
6	0.088	0.8003	99.25
7	0.0618	0.5614	99.811
8	0.0121	0.1101	99.921
9	0.0052	0.0476	99.969
10	0.0034	0.031	100
11	-7E-17	-7E-16	100

El análisis de componentes principales, crea variables latentes o ficticias a partir de las variables observadas, esta es la razón por la cual, se denomina una técnica de reducción de variables, las

que deberán explicar a las variables observadas con una pérdida mínima de información.

El paquete utilizado en el análisis de componentes principales es SPSS, los resultados encontrados indican que existe II componente los que se detallan en la tabla X, así como el porcentaje de **explicación** contenido en dicha componente y el porcentaje acumulado hasta entonces.

Notamos que al llegar a la décima componente el porcentaje de explicación asciende al **100%**, lo que nos indican, que ya no es necesaria la décimo primera componente principal.

La primera componente principal, tiene un valor propio igual a 6.974 y un porcentaje de explicación **del 63.4%**, solamente la primera componente principal, explica más de la mitad de la información.

La segunda componente principal tiene valor propio igual a 1.562 y explica un **13.87% del** total de la información que se tabuló, **en** conjunto, las dos **explican un total** de 77.277 % y este porcentaje se considera una muy buena representación.

La tercera componente principal muestra un valor propio igual a 1.1301 con un porcentaje **explicativo del 10.27%, muy** bajo en comparación a los **anterior expuesto**, en conjunto con las otras dos componentes principales tienen una explicación del 87.5% del total de la información, las otras componentes principales decrecientan su valor propio y porcentaje de **explicación**, por lo que no se las considera muy importantes en comparación de las tres primeras,

Así el problema original con 11 variables, se reduce a uno con 3 variables con una pérdida poco significativa de información.

La tabla a continuación presenta los valores de las componentes principales con sus respectivos porcentaje individuales y **en** conjunto:

Tabla XI

Los 3 primeros valores propios

Total	% of Var	Acum %
6.9743	63.403	63.403
1.5262	13.874	77.277
1.1301	10.274	87.551

Debemos recordar que cada valor propio, es el valor de la **varianza** de la componente principal. Para tener una mejor

visualización de estos valores, los **graficaremos** en orden descendiente, el primer valor es la **máxima varianza** y corresponde a la primera componente, y el último valor representa al mínimo valor propio de la matriz de correlación

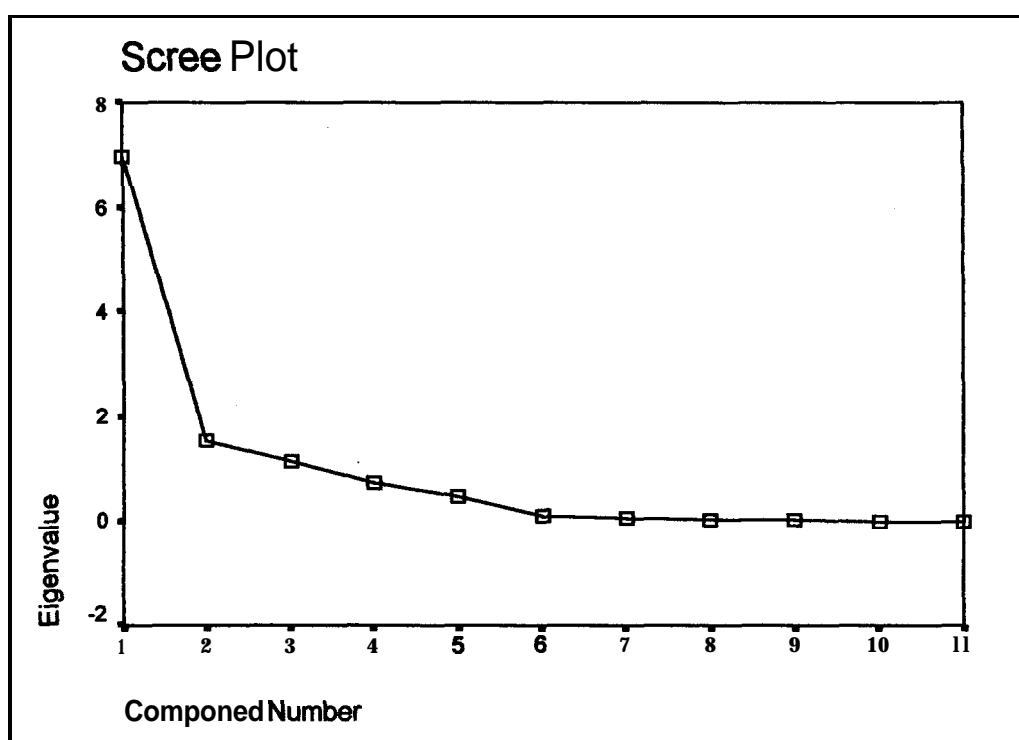


Figura 3.24 Gráfica de los valores propios versus el número de componentes principales

Los vectores propios son los que conforman los ejes de coordenadas, donde se **graficaran** las proyección de los puntos que representan las cargas de las variables, y estas variables, a su vez proporcionan **una** interpretación a estos ejes.

De acuerdo a los grupos que conforman, cada una de ellas y a la cercanía de estas, sobre los ejes principales

A continuación, se presenta la tabla de componentes principales, y C.P es la notación que usaremos para su **representación**.

Tabla XII

Matriz de componentes principales

	C. P 1	C. P 2	C. P 3
x5	0.3686	-0.1175	0.0606
x3	-0.3643	0.1504	-0.0895
x6	0.3628	0.0149	0.1795
x8	0.3626	-0.171	-0.0722
x4	0.3471	-0.1321	-0.1953
x9	0.3429	0.256	-0.0861
x10	0.3312	0.2305	0.029
x11	0.3035	0.0323	0.0492
x12	-0.0649	0.6358	0.5048
x7	0.1515	0.5278	-0.1103
x2	0.0356	-0.3378	0.7969

En la siguiente tabla encontramos, la proporción de **varianza** explicada por la solución de componentes principales. En este caso particular, se escogieron las 3 primeras componentes principales, que en conjunto explican más del 77 % del total de la información

A continuación se muestra la tabla de las variables antes mencionada:

Tabla XIV

Proporción de la *varianza* de cada *variable* expcttda por la solución de componentes prncipales.

	Initial	Extract
X2	1	0.9007
X3	1	0.9693
X4	1	0.9101
X5	1	0.973
X6	1	0.9545
X7	1	0.5989
X8	1	0.9676
X9	1	0.9282
X10	1	0.8471
X11	1	0.6469
X12	1	0.9343

Presentaremos como SYSTAT, muestra la nube de datos y su correspondiente ubicación, en los ejes coordenados representados por sus vectores propios:

Factor Loadings Plot

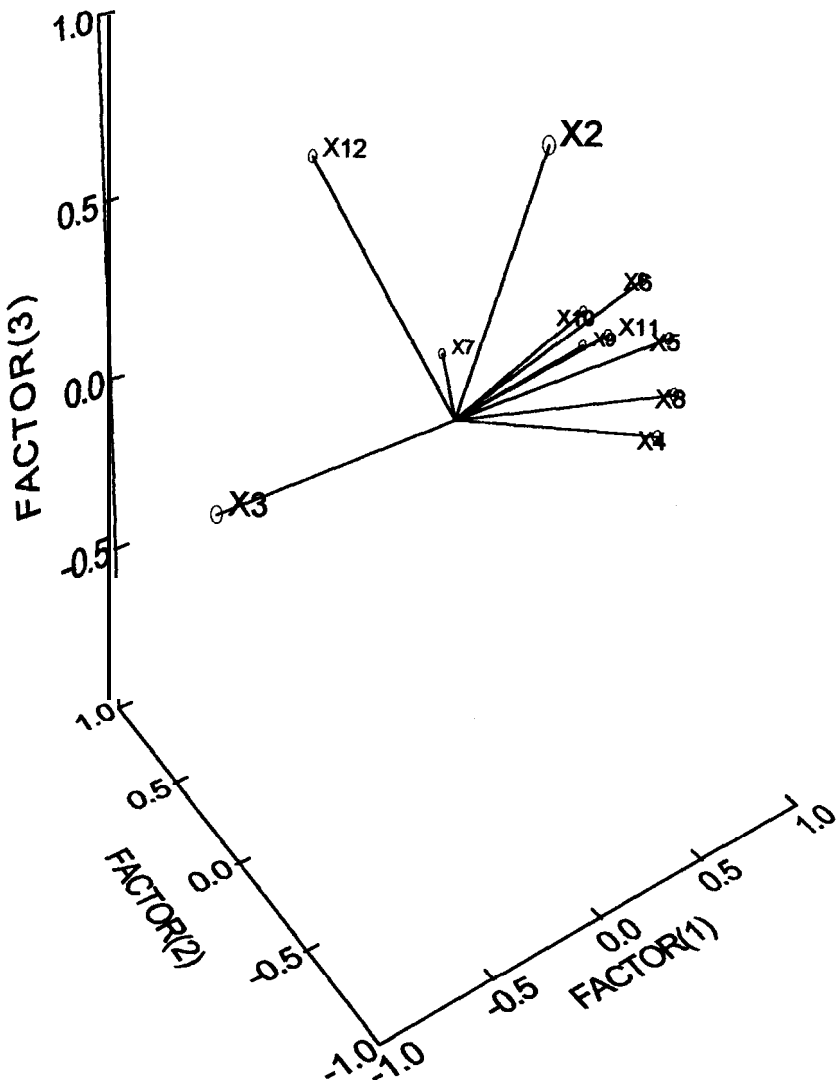


Figura 3.26 Gráfica de los factores de cargas

Para un mejor análisis de los componentes vectoriales, ilustraremos en una gráfica **bidimensional** los puntos de coordenadas de las variables, escogiendo en pares las componentes principales, es decir, presentaremos en un plano cartesiano las componentes vectoriales 1 y 2, luego pasaremos a analizar los puntos ubicados en el plano conformado por las componentes vectoriales 1 y 3.

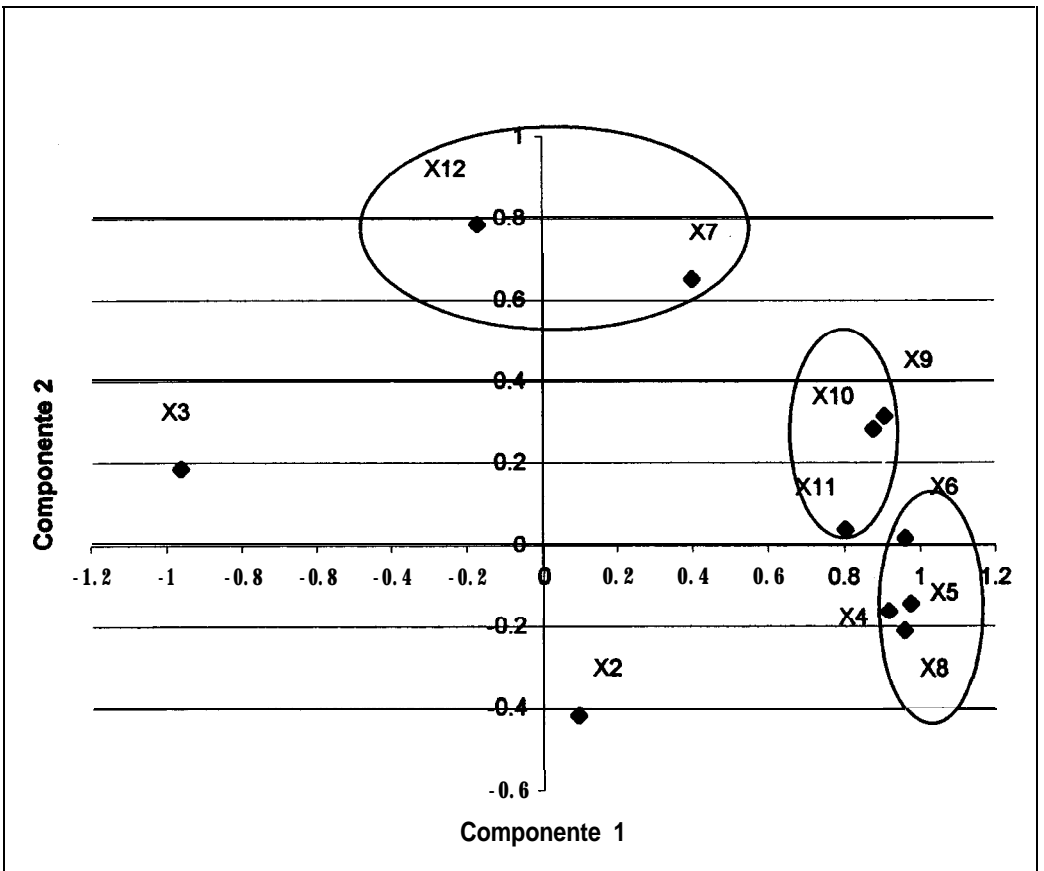


Figura 3.26 Proyección de las variables sobre los ejes vectoriales 1 y 2

Los puntos que caen sobre el eje cartesiano, comprendido por las componente principales **1** y **2**, son las proyecciones de **las** variables que se hallan en una esfera de radio $r = 1$, **Observemosla** con atención para poder analizar su comportamiento.

A estos ejes conformados, se le podrá asignar **algún** nombre específico, que represente alguna característica propia de las variables que se encuentran ubicadas alrededor de **ellos**.

Llamaremos al eje principal (primera componente) “eje **Climático**”, porque, está representada por un grupo de variables que conforman el clima que se desarrolla dentro de esta región, y además, de los diversos grados de infección en los estadio **1**, **2** y **3**, que se presentan, cuando estos factores climáticos propician el desarrollo de la enfermedad.

Las variables Temperatura ambiental y grado de infección **1**, **2** y **3** presentan valores similares en el eje de coordenada **Climático**, y , estas a su vez conformando grupos más **pequeños**, a los que denominaremos **intensidad de la infección**, que se da cuando la temperatura ambiental presenta un valor de 22° C a 28° C.

Agruparemos a las variables que representan las Horas solares, Precipitación **pluvial** y Evaporación bajo **el nombre de factor ambiental**.

Además de las variables que conforman el grupo 3, las cuales son grado de infección 4 y racimos **cortados** por cosecha, como **reducción de la calidad del racimo**.

Y por último aquellas que no encajan en ningún otro grupo y son, hojas en emisión foliar y hojas sin síntoma de **infección**.

El grupo 3 que conforman las variables grado de infección- 4 y racimos cortados por cosecha, muestran valores bajos sobre el eje Climático, y están muy distantes del mismo, debido a que este eje, no posee la suficiente representatividad que deben tener las variables.

Con respecto a la variable, hojas sin infección (X2), esta tiene un comportamiento inverso a **las del** grupos cercanos **al** eje Climático, esto se debe a que los síntomas de la enfermedad crecen y evolucionan cuando se presentan todos los factores inherentes al desarrollo de la infección, en las plantas.

Llamaremos al eje principal 2 representado por el componente principal 2, “**eje de Capacidad fotosintética o de fotosíntesis**”, porque, se encontró una estrecha relación entre las variables Hojas emitidas, Racimos cortados por cosecha y grado de infección en estadio 4, ya que la enfermedad comienza atacando a las hojas, produciendo un rápido deterioro en el área foliar y cuando no se la combate, y se dejan desarrollar las estrías, afectan el crecimiento y productividad de **las plantas**, debido a la disminución de la capacidad fotosintética de las hojas, lo que trae consigo una reducción en la calidad de la fruta y favorece la maduración prematura.

Se puede observar que la variable hoja de emisión foliar (X2) se muestra de manera **contraria** a **las dos variables anteriores**, racimos cortado por cosecha (X12) y grado de infección en estadio 4 (X7), por la sencilla razón, de que mientras más hojas emitidas durante la etapa de crecimiento del racimo y con una buena campaña de fumigación para el control de **la** enfermedad, favorece a la calidad de la fruta y peso aceptable para su comercialización.

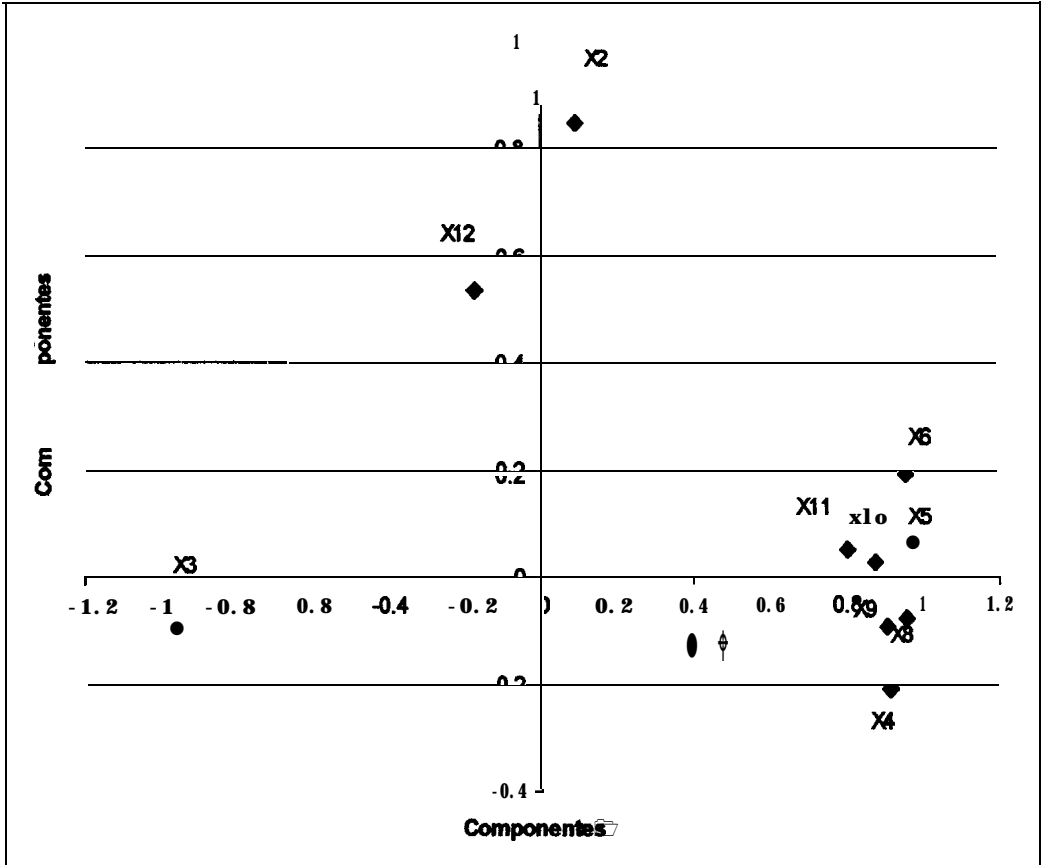


Figura 3.27 Proyección de las variables sobre los ejes vectoriales 1 y 3

La proyección con que aparecen las variables, en los ejes de coordenadas componente principal 3 y componente principal 1, presentan un comportamiento similar a la gráfica anterior, ya que la mayoría de las variables por no decir todas ellas, forman los grupos definidos en la primera parte, indicando que el plano

formado por las componentes principal 1 y 2 no difiere mucho de los valores reales que las variables toman.

Sin embargo existen observaciones que su comportamiento presentado en el recuadro, antes visto no se repiten en el actual, por ejemplo: las variables que conformaron el grupo 3, constituidas por, grado de infección en estadio 4 (X7), racimos cortados por cosecha (X12) y emisión **foliar** de las plantas (X2).

Encontramos a las variables X2 y **X12** más apegadas al eje representado por la componente principal 3, cuando en el plano anterior, estas dos variables se comportaron de manera contraria. Con respecto a la variable X7 se halla más cercana al eje coordinado por la componente **principal 1**, o **llamado eje Climático**, cuando esta **variable** (X7), en **la** gráfica anterior, se identificaba más con el eje de Capacidad fotosintética o de fotosíntesis.

El eje de las ordenadas o llamado también componente principal 3, se denominará "**Calidad del racimo por cosecha**", porque, las dos **variables** más identificadas con este, son las variables nombradas en el párrafo superior, y son: (X12 y X2), podemos

notar también, que la variable hojas sin infección (X3), muestra la misma conducta, siendo muy contraria **a las variables formadas** por los grupos de factores climáticos e intensidad de la **infección**.

Se detalla a **continuación**, el comportamiento de las variables con relación al gráfico de la figura 3.28:

La oposición que muestran las **variables** X2 (hojas en emisión foliar) con respecto a X7 (grado de infección en el estadio **4**), se debe a que durante los períodos de brotes de hojas que emite la planta, durante esos días, no presentan síntomas de tal grado de infección en el estadio 4. Recordemos que la planta presenta este grado de severidad, cuando ella ha sido expuesta con anterioridad a grados de **infección** menos perjudiciales que este, es decir, las hojas pasan por un proceso de infección virulenta, contrayendo en primera instancia, el grado de infección en el estadio 1, para luego con ciertas condiciones, incrementar su severidad hasta llegar a quemar completamente las hojas, y esto se da, al detectarse infecciones de grado en los estadios 5 y 6, que son los más perjudiciales.

Mientras que las variables X_2 y X_{12} , se hallan, tan alejadas mostrando un comportamiento muy contrario una con **otra**, debido, a que en pleno desarrollo de la planta, durante su etapa de crecimiento, el fruto se cosecha a las 15 semanas. Pero una semana antes de que salga la bellota (el primer estado del fruto antes de convertirse en racimo), se emite la **última** hoja de la planta llamada Hoja bandera, desde ese **momento** no se emiten más hojas. Pero se tiene **entendido**, que en **promedio la** planta emite 1 hoja por semana, antes de la hoja bandera, esa es la razón fundamental de tal comportamiento indicado en la gráfica anterior.

Factor Loadings Plot

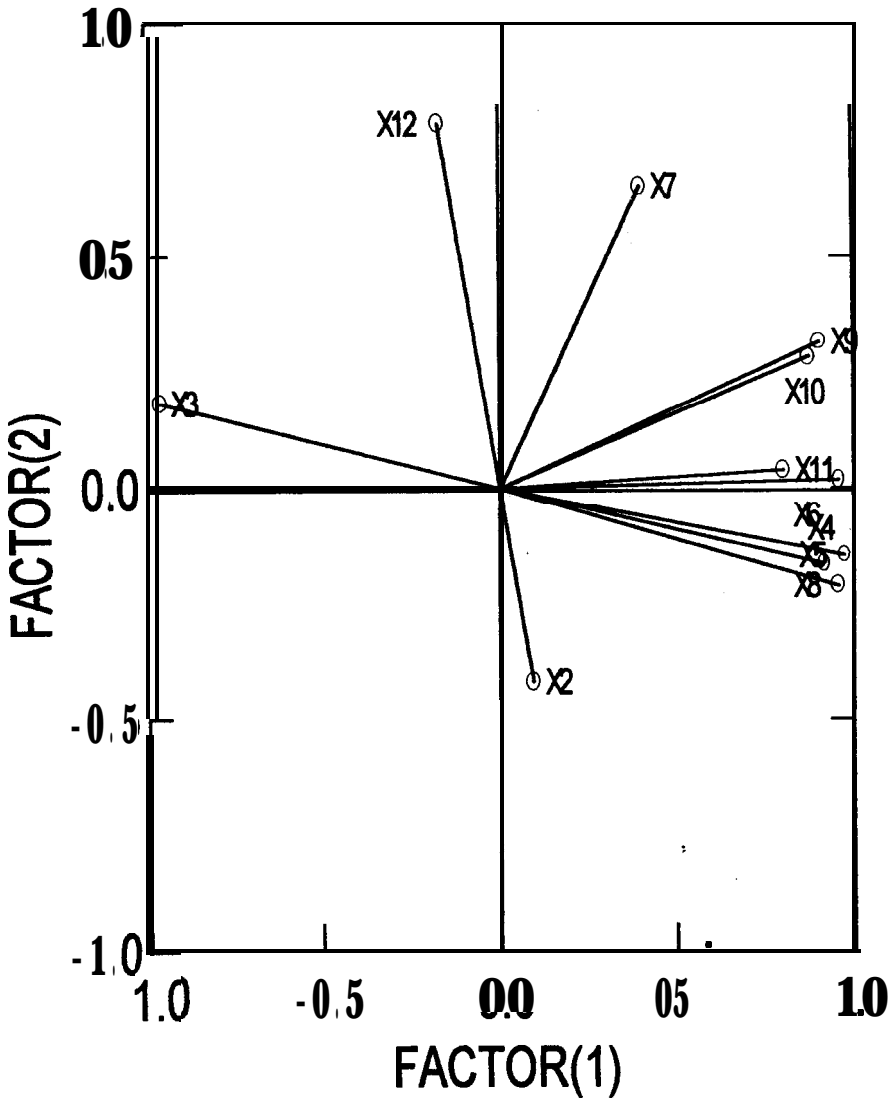


Figura 3.28 Gráfica de las variables sobre los componentes principales 1 y 2

Conclusiones

1. La cantidad promedio de hojas en emisii foliar es de 31.48, es decir las plantas que emiten 31.48 hojas en cada cosecha que se presenta en la Zona (Hacienda. Sta. Ana)
2. Se encontró un valor promedio de 36 hojas en el grado de infección en el estadio **1**, que presenta cada fungicida con el cual se rocía sobre **la** plantación, lo que nos indica, que siempre existir& este tipo de **infección** aunque la combinación de fungicidas o el uso individual de cada uno de ellos en la aplicación de la plantación, se haga con mayor frecuencia.
3. La variable grado de infección en el estadio 2 muestra que su media se situó en 17 hojas, en las cuales se observaron que los productos químicos o fungicidas rociados sobre la plantación no pueden detener el efecto contagioso de la enfermedad, debernos recordar que durante los últimos 3 años la costa ecuatoriana sufrió graves daños a causa del fenómeno del Niño en donde se presentaron las condiciones ideales para la propagación de la enfermedad.

4. En el período de estudio, la zona agrícola de Milagro, mostró claras tendencias de encontrarse entre los 26.2 °C en promedio, según los datos oficiales que la teoría sobre el desarrollo de la Sigatoka negra, que nos indica, la enfermedad evoluciona entre los 22 °C y 28 °C, obviamente nos encontramos en plena etapa de **crecimiento** de la infección

5. La variable Evaporación se ubicó en 20 cal en promedio, esta variable es de mucha importancia ya que nos proporciona información sobre la cantidad de humedad propicia a la germinación de esporas.

6. Al analizar la gráfica que corresponde al plano 1, formado por las componentes principales 1 y 2 (cuyos porcentaje de **explicación** es del 77.27%) tenemos:

- **Componente 1:** Eje climático.
- **Componente 2:** Eje de Capacidad fotosintética.

“**Eje climático**”, pues tiene una estrecha **relación** entre los 2 grupos existentes de variables llamados ambiental e intensidad infecciosa que se desarrollan cuando existen todas las condiciones como temperatura que fluctúan entre los 22 °C y 28 °C, evaporación y precipitación pluvial. Hacen que las estrías contraídas por las hojas evolucionen, causando severos ataques sobre la **superficie** de las mismas.

“Eje Capacidad fotosintética”, reúne todas las variables que produce un deterioro en el área foliar, y afecta el crecimiento y productividad de las plantas, que conlleva a una reducción en la calidad de la fruta, y trae consigo la maduración prematura.

7. Los grupos de variables que interactúan en la zona agrícola de Milagro específicamente (Hacienda. Sta. Ana) muestran ciertas características que las definen:

- **Grupo Ambiental**

- Horas Solar

- Evaporación

- Precipitación pluvial

- **Grupo Intensidad infecciosa**

- Grado en el estadio 1

- Grado en el estadio 2

- Grado en el estadio 3

- Temperatura ambiental

- **Grupo Maduración prematura**

- Grado en el estadio 4

- Racimos cortados

8. El comportamiento mostrado por la variable hojas sin infección foliar con respecto a los grupos intensidad infecciosa y ambiental, grupos cercanos al eje vectorial Climático, es lógico, ya que un bajo contenido de

Recomendaciones

1. Dithane presenta el mejor resultado en cuanto a hojas en grado de infección en estadio 1, porque, este producto en comparación a los demás propone un promedio de hojas infectadas igual a 20, obteniendo un valor p de prueba igual a 0.84, mientras, que los demás presentan un menor control de la enfermedad cuando la plantación se encuentra en este grado de **infección(estadio 1)**.
2. El cóctel formado por los productos Benlate-Dithane es el más perjudicial cuando la plantación presenta grado de infección en estadio 1, porque, supone un valor mayor al promedio de hojas infectadas lo que significa que es perjudicial cuando la plantación se halla en un grado de infección en el estadio 1, como es el caso que la media sea igual a ($\mu = 40$); lo cual no se rechazaría la hipótesis nula H_0 de que el total de hojas en el estadio 1 fuera igual a este valor.

3. Cuando la plantación presenta grado de infección en el estadio 2 no es recomendable utilizar el fungicida con el nombre comercial Tilt, porque, muestra un número elevado de hojas en este grado de infección (estadio 2), y en el cual se observa, el poco control del fungicida para el combate en contra del virus de la Sigatoka negra.

4. El **coctel** formado por los fungicidas Benlate-Dithane y el químico Calixin presenta el mayor número de hojas infectadas en el estadio 2, en base a pruebas de hipótesis estadística utilizadas para la detección del rendimiento del fungicida en el control de la enfermedad, y mostró tener baja acción de combate en contra del hongo de la Sigatoka negra cuando se lo frecuentaba durante este tipo de infección .

5. Los productos Tilt y Benlate, presentan un bajo nivel de combate en contra del hongo infeccioso de la Sigatoka negra cuando esta llega a grados de infección en el estadio 3, porque, si se incrementa el número promedio de hojas infectadas en el estadio 3, existiría la posibilidad de un brote de infección más severa si no se controla la infección a tiempo con otros tipos de fungicida .

6. La construcción de una estación meteorológica, que provea información sobre la dirección del viento, la evaporación y horas solares de la zona o región. Un pluviómetro que se encargue de medir la precipitación pluvial sobre la plantación y por ultimo, termómetros que midan la temperatura máxima como la mínima, se debe medir la

Apéndice



Figura 3.1 Logotipo Grupo Quirola “Hacienda Santa Ana”

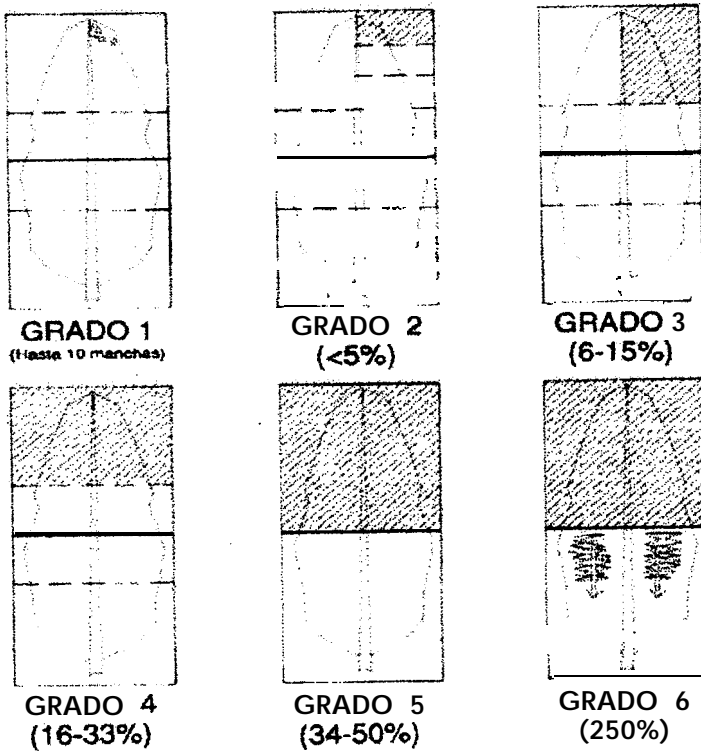
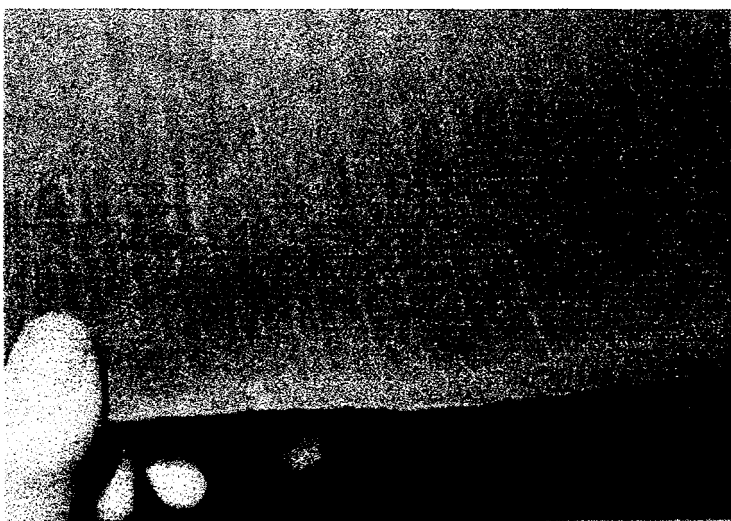


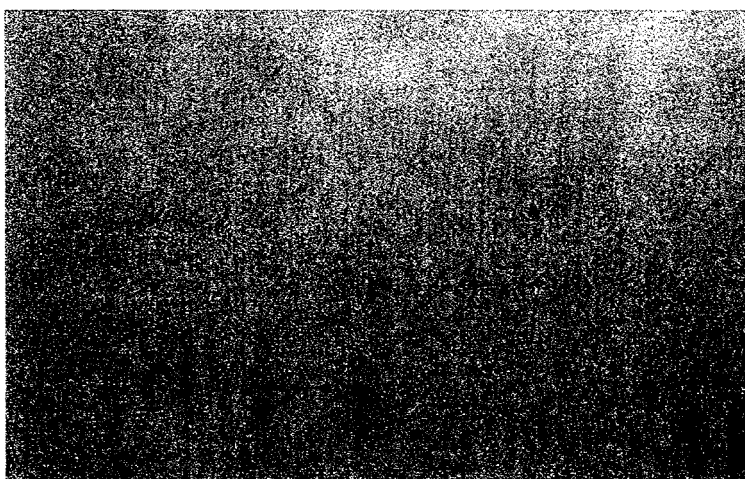
FIGURA 1. Escala de Stover modificada por Gauhi (1989)

Fuente : “Departamento de investigación, corporación bananera nacional”

Figura 3.2 Grados de severidad o de infección por los que pasan las hojas cuando presenta el virus de la Sigatoka Negra



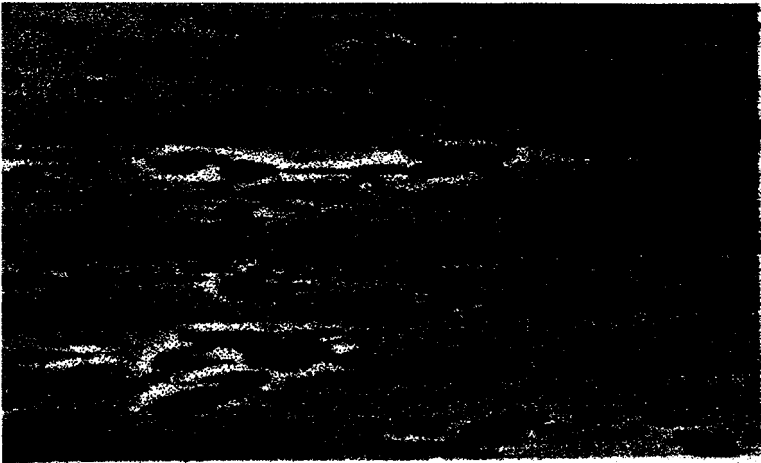
Estadio 2



Estadio 3

Fuente : "Departamento de investigación, corporación bananera nacional"

Figura 3.3 Grado de infección en estadio 3



Estadio 4 y 5

Fuente : "Departamento de investigación, corporación bananera nacional"

Figura 3.4 Grado de infección en estadio 4 y 5



Fuente: "Comité Técnico para el manejo adecuado de fungicidas para el control de la Sigatoka negra en banano y plátano"

Figura 3.5 Plantación Bananera

Bibliografía

1. Abascal E., Grande I., Métodos multivariante para la investigación comercial, (**1era.** Edición, **Ariel**, 1989)
2. Amitava Mitra, Fundamental **Quality** control and **improvement**, (**2da.** Edition, Prentice Hall, 1998)
3. Cronshaw K., Materiales para el control de la Sigatoka negra y Monitoreo para determinar la resistencia, conferencia científica, Quito, Ecuador
4. González F., Historia, Organización y condiciones climáticas de la Sigatoka negra en el Ecuador
5. Guzman Jose, Alternativas modernas en el combate de la Sigatoka negra, 1994
6. Johnson R., Wichem R., Applied Multivariate Statistical Analysis, (**4ta.** Edición, Prentice Hall, 1998).

7. Marín D, Romero R., Departamento de investigación bananera nacional, (Combate de la Sigatoka negra, Boletín No 4, 1991)
8. Navia D., Análisis de los componentes de la producción del Banano, 1998
9. Programa Nacional del Banano, Cultivo de Plátano en Ecuador, 1995
10. Riofrío J., Banano Ecuatoriano perspectivas, (Editado por producciones Agropecuarias, 1997)
11. Salisbury, FB, y **Ross, C.W**, Fisiología **vegetal**, (**Ibero** América, 1994)
12. Ya Lun Chou, Libro de Estadística, (2da. Edición, 1976)
13. Zurita G., Copias Análisis componentes principales, 1997