

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA
SUBDIRECCIÓN GENERAL ADJUNTA DE ENSEÑANZA
PROGRAMA DE POSGRADO

EFECTO DEL CALCIO Y FOSFORO SOBRE LA SEVERIDAD DEL TIZÓN
TEMPRANO (*Alternaria solani* Ellis y Martín) EN EL CULTIVO DEL
TOMATE (*Lycopersicum esculentum* Mill.)

Tesis sometida a la consideración del Comité Técnico Académico del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, para optar al grado de:

MAGISTER SCIENTIAE

por

JORGE ANTONIO ALAS GARCIA

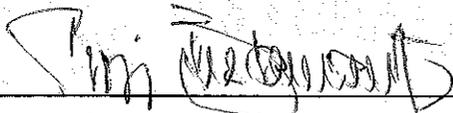
Centro Agronómico Tropical de Investigación y enseñanza,
Turrialba, Costa Rica

Agosto de 1989

Esta tesis ha sido aceptada, en su presente forma, por la Coordinación del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales Renovables del CATIE, y aprobada por el Comité Asesor del estudiante como requisito parcial para optar al grado de:

MAGISTER SCIENTIAE

COMITE ASESOR:



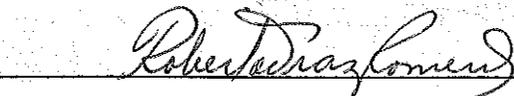
Elkin Bustamante, Ph.D.
Profesor Consejero



James B. French
Miembro del Comité



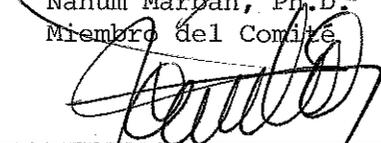
Donald Kass, Ph.D.
Miembro del Comité



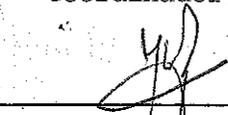
Roberto Díaz, M.Sc.
Miembro del Comité



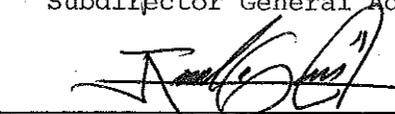
Nahum Marbán, Ph.D.
Miembro del Comité



Ramón Lastra Rodríguez, Ph.D.
Coordinador, Programa de Estudios de Posgrado



Dr. José Luis Parisí
Subdirector General Adjunto de Enseñanza



Jorge Antonio Alas García
Candidato

A mis padres:

Miguel A. Alas

Delia García de Alas

A mis hermanos:

Evelyn, Maribel,

Miguel y Gloria

A mis cuñados:

Salvador, Ricardo

y Emilio

AGRADECIMIENTOS

Hago constar mi agradecimiento:

A mi esposa, por su comprensión y apoyo en todo momento y a mi hijo, por haber hecho la estadía más grata durante el tiempo de mis estudios en Costa Rica.

Al Dr. Elkin Bustamante, por su permanente disposición en la asesoría del trabajo de tesis y su amistad.

Al Dr. James French, por su asesoría en el análisis económico y su amistad.

Al Dr. Donald Kass, por sus orientaciones en el área de suelos y en la revisión del original.

Al M.Sc. Roberto Díaz, por sus orientaciones en el área de suelos y en la revisión del original.

Al Dr. Nahúm Marbán, por sus sugerencias y revisión del original.

Al M.Sc. José Martí Jiménez, por su colaboración en el trabajo de campo, en la revisión del original y su amistad.

Al Ing. Gustavo Calvo, por su valiosa colaboración en los análisis estadístico y económico.

Al Dr. Pedro Ferreira, por su colaboración en el diseño y análisis estadístico.

Al Sr. Arnoldo Barrantes y al personal de la montaña por su colaboración y acertadas sugerencias en el trabajo de campo.

A los señores Walter Bermúdez y Arturo Gamboa por su valiosa colaboración en las pruebas de laboratorio y su amistad.

A Isabel Royo, Laura Rodríguez, Yorlene Pérez y Guiselle Alvarado por las atenciones y ayuda brindadas.

A los Drs. Rutilio Quezada, Ramiro de la Cruz, Philip Shannon y Joseph Saunders, por el estímulo y colaboración brindadas.

A todos mis compañeros y amigos de la promoción 1987-89, por su amistad.

A mis amigos Rudy Herrera y Señora, José Cardona y Señora, Rolando Rodríguez y Señora, Miguel Campos y Señora, José Andino y Señora, José M. Mendez, José Angel Banegas, Carlos Fuentes, Julio Zúñiga y Edwin Oliva, por los momentos gratos compartidos.

Al personal de la Biblioteca Conmemorativa Orton, especialmente a Lisseth Brennes y Rigoberto Aguilar por sus atenciones.

Al personal del Programa de Posgrado y al Lic. José Ramírez, por su siempre amable colaboración.

Al Centro Nacional de Tecnología Agrícola, al Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza y al Proyecto Manejo Integrado de Plagas, por permitir mi superación académica.

BIOGRAFIA

El autor nació en la ciudad de Jiquilisco, departamento de Usulután, El Salvador, el 14 de julio de 1961. Realizó sus estudios primarios en la Escuela República Federal Centroamericana y su bachillerato en el Instituto Nacional de Usulután.

En 1980 inició sus estudios superiores en la Universidad Autónoma de Sinaloa, México y egresó de la misma en 1985, graduandose de Ingeniero Agrónomo Parasitólogo en febrero del mismo año.

A partir de 1986 trabaja en el Centro Nacional de Tecnología Agrícola con el cargo de Técnico Especialista en Manejo Integrado de Plagas.

En septiembre de 1987, ingresó al Programa de Posgrado del CATIE en Turrialba, Costa Rica. Realizó su investigación de tesis con el Proyecto Manejo Integrado de Plagas y se graduó de *Magister Scientiae* en agosto de 1989.

INDICE

	PAGINA
RESUMEN.....	x
SUMMARY.....	xii
LISTA DE CUADROS.....	xiv
LISTA DE FIGURAS.....	xvii
1. INTRODUCCION.....	1
2. REVISION DE LITERATURA.....	4
2.1. La enfermedad.....	4
2.1.1. Importancia económica.....	4
2.1.2. Sintomatología.....	5
2.2. Forma y características del organismo causal.....	7
2.3. Epidemiología.....	8
2.4. Medidas de combate.....	12
2.4.1. Combate por practicas culturales.....	12
2.4.2. Combate químico.....	12
2.4.3. Combate por resistencia.....	13
2.5. Efecto de la nutrición en la defensa de las plantas.....	14
2.5.1. Efecto del fosforo.....	15
2.5.2. Efecto del calcio.....	17
3. MATERIALES Y METODOS.....	20
3.1. Localización.....	20
3.2. Material experimental usado en invernadero y campo.....	22
3.2.1. Prueba en invernadero.....	22

3.2.2. Prueba en campo.....	23
3.3. Metodología utilizada en invernadero y campo.....	23
3.3.1. Prueba en invernadero.....	23
3.3.1.1. Aislamiento de <u>A. solani</u>	23
3.3.1.2. Tratamientos.....	25
3.3.1.3. Descripción de la unidad experimental.....	27
3.3.1.4. Diseño experimental.....	27
3.3.1.5. Variables evaluadas y análisis.....	27
3.3.2. Prueba en campo.....	28
3.3.2.1. Tratamientos.....	28
3.3.2.2. Descripción de la unidad experimental.....	28
3.3.2.3. Diseño experimental.....	28
3.3.2.4. Manejo del experimento.....	29
3.3.2.5. Variables evaluadas y análisis.....	32
3.3.2.6. Análisis económico.....	34
4. RESULTADOS Y DISCUSION.....	35
4.1. Prueba de invernadero.....	35
4.1.1. Altura de planta.....	35
4.1.2. Severidad del patógeno.....	35
4.2. Prueba de campo.....	50
4.2.1. Análisis estadístico.....	50
4.2.1.1. Altura de planta.....	50

4.2.1.2. Severidad del patógeno.....	56
4.2.1.3. Análisis foliar.....	66
4.2.1.4. Rendimientos.....	66
4.2.2. Análisis económico.....	73
4.2.2.1. Análisis de regresión de la función de producción.....	76
4.2.2.2. Presupuesto parcial y análisis marginal.....	78
5. CONCLUSIONES.....	84
5.1. Conclusiones en invernadero.....	84
5.2. Conclusiones en campo.....	84
6. RECOMENDACIONES.....	86
7. BIBLIOGRAFIA.....	88
8. ANEXOS.....	92

ALAS GARCIA, J.A. 1989. Efecto del calcio y fósforo sobre la severidad del tizón temprano (*Alternaria solani* Ellis y Martin) en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., Programa CATIE. 107 p.

Palabras claves: Alternaria solani, resistencia, tizón, tomate.

RESUMEN

El tizón temprano del tomate causado por Alternaria solani constituye uno de los factores que limitan la producción del cultivo en la región centroamericana, pues en condiciones favorables para el patógeno, puede provocar grandes pérdidas al agricultor. El problema que se presenta en la actualidad, es que no existen cultivares resistentes a nivel comercial y que los fungicidas usados no son tan eficaces para controlar la enfermedad.

En los últimos años, la nutrición mineral de las plantas está siendo considerada de mucha importancia en la defensa contra las enfermedades. Con la finalidad de integrar otra medida para combatir a este patógeno, y lograr incrementos en los rendimientos, se planteó el presente trabajo que tuvo como objetivo general determinar la influencia de fósforo y calcio en la severidad de A. solani y en los rendimientos del cultivo. La investigación se realizó en dos etapas una en el invernadero del CATIE y la otra en el campo experimental 'La Montaña'.

En la prueba de invernadero se utilizó una selección del cultivar 'Dina' moderadamente susceptible a este patógeno, los tratamientos usados fueron 9 en total, producto de la combinación de 3 niveles de cal (fuente de calcio) 0, 1 y 4 T/ha y 3 niveles de P205 (fuente de fósforo) 0, 300 y 600 Kg/ha. Se usó un diseño en bloques al azar con arreglo factorial 3x3; se realizó inoculación artificial a los 45 días después de la siembra en 3 niveles de la planta (hoja basal, intermedia y superior) con una suspensión de 15.000 conidias/ml de A. solani. Las evaluaciones de severidad del patógeno se iniciaron 2 días después de la inoculación, haciéndose 6 lecturas, una cada 2

días, donde se midió el tamaño de la lesión en cm. Los resultados ponen de manifiesto el incremento en la resistencia de la planta cuando se aplica cal, obteniéndose el mejor efecto con el nivel de 2,4 t/ha. Los niveles de fósforo así como la interacción entre los dos elementos no mostraron efecto en la disminución de la severidad del patógeno, bajo las condiciones del experimento.

En la prueba de campo se usó un diseño en parcelas divididas en donde las parcelas grandes fueron 2 frecuencias de aplicación con mancozeb cada 8 y cada 12 días, y las parcelas chicas estuvieron constituidas por los mismos niveles de fertilización usados en invernadero.

Las evaluaciones de severidad empezaron a los 60 días después de la siembra y se usó una escala de 0-7 en donde cada número representó un rango de porcentaje entre 0-100%, los análisis de los datos se hicieron transformando esta escala a $\sqrt{x+1}$.

Los resultados muestran poca influencia de los fertilizantes sobre la severidad del patógeno, lo que seguramente se debió a que con niveles altos de cal y fósforo hubo más desarrollo de la planta, permitiendo un microclima de humedad mas adecuado para el desarrollo del hongo por lo que la severidad en todos los tratamientos fue bastante similar.

Sobre los rendimientos la influencia de los fertilizantes fue muy significativa. El análisis económico muestra que con los niveles de 2,4 toneladas de cal y 377 Kg de P2O5/ha se obtienen los rendimientos económicamente óptimos, ya que con este nivel de fertilización se obtuvo tanto la tasa de retorno marginal como los beneficios netos más altos, superiores por mucho al testigo y a otro niveles utilizados.

Las frecuencias de aplicación de mancozeb no mostraron diferencias ni en la severidad del patógeno ni en los rendimientos, con lo que se puede concluir que es lo mismo aplicar cada 8 o cada 12 días, siendo lógicamente mas económico hacerlo cada 12 días.

ALAS GARCIA, J.A. 1989. Effect of calcium and phosphorus over the severity of early blight (*Alternaria solani* Ellis y Martin) in the tomato crop (*Lycopersicum esculentum* Mill.) Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE Program. 107 p.

Key words: Alternaria solani, resistance, blight, tomato.

SUMMARY

Early blight of tomato caused by Alternaria solani, constitutes one of the major factors limiting production of the crop in the Central American region, and heavy losses may be suffered by the producer when favourable conditions exist for the pathogen. In reality the problem is presented because of the non-existence of resistant commercial cultivars, and the fungicides currently being used are not effective to control disease.

In the last years, the plant mineral nutrition is being considered of much importance in the deffense mechanisms against disease. In view for the need to integrate other mesures to fight against this pathogen, and to arrive at increased yields, the present work was undertaken which have as a general objective to determine the influence of phosphorus and calcium on the severity of A. solani and the yields of the crop. The investigation was realised in the two phases, one in the greenhouse of CATIE and the other in the experimental field 'La montaña'.

In the greenhouse trial a selection of the "Dina" cultivar which is moderately susceptible to the pathogen was utilised. A total of 9 treatments were used, which were the product from combinations of 3 levels of lime stone (calcium source) 0, 1 and 4 t/ha and 3 levels of P_2O_5 (phosphorus source) 0, 300 and 600 Kg/ha. The randomised block design with a 3x3 factorial arrangement was used in the trial. Artificial inoculation of the plants was realised at 45 days after seeding, in 3 positions (bas, intermediate and superior leaf) with a dilution at 15.000 conidia/ml of A. solani. The evaluations for pathogen severity was initiated two days after inoculation and measurements on lesions size in cm were taken in 6 readings once every 2 days. The results obtained indicated increased plant resistance when

lime was applied, obtaining the best response at the level of 2,4 t/ha. The phosphorus levels together with the interaction between the two elements did not produce any effect on the reduction of the pathogen severity under the experimental conditions.

In the field trial the split plot design was used where the main plots were assigned two application frequencies, every 8 and 12 days with mancozeb, and where the subplots constituted the same levels of fertilization used in greenhouse trial.

Evaluations for severity was initiated at 60 days after sowing, utilising a scale of 0-7 where each number represented a range of percentage between 0-100% for the data analysis the square root of $x + \frac{1}{2}$ function was used for transformation of the data.

The results showed little influence of fertilization on the severity of the pathogen. This was certainly associated with high levels of lime and phosphorus which stimulated plant development, thus promoting a micro environment with adequate moisture conditions for development of the fungus this was the main reason for similar degrees of severity for all the treatments.

The influence of fertilization on yields was very significant. Economic analysis showed that with the levels of 2,4 tons of lime and 377 kg P_2O_5 /ha resulted in optimum economic yields and at the same level of fertilization was observed the highest rates of marginal return as the net benefits, being superior for most of the control and other levels utilised.

The application frequencies of mancozeb did not show differences in the pathogen severity or in the yields, with which it can be concluded that the same response is achieved with application at 8 and 12 days, being logically more economic to spray every 12 days.

LISTA DE CUADROS

En el texto	Página
Cuadro N°	
1	Elementos climáticos medidos durante la duración del experimento de campo (enero a mayo de 1989) en el centro experimental 'La Montaña', CATIE, Turrialba, Costa Rica.....21
2	Niveles de fertilización de cal y P ₂ O ₅ , usados en los tratamientos, en las pruebas de invernadero y de campo.....26
3	Análisis de suelo efectuado antes de la siembra del tomate en el lote del experimento de campo, muestreo realizado por bloque.....30
4	Modelos de regresión y nivel de cal con el cual se obtiene la menor severidad de <u>A. solani</u> y la máxima altura de planta en el cultivo de tomate, prueba realizada en invernadero.....48
5	Modelos de regresión y niveles de cal y P ₂ O ₅ con los que se obtiene la máxima altura de la planta en la selección de tomate 'Dina Guayabo', prueba realizada en campo.....54
6	Altura de plantas de la selección de tomate 'Dina Guayabo', a través del ciclo del cultivo. Comparación entre tres épocas de lectura 30, 60 y 75 días después de la siembra, prueba realizada en campo55
7	Número y fechas de fumigación con mancozeb para las frecuencias de aplicación de cada 8 y cada 12 días, efectuadas en la selección de tomate 'Dina Guayabo', prueba realizada en campo.....63
8	Severidad de <u>A. solani</u> en la selección de tomate 'Dina Guayabo' a través del ciclo del cultivo, prueba realizada en campo.....65
9	Rendimiento de la selección de tomate 'Dina Guayabo' por calidad de fruto, expresado en t/ha. Datos para tres niveles de cal 0, 1 y 4 t/ha y tres niveles de P ₂ O ₅ 0, 300 y 600 Kg/ha, así como para las combinaciones entre ellos, prueba realizada en campo.....71

10	Modelos de regresión y nivel de cal con el cual se obtiene el máximo rendimiento por calidad y peso total de frutos de la selección de tomate 'Dina Guayabo', prueba realizada en campo.....	75
11	Presupuesto parcial de niveles de cal y P_2O_5 evaluados en el cultivo de tomate. Prueba realizada en el campo experimental 'La Montaña', Turrialba, C. R. (Rendimientos/ ha).....	79
12	Análisis de dominancia de tratamientos de cal y P_2O_5 en el cultivo de tomate. Prueba realizada en el campo experimental 'La Montaña', Turrialba, C.R.	80
13	Análisis marginal de los tratamientos de cal y P_2O_5 en el cultivo de tomate. Prueba realizada en el campo experimental 'La Montaña', Turrialba, C.R.....	82

En el anexo

1A	Análisis de varianza para evaluar altura de plantas del cultivar de tomate 'Dina Guayabo'. Prueba realizada en invernadero.....	93
2A	Análisis de varianza para la evaluación de la severidad de <u>A. solani</u> en la hoja basal de las plantas del cultivar de tomate 'Dina Guayabo'. Prueba realizada en invernadero.....	94
3A	Análisis de varianza para la evaluación de la severidad de <u>A. solani</u> en la hoja intermedia de las plantas del cultivar de tomate 'Dina Guayabo'. Prueba realizada en invernadero.....	95
4A	Análisis de varianza para la evaluación de la severidad de <u>A. solani</u> en la hoja superior de las plantas del cultivar de tomate 'Dina Guayabo'. Prueba realizada en invernadero.....	96
5A	Análisis de varianza para evaluar altura de plantas del cultivar de tomate 'Dina Guayabo'. Prueba realizada en campo.....	97
6A	Análisis de varianza para la evaluación de la severidad de <u>A. solani</u> en las plantas del cultivar de tomate 'Dina Guayabo'. Prueba realizada en campo ¹	98

7A	Análisis de varianza para evaluar el contenido de fósforo en las hojas del cultivar de tomate 'Dina Guayabo', a los 65 días después de la siembra. Prueba realizada en campo.....99
8A	Análisis de varianza para evaluar el contenido de calcio en las hojas del cultivar de tomate 'Dina Guayabo', a los 65 días después de la siembra. Prueba realizada en campo.....100
9A	Análisis de varianza para evaluar el rendimiento del cultivar de tomate 'Dina Guayabo'. Datos de la calidad uno, expresados en peso de frutos/ parcela. Prueba realizada en campo.....101
10A	Análisis de varianza para evaluar el rendimiento del cultivar de tomate 'Dina Guayabo'. Datos de la calidad dos, expresados en peso de frutos/ parcela. Prueba realizada en campo..102
11A	Análisis de varianza para evaluar el rendimiento del cultivar de tomate 'Dina Guayabo'. Datos de la calidad tres, expresados en peso de frutos/ parcela. Prueba realizada en campo..103
12A	Análisis de varianza para evaluar el rendimiento total del cultivar de tomate 'Dina Guayabo'. Datos expresados en peso de frutos/ parcela. Prueba realizada en campo.....104
13	Cálculo matemático para determinar los niveles de cal y fósforo económicamente óptimos, en el cultivar de tomate 'Dina Guayabo'. Prueba realizada en campo.....105

LISTA DE FIGURAS

Figura Nº		Pagina
1	Desarrollo de la planta del cultivar de tomate 'Dina Guayabo' con respecto a tres niveles de cal 0, 1 y 4 t/ha. Lectura tomada a los 45 días después de la siembra. Prueba realizada en invernadero.....	36
2	Evaluación de severidad de <u>A. solani</u> en el cultivar de tomate 'Dina Guayabo' en respuesta a tres niveles de cal 0, 1 y 4 t/ha. Datos de la hoja basal de la planta. Prueba realizada en invernadero.....	38
3	Evaluación de severidad de <u>A. solani</u> en el cultivar de tomate 'Dina Guayabo' en respuesta a tres niveles de cal 0, 1 y 4 t/ha. Datos de la hoja intermedia. Prueba realizada en invernadero.....	39
4	Evaluación de severidad de <u>A. solani</u> en el cultivar de tomate 'Dina Guayabo' en respuesta a tres niveles de cal 0, 1 y 4 t/ha. Datos de la hoja superior. Prueba realizada en invernadero.....	40
5	Comparación del desarrollo de la enfermedad en las hojas basal, intermedia y superior de la planta, en el cultivar de tomate 'Dina Guayabo' con respecto a tres niveles de cal 0, 1 y 4 t/ha. Prueba realizada en invernadero.....	42
6	Desarrollo de la enfermedad en la hoja basal de la planta, en el cultivar de tomate 'Dina Guayabo' con respecto al tiempo después de la inoculación, para tres niveles de cal 0, 1 y 4 t/ha. Prueba realizada en invernadero.....	45
7	Desarrollo de la enfermedad en la hoja intermedia de la planta, en el cultivar de tomate 'Dina Guayabo' con respecto al tiempo después de la inoculación, para tres niveles de cal 0, 1 y 4 t/ha. Prueba realizada en invernadero.....	46
8	Desarrollo de la enfermedad en la hoja superior de la planta, en el cultivar de tomate 'Dina Guayabo' con respecto al tiempo después de la inoculación, para tres niveles de cal 0, 1 y 4 t/ha. Prueba realizada en invernadero.....	47

9	Desarrollo de la planta en campo del cultivar de tomate 'Dina Guayabo' con respecto a tres niveles de cal 0, 1 y 4 t/ha. Comparación entre tres épocas de lectura 30, 60 y 75 días.....	51
10	Desarrollo de la planta en campo del cultivar de tomate 'Dina Guayabo' con respecto a tres niveles de P_2O_5 0, 300 y 600 Kg/ha. Comparación entre tres épocas de lectura 30, 60 y 75 días.....	53
11	Evaluación de severidad de <u>A. solani</u> en el cultivar de tomate 'Dina Guayabo' en respuesta a tres niveles de cal 0, 1 y 4 t/ha. Datos de la severidad transformados a $\sqrt{X+1}$. Prueba realizada en campo.....	57
12	Evaluación de severidad de <u>A. solani</u> en el cultivar de tomate 'Dina Guayabo' en respuesta a tres niveles de P_2O_5 0, 300 y 600 Kg/ha. Datos de la severidad transformados a $\sqrt{X+1}$. Prueba realizada en campo.....	58
13	Evaluación del desarrollo del tizón temprano (<u>A. solani</u>) en el cultivar de tomate 'Dina Guayabo' con respecto al ciclo del cultivo. Comparación de tres niveles de cal 0, 1 y 4 t/ha. Datos de la severidad transformados a $\sqrt{X+1}$. Prueba realizada en campo.....	60
14	Evaluación del desarrollo del tizón temprano (<u>A. solani</u>) en el cultivar de tomate 'Dina Guayabo' con respecto al ciclo del cultivo. Comparación de dos frecuencias de aplicación de mancozeb cada 8 días y cada 12 días. Datos de la severidad transformados a $\sqrt{X+1}$. Prueba realizada en campo.....	64
15	Relación del contenido de calcio (en mg/g) de las hojas del cultivar de tomate 'Dina Guayabo', a los 65 días después de la siembra, con respecto a tres niveles de cal 0, 1 y 4 t/ha. Prueba realizada en campo....	67
16	Relación del contenido de fósforo (en mg/g) de las hojas del cultivar de tomate 'Dina Guayabo', a los 65 días después de la siembra, con respecto a tres niveles de cal 0, 1 y 4 t/ha. Prueba realizada en campo.....	68
17	Rendimiento del cultivar de tomate 'Dina Guayabo' con relación a tres niveles de cal 0, 1 y 4 t/ha. Comparación entre dos calidades y peso total de frutos. Prueba realizada en campo..	72

- 18 Rendimiento del cultivar de tomate 'Dina Guayabo' con relación a tres niveles de P_2O_5 0, 300 y 600 Kg/ha. Comparación entre tres calidades y peso total de frutos. Prueba realizada en campo.....74
- 19 Curva de beneficios netos en respuesta a niveles de cal y P_2O_5 en el cultivo de tomate selección 'Dina Guayabo'. Los números entre paréntesis representan t/ha de cal y Kg/ha de P_2O_5 respectivamente.....81