

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
ÁREA INTEGRADA

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**DIAGNÓSTICO PARA EL PROGRAMA DE VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR  
(*Saccharum officinarum*), CON ÉNFASIS EN EL ESTUDIO EPIDEMIOLÓGICO DE LA  
ENFERMEDAD ROYA NARANJA PRODUCIDA POR *Puccinia kuehnii*, EN LA ZONA  
CAÑERA, REGION SUR-ESTE DE GUATEMALA.**

**MARCO AURELIO HIP VELASQUEZ**

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2009



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
ÁREA INTEGRADA

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**DIAGNÓSTICO PARA EL PROGRAMA DE VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR  
(*Saccharum officinarum*), CON ÉNFASIS EN EL ESTUDIO EPIDEMIOLÓGICO DE LA  
ENFERMEDAD ROYA NARANJA PRODUCIDA POR *Puccinia kuehnii*, EN LA ZONA  
CAÑERA, REGION SUR-ESTE DE GUATEMALA.**

PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE  
AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR  
MARCO AURELIO HIP VELASQUEZ

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO  
INGENIERO AGRÓNOMO EN  
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA  
EN EL GRADO ACADÉMICO DE  
LICENCIADO

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2009



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR  
LIC. CARLOS ESTUARDO GÁLVEZ BARRIOS

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	MSc. Francisco Javier Vásquez Vásquez
VOCAL PRIMERO	Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. Walter Arnoldo Reyes Sanabria
VOCAL TERCERO	MSc. Danilo Ernesto Dardón Ávila
VOCAL CUARTO	P. Forestal Axel Esaú Cuma
VOCAL QUINTO	P. Contador Carlos Alberto Monterroso
SECRETARIO	MSc. Edwin Enrique Cano Morales

Guatemala, Octubre de 2009



Guatemala, octubre de 2009

Honorable Junta Directiva  
Honorable Tribunal Examinador  
Facultad de Agronomía  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de Graduación “Diagnóstico para el programa de variedades de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), con énfasis en el estudio epidemiológico de la enfermedad roya naranja producida por *Puccinia kuehnii* en la zona cañera, region sur-este de Guatemala ”, como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme,

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Marco Aurelio Hip Velásquez





## ACTO QUE DEDICO

**A Dios**, por darme la oportunidad de vivir y por estar a mi lado en los momentos más difíciles; no me cansare de darte Gracias Dios.

**A mi madre**, Paulina de Hip, mujer incansable que me dio la vida, gracias por esos sacrificios inagotables que hoy se transforman en un sueño hecho realidad, esto es por usted y para usted con todo mi amor, Gracias Mamá, la amo.

**A mi padre**, Marco Aurelio Hip Robles, por estar en momentos difíciles en mi vida, y por esos inagotables esfuerzos, sea para usted este un pequeño regalo. Lo quiero mucho.

**A mi hermana**, Lesly Yasim Hip Velásquez (Q.E.P.D), se que estas conmigo.

**A mi esposa**, Beatriz de Hip, por creer en mi y por soportar tantos momentos difíciles a mi lado, sin usted este sueño no se hubiera cumplido y gracias por esos años a mi lado ¡ La amo beita!

**A mi hija**, Emily Marbea Hip López, fuente total de fuerza e inspiración para mi vida, tu nacimiento es el mejor suceso de mi vida.

**A mi tía**, Gabriela Velásquez, por su total e incondicional apoyo en mi carrera.

**A mis tíos**, Gladis Hip y esposo, Roberto Velásquez y esposa especialmente a Immer Hip y esposa gracias por su apoyo cuando más lo necesité.

**A mi primo**, Rene Hip y esposa Elizabeth Méndez y demás familia, por su apoyo hacia mi familia y hacia mi persona. Se los agradezco de corazón.

**A mis suegros**, Rubén López y Teresa de López, gracias por su apoyo incondicional.



**A mis primos,** Carlos Hip y familia, Jorge V. Hip y esposa, Loren V. Hip y esposo, Luis Lima, Karina, Brenda, Sucely Velásquez, Lili Velásquez; Hugo Velásquez y fam.; Gracias por estar conmigo, por el apoyo brindado y por esos sabios consejos que no fueron en vano.

**A mi familia en general,** Tios y primos que de alguna forma u otra, apoyaron para alcanzar este logro.

**A mis amigos,** Dimitri P., Miguel R.(goofey), Victor G.(loncho), Pedro S., Donni O.(payaso), Jorge C.(pira), Victor E.(tigre), Javier(chola), Jose M.(jersey), Regina V., Rigoberto, Jennifer Silva, Marlon C.(marocha), Rafael M.(rafita), Yefrey C., Ana Cristina, Gabriel G.(cometin), Rafael S.(mascarita), Pasaco, Chombo, Manchas, Myname, Turcios Pantaleón, Pablo M.(beshto), Pablo C.(pincel), Manuel (Maza), Luis M.(pollo), Luis P.(seco), Jorge M.(yogi), Byron C.(vieja), David N., Miguel Ramirez, Adolfo S.(fofo), Hugo A.(dr. simio), Felix M.(enano), Manuel G.(pollo), Efraín(bimbo), Omar Lucero, Marvin H., Jose Celis, los muchachos de la estudiantina de Agronomía, Chitio y Cristian de las compus, y a todos los demás que en alguno momento logramos entablar alguna amistad. A todos y a cada uno de ustedes ¡Gracias por su amistad! y por esos inolvidables momentos.



## TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

### **A Dios**

Por darme las fuerzas necesarias para la realización de esta meta.

### **Al Pueblo de Guatemala**

Cansado de tanta injusticia, pero que trabaja incansablemente día tras día por una Guatemala mejor, nuestro compromiso contigo pueblo, es grande. ¡Gracias Guatemala!

### **A la Universidad de San Carlos de Guatemala**

Alma Mater, de la enseñanza superior en nuestro país. Grande entre las grandes.

### **A la Facultad de Agronomía**

Por haberme brindado los conocimientos necesarios para mi formación profesional. Gracias por albergarme en tus alas de sabiduría.

### **A toda mi familia en general**

Y los insto a que olvidemos el pasado y nos unamos como una verdadera familia como era antes.

### **A mis Amigos**

Una pagina de oro para todos ustedes. Le pido a Dios me de la oportunidad de tenerlos siempre de mi lado.



## AGRADECIMIENTOS

### **A Dios**

Porque a pesar de nuestra infidelidad el es siempre fiel. Gracias por esto Dios.

### **A mi madre**

Por esos sacrificios puros que hizo por mi.

### **A la Facultad de Agronomía**

Gracias por sembrar conocimientos en mi vida.

### **Al Ingenio Magdalena**

Por darme la oportunidad de desempeñarme profesionalmente dentro de la empresa. Gracias Diana, Luis Muñoz, Rafael Barrios, Samuel Erazo y muchachos del programa de variedades de caña de azúcar del Ingenio Magdalena.

### **A mi Asesor**

Dr. David Monterroso Salvatierra, con el aporte de su sabiduría y conocimientos.

### **A Ing. Adalberto Rodríguez**

Gracias por su asesoría profesional y por la colaboración en este documento.

### **Al Programa de becas de la USAC**

Sin ellos no se hubiera logrado nada de esto.

### **A Ing. Edgar Solares**

Por darme la oportunidad de estar en Ingenio Magdalena, con sus conocimientos logramos realizar este documento. Gracias por creer en mí.

**A los Ingenieros:** Francisco Vásquez, Waldemar Nufio, Walter Reyes, Amilcar Sánchez; Gracias por su apoyo y amistad.





## ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PAGINA
<b>CAPITULO I      DIAGNÓSTICO .....</b>	<b>1</b>
<b>1.    PRESENTACIÓN.....</b>	<b>3</b>
<b>2.    MARCO REFERENCIAL .....</b>	<b>4</b>
2.1 LOCALIZACIÓN DEL LUGAR.....	4
<b>3.    OBJETIVOS.....</b>	<b>4</b>
3.1 GENERAL.....	4
3.2 ESPECÍFICOS.....	5
<b>4.    METODOLOGÍA.....</b>	<b>5</b>
4.1 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN PRIMARIA .....	5
4.2 RECONOCIMIENTO DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	5
4.3 VISITA Y ENTREVISTAS A OTRAS ENTIDADES .....	6
4.4 ANÁLISIS FODA DEL LABORATORIO DE CAÑA DE AZÚCAR.....	6
4.5 ALTERNATIVAS ESTRATEGICAS.....	6
<b>5.    RESULTADOS .....</b>	<b>6</b>
5.1 INGENIO MAGDALENA .....	6
5.1.1 MISION Y VISION .....	6
5.1.2 TIPO DE SUELO .....	7
5.1.3 COSECHA Y PRODUCCIÓN.....	7
5.1.4 PORCENTAJE DE ÁREA CULTIVADA POR VARIEDAD .....	8
5.2 DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA.....	8
5.2.1 PROGRAMA DE VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR.....	9
5.2.1.1 El proceso de selección de variedades.....	9
5.2.1.2 Análisis FODA del programa de variedades .....	12
5.2.1.3 Alternativas de estrategias.....	13
5.2.1.4 Problemas encontrados .....	15
5.2.1.5 Árbol de problemas.....	16
5.2.1.6 Matriz de priorización de problemas .....	17
<b>6.    CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>18</b>
<b>7.    BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>20</b>

<b>CONTENIDO</b>	<b>PAGINA</b>
<b>CAPITULO II INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>21</b>
<b>1. PRESENTACIÓN .....</b>	<b>23</b>
<b>2. PLANTEAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA .....</b>	<b>24</b>
<b>3. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>25</b>
3.1 MARCO CONCEPTUAL.....	25
3.1.1 CULTIVO DE CAÑA DE AZUCAR.....	25
3.1.1.1 Origen.....	25
3.1.1.2 Clasificación taxonómica .....	25
3.1.1.3 Generalidades del cultivo .....	26
3.1.2 ROYA NARANJA .....	29
3.1.2.1 Clasificación taxonómica .....	29
3.1.2.2 Morfología .....	29
3.1.2.3 Rango de Hospederos.....	30
3.1.2.4 Hábitat .....	30
3.1.2.5 Distribución.....	30
3.1.2.6 Transmisión .....	31
3.1.2.7 Síntomas .....	31
3.1.2.8 Control.....	31
3.1.3 RESISTENCIA VERTICAL Y HORIZONTAL .....	32
3.1.4 INCIDENCIA Y SEVERIDAD .....	33
3.1.4.1 Método para crecimiento de epidemias.....	33
3.2 MARCO REFERENCIAL .....	34
3.2.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA .....	34
3.2.1.1 Localización de lugar.....	34
3.2.1.2 Características del lugar.....	34
3.2.2 IMPORTANCIA ECONOMICA DEL CULTIVO.....	34
3.2.3 CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL .....	35
3.2.3.1 Variedades de caña de azúcar .....	35
<b>4. OBJETIVOS .....</b>	<b>36</b>
4.1 GENERAL .....	36
4.2 ESPECIFICOS.....	36
<b>5. HIPOTESIS.....</b>	<b>36</b>
<b>6. METODOLOGÍA.....</b>	<b>37</b>
6.1 UBICACIÓN DEL ÁREA .....	37
6.2 MATERIAL EXPERIMENTAL .....	37

<b>CONTENIDO</b>	<b>PAGINA</b>
6.3 MANEJO DEL EXPERIMENTO .....	37
6.3.1 PREPARACIÓN DEL TERRENO .....	37
6.3.2 INTERVALO DE APLICACIÓN DEL FUNGICIDA .....	38
6.3.3 FRECUENCIA DEL MUESTREO DE LA ENFERMEDAD .....	38
6.3.4 VARIEDAD ESPARCIDORA .....	39
6.3.5 DESCRIPCIÓN DEL AREA EXPERIMENTAL .....	39
6.3.6 DISEÑO DEL EXPERIMENTO .....	39
6.3.6.1 Descripción de los tratamientos .....	39
6.3.6.2 Modelo Estadístico .....	40
6.3.7 VARIABLES DE RESPUESTA .....	40
6.3.7.1 Producción .....	40
6.3.7.2 Rendimiento de azúcar .....	40
6.3.7.3 Etapa inicial de la enfermedad .....	41
6.3.7.4 Severidad de la enfermedad .....	42
6.3.7.5 Incidencia .....	42
6.3.7.6 Tasa de crecimiento .....	42
6.3.7.7 Variables de respuesta complementaria .....	43
6.4 ANÁLISIS DE LA INFORMACION .....	43
<b>7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>44</b>
7.1 ETAPA INICIAL DE LA ENFERMEDAD .....	44
7.2 ÍNDICE DE SEVERIDAD .....	45
7.2.1 TASA DE CRECIMIENTO .....	48
7.3 ÍNDICE DE INCIDENCIA .....	53
7.3.1 Variedad CP 72-2086 .....	54
7.3.2 Variedad SP 79-2233 .....	54
7.3.3 Variedad CG 96-135 .....	55
7.3.4 Variedad PR 75-2002 .....	55
7.3.5 Variedad CP 88-1508 .....	56
7.4 PRODUCCIÓN .....	57
7.5 RENDIMIENTO .....	60
7.6 VARIABLES COMPLEMENTARIAS .....	63
<b>8. CONCLUSIONES .....</b>	<b>64</b>
<b>9. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>65</b>
<b>10. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>66</b>
<b>11. ANEXOS .....</b>	<b>68</b>

<b>CONTENIDO</b>	<b>PAGINA</b>
<b>CAPITULO III      SERVICIO REALIZADO.....</b>	<b>87</b>
<b>1.    PRESENTACIÓN .....</b>	<b>89</b>
<b>2.    MARCO TEORICO .....</b>	<b>90</b>
2.1 MARCO CONCEPTUAL.....	90
2.1.2 ROYA NARANJA .....	90
2.1.2.1 Clasificación Taxonómica.....	91
2.1.3 SEVERIDAD .....	91
2.1.4 EL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZUCAR .....	91
2.1.4.1 Importancia Económica del Cultivo .....	92
2.2 MARCO REFERENCIAL .....	92
2.2.1 DESCRIPCIÓN DEL AREA .....	92
2.2.1.1 Características del lugar.....	93
2.2.1.2 Variedades de caña de azúcar.....	93
<b>3.    OBJETIVOS .....</b>	<b>94</b>
3.1 GENERAL .....	94
3.2 ESPECÍFICOS.....	94
<b>4.    METODOLOGÍA.....</b>	<b>95</b>
4.1 UBICACIÓN DEL ÁREA .....	95
4.2 MANEJO DE LA ACTIVIDAD .....	95
4.2.1 FRECUENCIA DEL MONITOREO.....	95
4.2.2 POSICIÓN ALTITUDINAL DE LOS MONITOREOS .....	95
4.2.3 METODOLOGIA PARA LA EVALUACIÓN .....	95
<b>5.    RESULTADOS .....</b>	<b>97</b>
5.1 COMPARACIÓN ENTRE VARIEDADES CP 72-2086 Y SP 79-2233 EN .....	97
ESTRATO LITORAL.....	97
5.1.1 COMPARACIÓN SEVERIDAD EN EL TIEMPO .....	97
5.1.2 COMPARACIÓN TASA DE INCREMENTO (r) .....	98
5.2 COMPORTAMIENTO VARIEDAD CP 72-2086.....	99
5.3 ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO VARIEDAD CP 72-2086.....	100
5.3.1 ESTRATO LITORAL (0-40 msnm).....	100
5.3.1.1 Finca Nueva Esperanza .....	100
5.3.1.2 Finca San Fernando .....	102
5.3.1.3 Finca Santa Maria .....	104
5.3.1.4 Finca Margaritas.....	106

<b>CONTENIDO</b>	<b>PAGINA</b>
5.3.1.5 Finca Luceros .....	108
5.3.1.6 Finca Santa Irene .....	110
5.3.1.7 Finca Rosario.....	112
5.3.1.8 Finca Horizonte Estrada .....	113
5.3.2 ESTRATO BAJO (40-100msnm).....	115
5.3.2.1 Finca San Patricio.....	115
5.3.3 ESTRATO MEDIO (100-300 msnm) .....	117
5.3.3.1 Finca Velasquez .....	117
5.3.3.2 Finca Ilusiones Gonzales.....	118
5.3.4 ESTRATO ALTO (300 en adelante msnm) .....	120
5.3.4.1 Finca Socorro .....	120
5.4 ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LA ENFERMEDAD .....	122
5.4.1 VARIEDAD CG 96-59 .....	122
5.4.2 VARIEDAD CP 88-1508.....	123
5.4.3 VARIEDAD SP 79-2233 .....	124
5.4.4 VARIEDAD CP 72-1210.....	127
5.5 VARIEDADES CON MÍNIMA O NO PRESENCIA DE LA ENFERMEDAD.....	128
<b>6. CONCLUSIONES .....</b>	<b>129</b>
<b>7. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>129</b>
<b>8. EVALUACIÓN CRÍTICA DEL SERVICIO.....</b>	<b>130</b>
<b>9. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>132</b>
<b>10. ANEXOS .....</b>	<b>133</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>CONTENIDO</b>	<b>PAGINA</b>
Figura 1-1. Mapa de referencia del sitio del lugar .....	4
Figura 1-2. Chorra de caña de azúcar cortada manualmente.....	7
Figura 1-3. Porcentaje de área cultivada por variedad de caña de azúcar .....	8
Figura 1-4. Características para selección en variedades promisorias.....	10
Figura 1-5. Proceso de observación de grados brix en caña de azúcar. ....	11
Figura 1-6. Árbol de problemas.....	17
Figura 2-1. Gráfica de porcentaje de área cultivada por variedad. ....	28
Figura 2-2. Gráfica de fluctuación de la severidad de la roya naranja. ....	47
Figura 2-3. Comparación severidad de la roya naranja vrs pp.....	48
Figura 2-4. Gráfica de tasa de crecimiento mensual de la roya naranja. ....	50
Figura 2-5. Gráfica de tasa de crecimiento promedio de la roya naranja.....	51
Figura 2-6. Gráfica de crecimiento de la enfermedad roya naranja. ....	52
Figura 2-7. Gráfica de crecimiento de enfermedad roya naranja .....	53
Figura 2-8. Croquis de la evolución de la enfermedad en variedad CP 72-2086. ....	54
Figura 2-9. Croquis de la evolución de la enfermedad en variedad SP 79-2233. ....	54
Figura 2-10. Croquis de la evolución de la enfermedad en variedad CG 96-135.....	55
Figura 2-11. Croquis de la evolución de la enfermedad en variedad PR 75-2002. ....	55
Figura 2-12. Croquis de la evolución de la enfermedad en variedad CP 88-1508. ....	56
Figura 2-13. Gráfica de la incidencia de la enfermedad roya naranja.....	57
Figura 2-14. Gráfica de relación entre producción de caña .....	60
Figura 2-15. Gráfica de relación entre rendimiento de azúcar. ....	62
Figura 2-16a. Croquis de la Investigación.....	69

<b>CONTENIDO</b>	<b>PAGINA</b>
Figura 2-17a. Plantas seleccionadas al azar en las unidades experimentales.....	70
Figura 2-18a. Escala de severidad de Roya Naranja .....	70
Figura 2-19a. Puntos en cm <sup>2</sup> de la toma de datos.....	71
Figura 2-20a. Gráfica de correlación entre número de pústulas y diámetro .....	72
Figura 2-21a. Gráfica de correlación entre número de pústulas y grados Brix.....	72
Figura 2-22a. Gráfica de correlación entre número de pústulas y diámetro. ....	73
Figura 2-23a. Gráfica de correlación entre número de pústulas y grados brix. ....	74
Figura 2-24a. Gráfica de correlación entre número de pústulas y diámetro.....	74
Figura 2-25a. Gráfica de correlación entre número de pústulas y grados brix. ....	75
Figura 2-26a. Gráfica de correlación entre número de pústulas y diámetro.....	76
Figura 2-27a. Gráfica de correlación entre número de pústulas y grados brix. ....	76
Figura 2-28a. Gráfica de correlación entre número de pústulas y diámetro.....	77
Figura 2-29a. Gráfica de correlación entre número de pústulas y grados brix. ....	78
Figura 2-30a. Mapa de localización finca Santa Luisa II. ....	79
Figura 2-31a. Imágen de síndrome de la roya naranja, variedad CP 72-2086.....	82
Figura 2-32a. Imágen de acercamiento del síndrome de la roya naranja .....	82
Figura 2-33a. Imágen de uredosporas del hongo causante de la enfermedad .....	83
Figura 2-34a. Uredospora del hongo causante de la roya naranja.....	83
Figura 2-35a. Imágen de síndrome de la enfermedad roya naranja.....	84
Figura 2-36a. Imágen de síndrome de la enfermedad roya naranja.....	84
Figura 2-37a. Imágen de síndrome de la roya naranja.....	85
Figura 3-1. Escala de Roya Naranja .....	96
Figura 3-2. Gráfica de comparación CP 72-2086 y SP 79-2233 .....	97

<b>CONTENIDO</b>	<b>PAGINA</b>
Figura 3-3. Gráfica comparación CP 72-2086 y SP 79-2233.....	98
Figura 3-4. Gráfica de comparación por estratos altitudinales .....	100
Figura 3-5. Gráfica de comparación severidad-pp, Nueva Esperanza.....	101
Figura 3-6. Gráfica de tasa de incremento, finca Nueva Esperanza.....	102
Figura 3-7. Gráfica de comparación severidad-pp, finca San Fernando. ....	103
Figura 3-8. Gráfica de tasa de incremento, finca San Fernando.....	103
Figura 3-9. Gráfica de comparación severidad-pp, finca Santa María .....	105
Figura 3-10. Tasa de Incremento de enfermedad finca Santa María.....	105
Figura 3-11. Gráfica de comparación severidad-pp, finca Margaritas.....	107
Figura 3-12. Gráfica de tasa de incremento, finca Margaritas .....	107
Figura 3-13. Gráfica de comparación severidad-pp, finca Luceros.....	109
Figura 3-14. Gráfica de tasa de Incremento, finca Luceros .....	109
Figura 3-15. Gráfica de comportamiento de severidad en el tiempo.....	111
Figura 3-16. Gráfica de tasa de incremento, finca Santa Irene.....	111
Figura 3-17. Gráfica de comparación severidad-pp, finca Rosario .....	112
Figura 3-18. Gráfica de tasa de incremento, finca Rosario .....	113
Figura 3-19. Gráfica de comparación severidad-pp, finca Hte.Estrada.....	114
Figura 3-20. Gráfica de tasa de incremento, finca Hte. Estrada .....	114
Figura 3-21. Gráfica de comparación severidad-pp, finca San Patricio. ....	116
Figura 3-22. Gráfica de tasa de incremento, finca San Patricio. ....	116
Figura 3-23. Gráfica de comparación severidad-pp, finca Velásquez.....	117
Figura 3-24. Gráfica de tasa de incremento, finca Velásquez.....	118
Figura 3-25. Gráfica de comportamiento, finca I. Gonzáles .....	119



<b>CONTENIDO</b>	<b>PAGINA</b>
Figura 3-26. Gráfica de tasa de incremento de enfermedad finca I. Gonzáles.....	119
Figura 3-27. Gráfica de comparación severidad-precipitación finca Socorro. ....	121
Figura 3-28. Gráfica de tasa de incremento de enfermedad finca Socorro .....	121
Figura 3-29. Gráfica de comparación severidad-pp, variedad CG 96-59 .....	122
Figura 3-30. Gráfica de comparación severidad-pp, finca Velásquez .....	123
Figura 3-31. Gráfica de comparación severidad-pp, finca Velásquez .....	124
Figura 3-32. Gráfica de comparación severidad-pp, finca Santa Luisa II .....	125
Figura 3-33. Gráfica de comportamiento de la enfermedad .....	126
Figura 3-34. Gráfica de comparación severidad-pp, finca San Patricio.....	127

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>CONTENIDO</b>	<b>PAGINA</b>
Cuadro 1-1. Lista plana FODA del programa de variedades de caña .....	12
Cuadro 1-2. Matriz FODA para estrategias para la solución de problemas .....	14
Cuadro 1-3. Principales problemas detectados, programa de variedades. ....	16
Cuadro 1-4. Matriz de priorización de problemas.....	18
Cuadro 2-1. Taxonomía de la caña de azúcar .....	25
Cuadro 2-2. Clasificación taxonómica de <i>Puccinia kuehnii</i> . ....	29
Cuadro 2-3. Ingresos de divisas por exportación de azúcar .....	35
Cuadro 2-4. Descripción de las variedades evaluadas .....	39
Cuadro 2-5. Aparición de primeros signos de la enfermedad.....	45
Cuadro 2-6. Tabla de severidad promedio/mes y tasa de crecimiento.....	49

<b>CONTENIDO</b>	<b>PAGINA</b>
Cuadro 2-7. Análisis de varianza realizado para producción de caña. ....	<b>58</b>
Cuadro 2-8. Prueba de medias para la variable producción. ....	<b>58</b>
Cuadro 2-9. Prueba de medias para la variable producción .....	<b>59</b>
Cuadro 2-10. Análisis de varianza realizado para rendimiento. ....	<b>61</b>
Cuadro 2-11. Prueba de medias para la variable Rendimiento de azúcar .....	<b>61</b>
Cuadro 2-12a. Evolución de la agroindustria azucarera en Guatemala .....	<b>68</b>
Cuadro 2-13a. Azúcar exportada del país a su destino. ....	<b>68</b>
Cuadro 2-14a. Hoja de archivo para toma de datos de Severidad e Incidencia .....	<b>71</b>
Cuadro 2-15a. Análisis de Regresión para número de pústulas y diametro .....	<b>71</b>
Cuadro 2-16a. Análisis de Regresión para número de pústulas y grados brix.....	<b>72</b>
Cuadro 2-17a. Análisis de Regresión para número de pústulas y diámetro .....	<b>73</b>
Cuadro 2-18a. Análisis de Regresión para número de pústulas y grados brix.....	<b>73</b>
Cuadro 2-19a. Análisis de Regresión para número de pústulas y diámetro .....	<b>74</b>
Cuadro 2-20a. Análisis de Regresión para número de pústulas y grados brix.....	<b>75</b>
Cuadro 2-21a. Análisis de Regresión para número de pústulas y diámetro .....	<b>75</b>
Cuadro 2-22a. Análisis de Regresión para número de pústulas y grados brix.....	<b>76</b>
Cuadro 2-23a. Análisis de Regresión para número de pústulas y diámetro .....	<b>77</b>
Cuadro 2-24a. Análisis de Regresión para número de pústulas y grados brix.....	<b>77</b>
Cuadro 3-1. Clasificación taxonómica de Puccinia kuenhii .....	<b>91</b>
Cuadro 3-2. Ubicación y características principales de las fincas.....	<b>93</b>
Cuadro 3-3. Fincas y variedades monitoreadas en Ingenio Magdalena. ....	<b>96</b>
Cuadro 3-4. Datos recopilados, variedades SP 79-2233 y CP 72-2086. ....	<b>97</b>
Cuadro 3-5. Datos recopilados, variedad CP 72-2086, finca Nva Esperanza.....	<b>100</b>

<b>CONTENIDO</b>	<b>PAGINA</b>
Cuadro 3-6. Datos recopilados, variedad CP 72-2086, finca San Fernando .....	<b>102</b>
Cuadro 3-7. Datos recopilados, variedad CP 72-2086, finca Santa María .....	<b>104</b>
Cuadro 3-8. Datos recopilados, variedad CP 72-2086, finca Margaritas.....	<b>106</b>
Cuadro 3-9. Datos recopilados, variedad CP 72-2086, finca Luceros.....	<b>108</b>
Cuadro 3-10. Recopilación de datos, variedad CP 72-2086, finca Sta Irene. ....	<b>110</b>
Cuadro 3-11. Recopilación de datos, variedad CP 72-2086, finca Rosario.....	<b>112</b>
Cuadro 3-12. Recopilación de datos, variedad CP 72-2086, finca Hte. Estrada. ....	<b>113</b>
Cuadro 3-13. Recopilación de datos, variedad CP 72-2086, finca San Patricio.....	<b>115</b>
Cuadro 3-14. Recopilación de datos, variedad CP 72-2086, finca Velásquez. ....	<b>117</b>
Cuadro 3-15. Recopilación de datos, variedad CP 72-2086, finca I. Gonzáles. ....	<b>118</b>
Cuadro 3-16. Recopilación de datos, variedad CP 72-2086, finca Socorro. ....	<b>120</b>
Cuadro 3-17. Diagnostico final de variedades restantes. ....	<b>128</b>
Cuadro 3-18a. Boleta de registro de severidad de roya naranja. ....	<b>133</b>

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**  
**DIAGNÓSTICO PARA EL PROGRAMA DE VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR**  
**(*Saccharum officinarum*), CON ÉNFASIS EN EL ESTUDIO EPIDEMIOLÓGICO DE LA**  
**ENFERMEDAD ROYA NARANJA PRODUCIDA POR *Puccinia kuehnii*, EN LA ZONA**  
**CAÑERA, REGION SUR-ESTE DE GUATEMALA**

**RESUMEN**

La agroindustria azucarera ha incrementado considerablemente su importancia a nivel nacional en la última década, prueba de ello es el alto porcentaje de empleos que esta industria genera en el país. Gran parte de su éxito se debe a las altas inversiones que el gremio azucarero realiza en investigaciones de cualquier índole relacionadas con el cultivo de la caña de azúcar.

El presente informe es el resultado de dicha importancia que la agroindustria azucarera presta a la investigación agrícola en nuestro país, además es el producto del programa de ejercicio profesional supervisado de EPSA ejecutado en el período comprendido de febrero 2008 a noviembre 2008 en Ingenio Magdalena.

Es un documento integrado por tres capítulos, en el cual se describen las actividades realizadas para el diagnóstico como primer capítulo, realizado en el programa de variedades del departamento de investigación agrícola del ingenio Magdalena, en el segundo capítulo se presenta una investigación titulada: "Estudio epidemiológico de la enfermedad roya naranja producida por el hongo *Puccinia kuehnii* y, evaluación de su efecto sobre la producción y el rendimiento de siete variedades comerciales de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). Y como tercer capítulo se presenta un informe sobre el servicio realizado para el programa de variedades de caña de azúcar.

En el diagnóstico realizado para el programa de variedades de caña de azúcar del departamento de investigación agrícola del Ingenio Magdalena, se realizó un análisis FODA para detectar con mayor exactitud los problemas existentes en el programa; puesto

que dicho análisis plasmó en su resultado las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas que se encuentran en dicho programa; en relación a este análisis, se logró determinar los problemas de mayor importancia, con los cuales se realizó un árbol de problemas para determinar claramente las causas y efectos; luego se llevo a cabo una priorización de los mismos, tomando en cuenta las dimensiones económico y ambiental, las cuales son de importancia para la empresa.

En el segundo capítulo se presenta una investigación realizada en finca Santa Luisa II del Ingenio Magdalena, ubicada en el municipio de Masagua, departamento de Escuintla, Guatemala; en donde se realizó un estudio epidemiológico de la enfermedad roya naranja producida por el hongo *Puccinia kuehnii* y también se evaluó el efecto que este puede tener sobre la producción y el rendimiento de las variedades de caña de azúcar CP 72-2086, CP 88-1508, SP 79-2233, CG 96-135, PR 75-2002, CP 88-1165 y CP 89-2143, que en la actualidad poseen un papel importante para la producción azucarera en el país.

De dicha investigación se obtuvieron resultados no tan alentadores para la empresa; puesto que la roya naranja se presentó en cinco de las siete variedades evaluadas, estas fueron las variedades: SP 79-2233, CP 72-2086, CP 88-1508, CG 96-135 y PR 75-2002; observándose los mayores porcentajes de severidad de la enfermedad en la variedad SP 79-2233; las restantes dos variedades, CP 89-2143 y CP 88-1165, mostraron ser variedades resistentes a la roya naranja. La enfermedad apareció en las cinco variedades afectadas en los primeros cuarenta y cuatro días después de la siembra. En cuanto a la producción de caña de azúcar la presencia del patógeno afectó significativamente a las variedades: CP 88-1508, SP 79-2233 y CG 96-135; mientras que en cuanto al rendimiento de azúcar, ninguna variedad fue afectada significativamente.

En el tercer capítulo se describen los resultados obtenidos en el servicio realizado para el programa de variedades de caña de azúcar; en donde se llevo a cabo un monitoreo de la enfermedad roya naranja en variedades importantes de caña de azúcar. Dicho monitoreo se efectuó con el objetivo de conocer el comportamiento de la enfermedad en las variedades que se utilizan actualmente en el medio cañero nacional; este se realizó en 19 fincas ubicadas en los 4 estratos altitudinales reconocidos en ese momento.



## **CAPITULO I**

**DIAGNÓSTICO DEL PROGRAMA DE VARIEDADES DE CAÑA DE  
AZÚCAR, DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN AGRICOLA, INGENIO  
MAGDALENA, LA DEMOCRACIA, ESCUINTLA**





## **1. PRESENTACIÓN**

La importancia que en los últimos años ha tomado el cultivo de la caña de azúcar en el país, ha sido de una manera exponencial. Dicho cultivo dentro del contexto nacional constituye un factor importante en la economía del país, puesto que es generador de grandes cantidades de empleo y aporta también un gran porcentaje de divisas al sector agrícola para que este se encuentre posicionado como segundo sector económico generador de divisas en el país (Banguat).

Ingenio Magdalena es una empresa agroindustrial dedicada a la producción de azúcar como producto base; establecida a 100 Km. al sur de Guatemala en el municipio de la Democracia, departamento de Escuintla; cuenta con 47,007 hectáreas para la producción de caña de azúcar. Es una empresa que cuenta con una amplia diversificación de productos y subproductos del cultivo de la caña de azúcar, que permiten al Ingenio Magdalena mantenerse entre los ingenios líderes a nivel nacional.

El Departamento de Investigación agrícola es un departamento esencial en el Ingenio Magdalena; cuenta con diferentes programas de investigación; entre ellos el programa de variedades de caña de azúcar, el cual tiene a su cargo mantener a disposición del ingenio variedades de caña que han sido evaluadas previamente por el programa, otro de sus mayores objetivos es de conservar en óptimas condiciones las variedades comerciales actuales.

El presente diagnóstico se realizó en el programa de variedades de caña de azúcar del departamento de investigación agrícola con el cual se priorizaron los problemas detectados actualmente en el programa, y así se identificaron los problemas de urgencia para tratar de resolver.

## 2. MARCO REFERENCIAL

### 2.1 LOCALIZACIÓN DEL LUGAR

Ingenio Magdalena se encuentra ubicado en Guatemala departamento de Escuintla, municipio de La Democracia. En la región geográfica de a llanura costera del pacifico. A una altitud de 165 metros sobre el nivel del mar. Con un clima calido. Con temperatura media anual de 30 grados centígrados. Y con una precipitación media anual de 600 mm. Ingenio Magdalena se encuentra a 100 kilómetros al sur de la ciudad, carretera a Sipacate, Escuintla.

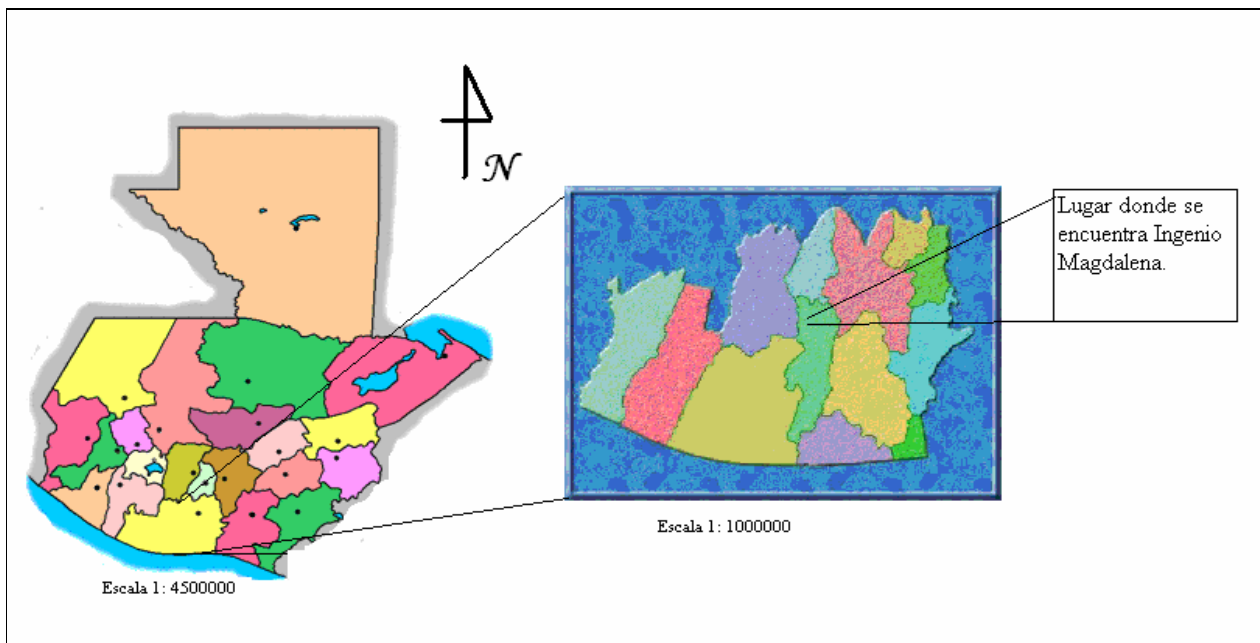


Figura 1-1. Mapa de referencia del sitio donde se encuentra Ingenio Magdalena

Fuente: Inforpressca 2008. La Democracia, Escuintla.

## 3. OBJETIVOS

### 3.1 GENERAL

Conocer la situación actual del programa de variedades del departamento de investigación agrícola del Ingenio Magdalena.

### **3.2 ESPECIFICOS**

Identificar los principales problemas en el programa de variedades del departamento de Investigación del Ingenio Magdalena.

Identificar las Causas y Efectos de la Problemática, en el Programa de variedades del Ingenio Magdalena.

Jerarquizar los principales problemas que existan en el Programa de variedades del Ingenio Magdalena.

## **4. METODOLOGÍA**

### **4.1 RECOLECCION DE INFORMACIÓN PRIMARIA**

Se mantuvieron pláticas constantes con el encargado del departamento de investigación agrícola del Ingenio Magdalena, sobre la situación actual de dicho departamento.

Se realizaron entrevistas personales a los encargados del programa de variedades de caña de azúcar, sobre el pasado, presente y hacia donde se dirige dicho programa; con la finalidad de conocer a fondo los objetivos del mismo.

Se contó con la facilidad de utilizar la computadora del departamento que contiene información veraz y actual sobre las actividades realizadas en el programa de variedades de caña de azúcar.

### **4.2 RECONOCIMIENTO DEL ÁREA DE ESTUDIO**

Se realizaron visitas constantes con el encargado del programa de variedades de caña de azúcar, a finca El Retazo y finca Santa Elisa (las de mayor importancia para el programa), con una frecuencia de visita de tres veces por semana.

Se realizaron observaciones directas en el área de estudio en la cual se obtuvieron las primeras impresiones del trabajo realizado por el programa de variedades.

#### **4.3 VISITA Y ENTREVISTAS A OTRAS ENTIDADES**

Se tuvo la oportunidad de entrevistar a encargados de otros departamentos de investigación de otras empresas azucareras, para determinar en donde está posicionado en la actualidad el departamento de investigación agrícola del Ingenio Magdalena y en consecuencia el programa de variedades del mismo, en relación a los demás Ingenios.

#### **4.4 ANÁLISIS FODA DEL LABORATORIO DE CAÑA DE AZÚCAR**

Se realizó un análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas del programa de variedades de caña de azúcar del departamento de investigación agrícola del Ingenio Magdalena (Koontz, Weihrich, Cannice. 2008)

#### **4.5 ALTERNATIVAS ESTRATEGICAS PARA SOLUCION DE PROBLEMAS**

Conjuntamente con el análisis FODA se realizó un análisis de alternativas estratégicas para solucionar problemas. Se realizó una matriz con los componentes del análisis FODA.

### **5. RESULTADOS**

#### **5.1 INGENIO MAGDALENA**

Ingenio Magdalena es una entidad la cual se dedica a la explotación del cultivo de la caña de azúcar obteniendo como producto el azúcar, y como subproductos del proceso de fabricación de la misma, alcoholes, bagazo hidrolizado, bio-diesel, melaza y vinaza y otros, los cuales de alguna forma u otra han ido asociando, tales como la ganadería y la energía eléctrica.

##### **5.1.1 MISION Y VISION**

Misión: Somos una empresa agroindustrial líder, que a través de la eficiencia, rentabilidad, crecimiento, diversificación de nuestras actividades y creación de fuentes de trabajo, satisfacemos las necesidades de nuestros clientes con productos de calidad.

Visión: Ser un grupo agroindustrial que se distinga por su mejora continua que por medio de la innovación y diversificación de productos garantice crecimiento y rentabilidad sostenibles para sus accionistas y colaboradores, a través del desarrollo de nuestro personal y tecnología, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

### 5.1.2 TIPO DE SUELO

Los tipos de suelo (en cuanto a orden) que se encuentran en la gran mayoría de las fincas pertenecientes al Ingenio Magdalena son del orden molisoles, habiendo también en menor proporción andisoles y entisoles.

### 5.1.3 COSECHA Y PRODUCCIÓN

La cosecha se realiza de forma manual; peones de corte son los encargados de este trabajo; una sola persona puede cosechar entre 5 y 7 toneladas por día de caña quemada y un 40% menos sin quemar. Últimamente se está incursionando en la cosecha mecánica la cual en comparación con la cosecha manual, esta puede cortar 30 toneladas por hora, pero con la consecuencia que este tipo de cosecha daña en gran parte la raíz de las macollas, reduciendo así la emergencia de las nuevas plántulas después del corte.

En la Figura 1-2 se muestra una chorra de caña cosechada manualmente y lista para cargar al camión que llevará la caña al molino. Cada camión tiene la capacidad de arrastrar cuatro jaulas, cada jaula con capacidades de hasta 30 toneladas de caña.



Figura 1-2. Chorra de caña de azúcar cortada manualmente.

#### 5.1.4 PORCENTAJE DE ÁREA CULTIVADA POR VARIEDAD

La empresa cuenta con aproximadamente 43,000 ha de terreno para la producción de caña de azúcar; con lo que ha dividido el área total de producción en ocho zonas diferentes llamadas “Administraciones”; asignando un número específico de fincas a cada administración. Cuenta en su mayor porcentaje de área cultivada, con la variedad CP 72-2086 con aproximadamente un 57 %, que equivalen a 24,618 ha en su totalidad de área. La variedad que le sigue es la CP 88-1165 con 5,483 ha que equivalen a 12.75 %, la tercera variedad es la CP 73-1547 con 3,750 ha con 8.72 %. Las tres variedades con mayor importancia en cuanto a área se refiere, tienen un total de 78.47 %, el resto de área esta ocupada por otras variedades (ver figura 1-3).

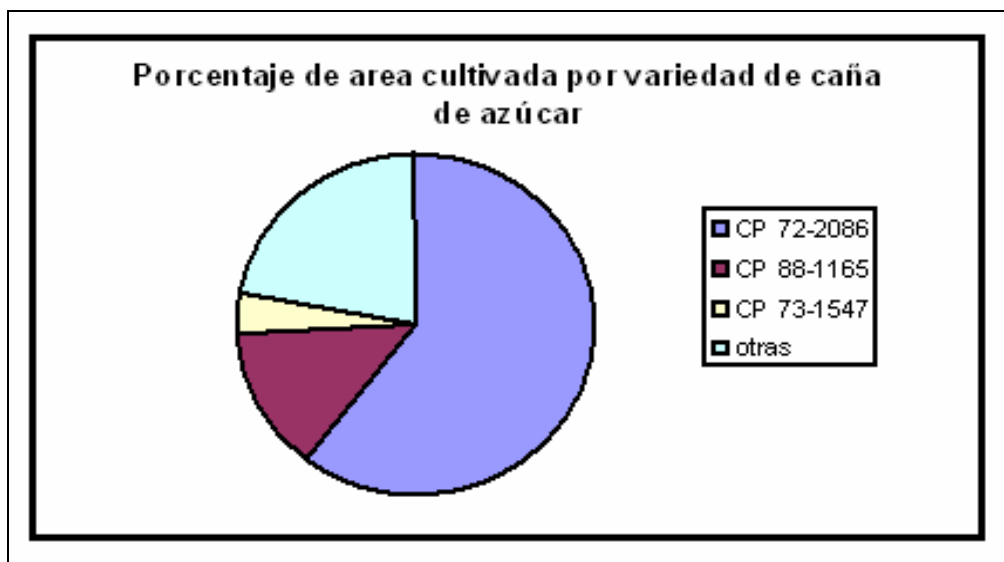


Figura 1-3. Gráfica de porcentaje de área cultivada por variedad de caña de azúcar en Ingenio Magdalena.

#### 5.2 DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA

El Ingenio Magdalena cuenta con un departamento de Investigación Agrícola el cual tiene como objetivos, impulsar cualquier tipo de investigación relacionada con el cultivo de la caña de azúcar y es aquí donde se prueba cualquier tipo de pesticida, fertilizante o cualquier producto de proveedores agropecuarios; y acorde a los resultados que se

obtienen en las pruebas realizadas, el departamento es el encargado de confirmar dichos resultados para su posterior uso a nivel comercial.

Este departamento se subdivide en diferentes programas, los cuales han sido divididos con la finalidad de obtener mejores resultados. Los programas son: programa de suelos y fertilidad, programa de madurantes y malezas, programa de variedades de caña de azúcar, programa forestal, programa de producción de semilla y el programa de Bio-MAG.

### **5.2.1 PROGRAMA DE VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR**

El Programa de variedades de caña de azúcar tiene un papel sumamente importante dentro de las ambiciones productivas del Ingenio, puesto que de él depende la selección de variedades comerciales de alta producción y de resistencia a muchas enfermedades y/o características indeseables en una variedad.

Actualmente el programa de variedades trabaja aproximadamente con 6,200 diferentes variedades llamadas promisorias, que en algún momento, luego de un largo proceso de aproximadamente 10 o 12 años algunas de ellas lograrán llegar a confirmarse como variedades comerciales. Muchas de estas variedades son importadas y otras son hechas en el país.

#### **5.2.1.1 El proceso de selección de variedades**

El proceso consta de diferentes fases entre selecciones y aumentos. Inicialmente se importan variedades genéticamente cruzadas; algunas de Estados Unidos específicamente del estado de Miami Florida, de un lugar llamado Canal Point, estas son las variedades que inician su nombre con las iniciales CP; algunas procedentes de Brasil (Sao Pablo) las variedades SP, de Puerto Rico (PR), de México (MEX), de Australia, de un lugar llamado Quesland y el nombre de sus variedades inicia con "Q"; y algunas hechas a nivel nacional como las variedades CG hechas en CENGICAÑA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la caña de Azúcar) y algunas PGM (Pantaleón Guatemala México); estas solo por mencionar algunas.

Al momento de obtener las nuevas variedades, se siembra la primer fase en surcos dobles de aproximadamente 5 metros de largo y se proporciona el manejo normal de un cultivo de

producción. A una edad considerable en que se pueden observar ya características en las variedades, inicia el proceso de selección, en cuanto a muchas características que se observan en recorridos constantes en la colección de variedades de caña con que se cuenta, entre algunas características físicas que se observan están: Población en número de cañas, grosor de caña, altura de caña, resistencia a enfermedades, y muy importante el grado brix que presente la variedad.



Figura 1-4. Observación de características para selección en variedades promisorias.

Los grados brix son el contenido porcentual de sólidos disueltos en el jugo y varía considerablemente en cada variedad. Este dato se observa con la ayuda de un aparato llamado refractómetro.

Se obtiene jugo de la caña a evaluar con la ayuda de un aparato de pinché, el cual penetra la caña y obtiene jugo de ella; luego el jugo colectado se coloca en la pantalla de refractómetro, luego se procede a hacer la lectura como se observa en la figura 1-5.

Por lo regular todas las variedades difieren mucho en cuanto al porcentaje de grados brix.





Figura 1-5. Proceso de observación de grados brix en caña de azúcar.

De la primera selección se toman las mejores las cuales pasan a fase 2 o etapa 2, se cortan las seleccionadas e inicia la siguiente fase.

Existen unas fases llamadas aumentos, que no es más que un aumento en el número de población de una variedad seleccionada.

El proceso de selección de variedades promisorias pasa por una etapa llamada también pruebas regionales, las cuales son pruebas que se realizan en un área mucho más grande y en diferentes regiones de la zona cañera.

Todo este proceso puede llegar a tardar hasta doce años aproximadamente.

### 5.2.1.2 Análisis FODA del programa de variedades de caña de azúcar

Cuadro 1-1. Lista plana FODA del programa de variedades de caña de azúcar del departamento de investigación agrícola del Ingenio Magdalena

Fortalezas	Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> <li>- El programa de variedades ha confirmado la mayor parte de variedades que en la actualidad son por excelencia las variedades comerciales exitosas.</li> <li>- Se cuenta en su gran mayoría, con el apoyo técnico de profesionales en cada una de las ramas que se requiera.</li> <li>- Se cuenta con colecciones de variedades promisorias de caña de azúcar únicas en el gremio cañero nacional.</li> <li>- El equipo de profesionales y técnicos con que cuenta el departamento y el programa de variedades de caña, cuenta con varios años de experiencia juntos.</li> <li>- Se tienen relaciones de trabajo directas con el Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la caña de Azúcar.</li> <li>- Muchas de las variedades promisorias con que se cuentan son importadas, las cuales son seleccionadas personalmente por el programa de variedades.</li> <li>- Existe equipo necesario para la detección de problemas.</li> <li>- Se cuenta con un laboratorio del departamento de investigación, que tiene a su disposición microscopios electrónicos y equipo de laboratorio.</li> <li>- Se cuenta con los recursos necesarios para cualquier actividad en el campo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El equipo de trabajo del programa de variedades es muy pequeño para la importancia que tiene dicho programa dentro de los intereses de la empresa.</li> <li>- Falta de capacitaciones en las ramas de fitopatología y fertilidad para los técnicos encargados de dichas ramas.</li> <li>- Falta de uso de la tecnología.</li> <li>- Existen supervisores con poca experiencia en la rama de las ciencias agrícolas.</li> <li>- No se cuenta con un laboratorio genético en donde se crucen genéticamente variedades de caña de azúcar propias para el Ingenio.</li> <li>- Falta de control de superiores en cuanto al uso de pesticidas y fertilizantes se refiere.</li> <li>- Falta de seguimiento de procesos de selección de variedades de caña por corte de personal.</li> </ul>

Oportunidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desarrollo total en el campo de la creación de variedades nuevas para la empresa.</li> <li>- Desarrollo total en la detección y manejo profesional de enfermedades de la caña de azúcar.</li> <li>- Expansión del mercado de las variedades de caña de azúcar a Guatemala, México y el resto de Centroamérica.</li> <li>- Mantenerse como uno de los ingenios más productivos por contar con un departamento de investigación agrícola excepcional y un programa de variedades actualizado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Quemadas accidentales las cuales retrasan un año más el proceso de selección, puesto que a veces no se han tomado los datos que se requieren.</li> <li>- Pérdidas en recursos económicos por el mal manejo de pesticidas y fertilizantes.</li> <li>- Introducción de un fitopatógeno desconocido en Guatemala que esta afectando a la variedad más importante.</li> <li>- No adecuado manejo en los procesos de selección por falta de la persona que era la encargada de los mismos.</li> </ul>

Con el análisis FODA anteriormente mencionado se toma en cuenta que las fortalezas y debilidades son características con las que la empresa cuenta en la actualidad, mientras que las oportunidades y amenazas son características que están surgiendo o puede surgir (Koontz, Weihrich, Cannice. 2008).

### 5.2.1.3 Alternativas de estrategias

Por medio de una matriz que se presenta a continuación se logró relacionar los componentes del análisis FODA anteriormente mencionado, con la finalidad de proveer estrategias para la solución de problemas (Koontz, Weihrich, Cannice. 2008).

Se presentan cuatro combinaciones diferentes entre los factores del análisis FODA.

- a. Fortalezas y Oportunidades – maximizar fortalezas y oportunidades
- b. Fortalezas y Amenazas – maximizar fortalezas y minimizar amenazas
- c. Debilidades y Oportunidades – minimizar debilidades y maximizar oportunidades
- d. Debilidades y Amenazas – minimizar debilidades y amenazas

Cuadro 1-2. Matriz FODA para estrategias para la solución de problemas detectados en el programa de variedades de caña del departamento de investigación agrícola de Ingenio Magdalena

<b>Factores Internos</b> <b>Factores Externos</b>	<b>Fortalezas</b>	<b>Debilidades</b>
<b>Oportunidades</b>	<p align="center"><b>F-O (Maxi F-Maxi O)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Desarrollar y confirmar variedades capaces de producir a una misma escala o más que las actuales sin ser afectadas por agentes bióticos no deseables.</li> <li>- Posicionar en su totalidad a profesionales en cada una de las ramas específicas que se requieran.</li> <li>- Incrementar el número de variedades promisorias.</li> <li>- Mejorar aun mas las relaciones laborales con entidades como CENGICAÑA.</li> <li>.</li> </ul>	<p align="center"><b>D-O (Mini D-Maxi O)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Invertir en la contratación de más mano de obra, con la finalidad de que el equipo de trabajo crezca y se trate de optimizar el tiempo.</li> <li>- Implementar una programa de capacitaciones constantes para los técnicos y/o supervisores.</li> <li>- Capacitar a los profesionales de las ciencias agrícolas en el ámbito del uso de nueva tecnología en el campo de fitomejoramiento genético y la fitopatología.</li> <li>- Controlar minuciosamente el uso de pesticidas y fertilizantes que realizan los aplicadores y/o supervisores.</li> </ul>

<b>Amenazas</b>	<b>F-A (Maxi F-Mini A)</b>	<b>D-A (Mini D-Mini A)</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incrementar el control en los lotes en donde se encuentran las colecciones de variedades de caña de azúcar, tratando de implementar una metodología para mitigar las quemaduras accidentales.</li> <li>-Incrementar el control en cuanto al uso de pesticidas y fertilizante se refiere, tratando de que profesionales lo supervisen.</li> <li>-Crear un laboratorio específicamente para actividades de microbiología.</li> <li>- Invertir en más equipo altamente tecnológico para el área de microbiología.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dar un seguimiento con el personal que se cuenta hasta que se logren terminar los procesos de selección de variedades de caña de azúcar.</li> <li>- Implementar un laboratorio coordinado por un profesional en la rama de fitopatología, para la detección y manejo de enfermedades en la caña de azúcar.</li> <li>- Realizar presentaciones a los superiores de la empresa en donde se plasme la importancia que el departamento tiene para las ambiciones del Ingenio Magdalena.</li> </ul>

#### **5.2.1.4 Problemas encontrados**

A continuación en el cuadro 1-3, se describen los problemas principales los cuales fueron detectados en las actividades del programa de variedades de caña de azúcar del Ingenio Magdalena.

Cuadro 1-3. Principales problemas detectados en el programa de variedades de caña de azúcar del departamento de investigación agrícola de Ingenio Magdalena.

	<b>Problema detectado</b>	<b>Descripción</b>
1	Falta de Control	La falta de control puede ser la causa de muchos de los problemas encontrados, puesto que si no hay un debido control, las personas o peones realizan sus actividades como ellos quieren.
2	Uso de personal inadecuado	Algunas personas que tienen cargos con una importancia significativa no tienen la mayor capacidad de manejar los problemas cuando estos aparecen.
3	Quemas accidentales	Estas son causantes de pérdida de tiempo valioso, puesto que cuando aparece una quema en un lote con variedades promisorias aun en investigación, muchas veces aun no se han tomado los datos correspondientes, y eso equivale a un año de atraso en el proceso.
4	Mal manejo de uso de fertilizantes y pesticidas	Esto ocurre por la falta de capacitaciones dentro de la empresa, puesto que los aplicadores muchas veces sobre-dosifican o sub-dosifican.
5	Aguas residuales	Dentro del Ingenio existen riachuelos de aguas residuales, los cuales encuentran un cauce normal por gravedad hacia la zona costera del pacifico, tomándose esto como una fuente de contaminación ambiental.
6	Ataque de roya naranja a variedades susceptibles comercialmente importantes	La enfermedad roya naranja producida por el hongo <i>Puccinia kuehnii</i> se encontró por primera vez en el país, infectando a la variedad comercial más importante del medio azucarero. Este hongo tiene antecedentes muy destructivos conocidos a nivel internacional.
7	Uso de variedades susceptibles a enfermedades	El uso de variedades susceptibles a diversas enfermedades, es parte del trabajo que se debe realizar en el programa de variedades, puesto que en la actualidad existen variedades comerciales con diversas enfermedades producidas por diferentes patógenos.

### 5.2.1.5 Árbol de problemas

Conforme los problemas detectados y para un mejor entendimiento de los mismos se ordenaron dichos problemas conforme un árbol de problemas, con el cual se observa la causa que desemboca en un problema principal el cual a su vez tiene una relación directa sobre los efectos.

El uso de personal inadecuado es la causa del problema principal; el cual es la falta de control y a su vez este problema tiene un peso total sobre los efectos que se describen como: quemas accidentales, aguas residuales, mal manejo de fertilizantes y pesticidas, ataque de roya naranja a variedades comerciales y el uso de variedades susceptibles.

A continuación se presenta en la Figura 1-6 el árbol de problemas.

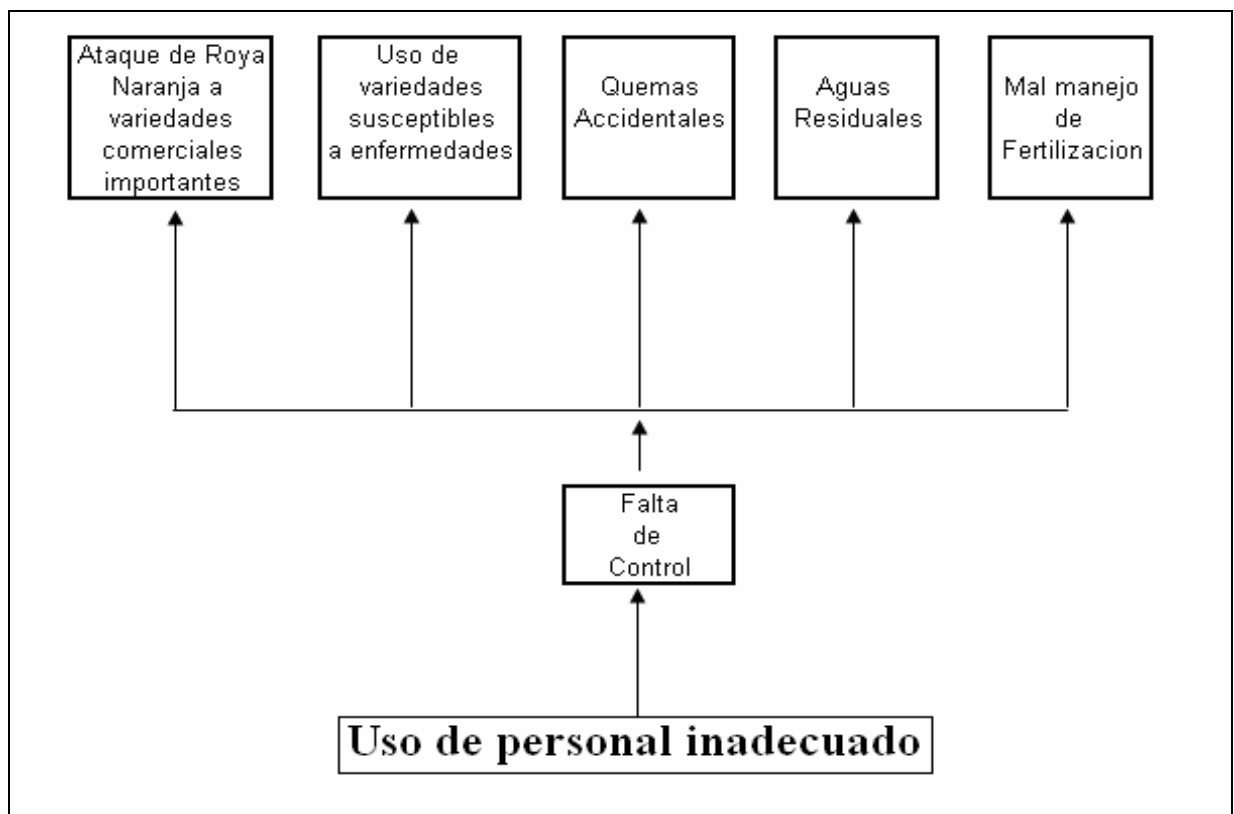


Figura 1-6. Árbol de problemas

#### 5.2.1.6 Matriz de priorización de problemas

El árbol de problemas nos proporcionó información para la realización de una matriz de priorización de problemas que se presenta a continuación en el cuadro 1-4.

Cuadro 1-4. Matriz de priorización de problemas

Matriz de Priorización					
	Problemas	Economico	Ambiental	SUMATORIA	Priorización
1	Ataque de Roya naranja	10	8	18	A
2	Uso de variedades Susceptibles	9	8	17	B
3	Quemas accidentales	6	9	15	C
4	Aguas Residuales	4	9	13	D
5	Mal manejo de Fertilizacion	8	5	13	D

La matriz de priorización de problemas contiene dos dimensiones en las cuales los problemas detectados pueden afectar de una manera directa; esas dimensiones son la económica y la ambiental que son las que para una empresa pueden afectar de manera directa como se mencionó.

Se muestra en dicha matriz que el problema del ataque de roya naranja a variedades comerciales y promisorias es de suma importancia, puesto que es de mayor jerarquía en la matriz. Luego se encuentra el problema de uso de variedades susceptibles a nivel comercial. Las quemas accidentales se encuentran en tercer plano, y el problema de aguas residuales y el mal manejo de fertilización son los últimos en el orden.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La herramienta del análisis FODA fue de suma importancia para determinar la situación actual del programa de variedades de caña y para detectar con más facilidad los problemas existentes en el programa.

La causa del problema principal en el programa de variedades es el uso de cierto personal no capacitado para realizar las actividades de investigación; lo cual ha generado un problema principal que es: la falta de control por falta de capacidad del personal. Esto conlleva a los efectos, los cuales son:



Quemas accidentales en lotes donde se encuentran colecciones de variedades promisorias, aguas residuales, mal manejo de fertilizantes y pesticidas, ataque de la enfermedad roya naranja producida por el hongo *Puccinia kuehnii* a variedades comerciales y por ultimo el uso de variedades susceptibles a diversas enfermedades incluida la roya naranja.

En orden de importancia, el problema de mayor prioridad es el ataque de la roya naranja a variedades comerciales y promisorias.

Se recomienda realizar investigaciones sobre la enfermedad de la roya naranja de la cual no se conoce absolutamente nada en nuestro medio.

Se recomienda realizar constantes análisis FODA no solo para el programa de variedades sino para el departamento de investigación agrícola, con el objetivo de estar actualizados en cuanto a sus fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas.

## 7. BIBLIOGRAFIA

1. AZASGUA (Asociación de Azucareros de Guatemala, GT). 2008. Cifras de producción (en línea). Guatemala. Consultado 20 mar 2008. Disponible en: <http://www.azucar.com.gt/03cifras.htm>
2. BANGUAT (Banco de Guatemala, GT). 2008. Cifras de producción. Guatemala. Consultado 20 mar 2008. Disponible en: <http://www.banguat.gob.gt/>
3. Barrios, R. 2008. Roya naranja, situación actual del país (entrevista). Escuintla, Guatemala, Ingenio Magdalena, Departamento de Investigación.
4. CENGICAÑA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, GT). 2008a. Informe anual 2006-2007. Guatemala. p. 31-34, 100.
5. \_\_\_\_\_. 2008b. Informe anual 2007-2008. Guatemala. 66 p.
6. Erazo, S. 2008. Roya naranja, situación actual del país (entrevista). Escuintla, Guatemala, Ingenio Magdalena, Departamento de Investigación.
7. IMSA (Ingenio Magdalena, GT). 2009. Magdalena: tierra dulce (en línea). Guatemala. Disponible en: <http://iasmag.imsa.com.gt/inow/web/guest/azucardeguatemala>.
8. Inforpressca.com. 2008. La Democracia, Escuintla: características (en línea). Guatemala. Consultado 20 set 2008. Disponible en: <http://www.inforpressca.com/lademocracia-escuintla/>
9. Koontz, H; Weihrich, H; Cannice, M. 2008. Administración, una perspectiva global y empresarial. 13 ed. US, Universities of California and San Francisco. p. 138-139.
10. NAPPO (North American Plant Protection Organization, US). 2007. Detecciones de roya de la caña de azúcar, *Puccinia kuehnii*, en el condado de Palm Beach, Florida, Estados Unidos (en línea). US, Sistema de Alerta Fitosanitaria. Consultado 20 mar 2008. Disponible en: <http://www.pestalert.org/espanol/oprDetail.cfm?oprID=270&keyword=Puccinia%20kuehnii>
11. Solares, E. 2008. Roya naranja, situación actual del país (entrevista). Escuintla, Guatemala, Ingenio Magdalena, Departamento de Investigación.

## **CAPITULO II**

**ESTUDIO EPIDEMIOLOGICO DE LA ENFERMEDAD ROYA NARANJA PRODUCIDA POR EL HONGO *Puccinia kuehnii* Y, EVALUACIÓN DE SU EFECTO SOBRE LA PRODUCCIÓN Y EL RENDIMIENTO DE SIETE VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum*) EN CONDICIONES DE LA FINCA SANTA LUISA II, MUNICIPIO DE MASAGUA, ESCUINTLA GUATEMALA**

**EPIDEMIOLOGIC STUDY OF THE INFECTED RUST ORANGE PRODUCE BY FUNGUS *Puccinia kuehnii* AND, ITS EVALUATION OF ITS EFFECT ON THE PRODUCTION AND YIELD OF SEVEN COMMERCIAL VARIETIES OF SUGAR CANE (*Saccharum officinarum*) UNDER CONDITIONS OF THE FINCA SANTA LUISA II, MUNICIPALITY OF MASAGUA, ESCUINTLA, GUATEMALA**



## 1. PRESENTACIÓN

Guatemala cuenta con aproximadamente 108,889 Km<sup>2</sup>; del cual 2,671 Km<sup>2</sup> equivalente a 2.45 % del área total, esta ocupada por caña de Azúcar (*Saccharum officinarum*) un cultivo cuya importancia en cuanto a las exportaciones y generación de empleos se refiere; a aumentado considerablemente en los últimos años; especialmente en la parte sur y sur-este del mismo; puesto que las condiciones en estas zonas, son adecuadas para el óptimo desarrollo del cultivo.

El cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinaru*) es un pilar fundamental en la economía agrícola nacional, puesto que ayuda en gran parte al sector agrícola a mantenerse como el segundo sector económico generador de divisas en Guatemala con un 13% de las exportaciones totales del país. Además genera más de 30,000 empleos directos e indirectos en épocas de cosecha (Asazgua 2008, Banguat 2008).

En los meses de septiembre 2007 a febrero 2008 los productores azucareros resultaron alarmados ante el ataque sorpresivo de un hongo causante de la enfermedad roya naranja. Los antecedentes de esta enfermedad son totalmente negativos. Es producida por el hongo *Puccinia kuehnii* (Informe anual 2007, Cengicaña).

En 2001, Australia sufrió la primera epidemia reportada de este microorganismo en el cultivo de caña de azúcar, en la variedad Q-124, a la que infectó, bajando su producción hasta en un 50%.

En Guatemala (2007) se reportaron las primeras observaciones del patógeno en el cultivo de caña de azúcar (informe anual 2007, Cengicaña), infectando a la variedad CP 72-2086 la más importante en el medio.

En el país se desconocen las características de la roya naranja. Empezar a conocerla sería uno de los primeros pasos a realizar: su comportamiento, las condiciones que necesita para desarrollarse y los efectos que puede llegar a ocasionar en la producción.

Teniendo claro esto, se realizó una evaluación para determinar si la enfermedad tiene algún efecto en la producción y el rendimiento de siete variedades de caña de azúcar, incluyendo en estas a la variedad CP 72-2086. En síntesis se realizó un estudio epidemiológico de la enfermedad en la finca Santa Luisa II, municipio de Masagua, departamento de Escuintla.

## 2. PLANTEAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA

En el mes de septiembre del año 2007 el cultivo de la caña de azúcar fue afectado por una enfermedad llamada roya naranja, causada por el hongo *Puccinia kuehnii*.

En la zafra 2000-2001 en Australia, la roya naranja fue capaz de producir daños realmente considerables dentro del cultivo en la variedad Q-124 (Magarey 2001, Staier 2003, citado en CPC 2007) la cual ocupaba el 50 % del área cultivada con caña de azúcar, llegando a obtener pérdidas de hasta el 50%, estimado entre 150 y 210 millones de dólares australianos (Braithwaite, 2005 citado en informe anual 2008, Cengicaña).

El 25 de julio de 2007 en la notificación oficial de Plagas de EE.UU, el servicio de inspección sanitaria de animales y plantas (APHIS) confirmó la detección de la roya naranja de la caña de azúcar, *Puccinia kuehnii*, en campos comerciales de caña de azúcar del condado de Palm beach, Florida. Desde la detección inicial en Palm Beach, se han confirmado más detecciones de la roya de la caña de azúcar en campos situados en al menos tres condados más de Florida: Hendry, Glades y Martin en Estados Unidos (informe 2007, APHIS).

El 7 de Septiembre de 2007, en el lote 10 de la finca Amazonas del Ingenio Santa Ana, durante una actividad de evaluación de la enfermedad del amarillamiento foliar, se recolectaron supuestas muestras foliares infectadas con *Puccinia kuehnii*; las cuales fueron enviadas al laboratorio de micología sistemática del departamento de agricultura de los Estados Unidos en Beltsville, Maryland, para confirmación del diagnóstico por métodos moleculares. El análisis confirmó que la enfermedad era roya naranja causada por el hongo *Puccinia kuehnii* (informe 2007, APHIS). Esto convierte a Guatemala como el segundo país en América en detección del patógeno luego del mencionado caso en Estados Unidos. El patógeno está en el país e infectando a variedades de suma importancia comercial.

### 3. MARCO TEÓRICO

#### 3.1 MARCO CONCEPTUAL

##### 3.1.1 CULTIVO DE CAÑA DE AZUCAR

###### 3.1.1.1 Origen

La caña de azúcar es el nombre común de ciertas especies de herbáceas vivaces de un género de la familia de las poaceas. Es un cultivo de zona tropical o sub-tropical. Es una planta proveniente del sureste asiático. Los europeos llevaron la planta, primero a las islas canarias, y luego a América, en muchas de cuyas zonas el clima era más favorable que en la península ibérica, por lo que casi se abandonó el cultivo en ésta. Con el descubrimiento de América se llevó la caña de azúcar a Latinoamérica, donde todavía hoy en día se industrializa y se fabrica azúcar para el consumo mundial, ubicando a países como Brasil, México, Colombia y Venezuela entre los mayores productores de azúcar del mundo (Reynoso, San Juan)

###### 3.1.1.2 Clasificación taxonómica

**Cuadro 2-1.** Taxonomía de la caña de azúcar

Taxonomía	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Subclase	Commelinidae
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Subfamilia	Panicoideae
Tribu	Andropogoneae
Genero	Saccharum
Especie	<u>Saccharum officinarum</u>

Fuente: Crop Proteccion Compendium 2007.

### **3.1.1.3 Generalidades del cultivo**

#### **3.1.1.3.1 Requerimientos**

Requiere agua y de suelos adecuados para un buen crecimiento. Es una planta que asimila muy bien la radiación solar, teniendo una eficiencia cercana a 2% de conversión de la energía incidente en biomasa (Crop Protection Compendium).

Requiere de nitrógeno, potasio y elementos menores para su fertilización. En zonas salinas se adiciona azufre para controlar el sodio (Morales Mayen).

#### **3.1.1.3.2 Propagación y Ciclo de cultivo**

Su propagación es mediante la siembra de trozos de caña; de cada nudo sale una planta nueva idéntica a la original; una vez sembrada la planta crece y acumula azúcar en su tallo, el cual se corta cuando está maduro. La planta retoña varias veces y puede seguir siendo cosechada. La planta se deteriora con el tiempo y por el uso de las maquinarias que pisa las raíces, así que debe ser replantada cada siete a diez años. Su periodo de crecimiento varía entre 11 y 17 meses, dependiendo de la variedad de caña y de la zona (Crop Protection Compendium 2007).

#### **3.1.1.3.3 Cosecha**

Se puede cosechar a mano o a máquina; la cosecha manual se hace con personas, más concretamente con machetes que cortan los tallos (generalmente después de quemada la planta para hacer más eficiente la labor) y los organizan en chorras para su transporte. Una persona puede cosechar entre 5 y 7 toneladas por día de caña quemada y 40% menos de caña sin quemar. La cosecha mecánica se hace con cosechadoras que cortan la mata y separan los tallos de las hojas con ventiladores. Una máquina puede cosechar 30 toneladas por hora, pero con el inconveniente de que daña la raíz o soca, disminuyendo en gran medida el nacimiento de nuevas plantas por este método siendo muchas veces necesaria la resiembra.

Un cultivo o variedad eficiente puede producir 150 toneladas de caña por hectárea por año (Crop Protection Compendium 2007).



#### **3.1.1.3.4 Transporte**

Una vez cortada la caña debe transportarse rápidamente al ingenio para evitar su deterioro por levaduras y microbios. El transporte se hace tirado por un camión o tractor. Los vagones tienen capacidades de 30 toneladas cada uno (Echeverría, Pérez).

#### **3.1.1.3.5 Proceso de fabricación de azúcar**

El jugo de su tallo es la fuente de azúcar. Una vez cosechada la caña, se la lleva a unas cuchillas desmenuzadoras, y luego pasa al molino. Este jugo se pasa por una serie de filtros, luego se le hace un tratamiento clarificante y de ahí se lo pone en unas estructuras de cocción en vacío, donde se concentra el jugo, y por último se cristaliza el azúcar del jugo. Luego de cristalizado el azúcar, se le extrae el agua restante quedando así el azúcar blanco común que se conoce habitualmente (Crop Protection Compendium 2007).

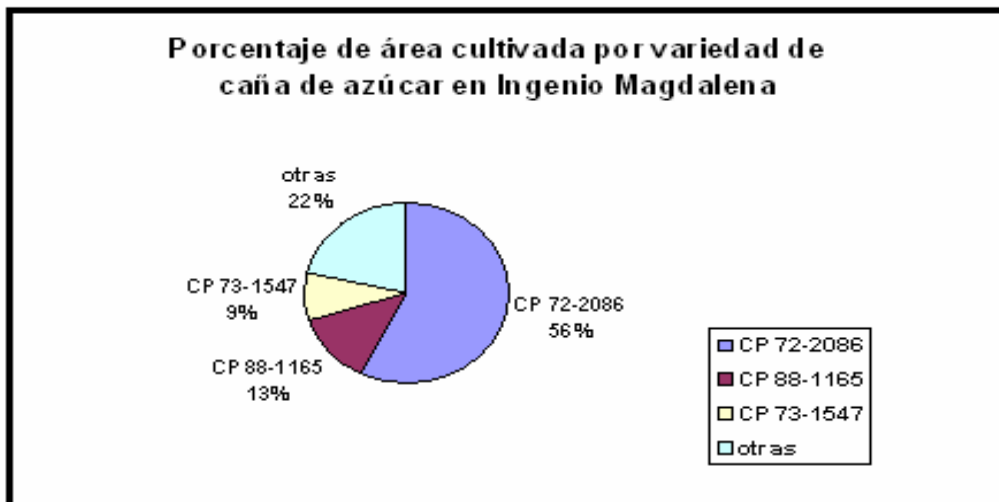
#### **3.1.1.3.6 Producción Mundial**

La producción mundial de caña de azúcar en el 2005 fue de 1,267 millones de toneladas, siendo el principal productor Brasil con 34 % de la producción mundial, India 18 % China 7 %, Pakistán 4 % México 4 %, Tailandia 3%, Colombia 3% y otros países representan el 27%; para la India, Pakistán, Cuba y Turquía, representa la base fundamental de su economía (Asasgua).

#### **3.1.1.3.7 Variedades de caña de azúcar de Importancia Nacional**

La producción cañera a nivel nacional tiene a su disposición una amplia gama de variedades comerciales, semi-comerciales y otras llamadas promisorias las cuales se encuentran en una etapa de prueba. En Guatemala la variedad comercial más utilizada por la gran mayoría de productores, es la variedad CP 72-2086 puesto que posee características de importancia para los cañeros nacionales. Ingenio Magdalena cuenta con un área total de 43,007 hectáreas en su totalidad; cuenta en su mayor porcentaje de área cultivada, con dicha variedad con aproximadamente un 57 % que equivalen a 24,618 ha. La variedad que le sigue es la CP 88-1165 con 5,483 ha que equivalen a 12.75 % la tercera variedad es la CP 73-1547 con 3,750 ha con 8.72 %

(figura 2-1). Las tres variedades con mayor importancia en cuanto a área se refiere, tienen un total de 78.47 %, el resto de área esta ocupada por otras variedades (investigación Magdalena 2008). La variedad CP 72-2086 a nivel de zona cañera cuenta con aproximadamente un 65% de área cultivada; teniendo así a la variedad mencionada como la variedad más importante a nivel de zona cañera (Investigación Magdalena 2008).



**Figura 2-1.** Gráfica de porcentaje de área cultivada por variedad de caña de azúcar en fincas de Ingenio Magdalena.

Fuente: Departamento investigación de Ingenio Magdalena.

### 3.1.1.3.8 Grados brix, Polarización (Pol) y Pureza

Pol es la abreviatura de la palabra polarización. Es la lectura en la escala del polarímetro; es una muestra de solución normal de azúcar, la pol es igual al porcentaje en peso de sacarosa. La pureza es la abreviatura de sacarosa contenida en los sólidos solubles, y se estima como se vera a continuación con los valores de Brix y pol. Los grados brix se definen como el contenido porcentual de sólidos disueltos en el jugo y pueden medirse por refractometría y por hidrométrica. En el jugo la sacarosa y los azúcares reductores forman la mayor parte de los sólidos disueltos (Reynoso, San Juan).

### 3.1.2 ROYA NARANJA

La roya naranja es el nombre común que se le da a una enfermedad de la caña de azúcar, la cual como cualquier otra enfermedad causa daños a los cultivos trayendo como efecto de importancia la baja en la producción de los cultivos. Es producida por un hongo del género *Puccinia* y de la especie *kuehnii*.

Sus síntomas iniciales son lesiones diminutas y elongadas que forman una aureola amarillenta y verdosa a medida que aumentan de tamaño. A medida que las lesiones crecen, se desarrolla un color que pasa de ser anaranjado a anaranjado marrón. A diferencia de la roya marrón común, las lesiones de esta roya en particular nunca son marrón oscuro. Grupos de pústulas de roya anaranjada tienden a aparecer en la superficie de las hojas afectadas; la mayor parte de las pústulas están en la superficie inferior y hay más lesiones en la base de la hoja (Informe 2007 Cengicaña) (Software CPC, 2007) (Informe 2008 APHIS).

#### 3.1.2.1 Clasificación taxonómica

**Cuadro 2-2.** Clasificación taxonómica de *Puccinia kuehnii*.

Taxonomía	
<b>Dominio</b>	<b>Eucariota</b>
<b>Reino</b>	<b>Fungi</b>
<b>Phylum</b>	<b>Basidiomycota</b>
<b>Clase</b>	<b>Urediniomycetes</b>
<b>Orden</b>	<b>Uredinales</b>
<b>Familia</b>	<b>Pucciniaceae</b>
<b>Genero</b>	<b>Puccinia</b>
<b>Especie</b>	<b><i>Puccinia kuehnii</i></b>

Fuente: Crop Protection Compendium 2007.

#### 3.1.2.2 Morfología

Normalmente las pústulas del hongo son de color naranja o amarillento-bronceado, cuando más avanzada la infección las pústulas se vuelven de un color castaño-acanelado. Las urediniosporas son principalmente ovoides a veces elipsoidal muy inconstantes en el tamaño de 25-57 x 17-34 micrometros con las paredes doradas-anaranjadas o castaño-

acaneladas, 1-2 micrometros lateralmente pero normalmente con un lateral pronunciado (Laundon y Waterson 1970, Ryan y Egan 1990 citado en Software CPC, 2007).

### 3.1.2.3 Rango de Hospederos

*Puccinia kuehnii* es principalmente confinado a las especies de *Saccharum* o especies estrechamente relacionadas (*erianthus*, *sclerostachya*, *narenga*) (Ryan y Egan 1990 citado en Software CPC). Los cultivos económicamente importantes que ataca son cultivares de *Saccharum*.

Hospedero Mayor: *Saccharum officinarum*

Hospederos Menores: *Saccharum arundinaceum*, *Sclerotachya fusca* (Software CPC, 2007).

### 3.1.2.4 Hábitat

La enfermedad puede verse en las especies silvestres de *saccharum* en el Sur y Sureste de Asia a través de los países del pacifico. En el caso de las especies domesticas de *Saccharum officinarum* esta presente en los jardines domésticos de las casas de gente indígena. En las especies silvestres la enfermedad ocurre a lo largo de las orillas de los arroyos y orillas de los caminos (Berding y Koike 1980 y Ryan y Egan 1990 citado en Software CPC, 2007).

### 3.1.2.5 Distribución

La enfermedad se limita a la región de Asia-Oceanía (Ryan y Egan 1990, citado en Software CPC); recientemente este organismo a ampliado su distribución hacia América del Norte específicamente en el estado de Florida y muy recientemente en América del Centro.

Informes antiguos plasmaban que la enfermedad había sido observada en África y América del sur pero esos datos eran incorrectos puesto que se trataba de *Puccinia melanocephala* (Ryan y Egan 1990, citado en Software CPC, 2007).

### **3.1.2.6 Transmisión**

Las esporas de este organismo fitopatógeno se dispersan principalmente a través del viento y por salpicaduras de agua. Estas se establecen en las hojas de caña de azúcar e infectan bajo temperaturas y condiciones de humedad específicas; experimentos de germinación de esporas afirman que las temperaturas óptimas de germinación oscilan entre 15 y 25 grados centígrados (Magarey, 2003 citado en software CPC), considerando que el porcentaje de germinación aumenta con una Humedad Relativa del 97 %. Autores afirman que la temperatura de germinación esta entre los 26 grados centígrados (Hsieh y Colmillo 1983, citado en software CPC, 2007)

### **3.1.2.7 Síntomas**

La enfermedad se caracteriza por el desarrollo de lesiones en la hoja, las cuales empiezan como una pequeña mancha clorótica, estos a su vez se desarrollan en manchas de color castaño alargadas. Conforme las lesiones crecen el micelio fungino se destaca a través de la superficie de la hoja, normalmente en la parte del envés o inferior de la misma produciéndose allí abundantes urediniosporas de color naranja. Conforme aumenta la severidad de la enfermedad, el tejido de la hoja malamente afectado se vuelve necrótico. Otros síntoma claro de severidad ocurre cuando al pasar por un cultivo denso de caña de azúcar altamente infectado, las pústulas de color naranja quedan impregnadas sobre la ropa de color preferentemente oscura. (Software CPC, 2007)

Una deficiencia de Magnesio puede confundirse con esta enfermedad puesto que esta deficiencia causa pequeñas lesiones castañas sobre las hojas.

Las Fases de la planta afectadas: la fase de pelillo y la fase creciente vegetativa.

Las Partes de la planta afectadas: las hojas y la planta entera. (Software CPC, 2007)  
(Informe 2007, APHIS)

### **3.1.2.8 Control**

#### **3.1.2.8.1 Medidas Fitosanitarias**

Han surgido algunas medidas fitosanitarias para el control de la roya naranja. Este tipo de control no es generalmente útil en las zonas donde la enfermedad es endémica (software CPC, 2007).

#### **3.1.2.8.2 Control Genético**

La utilización de plantas resistentes es la principal estrategia de control contra la enfermedad. Pruebas de la comisión Australiana de germoplasma para la resistencia, sugiere que la mayoría de los cultivares son resistentes a los patógenos, y que solo un pequeño porcentaje es susceptible (CPC 2007).

#### **3.1.2.8.3 Control Biológico**

Sistemas comerciales de control biológico no han sido aprobados hasta la fecha, ni tampoco son muy necesarios. Sin embargo se cree que algún método de control biológico opera actualmente.

El hongo parasitario *Darluca filum* (*Eudarluca caricis*) se sabe que puede llegar a parasitar a *Puccinia kuehnii* en cultivos enfermos. Se considera que ejerce una influencia significativa en los niveles de la enfermedad. Sin embargo el sistema no ha sido ampliamente estudiado (CPC 2007).

#### **3.1.2.8.4 Control Químico**

En el año 2000 en Australia en la ciudad de Queensland (Magarey 2001, Staier 2003, citado en CPC 2007), la variedad Q 124 fue la más afectada y por lo tanto la producción también puesto que ocupaba más del 50% del área sembrada. Mientras que la variedad era sustituida se utilizó un programa de fungicidas, utilizando en tebuconazol y mancozeb (Staier 2003, citado en CPC 207)

Estos dos fungicidas se registraron en el Registro Nacional de Australia. Esta fue solo la segunda vez que los fungicidas han sido utilizados comercialmente para el control de la enfermedad en la caña de azúcar en todo el mundo. A pesar de los buenos resultados obtenidos con los fungicidas, su utilización estaba restringida debido a la mala economía de la industria en el momento (software CPC, 2007).

### **3.1.3 RESISTENCIA VERTICAL Y HORIZONTAL**

Hay dos clases de resistencia del huésped a los parásitos de los cultivos: la resistencia vertical y la resistencia horizontal. La resistencia vertical, en la que participa un solo gen, es una forma temporal de resistencia genética que disminuye cuando aparecen

en escena nuevos agentes patógenos. La resistencia horizontal, en la que participan muchos genes, es una forma mas duradera de resistencia a enfermedades o insectos (Vanderplank, 1963).

### 3.1.4 INCIDENCIA Y SEVERIDAD

La incidencia es el número de individuos infectados. La severidad es el área foliar afectada (Arana Gonzáles, 2002).

#### 3.1.4.1 Método para crecimiento de epidemias de Vanderplank

Vanderplank, menciona que existen dos tipos de crecimiento poblacional de las epidemias:

- a. Las de ciclo simple, ocasionadas por patógenos que provocan desórdenes vasculares y radicales; y,
- b. Las de ciclo múltiple, ocasionadas por patógenos cuyo inoculo puede ser trasladado de planta a planta por efectos externos.

La enfermedad de la roya naranja es considerada como una epidemia de ciclo múltiple. A continuación se presenta el modelo matemático propuesto por Vanderplank para las epidemias de ciclo múltiple.

$$r = \frac{2.3}{t_2 - t_1} \left( \log_{10} \frac{x_2}{1 - x_2} - \log_{10} \frac{x_1}{1 - x_1} \right)$$

Fuente: Vanderplank, 1963

en donde:

**r** es la tasa de crecimiento

**t<sub>2</sub> - t<sub>1</sub>** es el tiempo entre la primera y segunda lectura

**X<sub>2</sub>** es la segunda lectura

**X<sub>1</sub>** es la primer lectura

## 3.2 MARCO REFERENCIAL

### 3.2.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA

#### 3.2.1.1 Localización de lugar

La investigación se llevó a cabo en la finca Santa Luisa II del Ingenio Magdalena, ubicada en el kilómetro 93 carretera antigua al puerto de San José, en el municipio de Masagua del departamento de Escuintla al sur de Guatemala (Figura 18A).

#### 3.2.1.2 Características del lugar

Geografía	_____	Llanura costera del pacifico.
Cobertura y uso de la tierra	_____	Cultivos anuales
Zona de vida	_____	Bosque Húmedo Subtropical
Temperatura media anual	_____	29 grados Celsius
Precipitación media anual	_____	1700 mm
Intensidad uso de la tierra	_____	Uso correcto
Orden de suelos	_____	Mollisoles
Cuenca	_____	Del río Maria Linda.

Fuente: Portal oficial, municipio de Masagua, Escuintla.

### 3.2.2 IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL CULTIVO

Con 108,000 Km<sup>2</sup> con que Guatemala cuenta en su área total aproximada; 2,671.77 Km<sup>2</sup> pertenecen al cultivo de la caña de azúcar.

La agroindustria azucarera guatemalteca representa el 23.82 % del valor total de la producción agrícola guatemalteca. El sector agrícola es el segundo sector económico que más divisas genera en nuestro país (Asazgua 2007).

La agroindustria azucarera guatemalteca, que representa alrededor del 3% del PIB nacional, genera 300,000 empleos directos e indirectos, 33,000 de ellos corresponden a cortadores de caña.

Guatemala se encuentra posicionado como el quinto exportador a nivel mundial y en segundo lugar a nivel latinoamericano (Figura 2-12A) (Asazgua 2007).



**Cuadro 2-3.** Ingresos de divisas por exportación de azúcar correspondiente al periodo 1998-2005

INGRESOS DE DIVISAS POR EXPORTACIÓN								
ANOS 1998 AL 2005								
EN MILES DE US \$								
Año	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Ingreso Total de Divisas por Exportación	3,502,261	2,663,945	2,954,127	2,496,071	2,152,471	2,284,338	3,074,419	3,644,832
Principales productos	1,874,381	1,046,736	1,088,736	947,992	853,501	944,528	1,244,861	1,456,635
<b>Azúcar y Melaza</b>	<b>373,504</b>	<b>210,430</b>	<b>210,675</b>	<b>293,846</b>	<b>242,969</b>	<b>316,429</b>	<b>457,024</b>	<b>497,499</b>
Banano	164,931	157,245	200,144	214,448	213,881	228,051	277,481	289,119
Café	1,297,355	631,037	597,954	338,346	288,350	328,122	424,740	575,322
Cardamomo	38,591	48,024	79,963	105,058	90,764	67,548	98,473	108,152
Productos a Centroamérica	403,201	403,294	455,789	380,778	216,430	312,833	382,765	317,876
Otros Productos	1,224,680	1,213,915	1,409,603	1,167,301	872,515	1,036,975	1,446,793	1,816,320

Fuente. Banco de Guatemala.

### 3.2.3 CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL

#### 3.2.3.1 Variedades de caña de azúcar

CP 72-2086, CP 88-1508, SP 79-2233, CG 96-135, PR 75-2002, CP 88-1165, CP 89-2143. Estas variedades de caña de azúcar son de importancia en la producción azucarera; unas de ellas se encuentran en condiciones comerciales en la zona cañera como la CP 72-2086 que es la variedad líder en área cultivada. La variedad CP 88-1165 que en el caso del Ingenio Magdalena se encuentra en segundo lugar en área cultivada. Las demás variedades unas son comerciales en mucho menor porcentaje de área cultivada y otras se pueden tomar como unas variedades promisorias (Investigación Agrícola, Magdalena)

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 GENERAL**

- a. Determinar el efecto de la enfermedad Roya Naranja en la producción de las variedades de caña de azúcar CP 72-2086, SP 79-2233, CP 88-1165, CP 89-2143, CP 88-1508, PR 75-2002, CG 96-135.

### **4.2 ESPECIFICOS**

- a. Determinar la producción y rendimiento de cada una de las variedades a evaluar.
- b. Conocer el comportamiento de la variedad CP 72-2086 ante el ataque de la roya naranja, por la importancia que esta variedad posee en el gremio cañero.
- c. Evaluar el comportamiento de la roya naranja en las variedades CP 72-2086, SP 79-2233, CP 88-1165, CP 89-2143, CP 88-1508, PR 75-2002, CG 96-135.

## **5. HIPOTESIS**

La roya naranja afecta considerablemente la producción y el rendimiento de las variedades de caña de azúcar CP 72-2086, SP 79-2233, CP 88-1508, CP 89-2143, CP 88-1165, CG 96-135 y PR 75-2002; puesto que esta interfiere directamente en el proceso fotosintético de las mismas.

## **6. METODOLOGÍA**

### **6.1 UBICACIÓN DEL ÁREA**

La presente investigación se llevó a cabo en finca Santa luisa II, perteneciente al ingenio Magdalena ubicada en el municipio de Masagua del departamento de Escuintla. La cual cuenta con antecedentes positivos para una garantizada infección de la roya naranja (Figura 2-30a).

### **6.2 MATERIAL EXPERIMENTAL**

Se seleccionaron 7 variedades de caña de azúcar de importancia comercial para el gremio cañero, incluyendo dentro de estas, la variedad de más importancia en la actualidad, la CP 72-2086; y la variedad SP 79-2233 la cual se utilizó como variedad esparcidora de la roya naranja, por su alta susceptibilidad observada en el país. Las otras 5 variedades utilizadas fueron: la CP 88-1165, CP 89-2143, CP 88-1508, PR 75-2002, CG 96-135.

El criterio de selección de variedades para la presente investigación fue por la importancia que estas poseen dentro del sector azucarero.

Las variedades fueron extraídas de la finca Santa Elisa, La democracia, Escuintla; excepto las variedades CG 96-135 y PR 75-2002 las cuales fueron proporcionadas por Cengicaña (centro guatemalteco de investigación y capacitación de la caña de azúcar).

### **6.3 MANEJO DEL EXPERIMENTO**

#### **6.3.1 PREPARACIÓN DEL TERRENO**

Se preparó el terreno con el respectivo voltéo, arado, rastréo y surquéo y se procedió a la siembra en el mes de mayo del año 2,008; en condiciones de campo abierto. Se utilizaron para la siembra 30 paquetes de 30 cañas cada uno, por variedad, utilizando en total 210 paquetes de caña. En el caso de la variedad SP 79-2233 se utilizaron además de sus 30 paquetes otros 24 paquetes más, puesto que por ser variedad esparcidora se sembró un surco entre cada parcela. Eso nos dio un total de 234 paquetes de caña de azúcar utilizados en la investigación. La siembra de los paquetes abarco un paquete de caña por surco de 10 metros de largo y un distanciamiento entre surcos de 1.2 mts.

Cada variedad ocupó un tablón de once surcos de diez metros de largo. Con tres repeticiones de cada variedad. Al tablón de once surcos se le llamó parcela; dentro de la cual existían dos unidades experimentales llamadas subparcelas, de cinco surcos cada unidad; el surco sobrante en la parcela era el surco que dividió las unidades experimentales o subparcelas (Figura 2-16A)

En cada parcela se presentaron dos condiciones de manejo diferentes en las subparcelas, una sin aplicación y la otra con aplicación de un fungicida.

### **6.3.2 INTERVALO DE APLICACIÓN DEL FUNGICIDA**

El fungicida triazol-Cypronazole el cual no fue evaluado en esta investigación ya que su acción consistió en garantizar que una de las dos subparcelas mantuvieran su ciclo de cultivo sin la presencia de la enfermedad; esto debido a que al final se realizó un análisis de pérdida en producción y rendimiento entre subparcela con la presencia de la enfermedad y subparcela sin la presencia de la enfermedad.

Este se aplicó al momento de aparecer en el lote experimental los primeros síntomas de la enfermedad en las respectivas variedades evaluadas y se finalizó de aplicar en Enero 2009. El intervalo de aplicación fue de 11 días. La dosis utilizada fue de 0.7 litros/hectárea. Junto con el fungicida se aplicó también un adherente de nombre wetagro a una dosis de 0.3 litros/hectárea.

Las aplicaciones se llevaron a cabo en horario de 7:00 y 9:00 a.m. por ser este el mejor horario de aplicación.

### **6.3.3 FRECUENCIA DEL MUESTREO DE LA ENFERMEDAD**

Para el estudio se seleccionaron y se marcaron 10 plantas al azar en cada subparcela desde el momento de la emergencia de la plántula a la superficie.

Las visitas para el muestreo iniciaron al momento de la siembra y tuvieron un intervalo de 8 días durante los primeros dos meses de establecimiento. Luego la frecuencia de muestreo de la enfermedad fue a intervalos de un mes.

### 6.3.4 VARIEDAD ESPARCIDORA

La variedad SP 79-2233 es altamente susceptible a la enfermedad, esta variedad aparte de haber sido evaluada también fue la encargada de atraer y mantener al hongo dentro del área experimental; esto se tomó en cuenta puesto que como se mencionó, a esta variedad se le observó meses atrás un alto nivel de susceptibilidad ante el ataque del patógeno. Por esta razón existió un surco de variedad SP 79-2233 llamado surco esparcidor el cual estuvo ubicado al lado de cada una de las parcelas (Figura 2-16A). Aparte de estos surcos esparcidores la investigación se llevó a cabo dentro de un lote comercial con variedad SP 79-2233, esto nos garantizó aun más presión del inóculo.

### 6.3.5 DESCRIPCIÓN DEL AREA EXPERIMENTAL

Área total utilizada o área del lote	5,712 m <sup>2</sup> equivalentes a ha.0.57 ha
Área de parcela	10m * 13.2 mt = 132 m <sup>2</sup>
Área de unidad experimental o subparcela	10m * 6 mt = 60 m <sup>2</sup>
Numero total de parcelas	21 parcelas
Numero total de unidades experimentales	42 subparcelas

### 6.3.6 DISEÑO DEL EXPERIMENTO

El diseño que se utilizó en campo fue un bifactorial en arreglo de parcelas divididas, dispuesto en bloques al azar. (Figura 16a).

#### 6.3.6.1 Descripción de los tratamientos

**Cuadro 2-4.** Descripción de las variedades evaluadas y su respectivo tratamiento

Repeticion	Variiedad	Tratamiento	Repeticion	Variiedad	Tratamiento	Repeticion	Variiedad	Tratamiento
I	CP 72-2086	Aplicado	II	CP 88-1508	Aplicado	III	CP 88-1165	No Aplicado
		No Aplicado			No Aplicado			Aplicado
I	SP 79-2233	No Aplicado	II	PR 75-2002	Aplicado	III	CP 88-1508	Aplicado
		Aplicado			No Aplicado			No Aplicado
I	CP 88-1165	Aplicado	II	CG 96-135	Aplicado	III	CP 89-2143	Aplicado
		No Aplicado			No Aplicado			No Aplicado
I	CP 89-2143	No Aplicado	II	SP 79-2233	Aplicado	III	CG 96-135	Aplicado
		Aplicado			No Aplicado			No Aplicado
I	CP 88-1508	No Aplicado	II	CP 89-2143	No Aplicado	III	CP 72-2086	Aplicado
		Aplicado			Aplicado			No Aplicado
I	PR 75-2002	Aplicado	II	CP 72-2086	Aplicado	III	SP 79-2233	Aplicado
		No Aplicado			No Aplicado			No Aplicado
I	CG 96-135	No Aplicado	II	CP 88-1165	Aplicado	III	PR 75-2002	No Aplicado
		Aplicado			No Aplicado			Aplicado

### 6.3.6.2 Modelo Estadístico

$Y_{ijk} = u + A_i + B_j + AB_{ij} + C_k + AC_{ik} + E_{ijk}$  en donde:

- $Y_{ijk}$  = Variable de respuesta asociada a la  $ijk$ -ésima unidad experimental  
 $u$  = Efecto de la media general  
 $B_j$  = Efecto del  $j$ -ésimo bloque  
 $A_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo nivel del factor "A" (Variedad)  
 $AB_{ij}$  = Interacción del  $i$ -ésimo nivel del factor "A" con el  $j$ -ésimo bloque, que es utilizado como residuo de parcelas grandes y es representado por  $Error_{(a)}$   
 $C_k$  = Efecto del  $k$ -ésimo nivel del factor "B" (Tratamiento)  
 $AC_{ik}$  = Interacción del  $i$ -ésimo nivel del factor "A" con el  $k$ -ésimo nivel del factor "B"  
 $E_{ijk}$  = Error experimental asociado a la  $ijk$ -ésima unidad experimental.

### 6.3.7 VARIABLES DE RESPUESTA

#### 6.3.7.1 Producción (toneladas métrica/ha)

La producción fue tomada el día de la cosecha de la investigación, 11 meses después de la siembra. Se pesaron por separado cada una de las 42 subparcelas existentes; esto con la ayuda de una alzadora a la cual se le adicionó una pesa en el brazo, sostenida con unas cadenas; a esta pesa se le adicionó una estructura metálica previamente tarada, la cual esta hecha para adicionarle automáticamente las cadenas que sujetaron las maletas de caña que se pesaron.

#### 6.3.7.2 Rendimiento de azúcar (lb. azúcar/tonelada métrica)

Para conocer el rendimiento (libras azúcar / ton. métrica), se realizó una pre-cosecha a los 11 meses de edad del cultivo. Se cortó un paquete de 30 cañas molederas (tallo maduro escogido al azar en los tres surcos centrales de cada subparcela) de 50 cm de largo por cada subparcela o unidad experimental (aplicado y no aplicado), en todas las variedades, en las tres repeticiones.

Los paquetes fueron llevados al laboratorio de caña de la empresa donde se obtuvieron datos de grados Brix (contenido porcentual de sólidos disueltos en el jugo), Pol (porcentaje en peso de sacarosa) y Pureza (sacarosa contenida en los sólidos solubles); de donde se obtuvo el rendimiento de azúcar por unidad experimental (subparcela).

La metodología utilizada en el laboratorio de caña para la obtención del dato de rendimiento fue la siguiente: las muestra de caña se picaron y luego se tomaron 500 gramos de muestra de los que se colocaron en una prensa hidráulica y se presionó por espacio de 1 minuto, obteniendo 200 mililitros de jugo, este se colocó en un Beacker plástico de 250 mililitros, luego se adicionó una medida de subacetato de plomo en polvo, para luego agitar la solución. Seguidamente se filtro la muestra a través de papel filtro Whatman no.1; se decantó los primeros 10 mililitros del filtrado, el cual se colocó al tubo de polarímetro para obtener una lectura polarimétrica, para luego realizar el siguiente cálculo:

$$\text{Pol de jugo} = \text{lectura polarimétrica} * 26 / (0.3949 \text{ Lec Brix} + 99.71)$$
$$\text{Pureza de jugo} = \text{pol jugo} * 100 / \text{Brix jugo}$$

El procedimiento para la medición de los grados Brix fue la siguiente; se ajusta el refractómetro a 0 con agua destilada, luego se coloca en la unidad óptica la cantidad de muestra de jugo necesaria para tomar la lectura. Seguido se toma la lectura indicada en el refractómetro. Luego remover la muestra con ayuda de papel absorbente y limpiar el refractómetro con agua destilada. La lectura del Brix del jugo es la que el aparato registra directamente.

Al obtener los datos de Pol de jugo, Pureza de jugo y grados brix, se obtuvo automáticamente el dato de rendimiento de azúcar, el cual fue proporcionado a esta investigación.

### **6.3.7.3 Etapa inicial de la enfermedad**

Desde el día del establecimiento de la investigación se iniciaron monitoreos semanalmente con la finalidad de detectar los primeros síntomas de la enfermedad en cada variedad. Este dato se determinó cuando aparecieron los primeros signos de la enfermedad. El análisis se realizo por variedad tomando en cuenta los días después de la siembra.

#### **6.3.7.4 Severidad de la enfermedad**

Para determinar la severidad o porcentaje de infección en la zona foliar, se realizaron monitoreos mensuales iniciando un mes después al día de la siembra.

Se seleccionaron 10 plantas al azar en los tres surcos centrales en cada unidad experimental (subparcela) tratando de evitar un efecto de borde (Figura 2-17a).

Se contó con una escala (Figura 2-18a) para la cuantificación de severidad, la cual fue proporcionada por Cengicaña. La misma fue adaptada a la roya naranja de la escala utilizada en roya marrón (*Puccinia melanocephala*)

Se evaluó minuciosamente la séptima hoja de cuello visible de arriba hacia abajo (estandarizado por CENGICAÑA). Para el primer mes de toma de datos las plantas aun no contaban con una séptima hoja de cuello visible, por lo que en ese mes se cuantificó en la tercera hoja. Los datos fueron recolectados y archivados en una tabla realizada específicamente para esta variable (Cuadro 2-14a).

#### **6.3.7.5 Incidencia (%)**

Para esta variable se utilizaron las 10 plantas seleccionadas en la unidad experimental de no aplicación de cada variedad.

Para la determinación de esta variable se apoyó en la toma de datos de la variable severidad. La toma de datos se realizó mensualmente indicando mes a mes el número de plantas infectadas por variedad.

#### **6.3.7.6 Tasa de crecimiento**

Para determinar la tasa de crecimiento de la epidemia se utilizó el método propuesto por Vanderplank; utilizando los datos promedio de severidad de la enfermedad en cada variedad. El modelo aplicado se observa en la página numero 33.



### **6.3.7.7 Variables de respuesta complementaria**

Estas variables fueron tomadas para conocer si existe una relación entre números de pústulas en la hoja y el diámetro de caña y el número de pústulas y grados brix. El número de pústulas se cuantificó en un área de 8cm<sup>2</sup>; tomando las 10 plantas seleccionadas en cada unidad experimental de no aplicación (Figura 2-17a) a los 10 meses de edad del cultivo.

Para tomar el diámetro de cada planta se utilizó un vernier, tomando el entrenudo central de la caña.

Los grados brix son un parámetro de porcentaje de sacarosa en la planta; este fue tomado en el campo con la ayuda de un aparato llamado refractómetro. Se extrajo jugo de las cañas seleccionadas con un aparato especial de pinché, el jugo se depositó en el refractómetro y automáticamente proporcionó el porcentaje de grados brix; todo este procedimiento se realizó para cada planta seleccionada en cada unidad experimental.

Se realizó un conteo de número de pústulas por centímetro cuadrado en ocho posiciones distribuidas sistemáticamente a lo largo del área total de la séptima hoja de cuello visible de arriba hacia abajo (Figura 2-19a), en las plantas seleccionadas en la unidad experimental de no aplicación. Se asignó solo por sistematizar a los dos primeros datos que se tomaron de la vaina para la punta de la hoja a0 y a1, a los segundos datos b0 y b1, a los terceros c0 y c1 y por último los de la punta de la hoja d0 y d1 como se observa en la Figura 2-19a.

Las tres variables se tomaron en cada planta seleccionada.

Se realizó un análisis de correlación en cuanto al número total de pústulas de las ocho posiciones en la hoja con el diámetro de caña de esa misma

## **6.4 ANALISIS DE LA INFORMACION**

Se realizó un análisis de varianza en el programa estadístico SAS (programa utilizado para fines estadísticos) para las variables de producción y rendimiento para conocer en cuanto a los tratamientos (aplicado y no aplicado) si existe diferencia estadística significativa en donde existió la enfermedad y en donde no existió.

Adicionalmente se realizó en el mismo programa una prueba de medias para el factor en el cual existió diferencia significativa.

Se realizó Regresión con número total de pústulas y diámetro de caña y también con número total de pústulas y grados brix; con los datos de las plantas de la unidad experimental de no aplicación.

Se realizó un análisis de correlación en cuanto al número total de pústulas de las ocho posiciones en la hoja con el diámetro de caña de esa misma planta en cada unidad experimental de no aplicación, teniendo para cada correlación 30 datos por variedad (puesto que se juntaron las tres repeticiones), esto con la finalidad de conocer si existe correlación alguna entre el número de pústulas con el diámetro de caña y si existe correlación entre el número de pústulas con los grados brix.

Se realizó un estudio del comportamiento de la enfermedad en las diferentes variedades.

## **7. DISCUSION DE RESULTADOS**

### **7.1 ETAPA INICIAL DE LA ENFERMEDAD**

En el cuadro 2-5 se observa que las variedades SP 79-2233 y CP 72-2086 aproximadamente a 30 días después de la siembra (dds), aparecen en ellas los primeros signos de la enfermedad (para nuestros propósitos constituye el inóculo inicial) encontrando en la variedad SP 79-2233 un porcentaje de severidad de 1% a los 24 dds, mientras que la variedad CP 72-2086 el inóculo inicial se da a los 31 dds con un porcentaje de severidad de 0.2%, mientras que las restantes cinco variedades aun no mostraron pústulas en sus hojas en dicho mes. En el mes de julio el inóculo inicial aparece en las variedades CG 96-135, PR 75-2002, CP 88-1508. En la variedad CG 96-135 aparece con un porcentaje de severidad de 0.1% a los 40 dds, la variedad PR 75-2002 con 0.2% a los 47 dds y la variedad CP 88-1508 con un porcentaje de 0.1% a los 47 dds. Las variedades CP 89-2143 y CP 88-1508 no presentaron en todo el ciclo del cultivo signos de la enfermedad.

Este estudio incluyó solo a las subparcelas de no aplicación, puesto que al momento en que aparecieron los primeros síndromes de enfermedad en el lote experimental se aplicó el fungicida en la subparcela correspondiente.

A continuación se presenta en el cuadro 5 los días después de la siembra en que aparecieron los signos iniciales de la enfermedad en cada variedad.

**Cuadro 2-5.** Aparición de primeros signos de la enfermedad en cada variedad

<b>Variiedad</b>	<b>Dias despues de la siembra</b>	<b>Severidad observada (%)</b>
SP 79-2233	24	1
CP 72-2086	31	0.2
CG 96-135	40	0.1
PR 75-2002	47	0.2
CP 88-1508	47	0.1
CP 88-1165	Nsp	0
CP 89-2143	Nsp	0

Nsp: No se presento ningún signo

## 7.2 INDICE DE SEVERIDAD (%)

Este estudio incluyó solo a las subparcelas de no aplicación de fungicida puesto que las parcelas de aplicación de fungicida estuvieron libres de la enfermedad, ya que desde el momento en que se observó a los 24 días después del establecimiento en la variedad SP 79-2233 los primeros signos de la enfermedad, se inicio con las primeras aplicación de fungicida en las subparcelas debidas.

El comportamiento en el tiempo de la enfermedad fluctuó en forma diferente en las variedades.

Las variedades CP 89-2143 y CP 88-1165 no mostraron síntomas de infección en todo el ciclo del cultivo lo cual demuestra su resistencia total hacia el patógeno en estudio (Figura 2-2). Pero con la rápida evolución de los patógenos, es muy probable que este rompa la resistencia de ambas variedades.

Como se observa en la figura 2-2, la variedad SP 79-2233 muestra los porcentajes de severidad mas altos de las siete variedades, habiendo mostrado el mayor porcentaje de

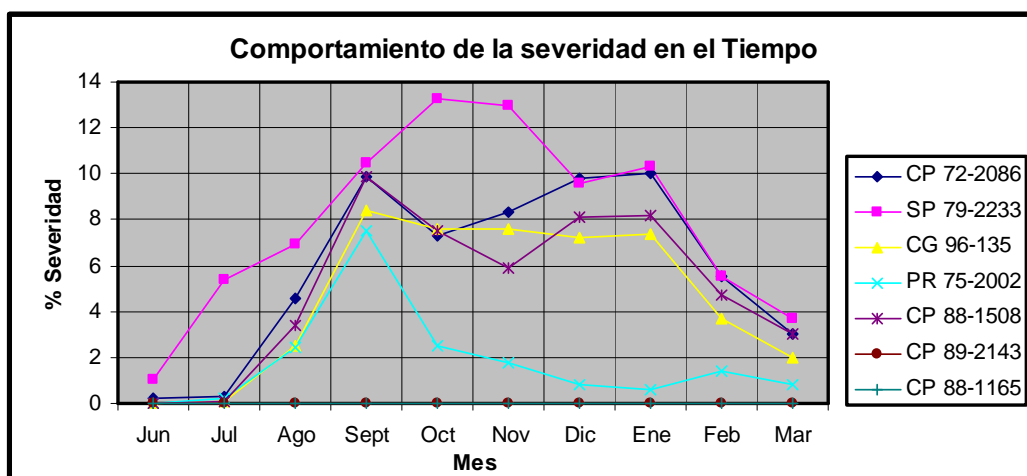
severidad de la enfermedad en los meses de octubre y noviembre. Esta variedad demuestra totalmente su susceptibilidad ante el ataque del patógeno, pero aun así muestra también cierta resistencia vertical; ya que en los meses de julio y agosto la enfermedad creció en gran cantidad pero en los siguientes meses la enfermedad no creció como en relación a los primeros dos meses.

La variedad CP 72-2086 fluctuó en forma diferente a la anterior, puesto que en los dos meses posteriores a la siembra, existió infección pero en porcentajes muy bajos (0.2% y 0.3%); demostrando que la variedad muestra un tipo de resistencia vertical ante el ataque del patógeno, que sucumbió en los siguientes dos meses (agosto y septiembre). En los meses de septiembre, diciembre y enero se observaron los mayores niveles de infección con 9.9%, 9.8% y 10% respectivamente. En esta variedad se observó una decreciente en el porcentaje de infección en el mes de Octubre el cual difiere en relación a la variedad SP 79-2233, la cual en el mes de octubre alcanzo los mayores niveles de infección.

La enfermedad alcanzó en la variedad CG 96-135 su mayor porcentaje de infección en el mes de septiembre con un grado de infección de 8.4 %. La variedad PR 75-2002 presentó su mayor infección en septiembre con un 7.5 %. La variedad CP 88-1508 alcanzo su mayor infección en el mes de septiembre con un porcentaje de infección de 9.9%.

Las variedades CG 96-135, PR 75-2002 y CP 88-1508 al igual que la variedad CP 72-2086, mostraron un cierta resistencia vertical en los primeros dos meses después del establecimiento de la investigación, igualmente esta resistencia sucumbe en los próximos dos meses. Pero en la variedad PR 75-2002 se observa que del mes de septiembre (que es cuando el patógeno alcanzo la mayor infección en esta variedad) hacia el mes de octubre la variedad muestra una resistencia horizontal, puesto que la infección baja de un 7.8% hasta casi un 2%; eso es trabajo de la resistencia horizontal (Vanderplank, J. E. 1963), ya que de el mes de octubre en adelante el porcentaje de infección se mantuvo por debajo del 2%.

Para que exista una epifitía del patógeno deben de existir condiciones (Ryan y Egan 1990, citado en Software CPC, 2007); una de las mas importantes es la humedad relativa (HR), ya que cualquier tipo de roya una alta humedad relativa es una de sus condiciones favoritas para diseminarse e infectar mas exitosamente; y a una alta Precipitación Pluvial el aire se humedece y eso trae como consecuencia una alta humedad relativa.

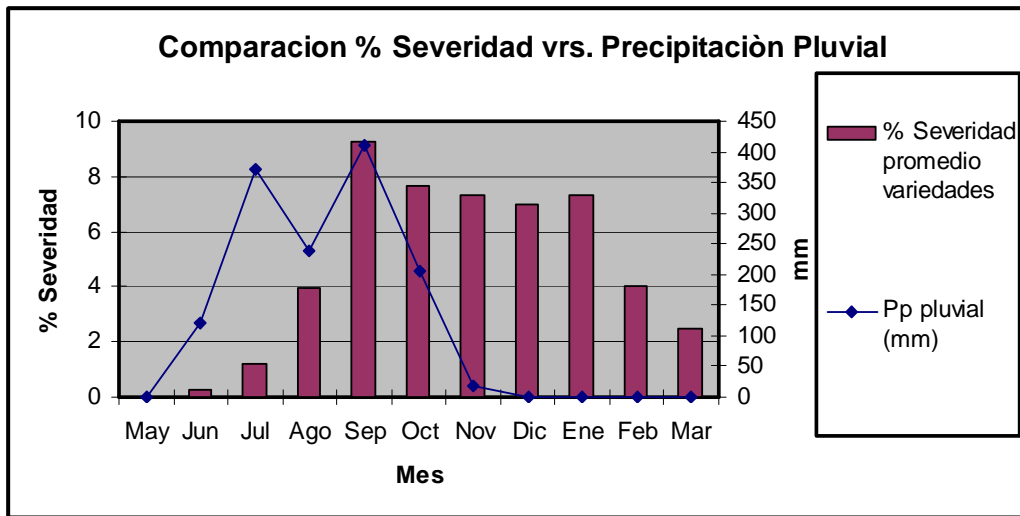


**Figura 2-2.** Gráfica de fluctuación de la severidad de la roya naranja en siete variedades de caña de azúcar, finca Santa luisa II.

Los datos de severidad graficados anteriormente se presentan en el cuadro 2-6.

En la figura 2-3 se observa una comparación entre el Promedio de porcentaje de infección en las siete variedades en el ciclo de cultivo vrs la fluctuación de la precipitación pluvial en los meses en los cuales se llevo a cabo la investigación. Se observa que en el mes de mayo la precipitación pluvial fue de 0 milímetros (mm); en los posteriores meses ésta mostró un crecimiento junto con el aumento de porcentaje de infección en las variedades. Se observa que en el mes de septiembre se tuvieron las más altas precipitaciones pluviales (411mm) del año con HR del 70% y 32 grados Celsius, igualmente en las variedades se tuvieron en el mismo mes los más altos porcentajes de infección promedio en las siete variedades. Esto demuestra que el porcentaje de infección del patógeno se maneja con la fluctuación de las lluvias en todas las variedades. A una alta precipitación pluvial un alto porcentaje de Severidad.

Este organismo (roya naranja) para llegar a una epifítia total necesitaría como se menciona anteriormente de una humedad relativa del 95% y 26 grados Celsius (Ryan y Egan 1990, citado en Software CPC, 2007); septiembre, registrado como el mes mas lluvioso del año 2008 en la zona en donde se realizo la investigación, fue el que mas se acercó a esas condiciones.



**Figura 2-3.** Gráfica de comparación, porcentaje severidad de la roya naranja en variedades de caña de azúcar vrs precipitación pluvial

Fuente: Estación 11. Santa Luisa I y II. Ingenio Magdalena.

### 7.2.1 TASA DE CRECIMIENTO

Se determinó la tasa de crecimiento de la epidemia por medio del método de Vanderplank, utilizando los datos de promedios de porcentajes mensuales de severidad de la enfermedad en cada variedad.

A continuación se presenta un ejemplo de la aplicación del método de Vanderplank; para determinar la tasa de crecimiento de la roya naranja en la variedad CP 72-2086 para el mes de septiembre.

$$r = \frac{2.3}{t_2 - t_1} \left( \log_{10} \frac{x_2}{1 - x_2} - \log_{10} \frac{x_1}{1 - x_1} \right)$$

**r** es la tasa de crecimiento

**t<sub>2</sub> - t<sub>1</sub>** es el tiempo entre la primera y segunda lectura (numero de días del mes)

**X<sub>2</sub>** es la segunda lectura (lectura de septiembre)

**X<sub>1</sub>** es la primer lectura (lectura de agosto)

$$r = \frac{2.3}{30} \left( \text{Log}10 \left( \frac{0.099}{1-0.099} \right) - \left( \text{Log} 10 \left( \frac{0.046}{1-0.046} \right) \right) = 2.7$$

Esta metodología se aplicó para cada variedad en los meses donde existió incremento de la severidad de la roya naranja.

En el cuadro 2-6 se presenta el promedio de porcentaje mensual de severidad de la enfermedad observada en campo y la respectiva tasa de crecimiento teórica.

**Cuadro 2-6.** Tabla de severidad promedio/mes y tasa de crecimiento mensual de la roya naranja.

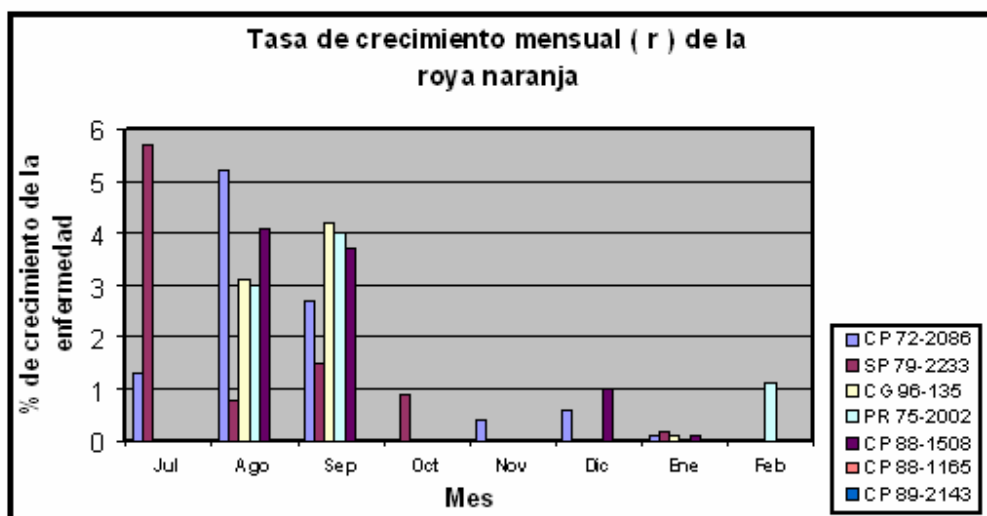
Mes	Severidad promedio/mes y tasa de crecimiento mensual									
	CP 72-2086		SP 79-2233		CG 96-135		PR 75-2002		CP 88-1508	
	% severidad en campo	tasa de crecimiento %	% severidad en campo	tasa de crecimiento %	% severidad en campo	tasa de crecimiento %	% severidad en campo	tasa de crecimiento %	% severidad en campo	tasa de crecimiento %
May	0		0		0		0		0	
Jun	0,2		1		0		0		0	
Jul	0,3	1,3	5,4	5,7	0,1		0,2		0,1	
Ago	4,6	5,2	6,9	0,8	2,5	3,1	2,4	2,9	3,4	4,1
Sep	9,9	2,7	10,5	1,5	8,4	4,24	7,5	4	9,9	3,7
Oct	7,3		13,3	0,8	7,6		2,5		7,5	
Nov	8,3	0,4	13		7,6		1,8		5,9	
Dic	9,8	0,6	9,6		7,2		0,8		8,1	1,1
Ene	10	0,1	10,3	0,2	7,4	0,1	0,6		8,2	0,1
Feb	5,5		5,5		3,7		1,4	1	4,7	
Mar	3		3,7		2		0,8		3	
Promedio		1,03		0,9		0,7		0,8		0,9

En la figura 2-4 se presenta el análisis sobre la tasa de crecimiento teórica que la enfermedad presentó en el ciclo de cultivo en las diferentes variedades; en la que se observa que en el mes de julio la enfermedad creció 1.3% en la variedad CP 72-2086 y 5.4% en la variedad SP 79-2233, esto quiere decir que la enfermedad en la variedad CP 72-2086, por cada 100 lesiones presentes en las hojas del cultivo se generaron 1.3 lesiones por día en dicho mes; mientras que en la variedad SP 79-2233 en el mismo mes se generaron 5.4 lesiones por día por cada 100 que existían.

Los meses de julio, agosto y septiembre fueron de crecimiento para la enfermedad. En julio la enfermedad solo creció en dos variedades, mientras que en los meses de agosto y septiembre, la enfermedad se incremento en las cinco variedades afectadas; en dichos

meses se presento en la finca la mayor cantidad de precipitación pluvial del año (figura 3); teniendo una relación entre el crecimiento de la enfermedad y la cantidad de precipitación pluvial en el lugar; puesto que a mayor cantidad de lluvia, una mayor humedad en el aire (humedad relativa), y esto crea condiciones para la reproducción del patógeno.

Las variedades CP 88-1165 y CP 89-2143 como se mencionó anteriormente no fueron afectadas por la enfermedad.



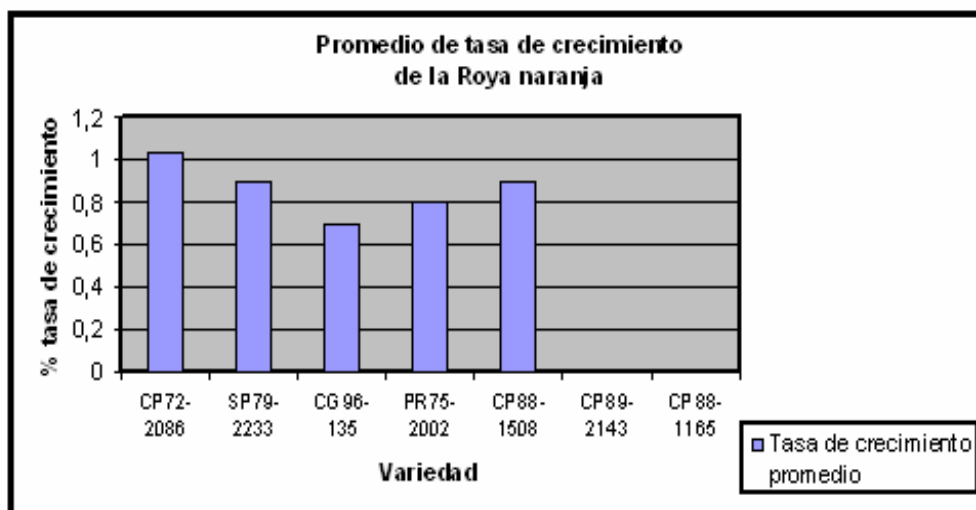
**Figura 2-4.** Gráfica de tasa de crecimiento mensual de la roya naranja en siete variedades de caña de azúcar, finca Santa Luisa II.

Los datos graficados en figura 2-4 se presentan en el cuadro 2-6.

A continuación se presentan los promedios de tasa de crecimiento en cada variedad. La enfermedad muestra una tasa de crecimiento promedio en la variedad CP 72-2086 del 1%, esto indica que la enfermedad por cada 100 pústulas presentes en la variedad, se incrementaba 1 pústula diaria en promedio. Como se observa en la figura 2-5, el crecimiento promedio de la enfermedad en las demás variedades se mantuvo por debajo del 1% observado en la CP 72-2086.

La variedad SP 79-2233 fue la variedad en donde se observaron los mayores porcentajes de infección de la enfermedad, pero fue en la variedad CP 72-2086 en donde existió el mayor promedio de crecimiento de la roya naranja.





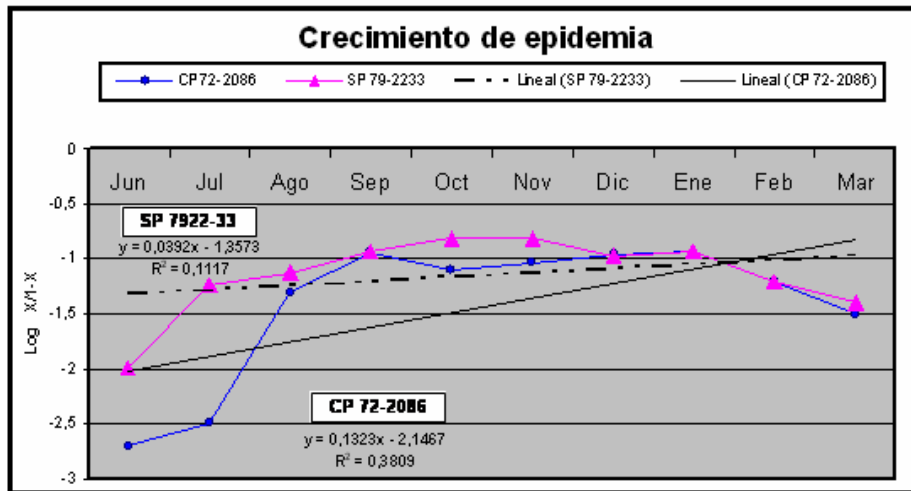
**Figura 2-5.** Gráfica de tasa de crecimiento promedio de la roya naranja en siete variedades de caña de azúcar, finca Santa luisa II.

Para expresar mejor el crecimiento de la enfermedad de manera grafica, se colocó en el eje Y  $\text{Log } X/1-X$  y en eje X el tiempo (Vanderplank, 1963), siendo muy útil esta metodología para la comparación de crecimiento de epidemia entre las variedades CP 72-2086 y SP 72-2233.

Como se observa en la figura 2-6 la línea de tendencia del crecimiento de la enfermedad en la variedad CP 72-2086 demuestra como se menciona anteriormente, que esta variedad tuvo en los primeros meses una resistencia vertical que sucumbió a tal grado que la línea de tendencia de crecimiento de la enfermedad en el ciclo del cultivo fue con mayor pendiente y esto indica que fue mayor que el de la otra variedad. La variedad SP 79-2233 si es cierto que se observaron los mayores porcentajes de severidad de la enfermedad, pero según la línea de tendencia del crecimiento de la de la enfermedad tiene menor pendiente que la de la CP 72-2086, esto quiere decir que la enfermedad creció menos en la variedad SP a lo largo del cultivo, afirmando lo observado en la figura 2-5, que esta variedad tiene una menor tasa de crecimiento promedio que la CP 72-2086.

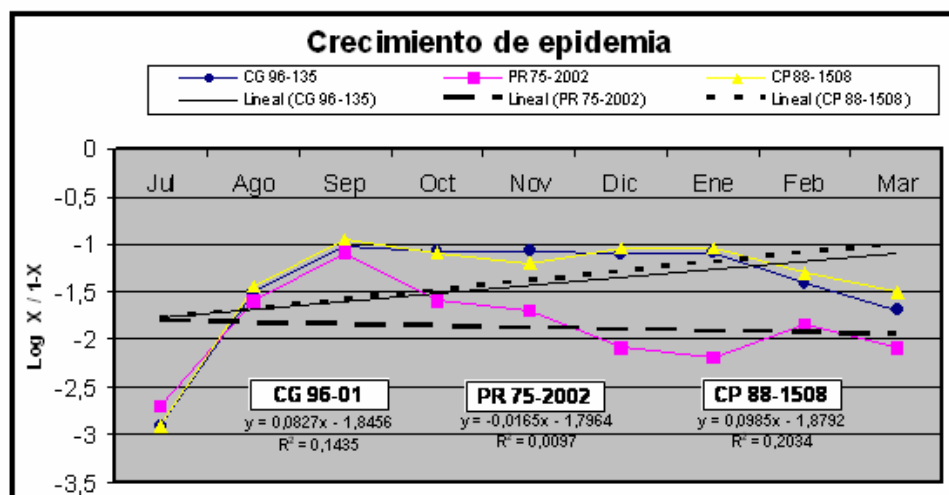
Pero no hay que alarmarse, puesto que como se observa con los datos de  $R^2$  de ambas variedades, esta lejano a 1, y esto quiere decir que la pendiente de la línea de tendencia

de la enfermedad en ambas variedades es baja, puesto que la enfermedad aun no encuentra buenas condiciones para su mayor crecimiento.



**Figura 2-6.** Gráfica de crecimiento de la enfermedad roya naranja en variedades de caña de azúcar en finca Santa luisa II.

En la figura 2-7 se observa el crecimiento de la enfermedad roya naranja en las variedades CG 96-01, PR 75-202 y CP 88-1508, en donde el crecimiento de la epidemia no fue significativo en ninguna de las tres variedades puesto que como se observa las líneas de tendencia de la enfermedad tienen muy poca pendiente y en la variedad PR 75-2002 casi nula. El  $R^2$  en las tres variedades está muy lejos de 1 lo cual confirma que la enfermedad creció muy poco. Estas variedades presentan una resistencia vertical al inicio del ataque de la enfermedad, puesto que hasta dos meses después del establecimiento del cultivo se observaron signos de la enfermedad en ellas.



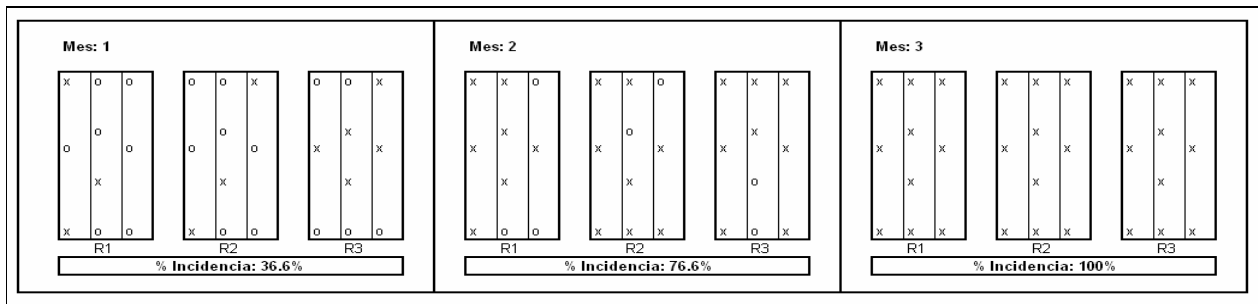
**Figura 2-7.** Gráfica de crecimiento de enfermedad roya naranja en variedades de caña de azúcar en finca Santa luisa II.

### 7.3 ÍNDICE DE INCIDENCIA (%)

Este estudio solo se realizó en las subparcelas de no aplicación de fungicida, puesto que las parcelas aplicadas estuvieron libres de la enfermedad.

Siendo la incidencia el porcentaje de individuos infectados en un determinado tiempo y espacio, expresado en porcentaje; en las siguientes figuras observamos una distribución espacial de las plantas seleccionadas al inicio del experimento en cada una de las tres repeticiones. Se muestra el porcentaje de incidencia desde el primer mes hasta el mes en el cual se alcanzó el nivel de 100% de incidencia; el cual se mantuvo hasta el final del experimento en todas las variedades.

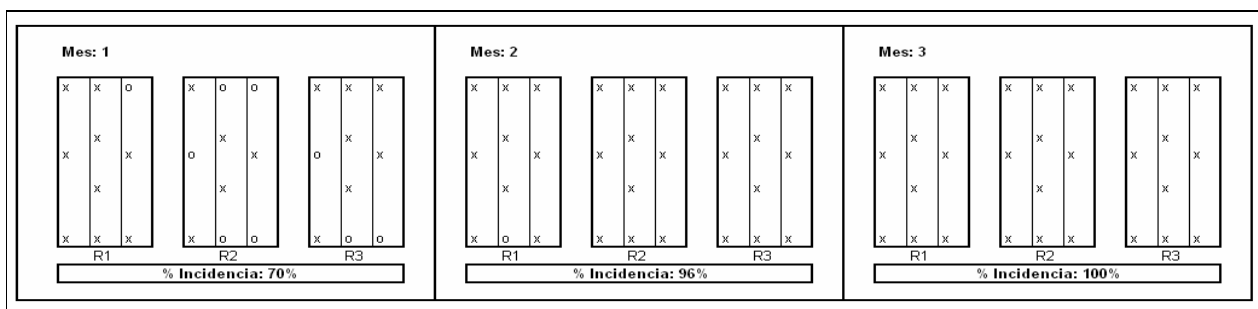
### 7.3.1 Variedad CP 72-2086



**Figura 2-8.** Croquis de plantas seleccionadas en cada repetición y la evolución de la enfermedad en el espacio en variedad CP 72-2086.

En la figura 2-8 se observa la evolución de la enfermedad en el espacio en cuanto al porcentaje de incidencia en la población en la variedad CP 72-2086. El primer mes después de establecido es ensayo se observa un porcentaje de incidencia del 36.6%, en el segundo mes existió una incidencia de 76.6%; el tercer mes después del establecimiento la incidencia llegó a alcanzar el 100% de incidencia en la población el cual ya no bajo de ese porcentaje.

### 7.3.2 Variedad SP 79-2233

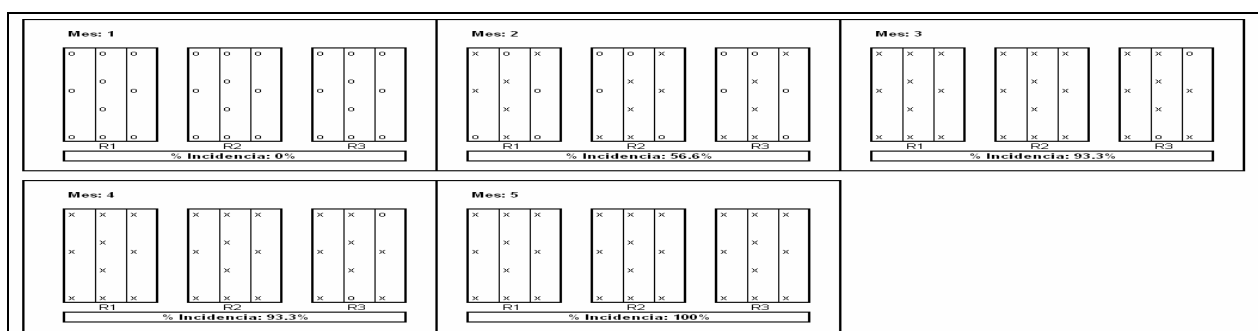


**Figura 2-9.** Croquis de plantas seleccionadas en cada repetición y la evolución de la enfermedad en el espacio en variedad SP 79-2233.

La figura 2-9 muestra la evolución de la enfermedad en la variedad SP 79-2233 y se observa que en el primer mes existió una incidencia de 70%, teniendo el porcentaje de incidencia más alto del mes uno, en relación con las demás variedades; demostrando así

alta susceptibilidad al ataque de la enfermedad desde el inicio de su ciclo vegetativo, puesto que el 70% de su población se infectó y mostró los signos de la enfermedad un mes después del establecimiento del ensayo. En tres meses esta variedad llegó a una incidencia del 100% manteniéndose hasta el final del ciclo.

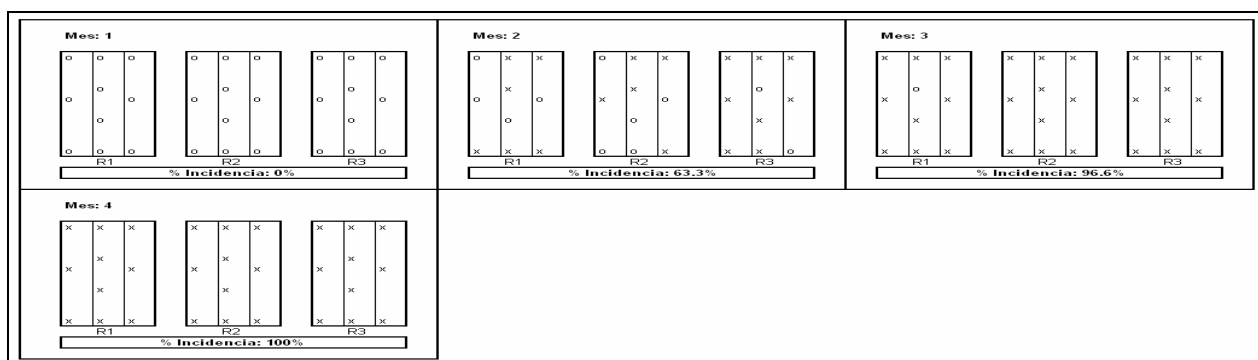
### 7.3.3 Variedad CG 96-135



**Figura 2-10.** Croquis de plantas seleccionadas en cada repetición y la evolución de la enfermedad en el espacio en variedad CG 96-135.

La variedad CG 96-135 según lo observado en la figura 2-10 presentó resistencia en el primer mes, puesto que la incidencia estaba en un 0%, fue en el segundo mes cuando los signos de la enfermedad se presentaron en la población en un 56.6% de incidencia; y hasta en el quinto mes la enfermedad logro llegar al 100% incidencia.

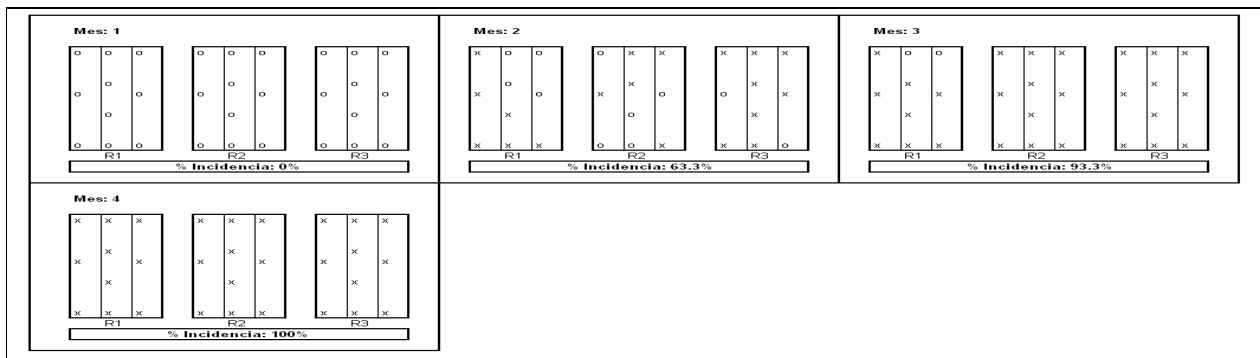
### 7.3.4 Variedad PR 75-2002



**Figura 2-11.** Croquis de plantas seleccionadas en cada repetición y la evolución de la enfermedad en el espacio en variedad PR 75-2002.

La variedad PR 75-2002 mostró al igual que la variedad CG 96-135 resistencia a la enfermedad en los inicios de su ciclo vegetativo. La incidencia en el primer mes fue de 0%; la cual en el cuarto mes se incremento al 100% para ya no descender al igual que las demás variedades.

### 7.3.5 Variedad CP 88-1508

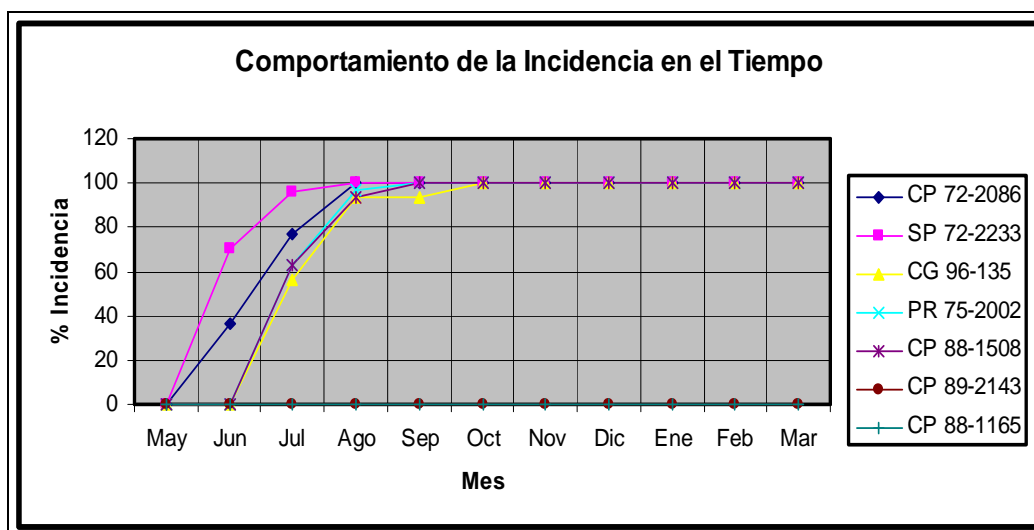


**Figura 2-12.** Croquis de plantas seleccionadas en cada repetición y la evolución de la enfermedad en el espacio en variedad CP 88-1508.

La variedad CP 88-1508 presentó una evolución de la enfermedad muy similar a la evolución de la variedad PR 75-2002, mostrando al inicio resistencia, llegando a tener en el segundo mes un porcentaje de incidencia de 63.3%, incrementándose en un 30% para el tercer mes y llegando al máximo nivel de incidencia en el cuarto mes.

A continuación se presenta en la figura 2-13, el comportamiento de la enfermedad en cuanto al porcentaje de incidencia en las siete diferentes variedades con relación al tiempo. Se observa que las siete variedades mostraron un comportamiento similar, excluyendo en lo mínimo a las variedades SP 79-2233 y CP 72-2086. La primera en mención es la variedad que en el primer mes después del establecimiento mostró los niveles de incidencia más altos, llegando a un total del 70% de plantas con signos de enfermedad lo cual confirma su alta susceptibilidad ante el ataque de la roya naranja desde los primeros inicios del ciclo vegetativo y no mostró ningún tipo de resistencia; mientras que la variedad CP 72-2086 también demostró susceptibilidad ante la enfermedad, aunque con niveles de porcentaje de incidencia mas bajos que la variedad

anteriormente mencionada; se encontraron desde el primer mes, plantas con signos de enfermedad, alcanzando 36% de planta enfermas, en el segundo la enfermedad alcanzó el 80% de incidencia en esta variedad y al tercer mes ya había alcanzado el 100%.



**Figura 2-13.** Gráfica de comportamiento de la incidencia de la enfermedad roya naranja en variedades de caña de azúcar, finca Santa Luisa II.

#### 7.4 PRODUCCIÓN (toneladas métricas/ha)

En el cuadro 2-7 se presenta el análisis de varianza para la variable producción en los diferentes factores e interacciones de los mismos. Para el factor variedad se observa que el valor de P es menor que el nivel de significancia, lo cual afirma que existe una diferencia estadística significativa entre las variedades en cuanto a la producción; esto se puede relacionar más a una diferencia varietal y no al efecto del patógeno.

Para el factor tratamiento el valor de P es menor al valor del nivel de significancia lo cual dice que existe una diferencia estadística significativa en los tratamientos de aplicación y no aplicación de las variedades. La presencia de la enfermedad en los niveles de infección presentados a lo largo de la investigación muestran un efecto negativo en las parcelas de no aplicación de fungicida. Esto quiere decir que la presencia del patógeno si afectó a las variedades en cuanto a la producción de caña se refiere.

En la interacción entre la variedad y el tratamiento no existe una diferencia estadística significativa puesto que el valor de P es mayor que el valor del nivel de significancia.

**Cuadro 2-7.** Análisis de varianza realizado en SAS para la variable Producción de caña en tonelada por hectárea.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Pr
Repetición	2	1030.67	515.33	16.59	0.0002
Variación	6	3598.03	599.67	19.31	0.0001
Tratamiento	1	262.40	262.40	8.45	0.01
Interacción					
Variación * Tratamiento	6	262.06	43.67	1.41	0.27
Error	14	434.76	31.05		
Total	41	7619.69			

C.V.= 13.06 %

Nivel de Significancia: 0.05

A continuación en el cuadro 2-8 se presenta la prueba de medias entre variedades. En la cual se observa que la variedad de más producción de caña en esta investigación fue la variedad CP 88-1508 superando a la variedad CP 72-2086 que se encuentra como la segunda mejor en producción. La CP 88-1165 se presentó como la tercera mejor en producción de caña; las demás variedades se encuentran en un mismo escalón de producción.

Como se mencionó anteriormente esta diferencia en producción de caña entre variedades es por una cuestión varietal y no por el efecto de la enfermedad en las variedades.

**Cuadro 2-8.** Prueba de medias para la variable Producción y el factor variedad.

Variación	Media (toneladas métricas/ha)	Literal
CP 88-1508	58.46	A
CP 72-2086	52.77	B
CP 88-1165	44.58	C
PR 75-2002	40.97	D
CG 96-135	36.66	D
SP 79-2233	33.32	D
CP 89-2143	31.80	D

En el cuadro 2-9 se presenta la prueba de medias realizado para los tratamientos de aplicado y no aplicado, en el cual las parcelas aplicadas con fungicida superan en producción a las parcelas de no aplicación. Esta prueba tomó en cuenta a las 21 parcelas de todas las variedades de aplicación contra las 21 parcelas de todas las variedades de no



aplicación; teniendo como resultado que en promedio las parcelas de aplicación superan en producción a las parcelas de no aplicación, esto nos da un indicio que en promedio, en las siete variedades, la enfermedad afecto en la producción de caña.

Individualmente en la figura 2-14 se presenta la producción de caña por variedad en ambos tratamientos (aplicado y no aplicado); Las variedades CP 88-1165 y CP 89-2143 tuvieron perdidas del 8% y 18% respectivamente, lo cual no se puede relacionar con efecto de la enfermedad puesto que estas dos variedades mostraron inmunidad al no ser infectadas por la enfermedad en todo el ciclo del cultivo.

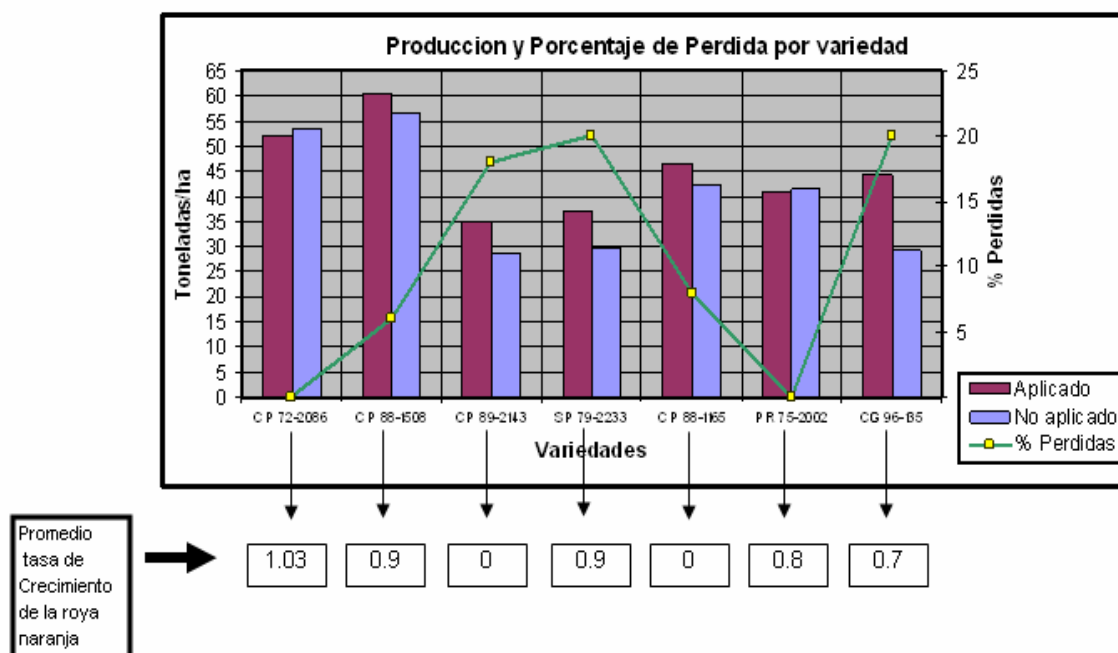
Con los porcentajes de infección observados en las variedades CP 72-2086 y PR 75-2002 estas demuestran ser resistentes en cuanto al efecto de la enfermedad se refiere; puesto que como se observa en la figura 2-14, en estas dos variedades las parcelas de no aplicación superan en producción de caña a las parcelas de aplicación. Esto quiere decir que la enfermedad, que si se presento en estas dos variedades, no afecto en la producción de caña de las mismas.

Como se observa en la figura 2-14 las variedades CP 88-1508, SP 79-2233 y CG 96-135, fueron afectadas en la producción de caña por la enfermedad; puesto que para la variedad CP 88-1508 se tuvieron perdidas del 6% y con una tasa de crecimiento de la enfermedad en la variedad del 0.9%, en la variedad SP 79-2233 con perdidas del 19.5% y una tasa de crecimiento de la enfermedad del 0.9% y en la variedad CG 96-135 las perdidas llegaron hasta un 20%, siendo esta la variedad que mas perdidas muestra en cuanto a producción de caña y con una tasa de crecimiento de la enfermedad en dicha variedad del 0.7%.

**Cuadro 2-9.** Prueba de medias para la variable Producción y el factor tratamiento.

TRATAMIENTO	MEDIA	LITERAL
Aplicado	45.15	A
No aplicado	40.15	B

A continuación se presenta la grafica que muestra la producción de caña por variedad y el porcentaje de perdida que en ellas existió.



**Figura 2-14.** Gráfica de relación entre producción de caña y porcentaje de pérdida por variedad.

## 7.5 RENDIMIENTO (lb. azúcar / ton. métrica)

En el cuadro 2-10 se presenta el análisis de varianza para la variable rendimiento de azúcar en los diferentes factores e interacciones de los mismos. El factor variedad muestra un valor de P menor que el nivel de significancia utilizado (0.05), esto afirma que entre las variedades existe diferencia estadística significativa en cuanto al rendimiento de azúcar se refiere; esta diferencia se puede relacionar a las características propias de cada variedad; puesto que cada una posee diferentes niveles de producción.

Para los restantes factores e interacciones se observa que el  $Pr >$  al nivel de significancia; lo cual dice que no existe diferencia estadística significativa en los factores Repetición, Interacción Variedad\*Tratamiento ni en la interacción Repetición\*Variedad.

El factor Tratamiento (aplicado y no aplicado) que es el que interesa en la investigación no muestra diferencias estadísticas significativas. Entonces la presencia del patógeno en el cultivo no presenta ningún efecto en cuanto al rendimiento de azúcar se refiere; esto

ocurre con los niveles de porcentaje de severidad alcanzados por la enfermedad en esta investigación.

**Cuadro 2-10.** Análisis de varianza realizado en SAS para la variable Rendimiento de azúcar en libras de azúcar por tonelada métrica.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Pr
Repetición	2	1448.15	724.07	1.60	0.23
Variedad	6	10889.26	1814.87	4.02	0.01
Tratamiento	1	785.98	785.98	1.74	0.20
Interacción					
Variedad * Tratamiento	6	3195.76	532.62	1.18	0.37
Error	14	63.26	451.90		
Total	41	25664.55			

C.V.= 7.14 %  
Nivel de Significancia: 0.05

Según el análisis post-andeva realizado en SAS, para el factor Variedad, se considera que la variedad CP 89-2143 tiene el mayor rendimiento; mientras que las variedades PR 75-2002, CG 96-135, CP 72-2086 y CP 88-1165 se encuentran estadísticamente por debajo de la variedad CP 89-2143 (cuadro 2-11). Esta diferencia entre el rendimiento de azúcar es a consecuencia de una diferencia varietal y no por la presencia del patógeno en el cultivo.

**Cuadro 2-11.** Prueba de medias para la variable rendimiento de azúcar y el factor variedad.

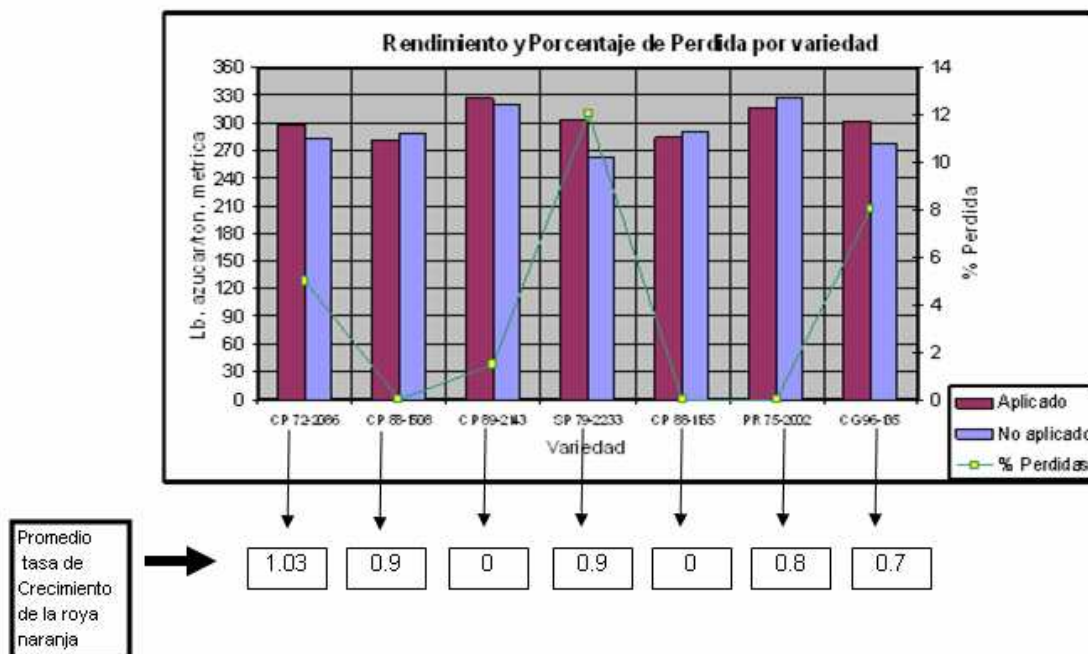
VARIEDAD	MEDIA (lb azúcar/ton métrica)	LITERAL
CP 89-2143	324.13	A
PR 75-2002	320.87	B
CG 96-135	290.16	B
CP 72-2086	290.15	B
CP 88-1165	287.09	B
CP 88-1508	284.76	C
SP 79-2233	284.06	C

A continuación se presenta una gráfica en la cual se analizan los rendimientos promedio de las variedades y las pérdidas que se obtuvieron en ellas; en donde se observa que las diferencias en cuanto a rendimiento no son significativas, tal y como se menciona en los

resultados del análisis de varianza; puesto que no todas las variedades muestran pérdidas en el rendimiento y las que muestran una decreciente en el rendimiento no puede tomarse como algo significativo.

Se observa que cuatro de las siete variedades muestran pérdidas en cuanto al rendimiento de azúcar se refiere; La variedad CP 89-2143 es una de ellas; pero como se menciona anteriormente esta variedad no fue infectada por el patógeno y por ende no puede relacionarse esta pérdida en rendimiento al efecto de la roya naranja.

Las restantes tres variedades que muestran pérdidas son la CP 72-2086 que tuvo pérdidas del 5% con una tasa de crecimiento promedio de la enfermedad en dicha variedad del 1.03%, la variedad SP 79-2233 con pérdidas del 13% y una tasa de crecimiento promedio de la enfermedad del 0.9% y la variedad CG 96-135 que tuvo pérdidas del 8% con una tasa de crecimiento de la enfermedad del 0.7%; estas dos ultimas son las únicas variedades que tuvieron pérdidas en producción de caña y rendimiento de azúcar. Aunque en rendimiento no significativamente según el análisis de varianza, pero que al final son pérdidas las cuales se muestran en la figura 2-15.



**Figura 2-15.** Gráfica de relación entre rendimiento de azúcar y porcentaje de pérdida por variedad.

## 7.6 VARIABLES COMPLEMENTARIAS

Para la realización del siguiente análisis solo se tomaron en cuenta las subparcelas de no aplicación puesto que las de aplicación no tenían ningún signo de la enfermedad. Según los análisis de correlación realizados en cuanto al número total de pústulas en 8cm<sup>2</sup> en toda el área foliar (Figura 2-19a) con el diámetro de caña, no existe ninguna relación entre estas; puesto que el R<sup>2</sup>ajustado para todas las pruebas esta lejano a 1, mientras que el coeficiente de correlación tampoco se ajusta. La pendiente en todas las pruebas esta en cercanía a cero, lo cual confirma que no existe relación alguna entre la zona foliar afectada y el diámetro de caña.

Para la correlación entre el número total de pústulas en ocho centímetros<sup>2</sup> y el porcentaje de grados brix, igualmente no existe correlación alguna entre estas, puesto que como en el caso anterior el R<sup>2</sup>ajustado para todas las pruebas esta lejos de 1, la pendiente de todas las pruebas esta cerca de cero y el coeficiente de correlación no se ajusta. (cuadro 2-17a hasta 2-24a y figura 2-20a hasta 2-29a)

En todas las pruebas de correlación realizadas se presenta el modelo para cada una de ellas, siendo este no significativo por las razones anteriormente descritas.

## 8. CONCLUSIONES

- a. La roya naranja afectó en la producción de caña de tres de las siete variedades evaluadas; la variedad CP 88-1508, la variedad SP 79-2233 y la variedad CG 96-135. Cuando la enfermedad se presenta en el ciclo de cultivo de las variedades CP 72-2086 y PR 75-2002 con promedios de infección menores al 8.4% y 10% respectivamente y con tasas de crecimiento promedio de la enfermedad del 1 y 0.8% respectivamente la roya naranja no influye en la producción de caña. La roya naranja no afectó significativamente en el rendimiento de azúcar de las variedades evaluadas; siempre y cuando los porcentajes de infección se encuentren en igualdad o por debajo de los observados en esta investigación.
- b. La variedad CP 72-2086 es susceptible al ataque de la roya naranja. Y cuando la enfermedad se presenta con una tasa de crecimiento promedio del 1.03 en dicha variedad no interfiere en la producción de caña, pero si interfiere en el rendimiento de azúcar.
- c. La variedad SP 79-2233 es la variedad más susceptible en cuanto al ataque inicial de la roya naranja seguida cercanamente por la variedad CP 72-2086. La variedad SP 79-2233 es la más susceptible al ataque de la enfermedad en todo el ciclo de cultivo, seguida por las variedades CP 72-2086 y CP 88-1508. Las variedades CP 72-2086, CG 96-135, PR 75-2002 y CP 88-1508 mostraron un tipo de resistencia vertical en los primeros dos meses, que sucumbió en los próximos meses. Los meses de mayor porcentaje de infección y de crecimiento de la enfermedad son los meses de septiembre y octubre y son los meses de las más altas precipitaciones pluviales. La severidad del ataque de la enfermedad varía en cuanto a la variedad de caña y a las condiciones climáticas que se presenten.

La mayor tasa de crecimiento promedio de la enfermedad se encontró en la variedad CP 72-2086, seguida por las variedades SP 79-2233 y CP 88-1508.

La variedad SP 79-2233 mostró los niveles de severidad más altos, pero en la variedad CP 72-2086 la enfermedad crece más.

La enfermedad alcanza el 100% de incidencia en la población a tres meses después de la siembra en las variedades SP 79-2233 y CP 72-2086. Mientras que en la variedad PR 75-2002 y CP 88-1508 llega a máximo nivel de incidencia a los cuatro meses después de la siembra. En la variedad CG 96-135 alcanza el 100% de incidencia a los cinco meses de edad de cultivo.

Las variedades CP 89-2143 y CP 88-1165 son resistentes ante el ataque severo de la enfermedad de la roya naranja.

No existe ninguna relación en cuanto al número de pústulas observadas y el diámetro de caña, y el número de pústulas observadas y los grados brix.

## **9. RECOMENDACIONES**

Con base en los resultados obtenidos y la experiencia adquirida se recomienda:

- a. Realizar monitoreos constantes y minuciosos en las variedades de importancia comercial para el gremio cañero, con el objetivo de seguir recopilando información del comportamiento de la enfermedad en los posteriores meses y años en dichas variedades.
- b. Iniciar un cambio paulatino de las variedades susceptibles a la enfermedad CP 72-2086 y SP 79-2233 tomando en cuenta las variedades resistente a la Roya naranja CP 88-1165 y la variedad CP 89-2143.
- c. Realizar más investigaciones sobre el efecto de la roya naranja en variedades comercialmente importantes, a diferentes épocas de siembra y a diferentes estratos altitudinales de la zona cañera.
- d. Realizar investigaciones sobre el comportamiento de la roya naranja en diferentes variedades tomando muy en cuenta las características ambientales y climáticas como velocidad del viento, humedad relativa, precipitación pluvial y temperatura de los lugares donde se establezcan las investigaciones.

## 10. BIBLIOGRAFIA

1. Agrios N, G. 2005. Plant pathology. 15 ed. US, University of Florida, Department of Plant Pathology / Elsevier Academic Press. p. 562–580.
2. Aguilar De León, JD. 1975. La caña de azúcar en Guatemala. Guatemala, Universidad Rafael Landívar. 212 p.
3. Arana González, ÁD. 2002. Evaluación de tres compuestos inorgánicos y un aceite vegetal para el control de la cenicienta del rosal *Oidium* sp. Tesis Lic. Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 60 p.
4. AZASGUA (Asociación de Azucareros de Guatemala, GT). 2008. Cifras de producción (en línea). Guatemala. Consultado 20 mar 2008. Disponible en: <http://www.azucar.com.gt/03cifras.htm>
5. BANGUAT (Banco de Guatemala, GT). 2008. Cifras de producción. Guatemala. Disponible en: <http://www.banguat.gob.gt/>
6. Barrios, R. 2008. Roya naranja, situación actual del país (entrevista). Escuintla, Guatemala, Ingenio Magdalena, Departamento de Investigación.
7. CABI, UK. 2006. CPC, Crop Protection Compendium: *Puccinia kuehnii*. UK. 2 CD.
8. CENGICAÑA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, GT). 2008a. Informe anual 2006-2007. Guatemala. p. 31-34, 100.
9. \_\_\_\_\_. 2008b. Informe anual 2007-2008. Guatemala. 66 p.
10. Echeverría Pérez, CE. 1992. Evaluación de la incidencia de 5 enfermedades sobre 12 variedades de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en Pantaleón, Siquinalá, Escuintla. EPSA Investigación Inferencial. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 37 p.
11. Erazo, S. 2008. Roya naranja, situación actual del país (entrevista). Escuintla, Guatemala, Ingenio Magdalena, Departamento de Investigación.
12. Inforpressca.com. 2008. Masagua, Escuintla: características (en línea). Consultado 15 jun 2008. Disponible en: <http://www.inforpressca.com/masagua/mapa.php>
13. Mas López, CE. 1983. Evaluación de niveles de N-P2O5-K2O y épocas de aplicación sobre el rendimiento de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en finca Bulbuxyá. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 32 p.



14. Morales Mayen, EA. 1999. Evaluación del efecto de cachaza, nitrógeno y fósforo en caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en el conjunto de suelos tonquin (Lithic Hapludands) finca Pantaleón, Siquinalá, Escuintla. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 51 p.
15. NAPPO (North American Plant Protection Organization, US). 2007. Detecciones de roya de la caña de azúcar, *Puccinia kuehnii*, en el condado de Palm Beach, Florida, Estados Unidos (en línea). US, Sistema de Alerta Fitosanitaria. Consultado 20 mar 2008. Disponible en: <http://www.pestalert.org/espanol/oprDetail.cfm?oprID=270&keyword=Puccinia%20kuehnii>
16. Ovalle Sáenz, W. 1997. Manual para identificación de enfermedades de la caña de azúcar. Guatemala, Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar. p. 16.
17. San Juan Reynoso, L. 2003. Efecto de la aplicación de fósforo en el cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en primera soca, variedad PR-872080, en suelos andisoles de la finca Cañaverales del Sur, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 57 p.
18. Solares, E. 2008. Roya naranja, situación actual del país (entrevista). Escuintla, Guatemala, Ingenio Magdalena, Departamento de Investigación.
19. Van der Plank, JE. 1963. Plant diseases: epidemics and control. NY, US, Wiley. 349 p.
20. Wikipedia.com 2008. Cultivo de la caña de azúcar (en línea). España. Consultado 20 mar 2008. Disponible en: <http://es.Wikipedia.org/wiki/Ca%C3%B1a-de-az%C3%BAcar>

## 11. ANEXOS

Cuadro 2-12a. Evolución de la agroindustria azucarera en Guatemala

**EVOLUCIÓN DE LA AGROINDUSTRIA AZUCARERA**  
ZAFRA 2004/2005, DEL 1/NOV/2004 AL 31/OCT/2005  
(EN QUINTALES, SACOS Y TONELADAS MÉTRICAS)

ZAFRA	AREA COSECHADA (MILES HA)	CAÑA MOLIDA (Miles de TM)	RENDIMIENTO Caña (TM/Ha)	Capacidad (TM) de Molinera diaria de la Industria	PRODUCCION DE AZUCAR			RENDIMIENTO AZUCAR	
					Quintales (En millones)	Sacos de 50kg (En millones)	TM	(Lbs/TC)	(Kg/TM)
1984-85	84	5,570	66.3	53,093	11.95	11.00	549,831	197	99
1989-90	110	8,835	80.3	78,266	18.24	16.78	838,861	190	95
1994-95	150	12,917	86.1	73,852	28.11	25.87	1,293,259	200	100
1996-97	170	14,793	87.0	103,123	32.98	30.34	1,517,089	205	103
1997-98	180	17,666	98.1	119,955	38.95	35.84	1,791,757	203	101
1998-99	180	15,645	86.9	110,534	34.42	31.66	1,583,116	202	101
1999-00	180	14,339	79.7	116,747	35.98	33.10	1,655,235	231	115
2000-01	180	15,179	84.3	122,045	37.21	34.24	1,711,900	226	113
2001-02	185	16,900	91.4	125,192	41.55	38.23	1,911,494	226	113
2002-03	187	16,324	87.3	124,551	40.92	37.64	1,882,190	226	113
2003-04	194	17,781	91.7	122,531	43.60	40.12	2,005,820	226	113
2004-05	197	17,820	90.5	131,210	44.29	40.74	2,037,130	229	114

**EQUIVALENCIAS**

**1a TM: 21,7391 qq**  
**1 Lb: 0.46 kg**

Fuente. Banco de Guatemala.

Cuadro 2-13a. Azúcar exportada del país a su destino.

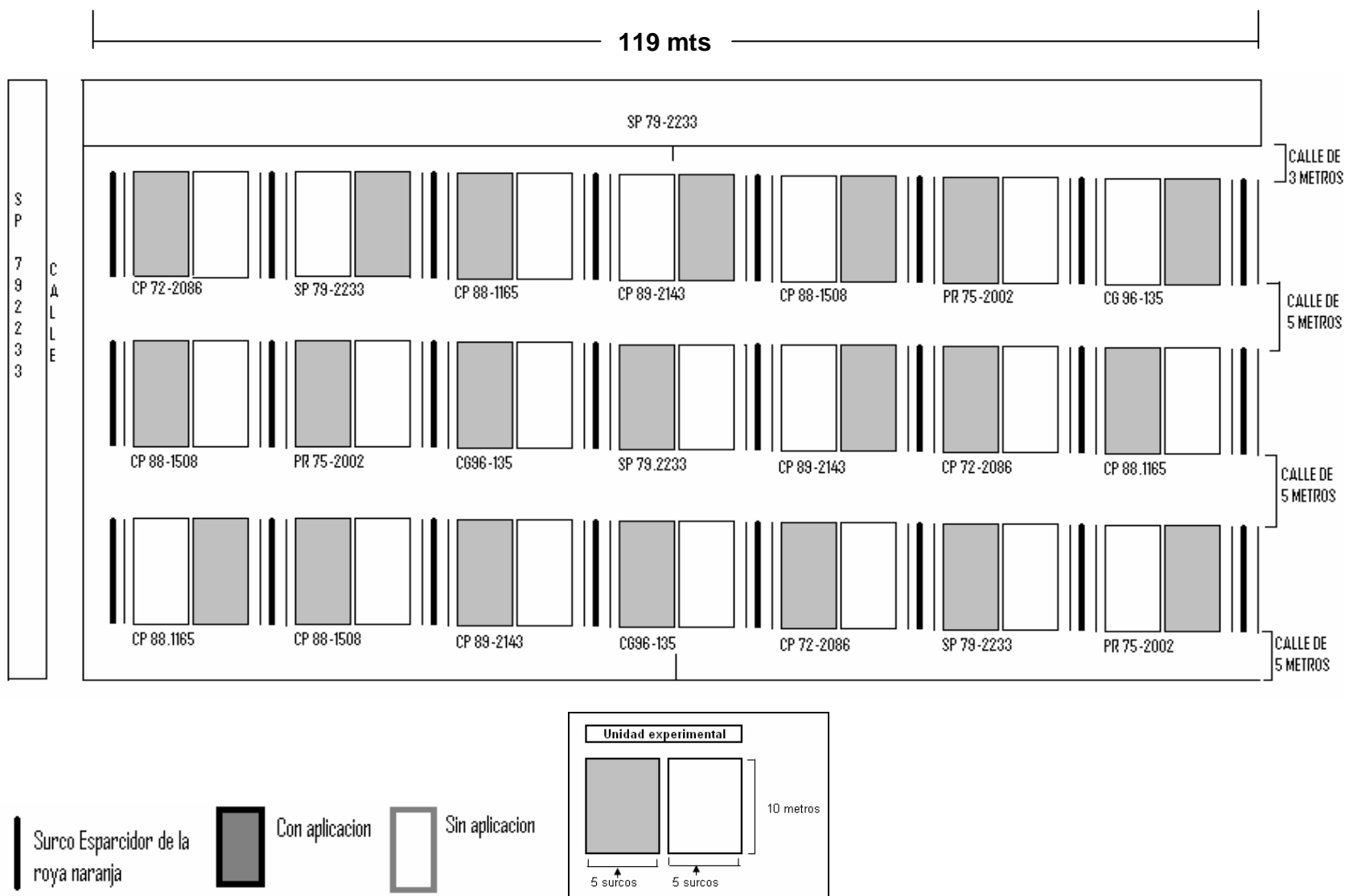
**AZÚCAR EXPORTADA POR DESTINO**  
ZAFRA 2004/2005, DEL 1/NOV/2004 AL 31/OCT/2005  
(EN TONELADAS MÉTRICAS)

PAIS DE DESTINO	CRUDO			BLANCO			TOTAL BLANCA	TOTAL	%
	GRANEL	SACOS	TOTAL CRUDO	A GRANEL	EN SACOS	REFINO			
ARGELIA	22,000	-	22,000	-	-	-	-	22,000	1.51%
BANGLADESH	-	-	-	8,545	-	8,545	8,545	8,545	0.59%
BARBADOS	-	-	-	-	25	25	25	25	0.00%
BERRUT, LIBANO	-	98	98	-	-	-	-	98	0.01%
CANADA	123,906	-	123,906	-	-	-	-	123,906	8.52%
COREA	326,850	-	326,850	-	-	-	-	326,850	22.47%
CROACIA	-	-	-	-	408	408	408	408	0.03%
CHILE	-	-	-	5,904	-	24,254	30,158	30,158	2.07%
CHINA	262,392	24	262,416	-	-	4,185	4,185	266,602	18.33%
ECUADOR	-	-	-	-	-	68	68	68	0.00%
EGIPTO	27,000	-	27,000	-	-	-	-	27,000	1.86%
ESPAÑA	-	-	-	-	-	1,228	1,228	1,228	0.08%
ESTADOS UNIDOS (CUOTA)	34,269	-	34,269	-	-	-	-	34,269	2.36%
ESTADOS UNIDOS (RE-EXPORT)	153,981	-	153,981	11,600	-	-	11,600	165,581	11.38%
HAITI	5,400	1,271	6,671	-	4,500	12,123	16,623	23,293	1.60%
HOLANDA	-	-	-	-	-	100	100	100	0.01%
HONG KONG	-	-	-	-	-	348	348	348	0.02%
INDIA	-	-	-	4,280	-	4,280	4,280	4,280	0.29%
INDONESIA	39,480	-	39,480	-	-	-	-	39,480	2.71%
JAMAICA	-	240	240	50	38,829	38,879	38,879	37,119	2.55%
MALASIA	1,173	-	1,173	-	-	-	-	1,173	0.08%
MEXICO	-	-	-	74,199	-	-	-	74,199	5.10%
MAR NEGRO	36,785	-	36,785	-	-	-	-	36,785	2.53%
PERU	-	1,601	1,601	1,262	-	1,214	2,476	4,277	0.29%
PUERTO RICO	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00%
REPUBLICA DOMINICANA	-	44	44	106	3,873	3,979	4,023	4,023	0.28%
SINGAPUR	1,121	-	1,121	-	900	900	900	2,021	0.14%
SRI LANKA	-	-	-	124	-	124	124	124	0.01%
TAIWAN	37,082	-	37,082	-	-	36,033	36,033	73,115	5.03%
TANZANIA	21,600	-	21,600	-	-	-	-	21,600	1.50%
TRINIDAD & TOBAGO	-	48	48	-	-	5,821	5,821	5,869	0.39%
VENEZUELA	93,640	-	93,640	26,250	-	26,250	26,250	119,890	8.24%
<b>TOTAL</b>	<b>1,125,702</b>	<b>64,699</b>	<b>1,190,400</b>	<b>11,600</b>	<b>98,969</b>	<b>163,468</b>	<b>264,027</b>	<b>1,454,427</b>	<b>100%</b>
%	77.40%	4.45%	81.85%	0.80%	6.80%	10.55%	18.15%	100.00%	

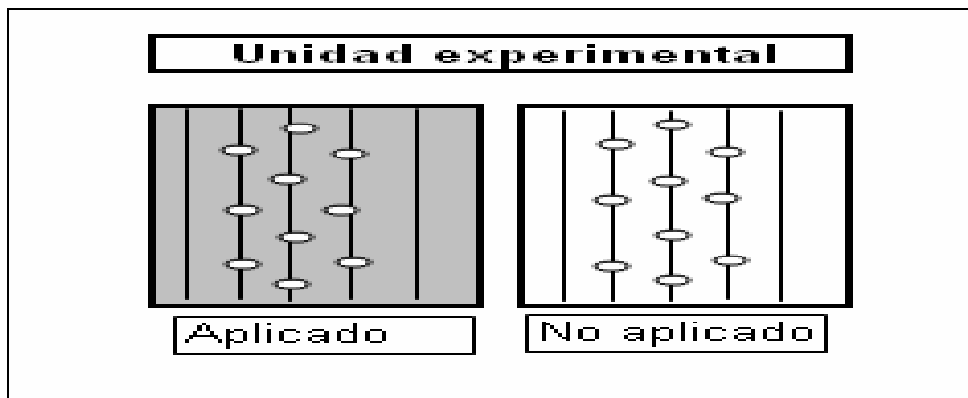
ESTOS RESULTADOS COLOCAN A LA AGROINDUSTRIA AZUCARERA DE GUATEMALA COMO:

**5to** Exportador de Azúcar a nivel Mundial  
**2do** Exportador a nivel de Latinoamérica.

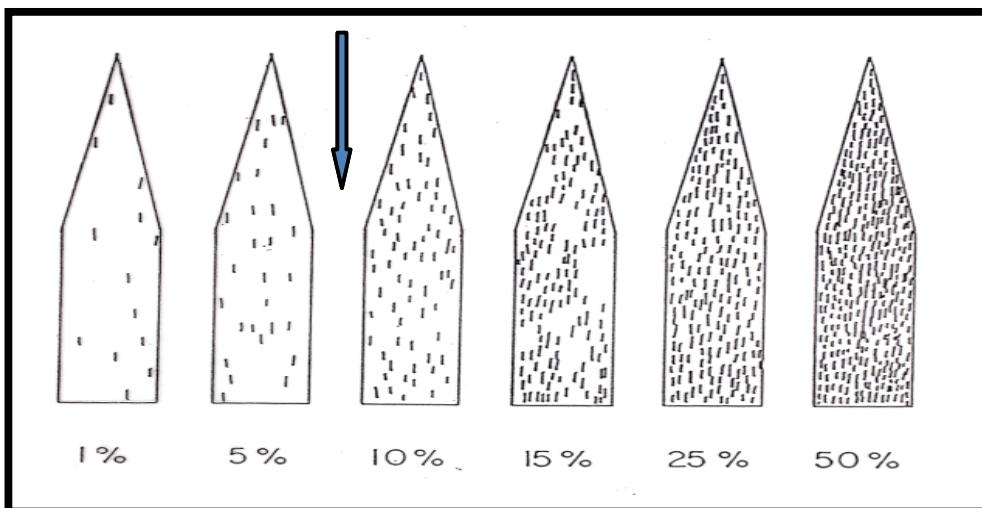
Fuente. Banco de Guatemala.



**Figura 2-16a.** Croquis de la Investigación



**Figura 2-17a.** Posición espacial de plantas seleccionadas al azar en las unidades experimentales

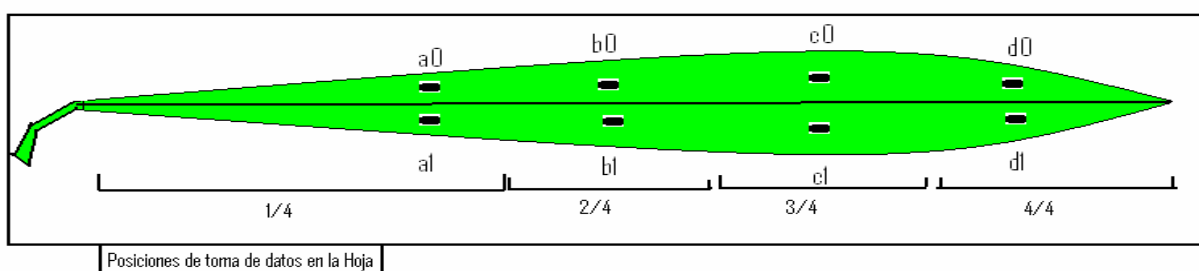


**Figura 2-18a.** Escala de severidad de Roya Naranja

Fuente: CENGICAÑA

**Cuadro 2-14a.** Hoja de archivo para toma de datos de Severidad e Incidencia

Ingenio Magdalena s.a. Programa de Variedades Ensayo de Roya Naranja en siete variedades													
	Repet												
	Variedad		Variedad		Variedad		Variedad		Variedad		Variedad		Variedad
	Ap	Nap	Ap	Nap	Ap	Nap	Ap	Nap	Ap	Nap	Ap	Nap	Ap
P1													
P2													
P3													
P4													
P5													
P6													
P7													
P8													
P9													
P10													

**Figura 2-19a.** Puntos en cm<sup>2</sup> de la toma de datos para número de pústulas totales en ocho puntos**Variedad CP 72-2086****Cuadro 2-15a.** Análisis de Regresión para número de pústulas y diámetro de caña

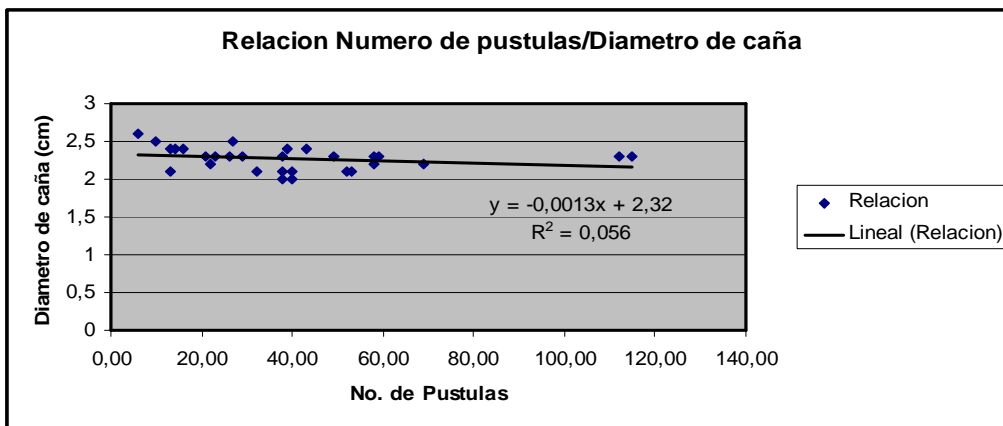
Estadísticas de la regresión	
Coef. correlación múltiple	0,236922781
Coef. de determinación R <sup>2</sup>	0,056132404
R <sup>2</sup> ajustado	0,021174345
Error típico	0,149818173
Observaciones	29

ANÁLISIS DE VARIANZA					
	Grados de libertad	Sum. Cuad.	Prom. Cuad.	F	Valor crítico de F
Regresión	1	0,036040875	0,036040875	1,605707115	0,215917468
Residuos	27	0,606028091	0,022445485		
Total	28	0,642068966			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Intercepción	2,323207951	0,051052398	45,50634366	4,61716E-27	2,218457085	2,42795882	2,218457085	2,427958817
Variable X 1	-0,001364294	0,00107665	-1,267164991	0,215917468	-0,003573398	0,00064481	-0,003573398	0,00064481



**Figura 2-20a.** Gráfica de correlación entre número de pústulas y diámetro de caña.

**Cuadro 2-16a.** Análisis de Regresión para número de pústulas y grados brix.

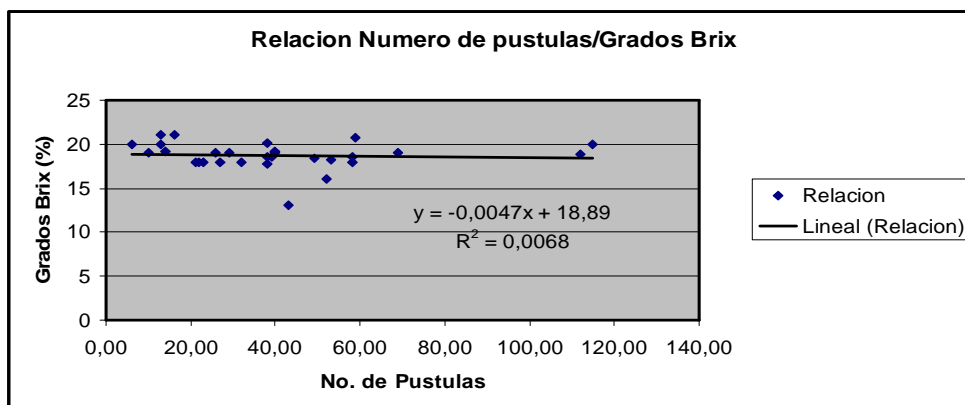
Estadísticas de la regresión	
Coef. de correlación múltiple	0,082665472
Coef. de determinación R <sup>2</sup>	0,00683358
R <sup>2</sup> ajustado	-0,029950361
Error típico	1,571866618
Observaciones	29

ANÁLISIS DE VARIANZA						
	Grados de libertad	Sum. Cuad	Prom. Cuad	F	Valor crítico de F	
Regresión	1	0,45900923	0,45900923	0,185776184	0,669877258	
Residuos	27	66,71064594	2,470764665			
Total	28	67,16965517				

	Coeficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%
Intercepción	18,89702459	0,535633016	35,27979799	3,98985E-24	17,79799644	19,99605274
Variable X 1	-0,004868788	0,011296031	-0,431017614	0,669877258	-0,02804633	0,018308753



**Figura 2-21a.** Gráfica de correlación entre número de pústulas y grados Brix

## Variedad SP 79-2233

**Cuadro 2-17a.** Análisis de Regresión para número de pústulas y diámetro de caña

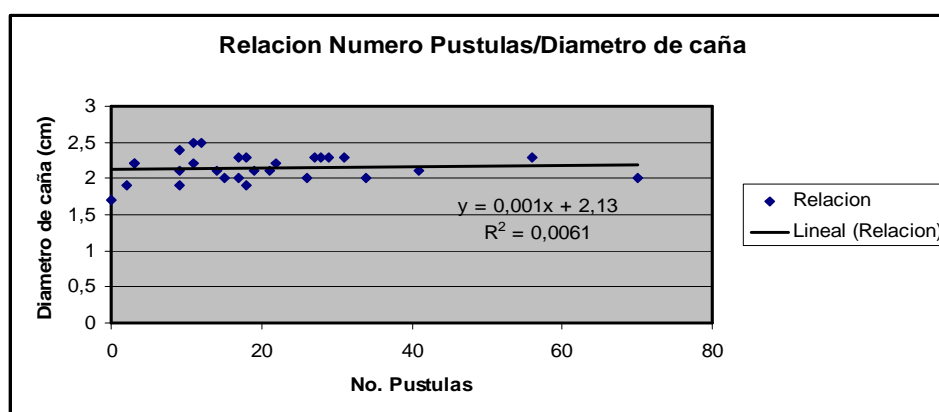
Estadísticas de la regresión	
Coef. de correlación múltiple	0,0782163
Coef. de determinación R <sup>2</sup>	0,00611779
R <sup>2</sup> ajustado	-0,03210845
Error típico	0,19453528
Observaciones	28

ANÁLISIS DE VARIANZA					
	GL	Sum. Cuad	Prom. Cuad	F	Valor crítico de F
Regresión	1	0,00605661	0,00605661	0,16004163	0,6923861
Residuos	26	0,98394339	0,03784398		
Total	27	0,99			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%
Intercepción	2,13066751	0,0607196	35,0902756	1,9784E-23	2,005856587	2,25547844
Variable X 1	0,00094635	0,00236556	0,40005204	0,6923861	-0,003916125	0,00580882



**Figura 2-22a.** Grafica de correlación entre número de pústulas y diámetro de caña.

**Cuadro 2-18a.** Análisis de Regresión para número de pústulas y grados brix. Variedad SP 79-2233

Estadísticas de la regresión	
Coef. de correlación múltiple	0,04066277
Coef. de determinación R <sup>2</sup>	0,00165346
R <sup>2</sup> ajustado	-0,03674448
Error típico	1,78895086
Observaciones	28

ANÁLISIS DE VARIANZA					
	GL	Sum. Cuad	Prom. Cuad	F	Valor crítico de F
Regresión	1	0,13781064	0,13781064	0,04306118	0,837226905
Residuos	26	83,2089751	3,2003452		
Total	27	83,3467857			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%
Intercepción	19,697068	0,55837882	35,2754571	1,7301E-23	18,54930393	20,84483211
Variable X 1	0,00451415	0,02175371	0,20751188	0,83722691	-0,040201235	0,049229541

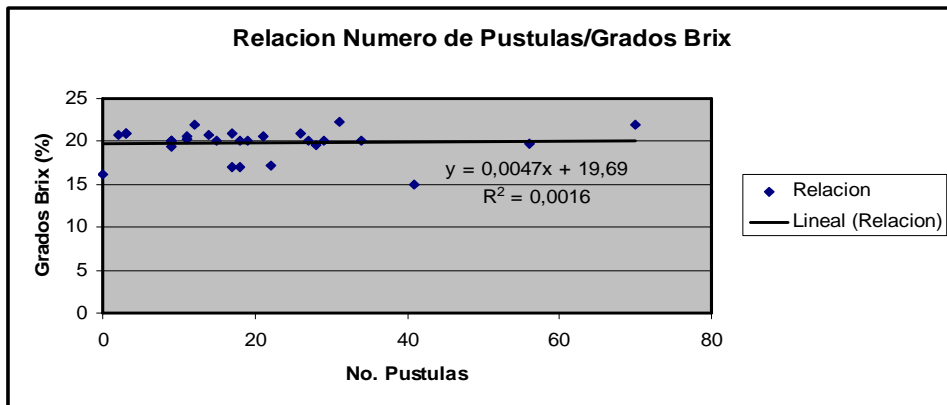


Figura 2-23a. Gráfica de correlación entre número de pústulas y grados brix.

Variedad PR 75-2002

Cuadro 2-19a. Análisis de Regresión para número de pústulas y diámetro (cm)

Estadísticas de la regresión	
Coef. de correlación múltiple	0,19934782
Coef. de determinación R <sup>2</sup>	0,03973955
R <sup>2</sup> ajustado	0,00544454
Error típico	0,31274492
Observaciones	30

ANÁLISIS DE VARIANZA					
	GL	Sum. Cuad.	Prom. Cuad.	F	Valor crítico de F
Regresión	1	0,11333721	0,11333721	1,15875597	0,290911582
Residuos	28	2,73866279	0,09780939		
Total	29	2,852			

	Coeficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%
Intercepción	2,27645349	0,06638606	34,2911373	2,0478E-24	2,140467811	2,412439166
Variable X 1	-0,0497093	0,0461787	-1,07645528	0,29091158	-0,144302074	0,044883469

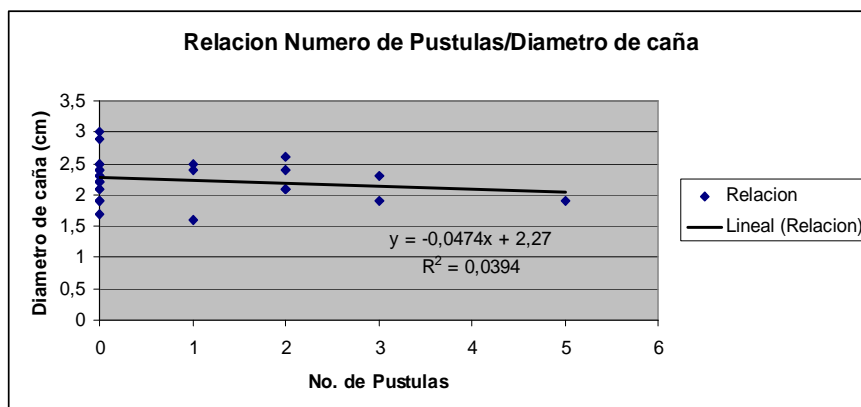


Figura 2-24a. Gráfica de correlación entre número de pústulas y diámetro de caña.



**Cuadro 2-20a.** Análisis de Regresión para número de pústulas y grados brix

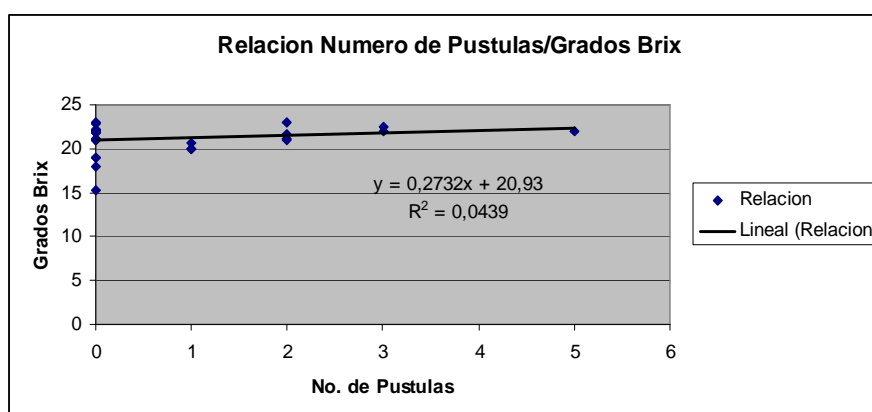
Estadísticas de la regresión	
Coef. de correlación múltiple	0,20957679
Coef. de determinación R <sup>2</sup>	0,04392243
R <sup>2</sup> ajustado	0,0097768
Error típico	1,62302845
Observaciones	30

ANÁLISIS DE VARIANZA					
	GL	Sum. Cuad.	Prom. Cuad.	F	Valor crítico de F
Regresión	1	3,38846899	3,38846899	1,2863266	0,26634312
Residuos	28	73,7581977	2,63422135		
Total	29	77,1466667			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%
Intercepción	20,9340116	0,34451867	60,763069	2,8079E-31	20,22829714	21,63972612
Variable X 1	0,27180233	0,23965006	1,13416339	0,26634312	-0,219098563	0,762703214

**Figura 2-25a.** Gráfica de correlación entre número de pústulas y grados brix.**Variedad CG 96-135****Cuadro 2-21a.** Análisis de Regresión para número de pústulas y diámetro (cm)

Estadísticas de la regresión	
Coef. de correlación múltiple	0,015847734
Coef. de determinación R <sup>2</sup>	0,000251151
R <sup>2</sup> ajustado	-0,035454165
Error típico	0,205992215
Observaciones	30

ANÁLISIS DE VARIANZA					
	GL	Sum. Cuad.	Prom. Cuad.	F	Valor crítico de F
Regresión	1	0,000298472	0,000298472	0,00703399	0,933757463
Residuos	28	1,188118195	0,042432793		
Total	29	1,188416667			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%
Intercepción	2,417183543	0,075772081	31,90071478	1,4749E-23	2,261971473	2,572395613
Variable X 1	-0,000161627	0,001927143	-0,083868858	0,93375746	-0,0041092	0,003785945

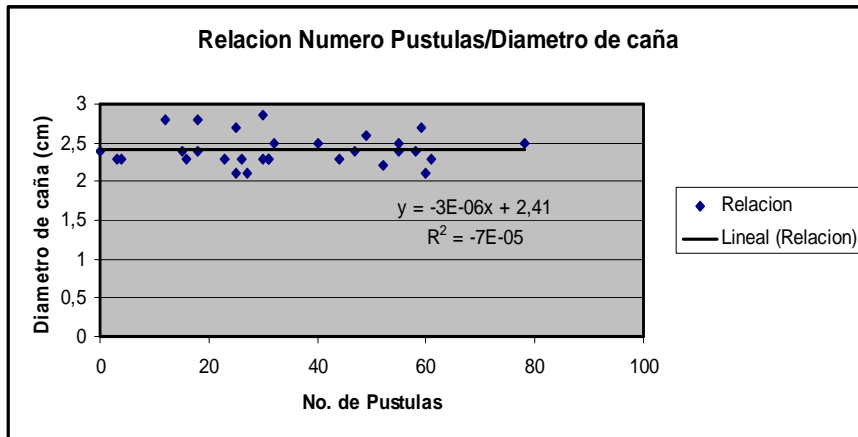


Figura 2-26a. Gráfica de correlación entre número de pústulas y diámetro (cm)

Cuadro 2-22a. Análisis de Regresión para número de pústulas y grados brix

Estadísticas de la regresión	
Coef. de correlación múltiple	0,198088249
Coef. de determinación R <sup>2</sup>	0,039238954
R <sup>2</sup> ajustado	0,00492606
Error típico	1,32376285
Observaciones	30

ANÁLISIS DE VARIANZA					
	GL	Sum. Cuad.	Prom. Cuad.	F	Valor crítico de F
Regresión	1	2,003920322	2,003920322	1,14356294	0,294033325
Residuos	28	49,06574634	1,752348084		
Total	29	51,06966667			

	Coeficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%
Intercepción	17,04462137	0,486932314	35,00408763	1,1657E-24	16,04718576	18,04205699
Variable X 1	0,013243514	0,01238435	1,069375022	0,29403332	-0,012124676	0,038611705

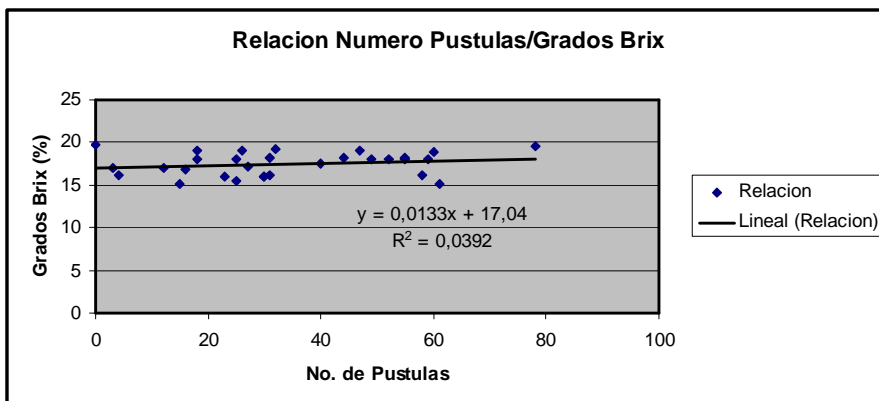


Figura 2-27a. Gráfica de correlación entre numero de pústulas y grados brix.

## Variedad CP 88-1508

**Cuadro 2-23a.** Análisis de Regresión para número de pústulas y diámetro (cm)

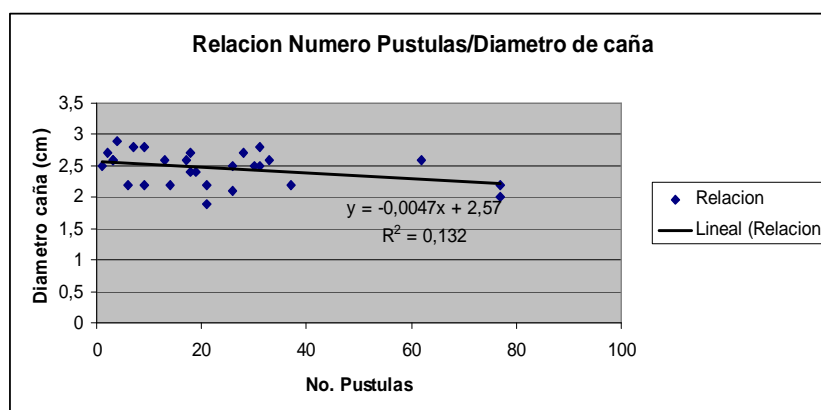
Estadísticas de la regresión	
Coef. de correlación múltiple	0,36343261
Coef. de determinación R <sup>2</sup>	0,13208327
R <sup>2</sup> ajustado	0,09870185
Error típico	0,25212645
Observaciones	28

ANÁLISIS DE VARIANZA					
	GL	Sum. Cuad.	Prom. Cuad.	F	Valor crítico de F
Regresión	1	0,25152428	0,25152428	3,95679074	0,057300456
Residuos	26	1,65276144	0,06356775		
Total	27	1,90428571			

	Coeficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%
Intercepción	2,57319488	0,07258071	35,4528733	1,5224E-23	2,424003084	2,722386673
Variable X 1	-0,00474255	0,00238418	-1,98916835	0,05730046	-0,009643308	0,000158217



**Figura 2-28a.** Gráfica de correlación entre número de pústulas y diámetro (cm)

**Cuadro 2-24a.** Análisis de Regresión para número de pústulas y grados brix

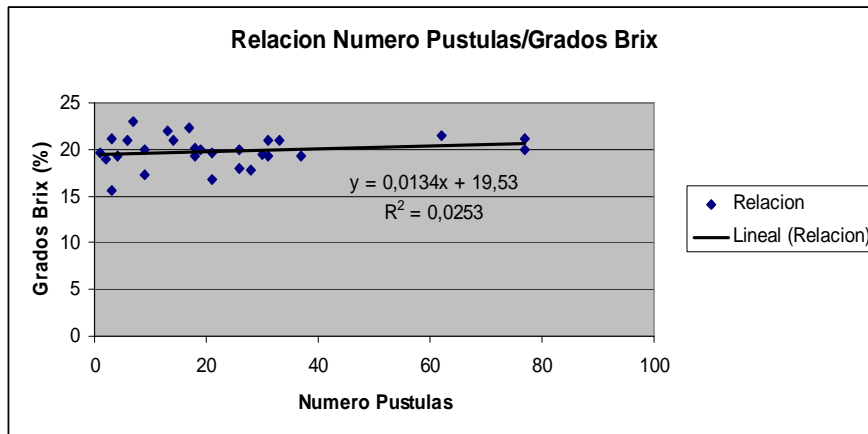
Estadísticas de la regresión	
Coef. de correlación múltiple	0,15913486
Coef. de determinación R <sup>2</sup>	0,0253239
R <sup>2</sup> ajustado	-0,01216364
Error típico	1,69753168
Observaciones	28

ANÁLISIS DE VARIANZA					
	GL	Sum. Cuad.	Prom. Cuad.	F	Valor crítico de F
Regresión	1	1,9466122	1,9466122	0,67552848	0,418604454
Residuos	26	74,9219592	2,88161382		
Total	27	76,8685714			

	Coeficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%
Intercepción	19,539877	0,48867567	39,985369	7,0418E-25	18,53538976	20,5443642
Variable X 1	0,01319354	0,01605238	0,8219054	0,41860445	-0,019802601	0,046189676



**Figura 2-29a.** Gráfica de correlación entre número de pústulas y grados brix.

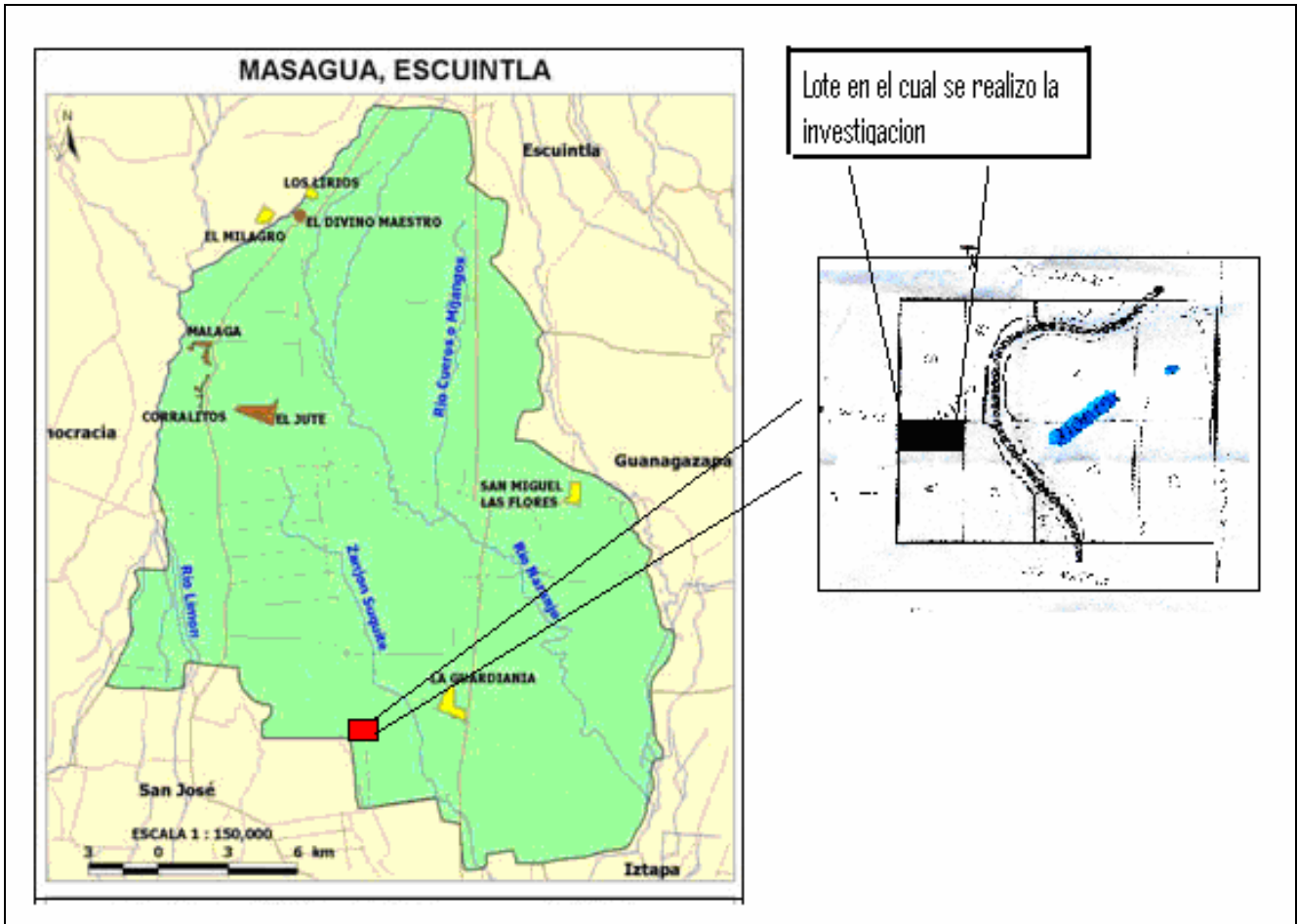


Figura 2-30a. Mapa de localización finca Santa Luisa II.

Fuente: Inforpressca. 2008. Masagua, Escuintla.







**Figura 2-31a.** Imágen de síndrome de la roya naranja en caña de azúcar en variedad CP 72-2086 (pústula)

Fuente: FAUSAC/Hip Marco/Barillas Cristina  
Aumento 20x



**Figura 2-32a.** Imágen de acercamiento del síndrome de la roya naranja en caña de azúcar en variedad CP 72-2086 (pústula)

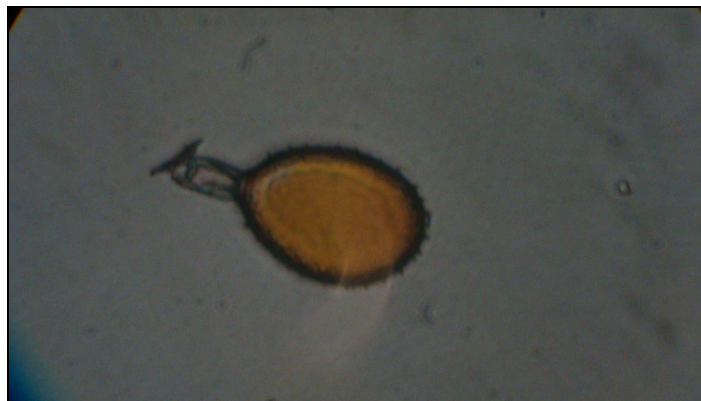
Fuente: FAUSAC/Hip Marco/ Barillas Cristina  
Aumento 40x





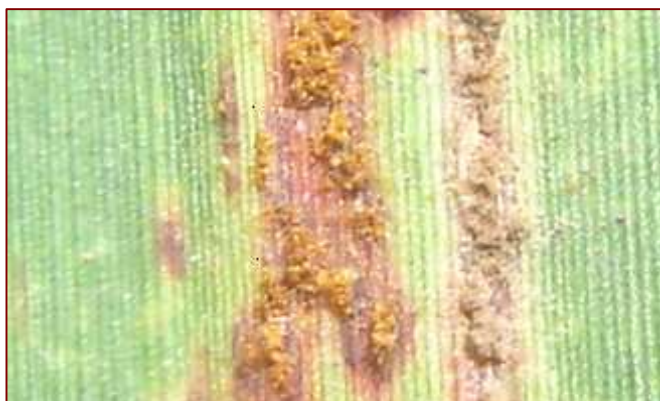
**Figura 2-33a.** Imágen de uredosporas del hongo causante de la roya naranja en caña de azúcar extraídas de variedad CP 72-2086

Fuente: Laboratorio Magdalena/Marco Hip  
Aumento 40x



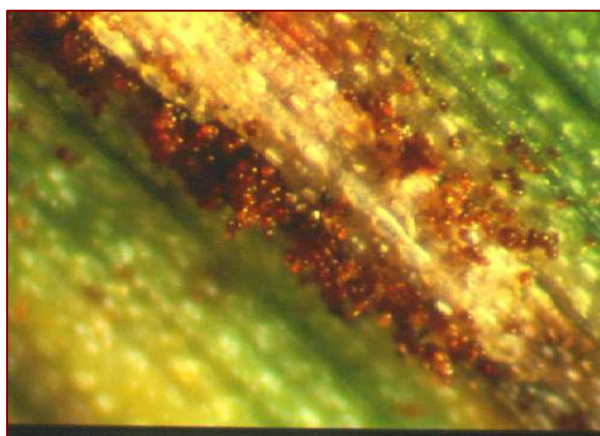
**Figura 2-34a.** Uredospora del hongo causante de la roya naranja en caña de azúcar extraídas de variedad CP 72-2086

Fuente: Laboratorio Magdalena/Marco Hip  
Aumento 100x



**Figura 2-35a.** Imágen de síndrome de la enfermedad roya naranja en caña de azúcar.

Fuente: Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la caña de azúcar (Cengicaña, 2007).



**Figura 2-36a.** Imágen de síndrome de la enfermedad roya naranja en caña de azúcar.

Fuente: Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la caña de azúcar (Cengicaña, 2007).



**Figura 2-37a.** Imagen de síndrome de la roya naranja en caña de azúcar (pústulas en esporulación).

Fuente: Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la caña de azúcar (Cengicaña, 2007).



### **CAPITULO III**

#### **SERVICIO REALIZADO:**

**MONITOREO DE ROYA NARANJA (*Puccinia kuehnii*) EN VARIEDADES  
COMERCIALES DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum*),  
EXISTENTES EN INGENIO MAGDALENA, EN DIFERENTES FINCAS  
UBICADAS EN DISTINTOS ESTRATOS ALTITUDINALES**



## 1. PRESENTACIÓN

Cuando se tiene un país con las condiciones existentes en Guatemala; con catorce diferentes zonas de vida; diferentes niveles altitudinales que varían desde cero metros hasta cerca de tres mil metros sobre el nivel del mar; climas totalmente variantes, y con dos estaciones climáticas bien marcadas como lo son la temporada seca y temporada lluviosa; con estas condiciones se puede contar con la gran posibilidad de ser un país con una explotación de una gran diversidad de cultivos.

En la costa sur del país se ha establecido un cultivo cuya importancia ha ido en aumento exponencial (ver página 23).

El cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), en la actualidad uno de los cultivos con mayor importancia del país ubicando a Guatemala como el quinto exportador de azúcar a nivel mundial y el segundo a nivel latinoamericano (Azasgua)

El cultivo cuenta con una amplia diversidad de variedades, de las cuales existen muchas de ellas ya a nivel comercial en Guatemala, solo por mencionar se encuentran la variedad CP 72-2086 que es la variedad mas importante en la actualidad encontrándose cultivada en un mayor porcentaje de área a nivel de la zona cañera; la variedad CP 88-1165, y la variedad CP 73-1547 que son las variedades que le siguen en cuanto a importancia (Investigación Agrícola Magdalena)

La caña de azúcar como todos los cultivos es afectado por una amplia diversidad de plagas y enfermedades que interfieren negativamente en el desarrollo del cultivo y a la vez en la producción del mismo. En la actualidad existe una enfermedad producida por un hongo del género *Puccinia* y de la especie *kuehnii* procedente del continente oceánico, específicamente de Australia en donde en la zafra 2000-2001 el patógeno, infectó a la variedad Q-124 (cultivada en mayor porcentaje de área en esa zafra) bajando su producción hasta en un 40% (APHIS).

En 2007 el patógeno logro establecerse en Estados Unidos lográndolo identificar por primera vez en cultivos de caña de azúcar en el estado de Florida (APHIS)

En la actualidad la zona cañera Guatemalteca esta siendo afectada por dicho organismo, logrando infectar a variedades comerciales y semi-comerciales, incluyendo la variedad

mas importante en la actualidad la CP 72-2086 la cual se encuentra sembrada en un 57 % en el área total perteneciente al Ingenio Magdalena (Investigación agrícola Magdalena)

Un fitopatógeno necesita de condiciones únicas para su total desarrollo y reproducción. El país Oceánico y el norteamericano lógicamente no presentan las mismas condiciones naturales de Guatemala; Australia presenta un clima calido seco y calido muy seco, mientras que en nuestro país las condiciones climáticas que se dan son tropical húmedo y tropical con estación seca en la zona cañera, entonces las condiciones que el patógeno encontró en el país oceánico no serán las mismas que encuentre en nuestro país.

Es de suma importancia conocer como el hongo se comportara en las diferentes variedades establecidas en los cuatro estratos de la zona cañera a nivel nacional, especialmente sabiendo que este micro-organismo esta infectando a una de las variedades de mayor importancia comercial dentro del sector cañero.

Se realizó un monitoreo de la enfermedad roya naranja en los cuatro estratos altitudinales (litoral, bajo, medio y alto) oficiales de la zona cañera, en 19 fincas, en las variedades de importancia para el Ingenio Magdalena.

## **2. MARCO TEORICO**

### **2.1 MARCO CONCEPTUAL**

#### **2.1.2 ROYA NARANJA**

La roya naranja es el nombre común que se le da a una enfermedad de la caña de azúcar, la cual como cualquier otra enfermedad causa daños a los cultivos trayendo como efecto de importancia la baja en la producción de los cultivos. Es producida por un hongo del genero *Puccinia* y de la especie *kuenhii*. Sus síntomas iniciales en la caña de azúcar son lesiones diminutas y elongadas que forman una aureola amarillenta y verdosa a medida que aumentan de tamaño. A medida que las lesiones crecen, se desarrolla un color que pasa de ser anaranjado a anaranjado marrón. A diferencia de la roya marrón común de nombre científico *Puccinia melanocephala*, las lesiones de esta roya en particular nunca son marrón oscuro (Ovalle, Werner). Grupos de pústulas de roya



anaranjada tienden a aparecer en la superficie de las hojas afectadas; la mayor parte de las pústulas están en la superficie inferior y hay más lesiones en la base de la hoja. El viento y las grandes masas de aire pueden dispersar el patógeno rápidamente (APHIS) (Software CPC)

Las condiciones ambientales que favorecen el desarrollo de la roya anaranjada de la caña de azúcar son los veranos cálidos y húmedos.

### 2.1.2.1 Clasificación Taxonómica

**Cuadro 3-1.** Clasificación taxonómica de *Puccinia kuenhii*

<b>Taxonomía</b>	
<b>Dominio</b>	<b>Eucariota</b>
<b>Reino</b>	<b>Fungí</b>
<b>Phylum</b>	<b>Basidiomycota</b>
<b>Clase</b>	<b>Urediniomycetes</b>
<b>Orden</b>	<b>Uredinales</b>
<b>Familia</b>	<b>Pucciniaceae</b>
<b>Genero</b>	<b>Puccinia</b>
<b>Especia</b>	<b>kuehnii</b>

Fuente: Crop Protection Compendium (CPC 2007).

### 2.1.3 SEVERIDAD

La severidad es un porcentaje de área foliar afectada (Arana, Gonzáles).

### 2.1.4 EL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZUCAR

La caña de azúcar es una gramínea de zona tropical o sub-tropical que proviene del sureste asiático. Su propagación es por medio de esquejes o trozos de caña, su ciclo de cultivo es de 10 a 12 meses aproximadamente; y se siembran diferentes variedades que poseen características diferentes.

En Guatemala la variedad comercial mas utilizada por la mayoría de productores, es la variedad CP 72-2086 puesto que posee características de importancia para los cañeros nacionales.

Ingenio Magdalena cuenta en su mayor porcentaje de área cultivada, con dicha variedad con aproximadamente un 57 % que equivalen a 24,618 hectáreas. La segunda variedad en cuanto a área cultivada es la CP 88-1165 con 5,483 ha que equivalen a 12.75 %, la

tercera variedad es la CP 73-1547 con 3,750 ha con 8.72 %. Las tres variedades con mayor importancia en cuanto a área se refiere, tienen un total de 78.47 %, el resto de área esta ocupada por otras variedades (Investigación Agrícola Magdalena)

#### **2.1.4.1 Importancia Económica del Cultivo**

La agroindustria azucarera guatemalteca representa el 23.82 % del valor total de la producción agrícola guatemalteca y 13.65 % de las exportaciones totales del país, sumando un gran porcentaje para que el sector agrícola se encuentre como el segundo económico que más divisas genera en nuestro país (Banguat)

La agroindustria azucarera guatemalteca, que representa alrededor del 3% del PIB nacional, genera 300,000 empleos directos e indirectos, 33,000 corresponden a cortadores de caña (Asasgua)

Guatemala se encuentra posicionado como el quinto exportador a nivel mundial y en segundo lugar a nivel latinoamericano (Asasgua)

## **2.2 MARCO REFERENCIAL**

### **2.2.1 DESCRIPCIÓN DEL AREA**

Ingenio Magdalena esta ubicado en la finca Bugarvilla en el kilómetro 100 en el Municipio de la Democracia departamento de Escuintla, al sur del país.

La empresa cuenta aproximadamente con 47,007 ha de terreno a su disposición para la producción de caña de azúcar. Para un mejor manejo empresarial, el ingenio ha dividido su área total de producción en 8 áreas diferentes a las que han nombrado como administraciones; estas están distribuidas en toda la zona de producción de caña. Cada administración cuenta con un número asignado de fincas.

Los productores azucareros por cuestiones prácticas han dividido la zona cañera en cuatro estratos, oficiales: el estrato litoral, estrato bajo, estrato medio y estrato alto.

El Estrato litoral que incluye toda el área ubicada de 0-40 msnm. El Estrato bajo incluye toda el área ubicada de 40 a 100 msnm. El estrato medio incluye el área ubicada de 100 a 300 msnm y por ultimo el estrato alto el cual es de 300 msnm en adelante (Informe anual 2007 CENGICAÑA)

El Ingenio cuenta en su totalidad de extensión, con fincas de producción ubicadas en los diferentes cuatro estratos de la zona cañera.

### 2.2.1.1 Características del lugar

La actividad del servicio se llevo a cabo en 19 fincas de diferentes 4 administraciones, ubicadas en los cuatro estratos altitudinales de la zona cañera.

A continuación en la tabla 3-2, se presenta el nombre, ubicación y características muy generales de las 10 fincas evaluadas.

Cuadro 3-2. Ubicación y características principales de las fincas

Finca	Ubicación		Estrato	Area Sembrada ha	Orden de Suelos
	Municipio	Departamento			
Nueva Esperanza	La Gomera	Escuintla	Litoral	425.9	Molisol
San Fernando	La Gomera	Escuintla	Litoral	108.27	Molisol
Santa María	La Gomera	Escuintla	Litoral	189.47	Molisol
El Retazo	La Gomera	Escuintla	Litoral	206.55	
Manantial	La Gomera	Escuintla	Litoral	236.99	
Margaritas	La Gomera	Escuintla	Litoral	40.18	Endisol
Malta	La Gomera	Escuintla	Litoral	749.62	
San Patricio	La Democracia	Escuintla	Bajo	561.34	Endisol
Luceros	La Democracia	Escuintla	Bajo	871.81	Molisol
Socorro	Siquinala	Escuintla	Alto	73.00	Andisol
El Carmen	Siquinala	Escuintla	Alto	74.86	Andisol
Velasquez	Siquinala	Escuintla	Medio	2,362.57	Andisol
Ilusiones Gonzales	Santa Lucia Cotzumalguapa	Escuintla	Medio	109.8	Andisol
El Chaparral	Puerto San Jose	Escuintla	Litoral	336.27	
Santa Luisa II	Masagua	Escuintla	Litoral	72.98	
Santa Irene	Masagua	Escuintla	Litoral	310.5	Molisol
Acacias	Masagua	Escuintla	Medio	58.00	Inceptisol
Rosario	Puerto San Jose	Escuintla	Litoral	1021.00	
Horizonte Estrada	Puerto San Jose	Escuintla	Litoral	212.00	

### 2.2.1.2 Variedades de caña de azúcar

El cultivo de la caña de azúcar tiene como una característica muy importante, la amplia gama de variedades con que cuenta. La producción cañera tiene como uno de sus

más importantes actividades, el cuidar las variedades de importancia comercial actual y la constante búsqueda de buenas variedades para la producción.

En el cuadro 3-3 se presenta el nombre de las variedades importantes para el Ingenio Magdalena

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 GENERAL**

a. Determinar el comportamiento de la roya naranja *Puccinia kuehnii* en las variedades comerciales del Ingenio Magdalena dentro de las condiciones naturales de la zona cañera del país.

#### **3.2 ESPECIFICOS**

a. Monitorear el desarrollo de la enfermedad, roya naranja en las diferentes variedades comerciales del Ingenio Magdalena.

b. Identificar la resistencia o susceptibilidad de las variedades hacia la enfermedad de la roya naranja en los diferentes estratos de la zona cañera.

c. Evaluar el comportamiento de la enfermedad en la variedad CP 72-2086 en los diferentes estratos altitudinales de la producción cañera.

## **4. METODOLOGIA**

### **4.1 UBICACIÓN DEL ÁREA**

El monitoreo se llevó a cabo en diferentes puntos de la zona cañera. Las fincas fueron escogidas por el departamento de Investigación Agrícola del Ingenio Magdalena, tratando que estas tuvieran las variedades de importancia para la empresa y que se encontraran en puntos diferentes en cuanto a los estratos altitudinales se refiere (ver cuadro 3-2).

### **4.2 MANEJO DE LA ACTIVIDAD**

Se seleccionaron 19 fincas ubicadas en los 4 estratos altitudinales de la zona cañera (litoral, bajo, medio y alto), tomando en cuenta las variedades existentes en cada finca.

Se procedió a realizar monitoreos de la enfermedad de la roya naranja en las 19 fincas escogidas previamente.

#### **4.2.1 FRECUENCIA DEL MONITOREO**

Las visitas para el monitoreo se realizaron mensualmente en cada una de las fincas.

#### **4.2.2 POSICION ALTITUDINAL DE LOS MONITOREOS**

El monitoreo iniciaba mensualmente en las fincas ubicadas en el estrato litoral y se ascendía hasta llegar al estrato alto.

#### **4.2.3 METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN**

La evaluación se llevó a cabo en base a la severidad de la enfermedad (parte foliar afectada), en una hoja. Esta se realizó en la séptima hoja de cuello visible (hoja +7), puesto que se estandarizó el número de hoja porque el monitoreo se realizó en todos los ingenios y los resultados se compararían.

Se contó con una escala de severidad cedida por CENGICAÑA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la caña de azúcar), la cual fue adaptada de la escala de severidad utilizada en roya marrón (*Puccinia melanocephala*) (ver imagen 3-1)

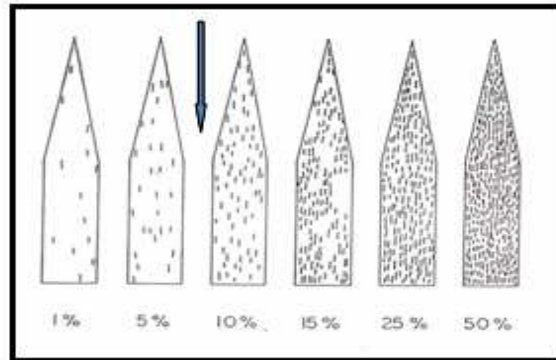


Figura 3-1. Escala de Roya Naranja

Esta escala fué con la que se cuantificó la enfermedad; se observaba la hoja 7 de cuello visible y se comparaba con la escala utilizada.

Se realizó una boleta de registro para el archivo de los datos que se obtuvieron (Anexo 1), ya en el campo se anotaba el nombre de la finca, el número de lote, fecha del monitoreo, tipo de plantación, estrato altitudinal, fecha de corte del cultivo, el número de individuos evaluados (que fueron de 12 en cada lote) y el porcentaje de severidad observado.

Cuadro 3-3. Fincas y variedades monitoreadas en Ingenio Magdalena.

Administración	Estrato	Finca	Variedades
<b>Santa María</b>	Litoral	Nva Esperanza	CP 72-2086
	Litoral	Sn Fernando	CP 73-1547
			CP 72-2086, CG 96-01
	Litoral	Santa María	CP 72-2086, CP 73-1547
	Litoral	Retazo	CG 9601, CP 73-1547
	Litoral	Manantial	CP 88-1165 CP 73-1547
	Litoral	Margaritas	CP 72-2086
	Litoral	Malta	CP 73-1547
<b>Bouganvilia</b>	Bajo	Sn Patricio	CP 72-2086, CP 72-1210, CP 88-1165
	Litoral	Luceros	CP 72-2086, CP 88-1165, CP 73-1547, CG 96-01
<b>Velasquez</b>	Medio	Velasquez	CP 73-1547, CP 88-1165, CP 72-2086, SP 79-2233, CG 96-01
			Mex 68p23, CG 97-100, CP 72-2086, CP 73-1547, Mex 79-431, CP 89-2143, CP 98-78, PGM 89-968, PR 67-1355, CG 96-21, NA 56-42
	Alto	Ilusiones Gonzalez	CP 72-2086, CP 73-1547
		El Carmen	CP 88-1165, CP 73-1547
<b>Agropesa</b>	Medio	Acacias	SP 792233
	Litoral	Chaparral	CP 73-1547, CG 96-01, PR 87-2080, CP 89-2143
		Santa Luisa II	SP 792233
		Sta Irene	CP 72-2086
		Rosario	CP 73-1547, CP 88-1165, CP 72-2086, SP 79-2233, CG 96-01
		Hzte. Estrada	CP 72-2086

## 5. RESULTADOS

### 5.1 COMPARACION ENTRE VARIETADES CP 72-2086 Y SP 79-2233 EN ESTRATO LITORAL

Cuadro 3-4. Datos recopilados, variedades SP 79-2233 y CP 72-2086, estrato litoral.

CP 72-2086 y SP 792233 en estrato Litoral						
Finca Santa Luisa II				Finca Santa Maria		
Variedad SP 792233				Variedad CP 722086		
Mes ▼	% Infeccion	Ts Inc. %	Edad cultivo (mes)	% Infeccion	Ts Inc %	Edad cultivo (mes)
Marzo				3,6		3,5
Abril				5,5	52,77	4,5
Mayo	13,7		4,5	5,8	5,45	5,5
Junio	15,7	14,59	5,5	8,5	46,55	6,5
Julio	15,1	-3,82	6,5	7,2	-15,29	7,5
Agosto	17,9	18,54	7,5	9,5	31,94	8,5
Septiembre	17	-5,02	8,5	12,3	29,47	9,5
Octubre	17,2	1,17	9,5	11,7	-4,87	10,5
Noviembre	13,4	-22,09	10,5	9,41	-19,57	11,5

#### 5.1.1 COMPARACION SEVERIDAD EN EL TIEMPO

A continuación se presenta gráficamente el comportamiento de la severidad de la enfermedad expresada en porcentaje; comparando las variedades CP 72-2086 y SP 79-2233 en diferente finca pero en estrato litoral (0-40 msnm).

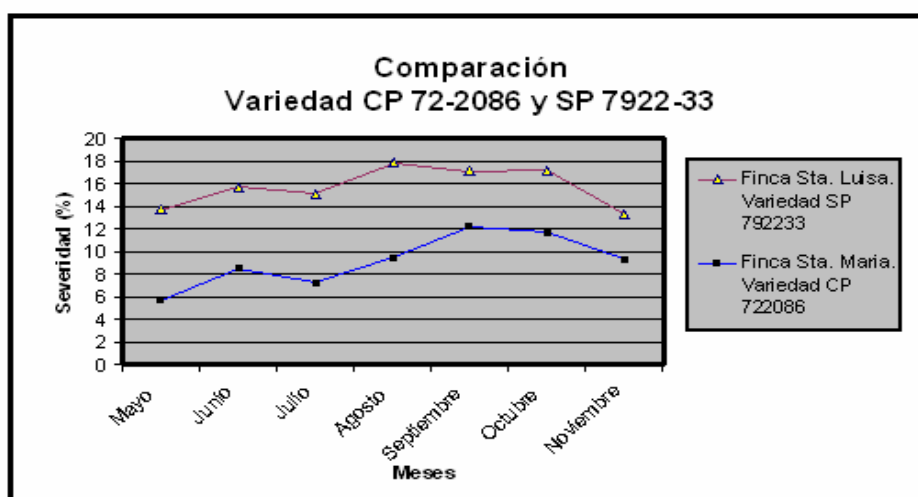


Figura 3-2. Gráfica de comparación de severidad en el tiempo en variedades CP 72-2086 y SP 79-2233

El comportamiento de la enfermedad difiere en cuanto a cantidad de enfermedad presente, pero no en cuanto a fluctuación de la enfermedad; en la variedad SP 79-2233 la severidad de la enfermedad alcanzó niveles más altos que la otra variedad en estudio. La enfermedad en esta variedad alcanzó su nivel más alto de porcentaje de infección (severidad) en el mes de agosto llegando a un 18 %, bajando lentamente en los próximos meses hasta llegar a un 13% en el mes de Noviembre.

En la variedad CP 72-2086 la enfermedad llegó a niveles más bajos pero con el mismo comportamiento en cuanto a fluctuación; el nivel más alto de severidad encontrado en esta variedad fue en el mes de Septiembre igualmente de ese mes en adelante la severidad bajó lentamente hasta llegar a un 9% en el mes de noviembre. Este análisis se realizó tomando en cuenta que ambas fincas en donde están ubicadas las variedades se encuentran en el estrato litoral (entre 0 y 40 msnm), por esa razón se compararon.

### 5.1.2 COMPARACIÓN TASA DE INCREMENTO (r)

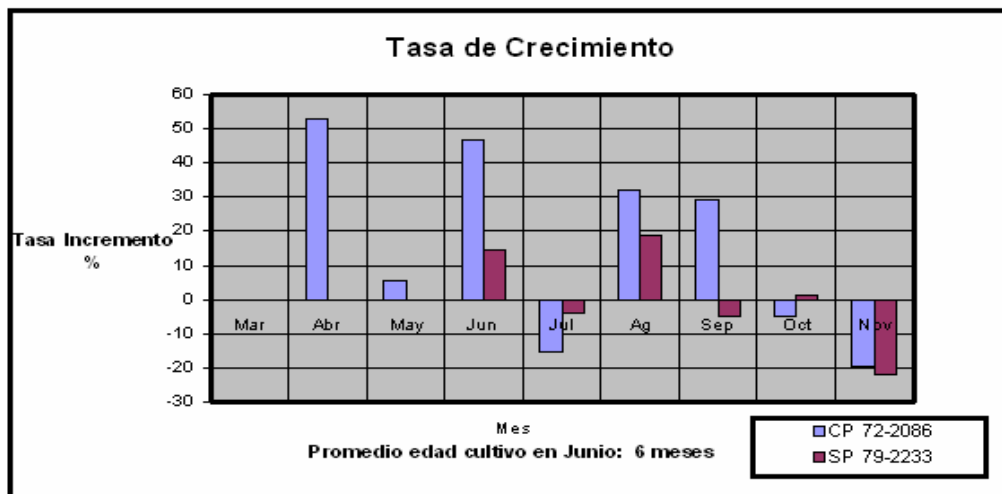


Figura 3-3. Gráfica de comparación de tasa de incremento de la enfermedad en variedades CP 72-2086 y SP 79-2233

La comparación de tasa de incremento se realiza desde el mes de mayo el cual fue cuando se iniciaron tomando los datos de la variedad SP 79-2233 en la finca Santa Luisa II.



Para el mes de Junio la variedad CP 72-2086 tuvo una tasa de incremento mucho mayor con un 45%, mientras que la enfermedad en la variedad SP 79-2233 creció un 15% aproximadamente. En el mes de julio en ambas variedades existió una decreciente de la enfermedad. Agosto nuevamente fue de crecimiento para la enfermedad en ambas variedades siempre creciendo mas en la variedad CP 72-2086; Septiembre fue de crecimiento en la variedad CP 72-2086 y decrecimiento en la variedad SP 79-2233; inversamente en el mes de octubre; mientras que en el mes de noviembre en ambas variedades existió decrecimiento de la enfermedad.

En variedad CP 72-2086 existieron los mayores porcentajes de crecimiento de la enfermedad pero en niveles más bajos de severidad como se observa en la figura 3-3.

La enfermedad crece mas en la variedad CP 72-2086 pero en porcentajes mas bajos que la SP 79-2233; esto se puede relacionar mucho a la época lluviosa, puesto que la enfermedad creció en promedio en toda la época lluviosa, mientras cuando esta termino la enfermedad decreció.

## **5.2 COMPORTAMIENTO DE LA ENFERMEDAD POR ESTRATOS ALTITUDINALES EN VARIEDAD CP 72-2086**

En la figura 3-4 se muestra una comparación del comportamiento de la enfermedad en la variedad CP 72-2086 en los cuatro diferentes estratos altitudinales de la zona cañera. Se observa que en el estrato alto se observaron los más altos porcentajes de infección, llegando a un 16% en el mes de agosto; y fue en ese mes de agosto, septiembre y octubre en donde se observaron los mayores porcentajes de infección en los cuatro estratos altitudinales estudiados.

Todo lo anterior relacionado muy estrechamente con la cantidad de precipitación, puesto que en la zona cañera llueve más en el estrato alto (de 300 msnm en adelante) y es allí donde existe una mayor humedad relativa y por ende mejores condiciones para el patógeno.

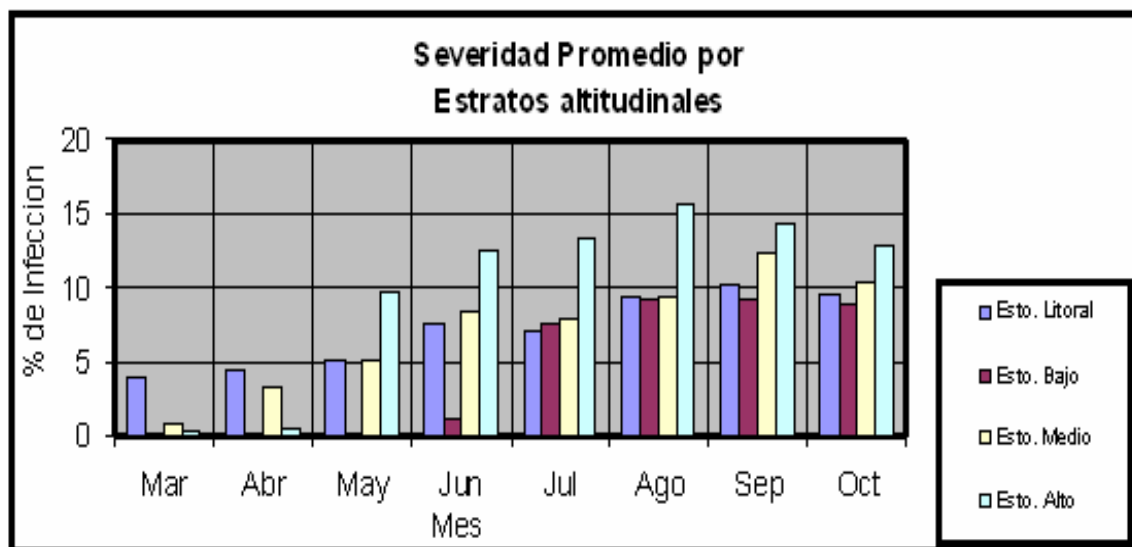


Figura 3-4. Gráfica de comparación por estratos altitudinales del comportamiento de la enfermedad.

### 5.3 ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LA ENFERMEDAD EN LA VARIEDAD CP 72-2086

#### 5.3.1 ESTRATO LITORAL (0-40 msnm)

##### 5.3.1.1 Finca Nueva Esperanza

Cuadro 3-5. Datos recopilados, variedad CP 72-2086, finca Nueva Esperanza.

Variedad CP 72-2086			
Estrato ►	Estrato Litoral		
Finca ►	Nueva Esperanza		
Mes ▼	Edad cultivo (meses)	Infeccion Prom/mes (%)	Tasa Incremento %
Marzo	3,5	8,5	0
Mayo	5,5	6,25	-26.47
Junio	6,5	6.28	0.48
Agosto	8,5	11.46	82.48
Octubre	10,5	10.69	-6.71

Se observa que el comportamiento de la enfermedad en la finca Nueva Esperanza es ondulatorio pues en el mes de marzo con lluvias de aproximadamente 15 mm , la severidad de la enfermedad alcanzo niveles del 8%, en mayo el porcentaje de infección bajo a 6% con niveles de precipitación de 100mm/mes, de ese mes en adelante existió una relación con los niveles de precipitación en el lugar, puesto que las lluvias crecían, igualmente la severidad de la enfermedad iba en creciente hasta llegar al mes de agosto el cual fue el pico de la enfermedad y de la precipitación con niveles de 12% de severidad con 400 mm de precipitación (figura 3-5).

La mayor tasa de incremento (figura 3-6) ocurrió en el mes de agosto (80% con relación al mes anterior), en el cual como se menciono ocurrieron los mayores niveles de precipitación en la finca, y esto trajo como consecuencia, condiciones para el mayor desarrollo de la enfermedad.

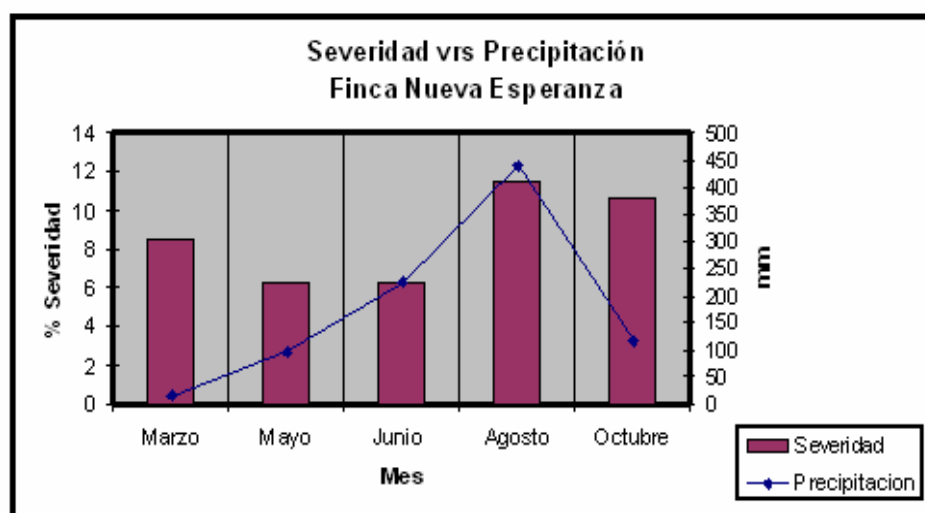


Figura 3-5. Gráfica de comparación severidad-precipitación pluvial, variedad CP 72-2086 finca Nueva Esperanza.

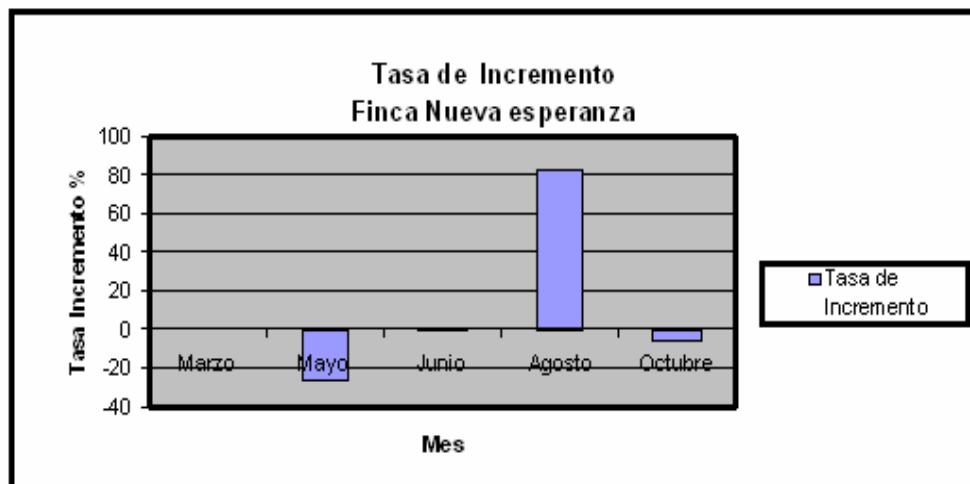


Figura 3-6. Gráfica de tasa de incremento de enfermedad, variedad CP 72-2086, finca Nueva Esperanza

### 5.3.1.2 Finca San Fernando

Cuadro 3-6. Datos recopilados, variedad CP 72-2086, finca San Fernando

Variedad CP 72-2086			
Estrato ►	Estrato Litoral		
Finca ►	San Fernando		
Mes ▼	Edad cultivo (meses)	Infeccion Prom/mes (%)	Tasa Incremento %
Marzo	3,5	3,4	0
Mayo	5,5		
Junio	6,5	9,88	190
Agosto	8,5	13,61	37.75
Octubre	10,5	11,54	-15.20

En finca San Fernando la relación entre la cantidad de enfermedad y la cantidad de precipitación coincidió perfectamente, puesto que como se observa en la figura 3-7 en el mes de marzo con lluvias de 0 mm la severidad de la enfermedad oscilaba entre un 3%, y mientras las lluvias y el cultivo crecieron el porcentaje de infección también fue en creciente, hasta llegar en un pico de infección y de precipitación en el mes de agosto, igualmente que en la finca Nueva Esperanza.

A diferencia a la finca Nueva Esperanza, la mayor tasa de incremento se observó en el mes de Junio con un crecimiento de 180% en relación al mes de marzo (tres meses atrás), y en agosto también existió incremento de la enfermedad pero solamente del 40% aproximadamente (figura 3-8).

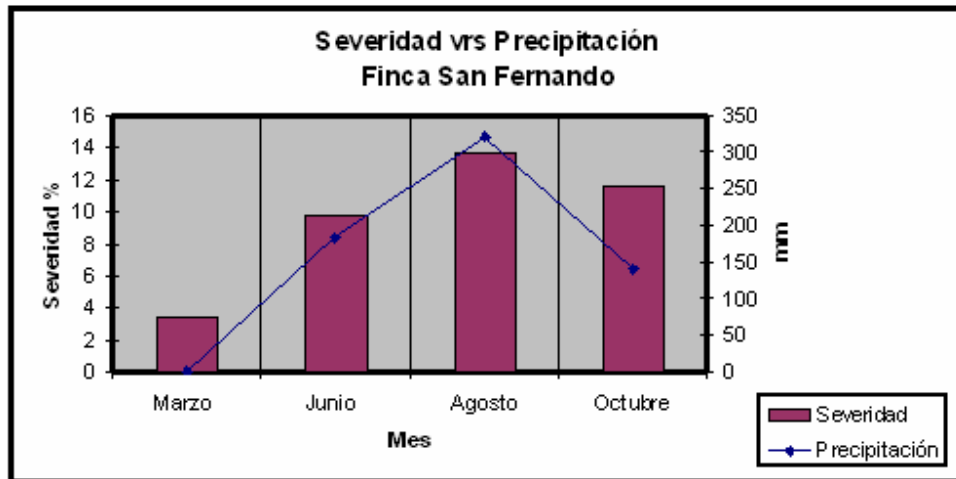


Figura 3-7. Gráfica de comparación severidad-precipitación pluvial, variedad CP 72-2086, finca San Fernando.

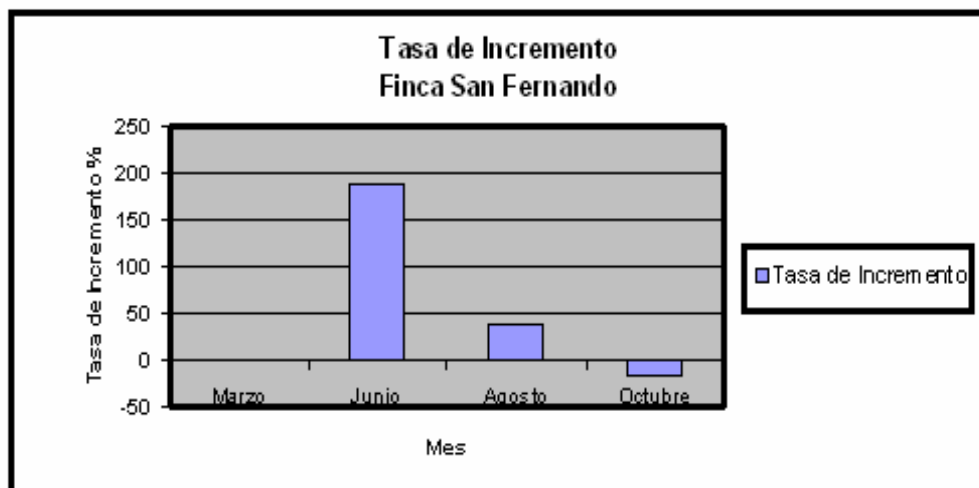


Figura 3-8. Gráfica de tasa de incremento de enfermedad, variedad CP 72-2086, finca San Fernando

### 5.3.1.3 Finca Santa Maria

Cuadro 3-7. Datos recopilados, variedad CP 72-2086, finca Santa María

Variedad CP 72-2086			
Estrato ►	Estrato Litoral		
Finca ►	Sta. Maria		
Mes ▼	Edad cultivo (meses)	Infeccion Prom/mes (%)	Tasa Incremento %
Marzo	3,5	3,6	
Abril	4,5	5,5	52,78
Mayo	5,5	5,8	5,45
Junio	6,5	8,53	47,07
Julio	7,5	7,21	-15,47
Agosto	8,5	9,58	32,87
Septiembre	9,5	12,33	28,71
Octubre	10,5	11,72	-4,95
Noviembre	11,5	9,41	-19,71

El comportamiento de la enfermedad en la finca Santa María (figura 3-9) fue en aumento gradual con mucha relación también en la precipitación en la finca. En el mes de Julio existió un decreciente de la enfermedad, recuperándose esta en el siguiente mes hasta llegar a un pico de la enfermedad en el mes de Septiembre (12% de severidad), igualmente con pico en la mayor cantidad de precipitación (500mm aproximadamente).

En el mes de abril se observó la mayor tasa de incremento (figura 3-10) con un 50% aproximadamente en relación al mes de marzo; mayo y junio también fue de incremento en la cantidad de enfermedad mientras como se menciona, en julio existió una decreciente en la tasa de incremento de la enfermedad, Agosto y Septiembre fue de incremento (30 y 28 % respectivamente); octubre y noviembre, casi al final de ciclo de cultivo y con pocas lluvias existió una decreciente en la cantidad de enfermedad.

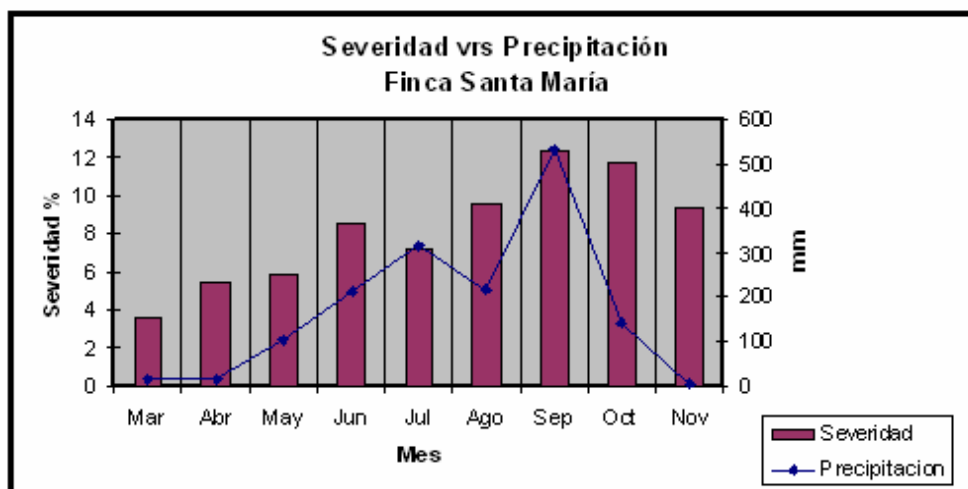


Figura 3-9. Gráfica de comparación severidad-precipitación, variedad CP 72-2086, finca Santa María

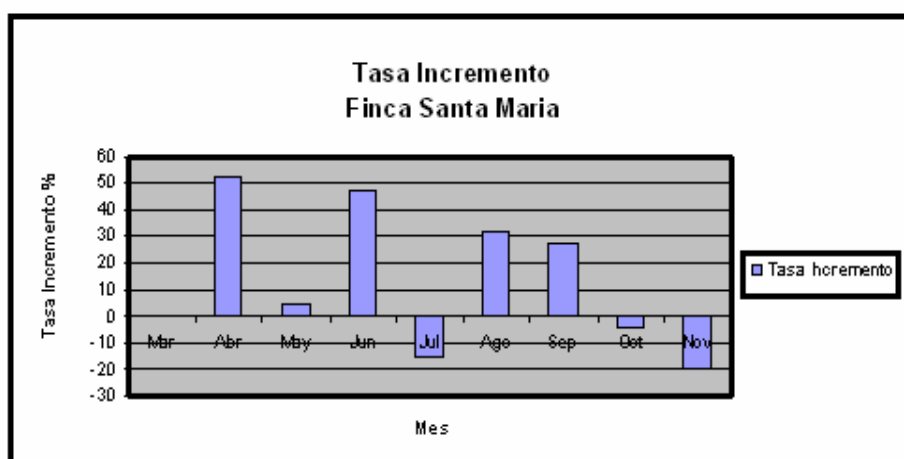


Figura 3-10. Tasa de Incremento de enfermedad, variedad CP 72-2086, finca Santa María

### 5.3.1.4 Finca Margaritas

Cuadro 3-8. Datos recopilados, variedad CP 72-2086, finca Margaritas.

Variedad CP 72-2086			
Estrato ►	Estrato Litoral		
Finca ►	Margaritas		
Mes ▼	Edad cultivo	Infeccion Prom/mes (%)	Tasa Incremento %
Marzo	4	3,37	
Abril	5	3,81	13,06
Mayo	6	3,3	-13,39
Junio	7	9,8	196,97
Julio	8	7,27	-25,82
Agosto	9	9,07	24,76
Septiembre	10	9,44	4,08
Octubre	11	7,84	-16,95
Noviembre	12	7,15	-8,80

El comportamiento de la presencia de la enfermedad en este lugar fue muy variable y ondulatorio, puesto que como se observa en la figura 3-11, en los meses primeros tres meses evaluados la enfermedad se mantuvo en un promedio de severidad de 3.8 %; y fue en el cuarto mes en el cual la enfermedad se disparo hasta un 10% de severidad, teniendo en dicho mes la mayor tasa de incremento con un 200% en relación al mes anterior (figura 3-12). En el mes mas lluvioso (Septiembre), la cantidad de enfermedad alcanzo niveles de 9.5% de severidad, confirmando como en las fincas anteriores que a mayor cantidad de lluvia existe una mayor cantidad de enfermedad presente y eso debido a que existen mejores condiciones para el patógeno, puesto que la Humedad Relativa del lugar aumenta considerablemente a mayor cantidad de lluvia, y la Humedad Relativa es uno de los factores importantes para la reproducción del patógeno.

Como se ha observado en las fincas anteriores los meses de octubre y noviembre la cantidad de enfermedad decreció como también decreció la cantidad de precipitación en el lugar. La tasa de incremento en el mes de octubre (figura 3-12) descendió en un 17% con relación al mes anterior, y en noviembre la tasa decreció en un 9% con relación a octubre; en estos meses la cantidad de precipitación fue en descenso, y también el cultivo se hizo totalmente maduro y estos pueden ser factores por los cuales la cantidad de enfermedad baja la severidad de su ataque.



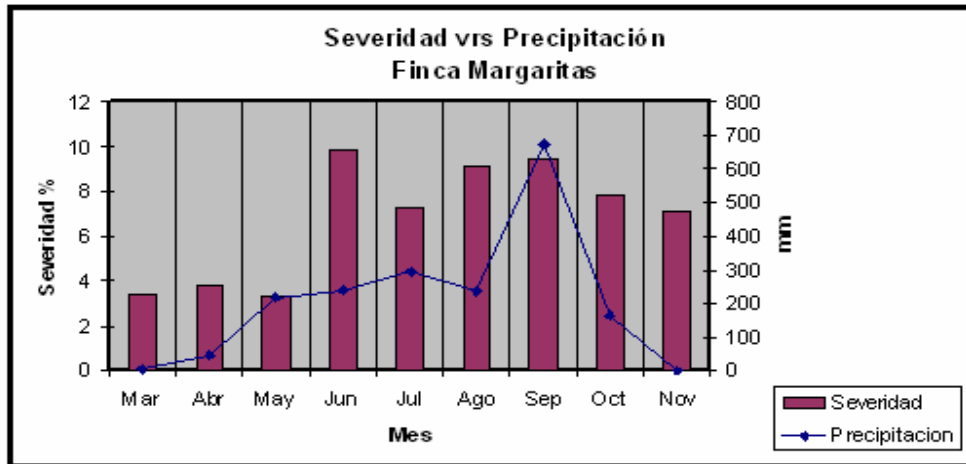


Figura 3-11. Gráfica de comparación severidad-precipitación, variedad CP 72-2086, finca Margaritas

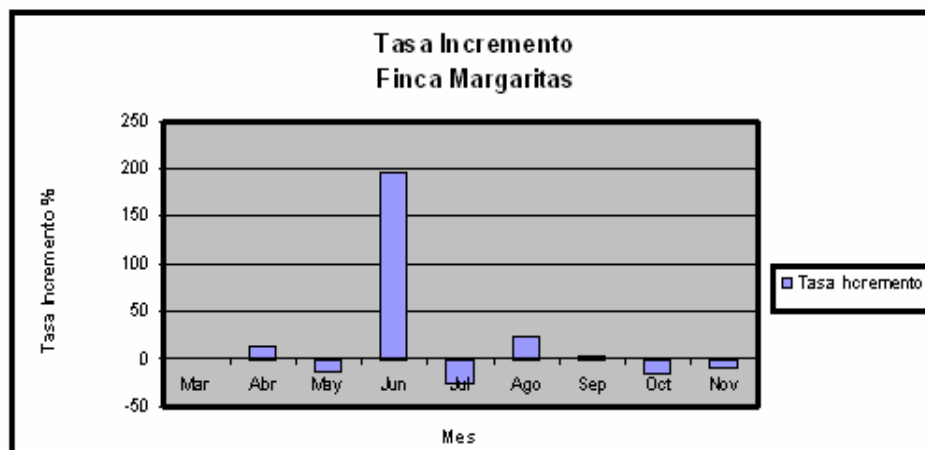


Figura 3-12. Gráfica de tasa de incremento de enfermedad, variedad CP 72-2086, finca Margaritas

### 5.3.1.5 Finca Luceros

Cuadro 3-9. Datos recopilados, variedad CP 72-2086, finca Luceros.

Variedad CP 72-2086			
Estrato ►	Estrato Litoral		
Finca ►	Luceros		
Mes ▼	Edad cultivo	Infeccion Prom/mes (%)	Tasa Incremento %
Marzo	3	0,9	
Abril	4	4	300
Mayo	5	4,7	17,50
Junio	6	5,8	23,40
Julio	7	6,53	12,59
Agosto	8	8,66	32,62
Septiembre	9	10,2	17,78
Octubre	10	9,2	-9,80
Noviembre	11	8,75	-4,89

La cantidad de enfermedad presente en el cultivo fue en aumento con el tiempo, como igual fue en aumento la cantidad de precipitación del lugar. En el mes de agosto es donde difiere cierta relación entre severidad y precipitación, puesto que la precipitación descendió hasta 100mm en el mes y la cantidad de enfermedad aumento a un 9%. Septiembre (el mes mas lluvioso) con precipitaciones de 600 mm, la cantidad de enfermedad presente llegó a 10%, siendo este el mes pico de ambas (figura 3-13), mes mas lluvioso con mes de mayor infección.

En la figura 3-14 se muestra la tasa de incremento de la enfermedad que existió en el cultivo, siendo abril el mes en donde se presento la mayor tasa de incremento de enfermedad, esto con relación al mes anterior; y como se observo anteriormente en octubre y noviembre existió un déficit en la tasa de incremento de enfermedad, igualmente déficit en la cantidad de precipitación.

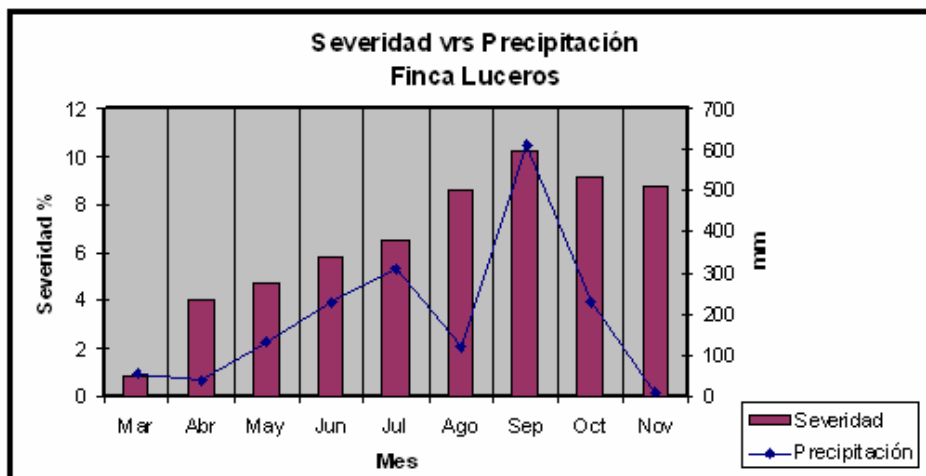


Figura 3-13. Gráfica de comparación severidad-precipitación, variedad CP 72-2086, finca Luceros

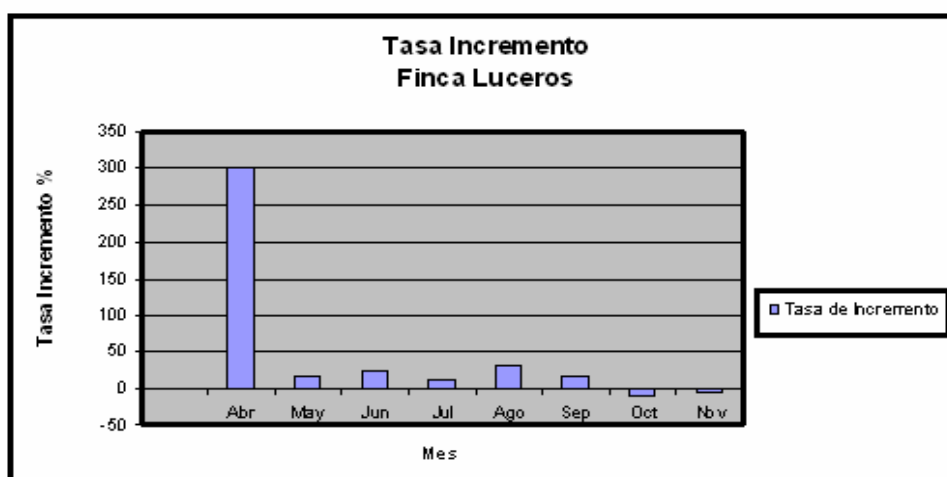


Figura 3-14. Gráfica de tasa de Incremento de enfermedad, variedad CP 72-2086, finca Luceros

### 5.3.1.6 Finca Santa Irene

Cuadro 3-10. Recopilación de datos, variedad CP 72-2086, finca Santa Irene.

Variedad CP 72-2086			
Estrato ►	Estrato Litoral		
Finca ►	Sta. Irene		
Mes ▼	Edad cultivo	Infeccion Prom/mes(%)	Tasa Incremento %
Marzo			
Abril			
Mayo	6	7,88	
Junio	7	10,5	33,25
Julio	8	3,72	-64,57
Agosto	9	3,72	0,00
Septiembre	10	5,53	48,66
Octubre	11	4,81	-13,02
Noviembre	12	4,45	-7,48

En finca Santa Irene se observó el mayor porcentaje de severidad en el mes de Junio; aproximadamente con un 10.5% de severidad (figura 3-15), observando para el mes de Julio un descenso en la cantidad de enfermedad que llego a un 3.7%, significándose este en una decreciente en la tasa de incremento del 64.5% con relación al mes de Junio (figura 3-16). Septiembre fue el mes en donde la enfermedad tuvo su mayor tasa de incremento con un 48.6%; en octubre y noviembre la tasa de incremento fue negativa en ambos meses.

En septiembre la enfermedad volvió a crecer luego de que en el mes de julio y agosto la enfermedad no creció; en la costa sur los meses de agosto y septiembre son los meses mas lluviosos, aunque en esta finca no se pudo obtener el dato de precipitación se asume que la enfermedad creció en septiembre debido a las altas precipitaciones que existieron en ese mes en la zona cercana.

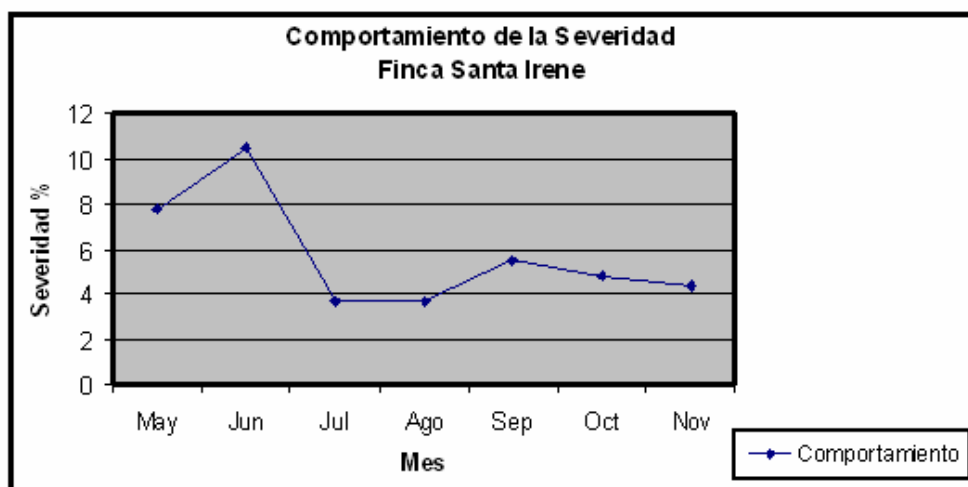


Figura 3-15. Gráfica de comportamiento de severidad en el tiempo en variedad CP 72-2086, finca Santa Irene.

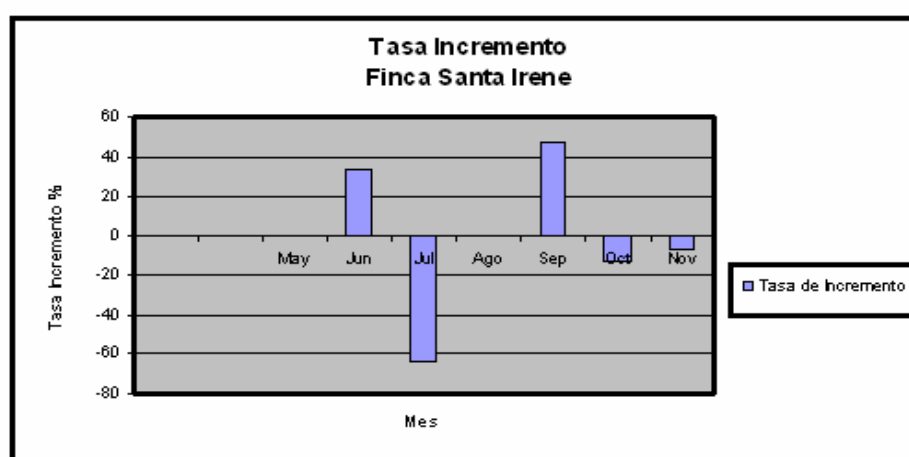


Figura 3-16. Gráfica de tasa de incremento de enfermedad, variedad CP 72-2086, finca Santa Irene.

### 5.3.1.7 Finca Rosario

Cuadro 3-11. Recopilación de datos, variedad CP 72-2086, finca Rosario.

Variedad CP 72-2086			
Estrato ▶	Estrato Litoral		
Finca ▶	Rosario		
Mes ▼	Edad cultivo	Infeccion Prom/mes (%)	Tasa Incremento %
Marzo			
Abril			
Mayo	5	0,5	
Junio	6	2,18	336,00
Julio	7	6,92	217,43
Agosto	8	8,6	24,28
Septiembre	9	10,83	25,93
Octubre	10	9,25	-14,59
Noviembre			

Al igual que en las fincas Santa María, Margaritas y Luceros (Estrato Litoral), aquí existió también un descenso en la cantidad de precipitación en el mes de agosto; igualmente no afecto en cuanto al crecimiento en la cantidad de enfermedad en dicho mes. Septiembre se presento como el mes mas lluvioso (400mm) y como el mes en donde se observaron los mayores porcentajes de severidad de la enfermedad con un 11% (figura 3-17).

La mayor tasa de incremento de enfermedad se presento en el mes de junio, siempre con relación al mes anterior (figura 3-18).

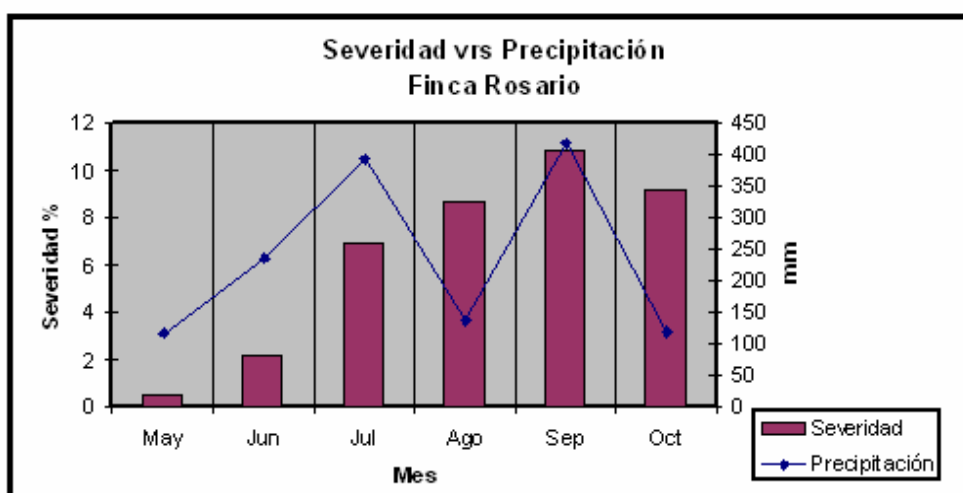


Figura 3-17. Gráfica de comparación severidad-precipitación, variedad CP 72-2086, finca Rosario

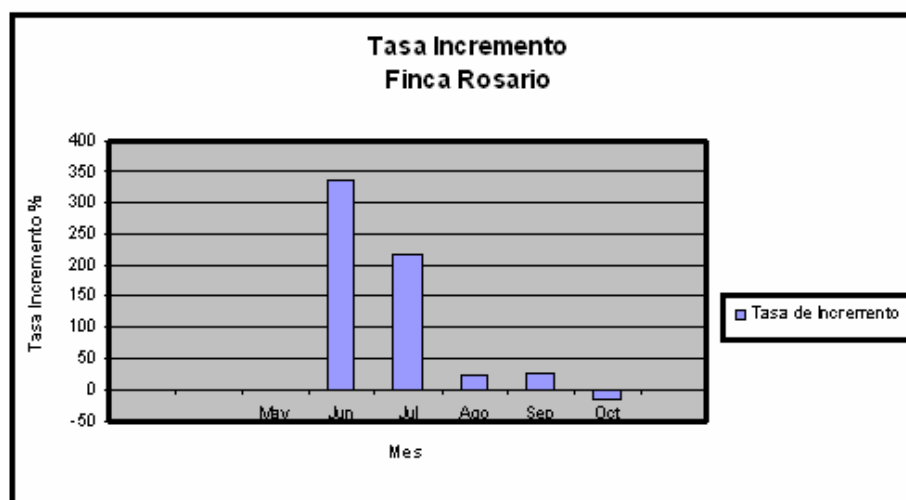


Figura 3-18. Gráfica de tasa de incremento de enfermedad, variedad CP 72-2086, finca Rosario

### 5.3.1.8 Finca Horizonte Estrada

Cuadro 3-12. Recopilación de datos, variedad CP 72-2086, finca Horizonte Estrada.

Variedad CP 72-2086			
Estrato ►	Estrato Litoral		
Finca ►	Horizonte Estrada		
Mes ▼	Edad cultivo	Infeccion Prom/mes (%)	Tasa Incremento %
Marzo			
Abril			
Mayo	4	8	
Junio	5	8,2	2,50
Julio	6	10,7	30,49
Agosto	7	10,58	-1,12
Septiembre	8	12,54	18,53
Octubre	9	11,3	-9,89
Noviembre			

La enfermedad se comportó de una manera uniforme, puesto que como se observa en la figura 3-19 en mayo existió una severidad del 8% que subió muy poco en el siguiente mes con las precipitaciones un poco más altas; en julio y agosto ascendió la cantidad de enfermedad a un 10% manteniéndose en ambos meses con lluvias menores que junio; y en el mes de Septiembre ambas (severidad y precipitación) alcanzaron su

pico; la severidad llegó a 12% y las precipitaciones alcanzaron niveles de 525mm aproximadamente.

En la figura 3-20 se observa que el mes de julio fue el mes de mayor crecimiento en cuanto a cantidad de enfermedad presente, puesto que la tasa de crecimiento de dicho mes fue de un 30%.

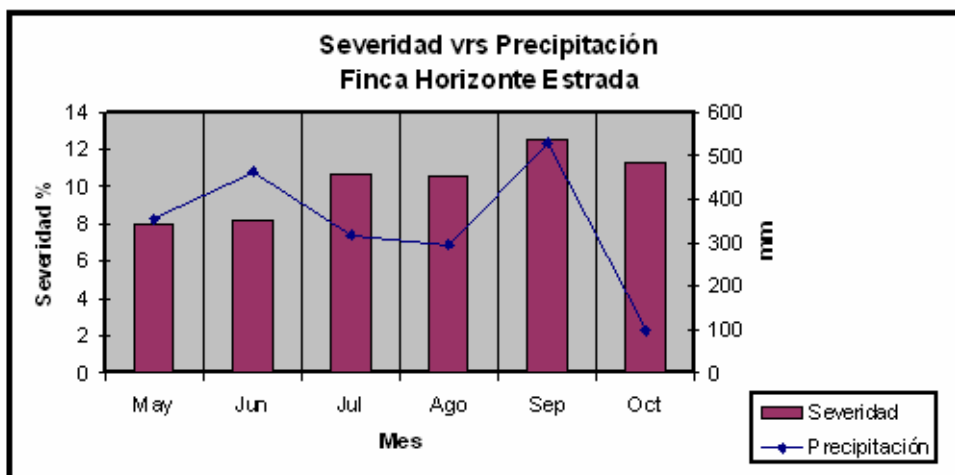


Figura 3-19. Gráfica de comparación severidad-precipitación, variedad CP 72-2086, finca Horizonte Estrada

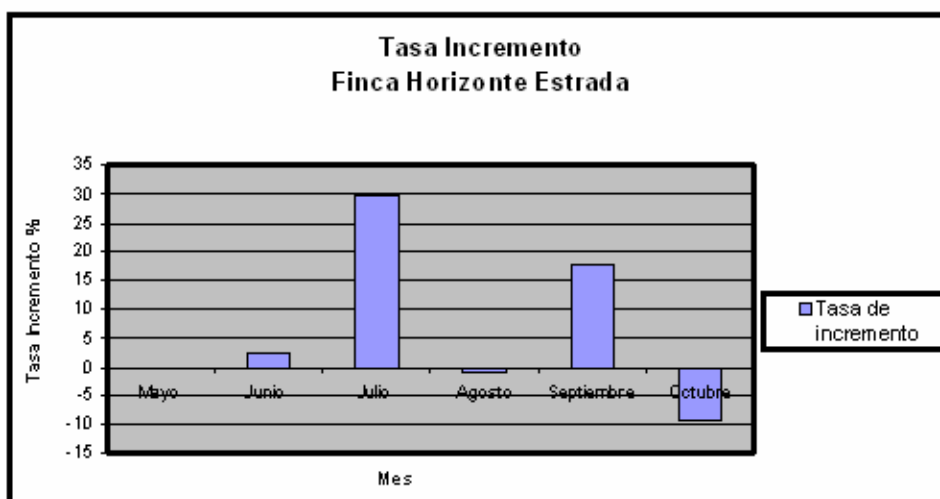


Figura 3-20. Gráfica de tasa de incremento de enfermedad, variedad CP 72-2086, finca Horizonte Estrada



### 5.3.2 ESTRATO BAJO (40-100msnm)

#### 5.3.2.1 Finca San Patricio

Cuadro 3-13. Recopilación de datos, variedad CP 72-2086, finca San Patricio.

Variedad CP 72-2086			
Estrato ►	Estrato Bajo		
Finca ►	San Patricio		
Mes ▼	Edad cultivo	Infeccion Prom/mes (%)	Tasa Incremento %
Marzo	4,3	0	
Abril	5,3	0	
Mayo	6,3	0,2	
Junio	7,3	1,1	450
Julio	8,3	7,66	596,36
Agosto	9,3	9,2	20,10
Septiembre	10,3	9,14	-0,65
Octubre	11,3	8,9	-2,63
Noviembre	12,3	6,6	-25,84

En la finca San Patricio fue hasta en el mes de julio cuando el cultivo tenía ya 8 meses, cuando la enfermedad alcanzó niveles significativos; puesto que en junio solo se registraron promedios de 1% de severidad y con lluvias ya de 300 mm (figura 3-21), la ubicación del lote donde se encuentra el cultivo, tiene gran cantidad de árboles forestales a su alrededor y otros de tipo arbustivo los cuales posiblemente sirvieron de algún tipo de barrera viva que contuvo el ataque de las esporas en el aire. De junio a julio se observó una tasa de incremento del 590% (figura 3-22), puesto que la severidad llegó a alcanzar un porcentaje de 7; sin embargo fue hasta el mes de Septiembre donde ocurrió el pico de la cantidad de enfermedad y de precipitación, llegando a niveles de 9% de severidad con precipitaciones de 600 mm (figura 3-21)

Como lo ocurrido como en todas las fincas evaluadas del estrato bajo, octubre y noviembre fueron de decreciente para la severidad y para la precipitación.

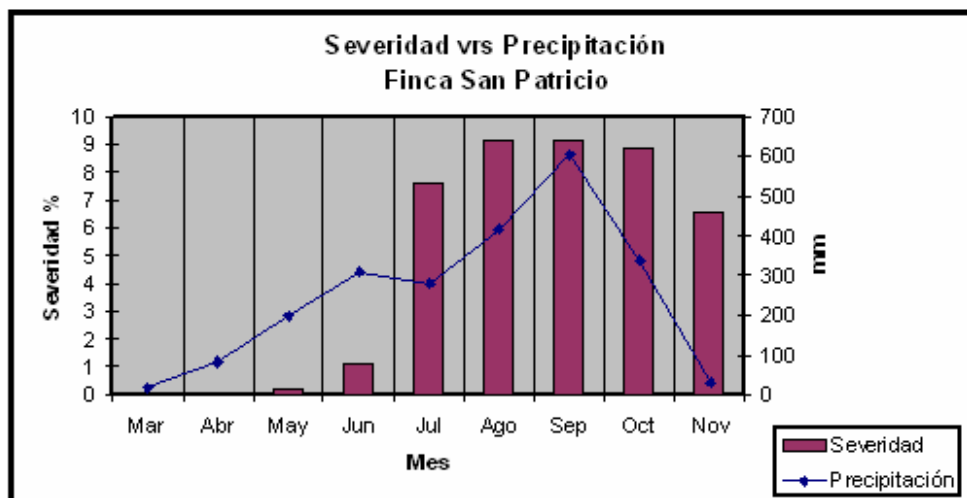


Figura 3-21. Gráfica de comparación severidad-precipitación, variedad CP 72-2086, finca San Patricio.

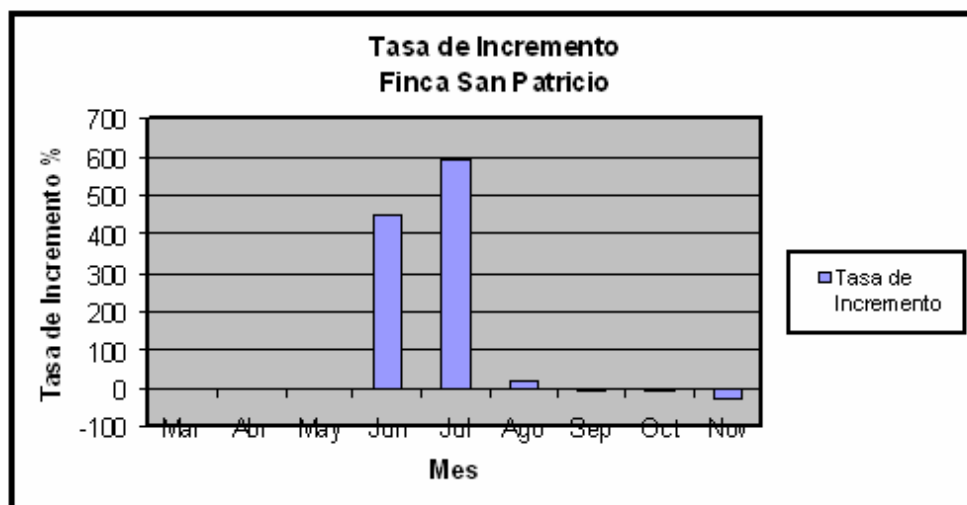


Figura 3-22. Gráfica de tasa de incremento de enfermedad, variedad CP 72-2086, finca San Patricio.

### 5.3.3 ESTRATO MEDIO (100-300 msnm)

#### 5.3.3.1 Finca Velasquez

Cuadro 3-14. Recopilación de datos, variedad CP 72-2086, finca Velásquez.

Tasa de Incremento mensual en variedad CP 72-2086			
Estrato ►	Estrato Medio		
Finca ►	Velasquez		
Mes ▼	Edad cultivo	Infeccion Prom/mes (%)	Tasa Incremento %
Marzo	3	0,87	
Abril	4	3,4	290,80
Mayo	5	7,25	113,24
Junio	6	11,7	61,38
Julio	7	11,81	0,94
Agosto	8	12,8	8,38
Septiembre	9	15,21	18,83
Octubre	10	12,61	-17,09
Noviembre	11	11,78	-6,58

La relación existente entre la severidad de la enfermedad y la cantidad de precipitación del lugar esta entrelazada, puesto que como se observa en la figura 3-23 a medida que la cantidad de precipitación creció mes a mes, también la cantidad de enfermedad aumentó. En el mes de septiembre existieron precipitaciones de 900mm, y en ese mes la severidad alcanzo niveles del 15%; niveles mas altos que en el estrato bajo; esto se puede relacionar a que en este estrato llueve en mayor cantidad que en el estrato bajo, y por ende las condiciones van a ser mucho mejores para la reproducción del patógeno en estudio.

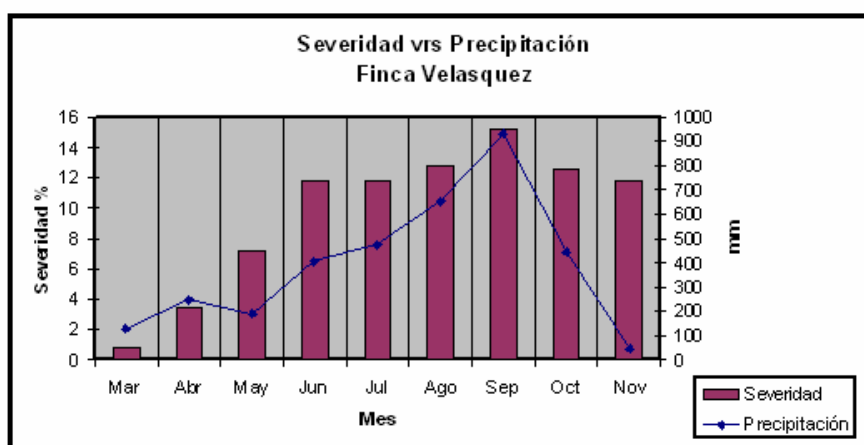


Figura 3-23. Gráfica de comparación severidad-precipitación, variedad CP 72-2086, finca Velásquez

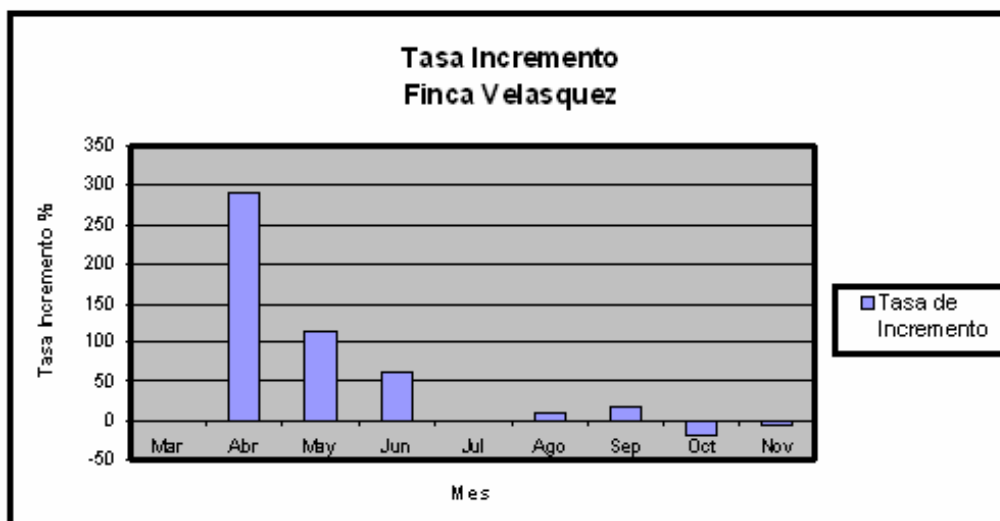


Figura 3-24. Gráfica de tasa de incremento de enfermedad, variedad CP 72-2086, finca Velásquez

### 5.3.3.2 Finca Ilusiones Gonzales

Cuadro 3-15. Recopilación de datos, variedad CP 72-2086, finca Ilusiones Gonzales.

Tasa de Incremento mensual en variedad CP 72-2086			
Estrato ▶	Estrato Medio		
Finca ▶	Ilusiones Gonzales		
Mes ▼	Edad cultivo	Infeccion Prom/mes (%)	Tasa Incremento %
Marzo			
Abril			
Mayo	4	3	
Junio	5	5,14	71,33
Julio	6	4	-22,18
Agosto	7	6,35	58,75
Septiembre	8	9,46	48,98
Octubre	9	8,35	-11,73
Noviembre	10	7,76	-7,07

El promedio de severidad mas alto que se pudo observar fue de 9.5% en el mes de Septiembre, teniendo una decreciente en el mes de julio y otras dos decrecientes en los meses casi finales del ciclo del cultivo (octubre y noviembre) (figura 3-25)

La mayor tasa de incremento mensual observada fue en el mes de junio con un 70% de incremento en la enfermedad con relación al mes de mayo (figura 3-26)



Figura 3-25. Gráfica de comportamiento de enfermedad en el tiempo, variedad CP 72-2086, finca Ilusiones Gonzáles

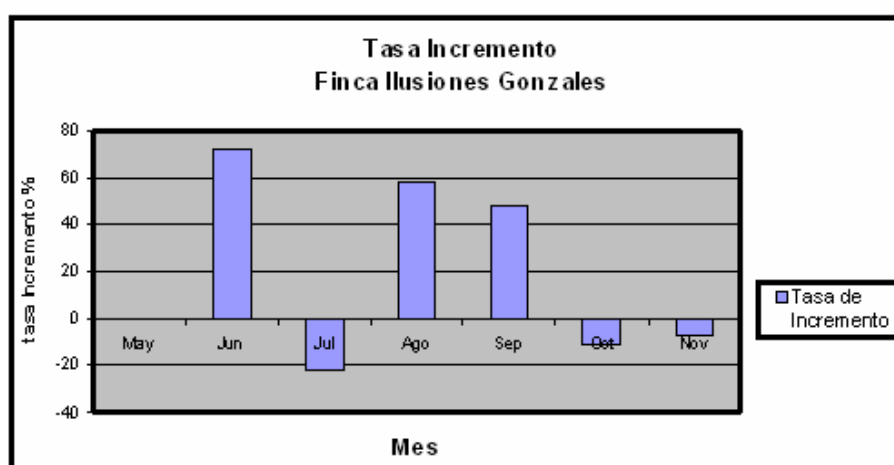


Figura 3-26. Gráfica de tasa de incremento de enfermedad, variedad CP 72-2086, finca Ilusiones Gonzáles

### 5.3.4 ESTRATO ALTO (300 en adelante msnm)

#### 5.3.4.1 Finca Socorro

Cuadro 3-16. Recopilación de datos, variedad CP 72-2086, finca Socorro.

Tasa de Incremento mensual en variedad CP 72-2086			
Estrato ►	Estrato Alto		
Finca ►	Socorro		
Mes ▼	Edad cultivo	Infeccion Prom/mes (%)	Tasa Incremento %
Marzo	2	0,3	
Abril	3	0,5	66,67
Mayo	4	9,75	1850,00
Junio	5	12,5	28,21
Julio	6	13,3	6,40
Agosto	7	15,7	18,05
Septiembre	8	14,33	-8,73
Octubre	9	12,85	-10,33
Noviembre	10	11,91	-7,32

Teniendo a la finca socorro como única en estudio en el estrato alto, se observa en la figura 3-27 que las precipitaciones ocurridas en el lugar son realmente bastante altas, llegando en el mes de septiembre a 1800 mm y en los meses de julio y agosto con precipitaciones de 1000mm aproximadamente; esto podría ser una de las causas de las muy altas de porcentaje de severidad observados que son de hasta 15%. Octubre y noviembre como en todos los casos anteriores existió una decreciente tanto en la severidad como en la ocurrencia de lluvias.

Mayo fue el mes en el cual existió la mayor tasa de incremento de la enfermedad, no solo en la finca sino que también en comparación con lo ocurrido en las demás fincas; el incremento fue de aproximadamente un 1850% (figura 3-28) en relación al mes de abril, que prácticamente en dicho mes no se contaba con nada de presencia de enfermedad, mientras que en mayo la severidad llegó a niveles del 9.7%.

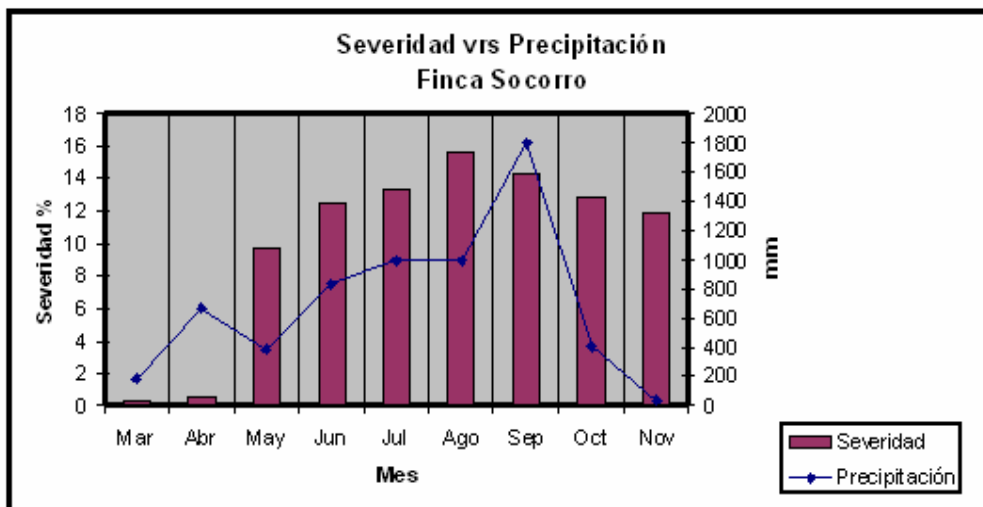


Figura 3-27. Gráfica de comparación severidad-precipitación, variedad CP 72-2086, finca Socorro.

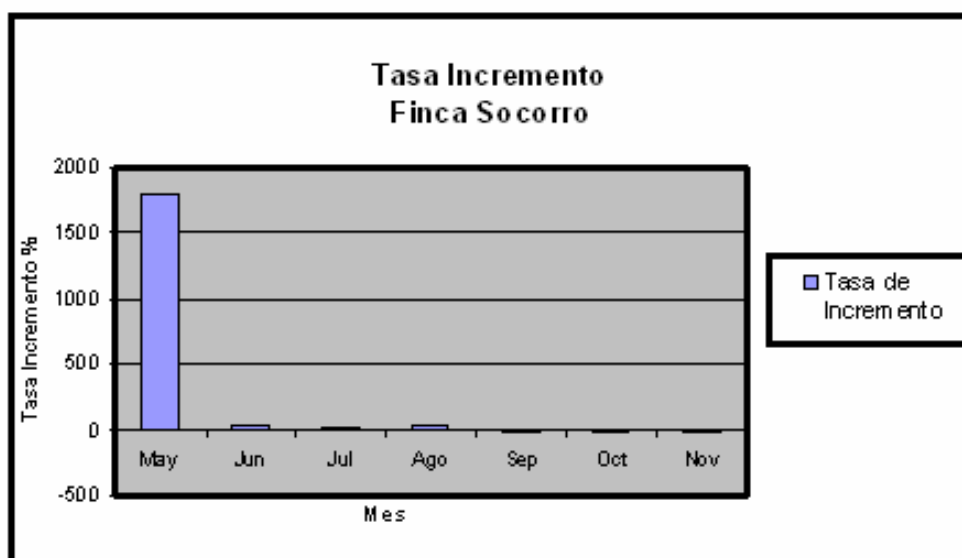


Figura 3-28. Gráfica de tasa de incremento de enfermedad, variedad CP 72-2086, finca Socorro

## 5.4 ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LA ENFERMEDAD EN OTRAS VARIEDADES

### 5.4.1. VARIEDAD CG 96-59

**Finca:** Luceros

**Lote:** 3720205

**Estrato:** Litoral

**Edad cultivo al primer mes de monitoreo:** 2 meses

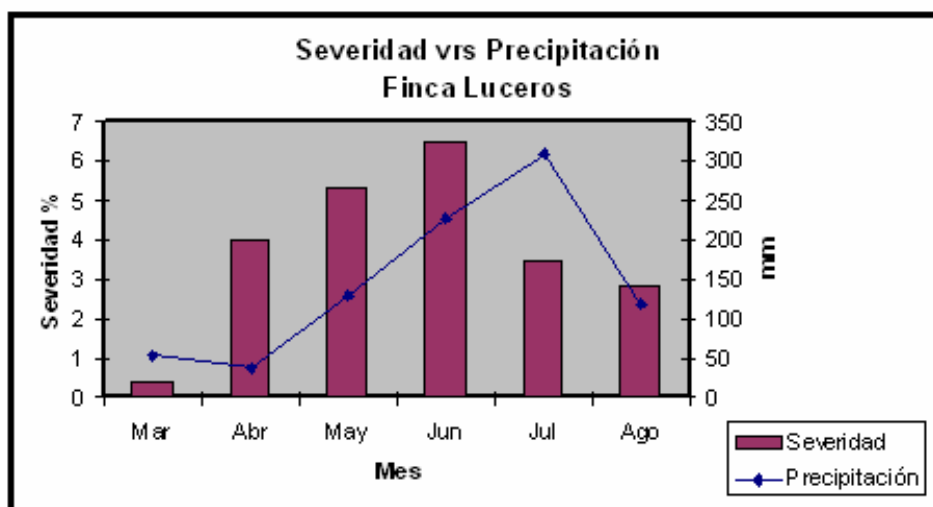


Figura 3-29. Gráfica de comparación severidad-precipitación, variedad CG 96-59 finca Luceros.

Los porcentajes de severidad en esta variedad no son realmente significativos, observándose la mayor severidad de la enfermedad en el mes de Junio.

Como se observa en la 3-29, la severidad era relativamente proporcional a la cantidad de precipitación en el lugar, solo que en julio que es cuando se observaron las mayores precipitaciones la severidad bajo considerablemente desde un 6.5% hasta un 4% aproximadamente; eso puede relacionarse con algún tipo de resistencia horizontal de la variedad hacia el tipo de patógeno en estudio.



#### 5.4.2 VARIEDAD CP 88-1508

**Finca:** Velásquez  
**Lote:** 100107  
**Estrato:** Medio  
**Edad cultivo al primer mes de monitoreo:** 3 meses

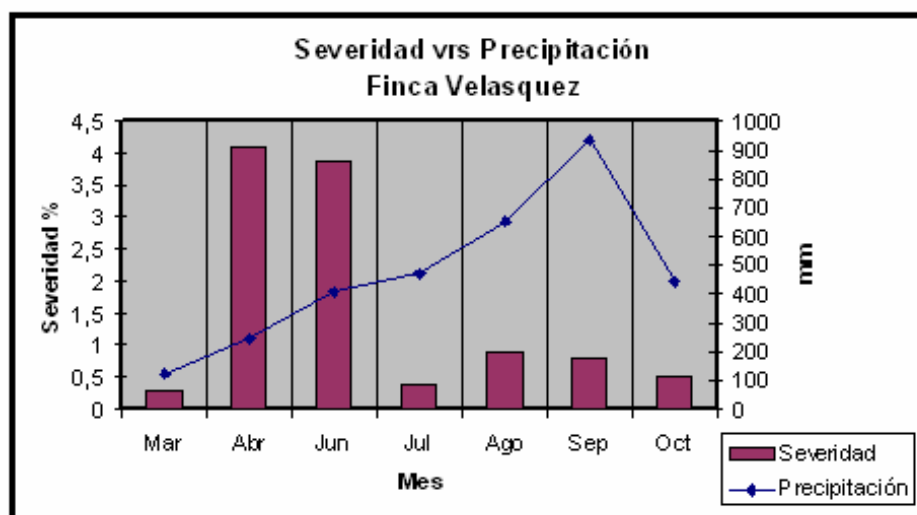


Figura 3-30. Gráfica de comparación severidad-precipitación, variedad CP 88-1508, finca Velásquez

En la variedad CP 88-1508 en el estrato medio, en la finca Velásquez, se observa que la variedad mostró algún tipo de resistencia horizontal ante el ataque del patógeno, puesto que como se plasma en la figura 3-30, la precipitación fue en aumento mientras que la severidad fue en total decreciente no relacionado con la cantidad de lluvia presente.

### 5.4.3 VARIEDAD SP 79-2233

**Finca:** Velásquez  
**Lote:** 100206  
**Estrato:** Medio  
**Edad cultivo al primer mes de monitoreo:** 1.5 meses

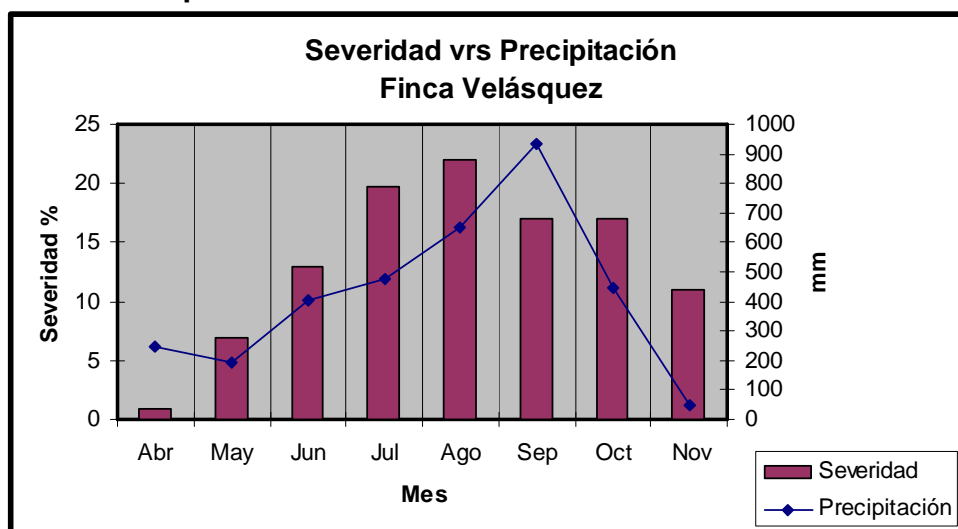


Figura 3-31. Gráfica de comparación severidad-precipitación, variedad SP 79-2233, finca Velásquez

En la figura 3-31 se observa que la variedad SP 79-2233 es la variedad más susceptible ante el ataque de este patógeno, puesto que la severidad alcanzada por la enfermedad en esta variedad y en esta finca, fue de un 22% aproximadamente en el mes de agosto, un mes lluvioso con precipitaciones de 650 mm/mes, siempre teniendo la cantidad de enfermedad presente algún tipo de relación con la cantidad de lluvia del lugar, como se observa.

**Finca:** Santa Luisa II  
**Lote:** 3100102  
**Estrato:** Litoral  
**Edad cultivo al primer mes de monitoreo:** 4.5 meses

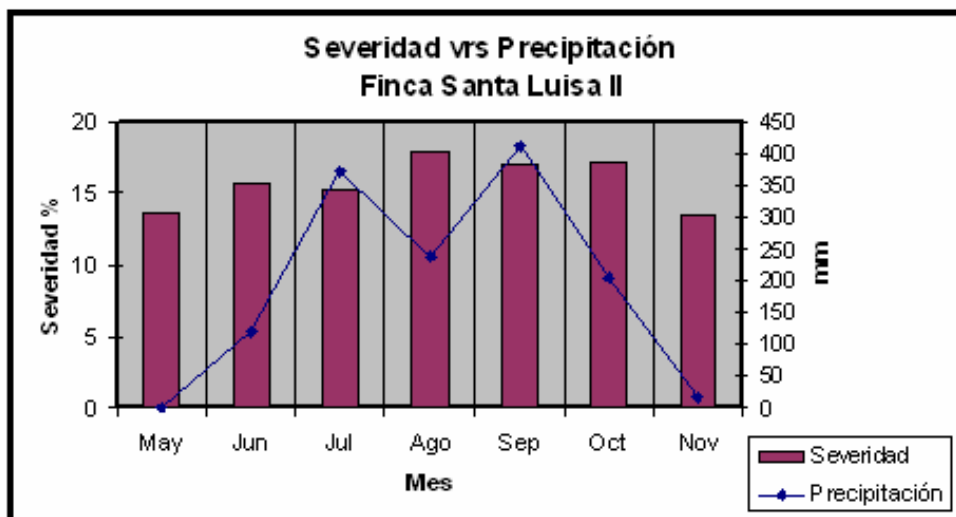


Figura 3-32. Gráfica de comparación severidad-precipitación, variedad SP 79-2233 finca Santa Luisa II

En esta finca la severidad de la enfermedad en los meses observados no bajo de un 10%, aunque las precipitaciones no fueron tan altas como en los estratos medio y alto, igualmente los porcentajes de infección no supera el 18%, como sucedió en la finca Velásquez del estrato medio. También existe una relación entre la severidad y la precipitación del lugar.

**Finca:** Acacias  
**Lote:** 1520102  
**Estrato:** Medio  
**Edad cultivo al primer mes de monitoreo:** 2.5 meses

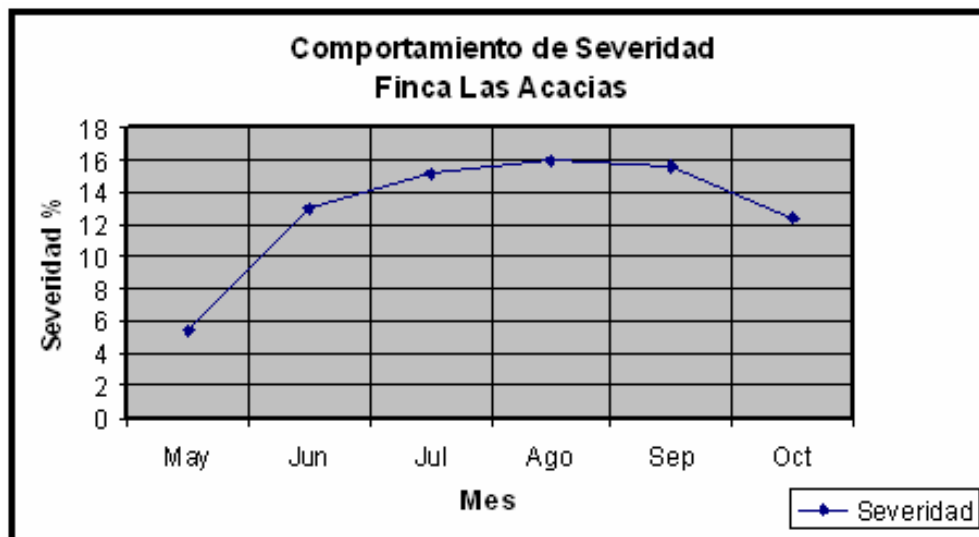


Figura 3-33. Gráfica de comportamiento de la enfermedad en el tiempo, variedad SP 79-2233, finca Acacias.

En la finca Acacias los porcentajes de infección observados están en un límite de un 16%. Siempre asumiendo (por falta de datos de precipitación de esta finca) que agosto y septiembre son los meses mas lluviosos de la zona, y por ende también fueron los meses con mas infección de la enfermedad.

#### 5.4.4 VARIEDAD CP 72-1210

**Finca:** San Patricio  
**Lote:** 3510102  
**Estrato:** Bajo  
**Edad cultivo al primer mes de monitoreo:** 4.3 meses

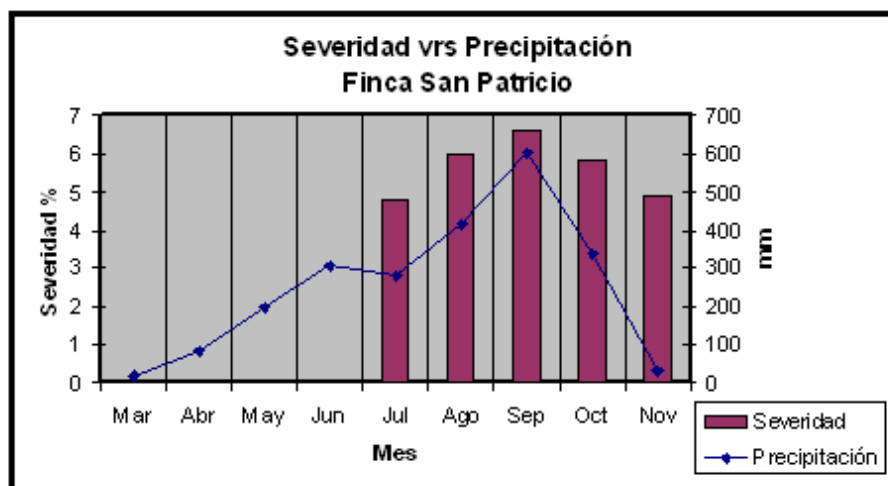


Figura 3-34. Gráfica de comparación severidad-precipitación, variedad CP 72-1220, finca San Patricio

Como lo sucedido en la variedad CP 72-2086 en esta finca, hasta en el mes de julio se observó infección del patógeno con porcentajes del 5% aproximadamente. Como mencionamos, en dicha finca existen gran cantidad de árboles forestales y gran cantidad de barreras vivas que pudieron hacer algún tipo de barrera para contrarrestar el ataque temprano del patógeno. Pero las lluvias crecieron a su máximo nivel en agosto y septiembre y allí fue donde se observaron los mayores porcentajes de severidad de la enfermedad.

## 5.5 VARIETADES CON MINIMA O NO PRESENCIA DE LA ENFERMEDAD

A continuación en la cuadro 3-17 se presenta el diagnostico final de las variedades que fueron infectadas con mínimas cantidades de enfermedad y las que no fueron infectadas en todo el ciclo del cultivo.

Cuadro 3-17. Diagnostico final de variedades restantes.

Finca	Variabilidad	Estrato	Lote	Diagnostico	Observaciones
San Fernando	CP 73-1547	Litoral	300101	Npp en cc	En Junio se observo una macolla con 0.2%
	CG 96-01	Litoral	300204	Npp en cc	
Santa María	CP 73-1547	Litoral	270104	Npp en cc	
El Retazo	CG 96-01	Litoral	2060109	Npp en cc	
	CP 73-1547	Litoral	2060107	Npp en cc	
Manantial	CP 88-1165	Litoral	2080101	Npp en cc	
	CP 73-1547	Litoral	2080106	Npp en cc	
Malta	CP 73-1547	Litoral	2270104	Npp en cc	
	CP 88-1165	Litoral	2270204	Npp en cc	
Luceros	CP 88-1165	Litoral	3720102	Npp en cc	
	CP 73-1547	Litoral	3720103	Npp en cc	
	CG 96-01	Litoral	3720205	Npp en cc	
Chaparral	CP 73-1547	Litoral	3130103	Npp en cc	
	CG 96-01	Litoral	3130105	Npp en cc	
	PR 87-2080	Litoral	3130201	Npp en cc	
	CP 89-2143	Litoral	3130202	Npp en cc	
Rosario	CP 73-1547	Litoral	2350201	Npp en cc	
	CP 88-1165	Litoral	2350102	Npp en cc	
San Patricio	CP 88-1165	Bajo	3510201	Npp en cc	
Velasquez	CP 73-1547	Medio	100101	Npp en cc	
	CP 88-1165	Medio	100206	Npp en cc	
	CG 96-01	Medio	1001012	Npp en cc	
Ilusiones G.	CG 97-100	Medio	770101	Npp en cc	Mezcla con CP 72-2086
	CP 73-1547	Medio	770101	Npp en cc	Mezcla con CP 72-2086
	CG 97-97	Medio	770101	Npp en cc	Mezcla con CP 72-2086
	Mex 78p23	Medio	770101	0.2 % de severidad. Incidencia 5%	Dato tomado solo de mayo a julio
	Mex 79431	Medio	770101	Npp en cc	Mezcla con CP 72-2086
	CP 89-2143	Medio	770101	Npp en cc	Mezcla con CP 72-2086
	CG 96-78	Medio	770101	Npp en cc	Mezcla con CP 72-2086
	PGM 89968	Medio	770101	Npp en cc	Mezcla con CP 72-2086
	PR 671355	Medio	770101	Npp en cc	Mezcla con CP 72-2086
	CG 96-21	Medio	770101	Npp en cc	Mezcla con CP 72-2086. Presencia Roya Marron
	NA 56-42	Medio	770101	Npp en cc	Mezcla con CP 72-2086
Socorro	CP 73-1547	Alto	1140101	Npp en cc	
El Carmen	CP 88-1165	Alto	930103	Npp en cc	
	CP 73-1547	Alto	930103	Npp en cc	

Npp en cc: No se presento la enfermedad en el ciclo del cultivo.

## 6. CONCLUSIONES

- a. La enfermedad de la roya naranja producida por el hongo *Puccinia kuenhii* esta presente en Guatemala, e infectando a las variedades CP 72-2086, SP 79-2233, CG 96-59, CP 88-1508, Mex 68P23 y CP 72-1210.
- b. La variedad SP 79-2233 alcanzo niveles de severidad del 18% en la finca Santa Luisa II, del estrato litoral; siendo la variedad hasta el momento más susceptible ante el ataque de la roya naranja. Las variedades CP 73-1547, CP 88-1165, CG 96-01, CP 89-2143, PR 87-2080, CG 97-100, CG 97-97, Mex 79-431, CG 98-78, PGM 89968, PR 67-1355, CG 96-21, NA 56-42 mostraron resistencia ante la enfermedad de la roya naranja; y la variedad Mex 78-P23 la enfermedad se hizo presente pero con severidades de 0.2%, lo cual indica que también esta también es una variedad resistente.
- c. Infecto en los cuatro estratos altitudinales a la variedad más importante del gremio cañero, la variedad CP 72-2086; encontrándose los mayores niveles de severidad en dicha variedad, en el estrato alto específicamente en la finca socorro con un 16% de severidad, con precipitaciones de hasta 1800 mm/mes en la finca.

## 7. RECOMENDACIONES

- a. Mantener un constante monitoreo de la enfermedad roya naranja, sobre las variedades comerciales, semicomerciales, y promisorias de importancia para la empresa.
- b. Tomar en cuenta los factores ambientales como humedad relativa, precipitación pluvial, velocidad del viento y temperatura de las fincas a monitorear.
- c. Monitorear un número significativo de fincas en cada uno de los estratos altitudinales presentes en la zona cañera, teniendo en cuenta el tener un similar número de fincas a evaluar en cada estrato.

- d. Realizar el monitoreo de la enfermedad en las ocho administraciones de la empresa.
- e. Mantener en monitoreo constante a las variedades CP 72-2086, CP 88-1165, CP 73-1547 y SP 79-2233.

## **8. EVALUACIÓN CRÍTICA DEL SERVICIO**

El servicio asignado, fue de mucha importancia no solo para el ingenio Magdalena, sino para el gremio cañero; puesto que se necesitaba conocer el comportamiento inicial de la roya naranja dentro de la zona de producción del cultivo.

El monitoreo mensual de la roya naranja en las 19 variedades esparcidas en los cuatro estratos altitudinales tuvo sus facilidades y sus dificultades.

El ingenio Magdalena proveo de todas las facilidades para la realización de la actividad:

- a. El transporte: Se asignaron automóviles en cada administración, los cuales nos transportaron hacia las fincas seleccionadas previamente.
- b. El recurso humano: No faltó nunca el recurso humano para ningún mes del monitoreo, las personas estaban ya asignadas como una tarea dentro de su agenda diaria.
- c. Para el análisis de datos recolectados en los primeros 15 días de cada mes, se contó con una computadora asignada por el departamento de investigación agrícola.

Pero como en cualquier actividad siempre existen dificultades:

- a. Existieron días en que los automóviles asignados con su respectivo conductor, estuvieron ocupados por algún imprevisto, lo cual atrasó hasta 4 o 5 días el monitoreo.
- b. El monitoreo se realizó en la época lluviosa, y el invierno del 2008 fue bastante fuerte en relación a los años anteriores; y en algunos días dichas inclemencias del tiempo nos retrasaban puesto que no se podía salir al campo.



### Los Logros

Se cumplieron con absolutamente todas las metas establecidas al principio del monitoreo, puesto que las 19 fincas con las variedades seleccionadas fueron monitoreadas.

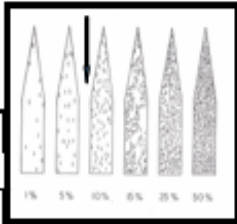
Se monitoreó la enfermedad de la roya naranja en los cuatro estratos altitudinales presentes en la zona de producción del ingenio Magdalena.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

1. Agrios N, G. 2005. Plant pathology. 15 ed. US, University of Florida, Department of Plant Pathology / Elsevier Academic Press. p. 562–580.
2. Arana González, ÁD. 2002. Evaluación de tres compuestos inorgánicos y un aceite vegetal para el control de la cenicilla del rosal *Oidium* sp. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 60 p.
3. AZASGUA (Asociación de Azucareros de Guatemala, GT). 2008. Cifras de producción (en línea). Guatemala. Consultado 15 mar 2008. Disponible en: <http://www.azucar.com.gt>
4. BANGUAT (Banco de Guatemala, GT). 2008. Cifras de producción (en línea). Guatemala. Consultado 15 mar 2008. Disponible en: <http://www.banguat.gob.gt>
5. CABI, UK. 2006. CPC, Crop Protection Compendium: *Puccinia kuehnii*. UK. 2 CD.
6. Cardona Recinos, R. 2002. Diccionario municipal de Guatemala. 5 ed. Guatemala, Instituto de Estudios y Capacitación Cívica.
7. CENGICAÑA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, GT). 2008. Informe anual 2006-2007. Guatemala. p. 31-34.
8. Echeverría Pérez, CE. 1992. Evaluación de la incidencia de 5 enfermedades sobre 12 variedades de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en Pantaleón, Siquinalá, Escuintla. EPSA Investigación Inferencial. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 37 p.
9. Flores Cáceres, S. 2001. Las variedades de caña de azúcar en México. México, s.e. 308 p.
10. NAPPO (North American Plant Protection Organization, US). 2007. Detecciones de roya de la caña de azúcar, *Puccinia kuehnii*, en el condado de Palm Beach, Florida, Estados Unidos (en línea). US, Sistema de Alerta Fitosanitaria. Consultado 20 mar 2008. Disponible en: <http://www.pestalert.org/espanol/oprDetail.cfm?oprID=270&keyword=Puccinia%20kuehnii>
11. Ovalle Sáenz, W. 1997. Manual para identificación de enfermedades de la caña de azúcar. Guatemala, Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar. p. 16.
12. Solares, E. 2008. Roya naranja, situación actual del país (entrevista). Escuintla, Guatemala, Ingenio Magdalena, Departamento de Investigación.

## 10. ANEXOS

Cuadro 3-18a. Boleta de registro de severidad de roya naranja

Ingenio Magdalena Investigacion Agricola Registro de Monitoreo de Roya Naranja												
Fecha _____ Administracion _____												
Finca	Lote	Variedad	Estrato Altitudinal	Tipo de Plantacion		Fecha Corte	Grado de Severidad (%)					Numero de Muestras
				Comercial	Semillero		0-5 %	6-10%	11-15%	16-24%	25-50%	
El gato	312	R-343	Litoral	/		24/12/2008	5-5-5-7	10-13-10	11-13-14-14			11