

EPIDEMIOLOGIA DE LA ROYA DEL FRIJOL (Uromyces appendiculatus (Pers)
Ung.) EN MEZCLA DE VARIETADES

MICROCISIS:	1591
FECHA:	6/II/91
ENCARGADO:	BOCERRA

José Adalberto Zepeda Rodríguez

Tesis
presentada a la
Escuela Agrícola
Panamericana
para optar
al título de
Ingeniero Agrónomo

El Zambrano, Honduras

15 de abril de 1988

BIBLIOTECA WILSON POPENDE
ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA
APARTADO 93
TEGUCIGALPA HONDURAS

TABLA DE CONTENIDO

	Página
Portada.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos.....	iii
Tabla de contenido.....	iv
I. INTRODUCCION.....	1
II. OBJETIVOS.....	4
III. REVISION DE LITERATURA.....	5
IV. MATERIALES Y METODOS.....	11
A. EXPERIMENTO # 1; Determinación del potencial de rendimiento de las variedades de frijol Acacias 4, Revolución 79 y RAO 35 y mezclas en diferentes proporciones.....	11
1. Localización.....	11
2. Materiales.....	11
3. Metodología.....	13
a. Diseño experimental.....	13
b. Preparación del terreno.....	14

c.	Sistema de siembra.....	14
d.	Fertilización.....	14
e.	Control de malezas.....	16
f.	Control de plagas y enfermedades.....	16
g.	Irrigación.....	17
h.	VARIABLES A EVALUAR.....	17
i.	Análisis estadístico.....	18
8.	EXPERIMENTO # 2; Estudio epidemiológico de la roya del frijol.....	19
1.	Localización.....	19
2.	Materiales.....	19
3.	Metodología.....	21
a.	Diseño experimental.....	21
b.	Preparación del terreno.....	23
c.	Sistema de siembra.....	23
d.	Fertilización.....	23
e.	Control de malezas.....	23
f.	Control de plagas y enfermedades.....	24
g.	Irrigación.....	24
h.	VARIABLES A EVALUAR.....	25
i.	Análisis estadístico.....	25

V. RESULTADOS Y DISCUSION.....	26
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	44
VII. RESUMEN.....	47
VIII. BIBLIOGRAFIA.....	50

I. INTRODUCCION

El frijol común (Phaseolus vulgaris L.) es un componente importante de la dieta humana en América Latina, donde se produce el 35% de la producción mundial (CIAT, 1973-1979). El frijol es una fuente importante de proteína en la dieta diaria de aquellas familias de escasos ingresos, las cuales no pueden adquirir proteína de origen animal (Miranda, 1967; Gentry, 1969).

El frijol a pesar de tener un potencial de rendimiento de 4 ton/ha, el promedio de productividad en América Latina llega a sólo 600 kg/ha (CIAT, 1980).

La roya del frijol causada por el hongo Uromyces phaseoli (Reben) Wint. [= U. appendiculatus (Pers) Ung.] es considerada como una de las enfermedades más limitantes en la producción del frijol, especialmente en áreas tropicales (Ballantyne, 1974; Costa, 1972; Crispin et al., 1976; Dongo, 1971; Languidey y Aguilera, 1983; Vieira, 1967; Zauneyer y Meiners, 1975; Zúñiga y Victoria, 1975). Cuando las condiciones ambientales favorecen el desarrollo de la enfermedad, ésta puede atacar desde los primeros estados de desarrollo de la planta de frijol provocando defoliación prematura y pérdidas en el rendimiento que pueden oscilar entre 48 y 100 por ciento de acuerdo al grado de susceptibilidad de la variedad (Castaño et al., 1985; Dongo, 1971; Hilty y Mullins, 1975; Singh y Nusywi, 1981; Wimalajeewa y Thavan, 1973; Zauneyer y Thomas, 1956; Zúñiga y Victoria, 1975).

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Evaluar el comportamiento de mezclas en diferentes proporciones de las variedades de frijol Acacias 4, Revolución 79 y RAO 35, en cuanto a la resistencia al ataque de la roya causada por Uromyces appendiculatus (Pers) Ung.

2.2 Objetivos Específicos

1. Determinar el potencial de rendimiento de cada una de las variedades y mezclas bajo condiciones protegidas y no protegidas de roya.
2. Determinar la proporción óptima de cada uno de los componentes en la mezcla.
3. Correlacionar la presencia de roya con el rendimiento.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

El control de las enfermedades de plantas utilizando resistencia varietal puede ser una gran contribución a la producción mundial de alimentos (Politowski y Browning, 1978). Muchos investigadores han observado que los cultivares de frijol difieren en la reacción que muestran a U. appendiculatus y que el patógeno posee una gran variabilidad genética. Patógenos que se reproducen continuamente por ciclo de cultivo como sucede con hongos del orden Uredinales tienen la capacidad de adaptarse fácilmente con razas nuevas a variedades introducidas con resistencia vertical. El hongo causante de la roya del frijol es un miembro de este grupo y por consiguiente los fitomejoradores deben de incorporar a las nuevas variedades de frijol una resistencia más estable a este parásito obligado (Zaumeyer y Meiners, 1975). El frijol es altamente autopolinizable y los esquemas de mejoramiento que se han empleado en el pasado se han orientado hacia el desarrollo de variedades homocigotas con alta vulnerabilidad genética a la roya (Adams, 1972); consecuentemente el control de U. appendiculatus mediante resistencia genética ha sido sólo transitorio debido principalmente a las siembras extensivas con variedades homocigotas y a la emergencia de razas del hongo más virulentas. La preocupación por la corta duración de la resistencia a enfermedades de variedades con gene de resistencia vertical ha obligado a los investigadores a buscar otras alternativas (Castaño, 1984).

En la resistencia horizontal o no específica, el hospedero resiste

IV. MATERIALES Y METODOS

A. EXPERIMENTO # 1. Determinación del potencial de rendimiento de las variedades y mezclas de variedades bajo condiciones protegidas.

1. Localización

El trabajo de campo se llevó a cabo en las terrazas de la Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Francisco Morazán, Honduras. La siembra se realizó el 3 de junio de 1987.

La preparación de la suspensión de esporas de U. appendiculatus se llevó a cabo en el laboratorio de fitopatología de la Escuela Agrícola Panamericana.

2. Materiales

Los materiales de frijol utilizados fueron las variedades Acacias 4, Revolución 79 y RAO 35. Cada una de estas se utilizó individualmente, lo mismo que mezclas en diferentes proporciones (Cuadro 1). La semilla fue proporcionada por el Proyecto de la Universidad de Puerto Rico, con sede en la Escuela Agrícola Panamericana.

Se utilizaron parcelas con protección mediante fungicidas e inoculadas artificialmente. Las parcelas inoculadas artificialmente

8. EXPERIMENTO # 2: Determinación de Ataque de Roya sobre los
Tratamientos y Determinación de la Mezcla Optima.

1. Localización

El trabajo de campo se llevó a cabo en la terraza # 5 de la Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras, Centro América. La siembra se realizó el 11 de noviembre 1987.

2. Materiales

Los materiales de frijol que se utilizaron fueron las variedades Acacias 4, Revolución 79 y RAO 35, además de 11 combinaciones diferentes entre las variedades (Cuadro 2). La semilla fue suministrada por el Proyecto de la Universidad de Puerto Rico con sede en la Escuela Agrícola Panamericana.

Los bordes sembrados con la variedad Danlí 46 fueron inoculados con uredosporas de U. appendiculatus recolectadas el mismo día.

Para preparar la suspensión de uredosporas se pasaron las hojas infectadas por agua. La concentración de uredosporas de roya se ajustó a 100,000 uredosporas/ml, la cual se determinó usando un hemacitometro. Se agregó adherente ADSEE 1 cc/l de suspensión. La

EXPERIMENTO 2.- DETERMINACION DE LA REACCION AL ATAQUE DE
ROYA DE LAS VARIEDADES O LINEAS Y MEZCLAS

Durante el período experimental se registró una temperatura media de 23 °C (Cuadro 5), la cual es una temperatura alta para la germinación de las uredosporas de roya (Castaño et al., 1986).

La precipitación durante el ciclo del cultivo fue de 19 mm. Se utilizaron tres riegos suplementarios, al momento de la siembra, a los 30 y 43 días después de germinación (Figura 4). Aunque los riegos se hicieron bien distribuidos durante el ciclo del cultivo, no fueron suficientes para que las variedades o líneas y las mezclas de frijol utilizadas tuvieran un buen desarrollo vegetativo y expresaran un buen rendimiento.

Las altas temperaturas que ocurrieron durante el período experimental al igual que la baja precipitación, no favorecieron el ataque de U. appendiculatus.

Hubo diferencias altamente significativas entre tratamientos para severidad de roya (Cuadro 6), número de semillas por vaina y rendimiento (Cuadro 7); pero no para número vainas por planta, ni peso de 100 semillas.

VII. RESUMEN

Esta investigación se realizó en 1988 en la Escuela Agrícola Panamericana en dos etapas. La primera etapa se llevó a cabo en la época de "primera"; la siembra se realizó en el mes de junio y tuvo como objetivo principal la determinación del potencial de rendimiento de las variedades de frijol Acacias 4, Revolución 79 y RAD 35, lo mismo que mezclas en diferentes proporciones de los tres componentes. Se utilizó un diseño de parcelas divididas con dos tratamientos principales que fueron protección y no protección con fungicida y 14 secundarios con 3 repeticiones por tratamiento.

Las variedades o líneas de frijol utilizadas en este experimento presentaron un buen potencial de rendimiento; este potencial se ve aumentado cuando se utilizó protección contra enfermedades. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en potencial de rendimiento en las mezclas utilizadas.

La segunda etapa se sembró en el mes de noviembre "postretera"; tuvo como objetivo estudiar la epidemiología y control de la roya del frijol (*U. appendiculatus*), utilizando la mismas variedades y mezclas utilizadas en el experimento anterior. Tanto acacias 4 como RAD 35 son altamente susceptibles a la roya; Revolución 79 es

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las variedades o líneas de frijol utilizadas en este experimento, sembradas bajo condiciones de buena precipitación y buen control de plagas, presentaron un buen potencial de rendimiento. Este potencial se ve aumentado cuando se utiliza protección contra enfermedades.

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en potencial de rendimiento en las mezclas utilizadas.

La disminución de la severidad real fue proporcional al incremento de la fuente resistente Revolución 79 y cuando ésta está en proporciones mayores al 50% en la mezcla, disminuye la tasa de desarrollo y el área bajo la curva del desarrollo de la enfermedad.

No se encontró correlación entre severidad final de roya y rendimiento. La literatura reporta niveles de correlación de hasta -0.94 (Castano *et al.*, 1986).

Factores ambientales como: poca disponibilidad de agua y altas temperaturas, durante el período que se realizó el experimento de determinación de la reacción de las variedades y mezclas a la roya (2o período del año,

V. RESULTADOS Y DISCUSION

EXPERIMENTO 1. DETERMINACION DEL POTENCIAL DE RENDIMIENTO DE LAS VARIEDADES Y MEZCLAS DE FRIJOL

Durante el periodo experimental se registró una temperatura media de 24 °C (Cuadro 3) una precipitación de 482 mm (Figura 3), uniformemente distribuidos durante todo el ciclo del cultivo. Debido a la alta precipitación y a su buena distribución, los diferentes genotipos y mezclas manifestaron su máximo potencial de rendimiento (Cuadro 4).

Aunque la variedad de frijol Danli 46, altamente susceptible al ataque de U. appendiculatus, fue sembrada en los bordes del experimento, como dispersante de la enfermedad, e inoculada artificialmente con una suspensión de uredosporas de roya, no se indujo ataque. Las altas temperaturas comunes en la época de siembra "de primera" no permitieron que U. appendiculatus se manifestara. Según Imhoff, citado por Castaño *et al.*, (1986), la temperatura óptima para la germinación de las uredosporas de roya es de 21 °C.

Las tres variedades o líneas y las mezclas manifestaron el mismo comportamiento agronómico, en los tratamientos protegido y sin proteger con fungicida. No

El control de la enfermedad incluye prácticas culturales tales como rotación de cultivos, eliminación de residuos de cosecha que pueden contener uredosporas o teliosporas viables del hongo, densidades óptimas de siembra, y épocas de siembra (CIAT, 1980).

El control químico aunque puede ser eficiente y rápido, puede ser inapropiado especialmente cuando las lluvias son continuas o cuando la presión de inóculo es muy fuerte; además de que puede producir efectos colaterales como es la adquisición de resistencia por parte del patógeno a las aplicaciones.

Cuando el desarrollo de la resistencia a fungicidas llegó a ser un problema en la agricultura después de la introducción de los compuestos organosistémicos, comenzó la discusión sobre las estrategias que podrían ser utilizadas para contrarrestar este fenómeno (Schwinn, 1984).

El control de la roya del frijol utilizando resistencia varietal ha sido estudiado por muchos investigadores. Muchos de estos investigadores han enfocado sus estudios en la obtención de variedades con resistencia específica, la cual sólo es efectiva contra un número limitado de razas fisiológicas (August, Coyne y Schuster, 1972; Ballantyne, 1974; Crispin, Difuentes y Campos, 1976; Madriz y Vargas, 1975; Rivera, 1977; Rodríguez, 1976).

Coyne y Schuster (1975) sugieren que la resistencia específica puede ser utilizada más eficientemente mediante su utilización en multilíneas. Este concepto nos ha llevado a realizar el presente trabajo en la Escuela Agrícola Panamericana, con el fin de demostrar la utilidad que tienen los compuestos varietales en el control de la roya del frijol. Se utilizarán 3 variedades de frijol rojo, las cuales poseen características agronómicas similares (buen rendimiento, el mismo tipo de grano) y difieren únicamente en su grado de resistencia a la roya del frijol.

la colonización y crecimiento del parásito una vez ocurrido el proceso de infección. Este tipo de resistencia funciona mediante la reducción de la tasa de desarrollo de la enfermedad (Nelson, 1977).

Una reducción en la tasa de desarrollo de una enfermedad puede resultar de mecanismos del hospedero que retardan la penetración, incrementan el período de latencia, restringen la cantidad de tejido que es colonizado desde un solo sitio de infección y reducen la duración y cantidad de esporulación (Nelson, 1977). Otra forma de reducir la tasa de desarrollo de la enfermedad es por medio del uso de multilíneas (Browning y Frey, 1969).

El concepto de multilíneas inicialmente propuesto por Jensen (1952) y más tarde por Borlaug (1953) establece que una mezcla de líneas isogénicas que difieren solamente en su resistencia a razas específicas de un patógeno dado, deben actuar para limitar el desarrollo de una enfermedad. El concepto ha recibido mucha discusión durante los últimos 30 años pero su empleo es muy limitado.

Los mecanismos mediante los cuales las multilíneas reducen las pérdidas causadas por enfermedades han sido descritos por varios investigadores (Jensen, 1952; Browning y Frey, 1969; Nelson, 1977).

Se sugiere que una proporción del inóculo inicial cae sobre líneas

que son resistentes reduciendo de esta manera la cantidad de inóculo inicial, X_0 . Solamente una proporción de esporas procedentes de las líneas susceptibles infectadas caen sobre otras plantas que son susceptibles reduciendo de esta manera la tasa de infección aparente r , (Van der Plank, 1963). La reducción en X_0 y la disminución de r resultan en un decrecimiento de la cantidad de enfermedad terminal y por consiguiente en un incremento en el rendimiento (Castaño, et al., 1986).

Una variedad con resistencia vertical mantiene baja X_0 , pero r se mantiene igual. Este r es usualmente tan alto que la proporción de tejido susceptible que llegará a ser infectado al final del ciclo del cultivo puede ser también muy alto. La resistencia vertical es entonces útil sólo cuando da resistencia contra todas las razas prevalentes y mantiene X_0 bajo durante todo el ciclo del cultivo (Browning y Frey, 1969).

Una variedad con resistencia horizontal, supuestamente resistente a todas las razas del patógeno, no X_0 , sino que r (Van der Plank, 1963). Esto causa que la tasa de desarrollo de la enfermedad se reduzca hasta el punto donde el cultivo termina su ciclo con una proporción baja de su tejido susceptible infectado (Browning y Frey, 1969).

Debido a que los cultivares multilíneas poseen muchos genes de resistencia vertical, X_0 se reduce. Asumiendo una espora viable de una raza virulenta sobre 2 componentes de 10 en la multilínea, la probabilidad es de sólo 0.2 que la planta sobre la que la espora caiga sea susceptible. Si la espora cae sobre una planta susceptible, infecta el tejido y forma una pústula; la progenie sólo tiene 0.2 de probabilidad de que las plantas que las rodean sean hospederos susceptibles, así que no sólo X_0 se reduce, como es común en un cultivar con resistencia vertical, sino que también r se reduce como en los cultivares con resistencia horizontal.

Las multilíneas tienen características comunes de resistencia horizontal y vertical; más aún, poseen atributos de líneas puras tolerantes y han sido descritas como "variedades tolerantes sintéticas" (Browning y Simons, 1962).

El uso efectivo de una multilínea para el manejo de una enfermedad requiere que varios factores sean considerados (MacKenzie, 1979). Uno de esos factores es el número de componentes en la multilínea. El número de líneas (suponiendo que cada línea está en igual proporción) es inversamente proporcional a la cantidad de tejido susceptible si uno de los componentes sucumbe a la infección. A medida que el número de líneas usadas se incrementa en la multilínea, el nivel de control se aumentará, pero la relación teóricamente seguirá la ley del

"retorno disminuido" (Leonard, 1969). La ganancia en control de la enfermedad por cada nuevo componente que se aumenta a la multilínea es menor que la ganancia obtenida por el componente anterior que ha sido aumentado. Un segundo factor a ser considerado al formar una multilínea es el nivel de reducción en la resistencia que se espera que muestre la multilínea, y por último, que la habilidad para limitar el daño causado por la enfermedad sea suficiente para prevenir pérdidas en rendimiento.

Leonard (1969) sugirió que cuando se libera por primera vez una multilínea, se debe de incluir dentro de ella un componente totalmente susceptible. Teóricamente esto reducirá o eliminará la selección direccional sobre la población del patógeno y eventualmente predominarían razas simples.

Al contrario se argumenta que la presencia de tejido completamente susceptible en una multilínea proporciona un sustrato ideal para que una raza evolucione e incremente su complejidad en virulencia (Browning y Frey, 1969). Si esto es cierto, la presencia de un componente susceptible aumentaría la probabilidad de ocurrencia o desarrollo de una super raza, ya sea por mutación, heterocariosis o mutación somática (Johnson, 1961).

Varios programas de mejoramiento de plantas en Latinoamérica han

trabajado en la producción de cultivares multilíneas. El CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo) recomienda que los cultivares multilíneas de trigo pueden ser producidas en México si la roya del trigo llegara a ser un factor limitante en la producción de ese cultivo (Rockefeller Foundation, 1965). El primer cultivar multilíneas librado con resistencia a la roya del trigo fue Miramar 63, en Colombia, para el uso en las sabanas altas y frías de Los Andes; Miramar fue una mezcla mecánica en partes iguales de diez de las mejores líneas resistentes a la roya del tallo del trigo. Esta variedad fue ampliamente aceptada y sus rendimientos fueron veces más altos que los rendimientos de las variedades viejas en algunas áreas (Rockefeller Foundation, 1965). En la Escuela Agrícola Panamericana en el año de 1986 se utilizaron mezclas en cuarenteño, la cual es una variedad endémica de Honduras. Para estudiar la epidemiología y control de la roya del frijol esta variedad está conformada en forma natural de 3 tipos de granos en diversas proporciones. Se encontró que dos de esos componentes eran altamente susceptibles a la roya del frijol, mientras que el tercero era resistente; también se encontró que a medida que se incrementaba esa fuente resistente en la mezcla se disminuía la severidad del ataque de la roya y los rendimientos se aumentaban. Estos resultados destacan la importancia que tiene el uso de mezclas como alternativa de control de la roya del frijol (Castaño, et al., 1986).

Cuadro 1 Descripción de los tratamientos de acuerdo a la proporción de plantas Susceptibles : resistentes en la mezcla (Experimento 1)

FACTOR	No.	TRATAMIENTO	PROPORCIÓN
			Ac:RAD:REV
Variedad y mezcla	1	Acacias 4	100:0:0
	2	Revolución 79	0:0:100
	3	RAD 35	0:100:0
	4	Acacias4:RAD 35:Revolución 79	75:12.5:12.5
	5	Acacias4:RAD 35:Revolución 79	50:25:25
	6	Acacias4:RAD 35:Revolución 79	25:37.5:37.5
	7	Acacias4:RAD 35	75:25:0
	8	Acacias4:RAD 35	50:50:0
	9	Acacias4:RAD 35	25:75:0
	10	Acacias4:Revolución 79	75:0:25
	11	Acacias4:Revolución 79	50:0:50
	12	Acacias4:Revolución 79	25:0:75
	13	RAD 35:Revolución 79	0:50:50
	14	Acacias4:RAD 35:Revolución 79	33:33:33
Proteccion	1	Protegido con fungicida	
	2	Sin proteccion con fungicida	

fueron asperjadas con uredosporas de U. appendiculatus, recolectados el mismo día en campos de frijol infectados con roya.

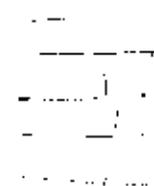
Para preparar la suspensión de uredosporas, las hojas recolectadas se suspendieron en agua. La concentración de uredosporas se ajustó a 100,000 uredosporas/ml, mediante un hematocitómetro. Se agregó adherente ADSEE a la suspensión (1cc/l de suspensión). La inoculación se realizó en el estado V2 o sea cuando el 50% de las hojas primarias estaban totalmente desplegadas, días después de la siembra. Para hacer la inoculación en el campo, se utilizó una bomba de mochila de 15 l y una boquilla de cono, a una presión de 1.2-1.4 kg/cm².

Las inoculaciones se realizaron después de las 5:00 p.m. con el fin de que no se presentase muerte de uredosporas por el calor, además la penetración de estas es más eficiente en la noche o primeras horas de la mañana cuando la humedad relativa es alta y las temperaturas son moderadas (CIAT, 1980).

3. Metodología

a. Diseño Experimental

Se utilizó un diseño de parcelas divididas con dos tratamientos principales, catorce secundarios y tres repeticiones (Cuadro 1). El



mapa de campo (Fig. 1) muestra el arreglo de los tratamientos en el campo. Se sembró sorgo entre los bloques y alrededor del ensayo.

Los surcos tenían una longitud de 2,5 m en los cuales se sembraron 25 semillas. La distancia entre surcos fue de 0.60 m. Se sembraron 5 surcos por parcela. Se usaron 28 tratamientos y 3 repeticiones para un total de 84 parcelas de 5 m² y una área total de 1224 m².

b. Preparación del Terreno

Esta labor consistió en un pase de rastra con nivelación del terreno y surqueado cada 0.6 m.

c. Sistema de Siembra

Esta labor se llevó a cabo usando una regla graduada cada 10 cm. Los bordes de sorgo se sembraron simultáneamente.

d. Fertilización

Se fertilizó antes de la siembra usando fórmula 18-46-00 en dosis de 100 kg/ha aplicado en el fondo del surco, y luego se cubrió con un poco de tierra. Por falta de un análisis de suelo de la terraza se utilizó la fórmula y la cantidad de fertilizante que se utilizan

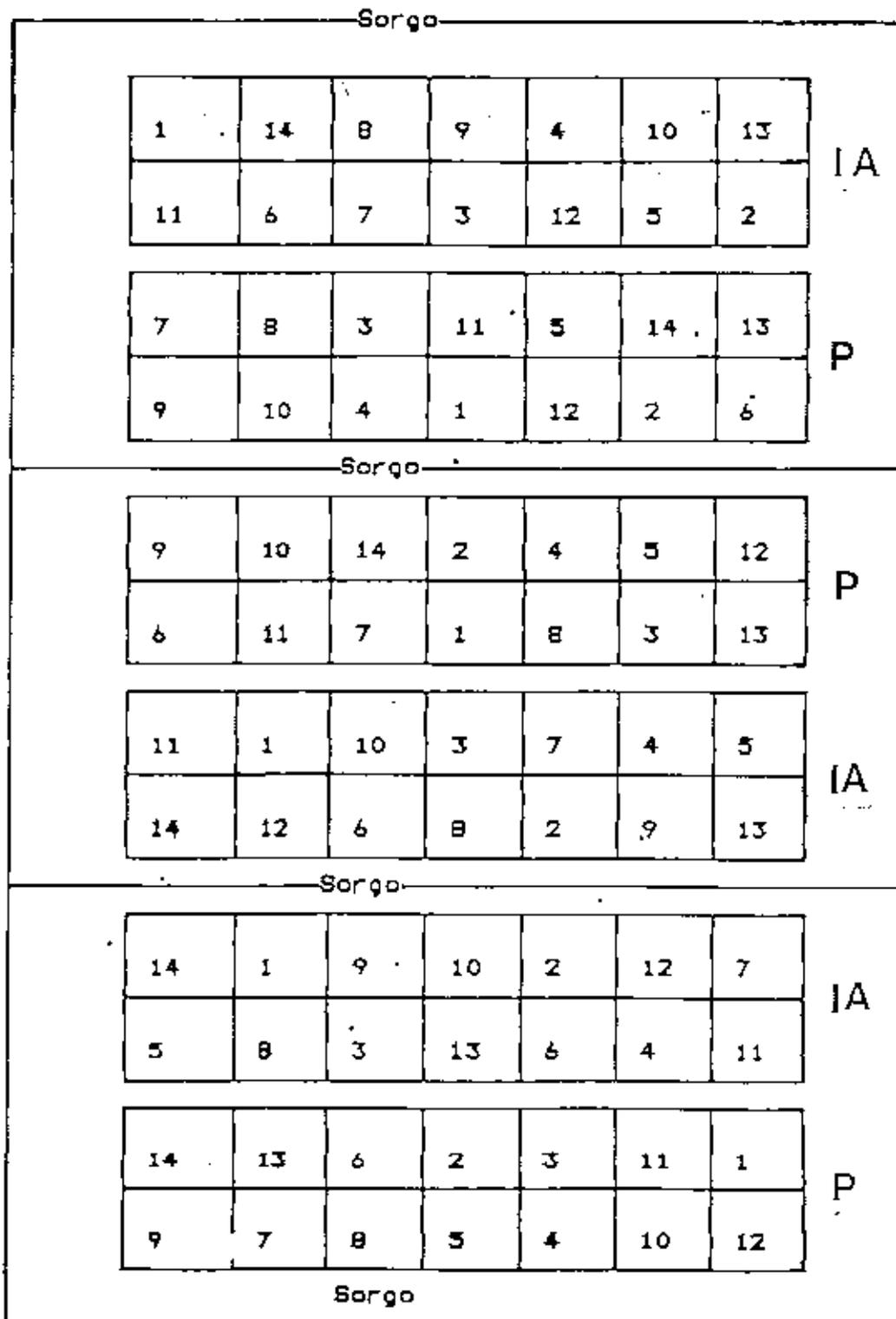


Figura 1. Arreglo de los tratamientos en el campo (Experimento 1).

normalmente en otros experimentos con frijol en la misma terraza.

e. Control de Malezas

El control de malezas preemergentes se realizó utilizando herbicida DUAL 960 aplicado presiembra incorporado en dosis de 2 l/ha. El control de malezas postemergentes se realizó manualmente.

f. Control de Plagas y Enfermedades

Se aplicó carbofurán en dosis de 18 kg/ha al momento de la siembra junto con el fertilizante, para el control de gusanos del suelo y mosca blanca (Bemisia tabaci) en los primeros estados.

Las parcelas que tenían el tratamiento protegido fueron tratadas con Bayleton en dosis de 0.5 kg/ha, aplicado cada 5 días a partir de los 7 días después de la germinación.

Para el control de Empoasca kraemeri se aplicó semanalmente metamidofos en dosis de 1.5 l/ha.

Se aplicó hidróxido de cobre en dosis de 3 kg/ha antes de la floración y durante llenado de grano para el control de añublo bacterial causado por Xanthomonas campestris pv. phaseoli.

g. Irrigación

Se dependió totalmente del agua de lluvia.

h. Variables que se evaluaron

Se evaluó:

Porcentajes de germinación, realizado a los 7 días después de la siembra.

- Registro de datos climáticos (precipitación, humedad relativa y temperatura).
- Componentes de rendimiento
 - . Número de plantas/parcela útil
 - . Número de vainas/planta
 - . Número de semillas/vaina
 - . Peso de 100 semillas
 - . Porcentajes de humedad
 - . Rendimiento en kg/ha
- Datos de época de floración y madurez fisiológica de las tres variedades.

i. Análisis Estadístico

Se realizaron:

- Análisis de varianza para:

No. de vinas/planta

No de semillas/vaina

Peso de 100 semillas

Rendimiento

- Prueba de diferencias de medias de Duncan para:

Rendimiento

Cuadro 2 Descripción de los tratamientos de acuerdo a la proporción de plantas Susceptibles : resistentes en la mezcla (Experimento 2)

FACTOR	No.	TRATAMIENTO	PROPORCIÓN Ac:RAD:REV
Variedad y mezcla	1	Acacias 4	100:0:0
	2	Revolución 79	0:0:100
	3	RAD 35	0:100:0
	4	Acacias4:RAD 35:Revolución 79	75:12.5:12.5
	5	Acacias4:RAD 35:Revolución 79	50:25:25
	6	Acacias4:RAD 35:Revolución 79	25:37.5:37.5
	7	Acacias4:RAD 35	75:25:0
	8	Acacias4:RAD 35	50:50:0
	9	Acacias4:RAD 35	25:75:0
	10	Acacias4:Revolución 79	75:0:25
	11	Acacias4:Revolución 79	50:0:50
	12	Acacias4:Revolución 79	25:0:75
	13	RAD 35:Revolución 79	0:50:50
	14	Acacias4:RAD 35:Revolución 79	33:33:33

inoculación se realizó en el estado V2 o sea cuando el 50% de las hojas primarias estaban totalmente desplegadas, 12 días después de siembra. Para hacer la inoculación en el campo se utilizó una bomba de mochila con capacidad de 15 l y una boquilla de cono, a una presión de 1.2 a 1.4 kg/cm². Las inoculaciones se realizaron después de las 5:00 p.m. con el fin de que no se presentase muerte de las uredosporas por el calor; además la penetración de estas es más eficiente en la noche o a primeras horas de la mañana.

3. Metodología

a. Diseño Experimental

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar. La Figura 2 muestra el arreglo de los tratamientos en el campo.

Para asegurar una fuente de inóculo alrededor de los bloques se sembró la variedad Danlí 46 que es susceptible a la roya.

Los surcos tenían una longitud de 5 m en los cuales se sembrarán 120 semillas. Las parcelas tenían 5 surcos separados a 0.6 m. Se usaron 14 tratamientos con 3 repeticiones para un total de 42 parcelas de 12 m² y una área total de 504 m².

Danli 46

7	12	6	11	9	13	10
3	1	2	8	4	14	5

Danli 46

5	10	14	7	11	6	1
2	13	4	9	8	3	12

Danli 46

9	8	3	10	4	13	6
1	7	11	14	12	5	2

Danli 46

Figura 2. Arreglo de los tratamientos en en campo (Experimento 2).

b. Preparación del Terreno

Esta labor consistió de un pase de rastra, nivelación del terreno y surqueado cada 0.6 m.

c. Sistema de Siembra

La siembra se realizó después de haber fertilizado y aplicado el herbicida. Esta labor se realizó usando una regla graduada cada 7 cm. Los bordes con Danlí 46 se sembraron simultáneamente.

d. Fertilización

Se fertilizó antes de la siembra usando fórmula 18-46-00 en dosis de 100 kg/ha, aplicado en el fondo del surco, luego se cubrió con un poco de tierra. Debido a que no existía un análisis del suelo de esa terraza, se utilizó la fórmula y cantidad de fertilizante usada en otros experimentos con frijol en la misma terraza.

e. Control de Malezas

El control de malezas preemergentes se realizó utilizando el herbicida Dual 960, aplicado en presiembra incorporado en dosis de 2 l/ha. El control de malezas postemergentes se realizó manualmente.

f. Control de Plagas y Enfermedades

Se aplicó carbofurán en dosis de 18 kg/ha al momento de la siembra junto con el fertilizante, para el control de gusanos del suelo y la mosca blanca (Bemisia tabaci) durante los primeros estados.

Se realizaron aplicaciones de metamidofos en dosis de 1.5 l/ha, una semana después de la germinación y luego cada 15 días para el control de Empoasca sp. y B. tabaci.

Se aplicó Hidróxido de Cobre en dosis de 0.5 kg/ha a comienzos de floración para prevenir problemas con añublo bacterial causado por Xanthomonas campestris p.v. phaseoli.

g. Irrigación

Se realizó un riego por aspersión durante tres horas al momento de la siembra, para ayudar en la germinación. Otro riego 25 días después de siembra ayudó al establecimiento y floración del cultivo y un riego suplementario durante dos horas a los 40 días para ayudó en el llenado de las vainas.

KNOCK

HEAVEN'S
DOOR

h. Variables que se evaluaron

Se evaluaron:

- Porcentajes de germinación
- Registros semanales del desarrollo de la enfermedad.
- Se cosecharon los tres surcos centrales y determinó
 - . Número de vainas/planta
 - . Número de semillas/vaina
 - . Peso de 100 granos
 - . % de humedad
 - . Rendimiento de kg/ha

i. Análisis Estadístico

- Análisis de varianza para:
 - Severidad
 - No. de vainas por planta
 - No. de semillas por vaina
 - Peso de 100 semillas
 - rendimiento
- Prueba de Duncan para:
 - Severidad
 - Rendimiento
- Tasa de desarrollo de la enfermedad

Cuadro 3 Temperatura media semanal durante el periodo experimental (Experimento 1).

SEMANA	TEMPERATURA \bar{x} °C
1	25
2	25
3	24
4	26
5	23
6	23
7	23
8	23
9	23
Temperatura \bar{x}	24

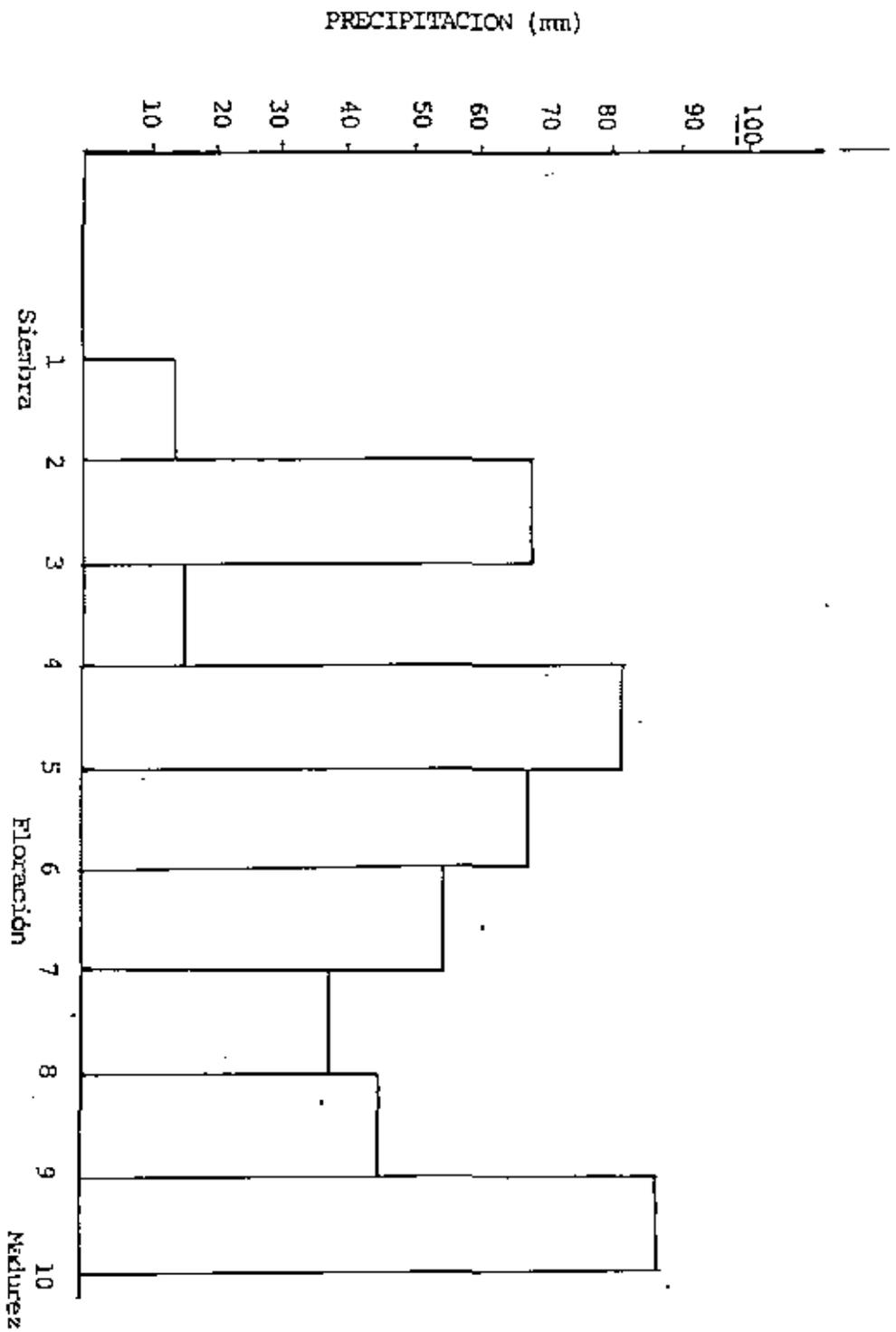


Figura 3. Distribución semanal de la precipitación durante el ciclo del cultivo (Experimento 1)

ETAPA FENOLOGICA DEL CULTIVO

Cuadro 4. Promedios de rendimiento (kg/ha al 14% de humedad) de acuerdo a la proporción de plantas Susceptibles: Resistentes (S:R) en la mezcla.

TRATAMIENTO	PROPORCION (S : R)	No protegido	Protegido
Ac:RAD:REV	50:25:25	3780 a	3769 a
RAD:REV	0:50:50	3650 a	3319 a
Acacias	0:100:0	3623 a	3608 a
Ac:REV	0:50:50	3546 a	3854 a
Ac:RAD:REV	75:12.5:12.5	3519 a	3450 a
Ac:RAD:REV	25:37.5:37.5	3515 a	3563 a
Ac:RAD	50:50:0	3433 a	3332 a
Ac:RAD	75:25:0	3364 a	3647 a
Ac:RAD:REV	33:33:33	3338 a	3345 a
Ac:RAD	25:75:0	3332 a	3273 a
RAD	0:100:0	3093 a	3427 a
REV	0:0:100	3078 a	3110 a
Ac:REV	0:25:75	3014 a	3305 a
Ac:REV	0:75:25	2905 a	4200 a
X		3371	3519
CV(%)		12.07	
LSD		773.93	

1. Ac= Acacias 4; RAD= Rojo Arbustivo Opaco RAD 35
REV= Revolución 79.
2. Promedios seguidos por la misma letra no son diferentes estadísticamente según la prueba de Duncan al 5% de probabilidad.

hubo diferencia significativa en días a germinación, días a floración y días a madurez fisiológica.

Tampoco se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre variedades y mezclas para rendimiento. Por consiguiente, bajo condiciones no epifitóticas de roya, cuando no se aplica fungicida, Acacias 4, Revolución 79 y RAD 35 tienen el mismo potencial de rendimiento (Cuadro 4). Cuando se aplicó fungicida, el rendimiento tampoco fue estadísticamente diferente para los tres genotipos.

Se detectaron diferencias estadísticamente significativas para las medias de los tratamientos protegidos contra roya y no protegidos, pero la interacción por variedades y mezclas no fue significativa.

Cuadro 5 Temperatura media semanal durante el período experimental (Experimento 2).

SEMANA	TEMPERATURA \bar{x} °C
1	27
2	23
3	23
4	23
5	21
6	23
7	22
8	23
Temperatura \bar{x}	23

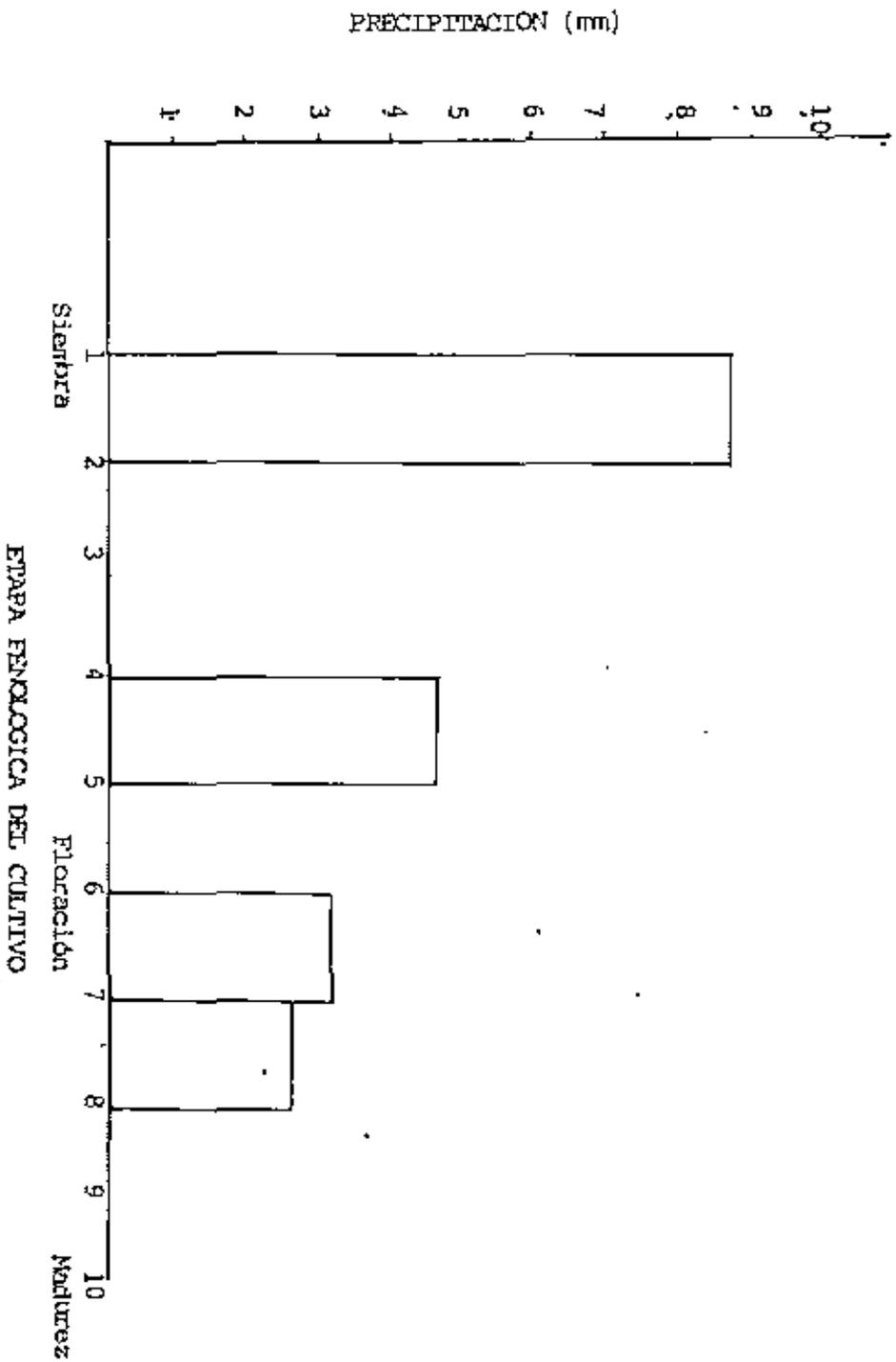


Figura 4. Distribución semanal de la precipitación durante el ciclo del cultivo (Experimento 2)

Cuadro 6 Promedios de severidad (x)real de roya, de acuerdo a la proporción de plantas Susceptibles : Resistentes en la mezcla.

TRATAMIENTO	PROPORCIÓN (%) S : R	SEVERIDAD REAL x
Acacias 4	0:100:0	0.33 a
Ac:REV	0:75:25	0.23 ab
Ac:RAD:REV	33:33:33	0.22 abc
RAD	0:100:0	0.20 abcd
Ac:RAD:REV	50:25:25	0.20 abcd
Ac:RAD:REV	25:37.5:37.5	0.20 abcd
RAD:REV	0:50:50	0.17 bcd
Ac:RAD	75:25:0	0.15 bcd
Ac:RAD:REV	75:12.5:12.5	0.13 bcd
Ac:RAD	50:50:0	0.12 bcd
Ac:REV	0:50:50	0.11 bcd
Ac:RAD	25:75:0	0.10 bcd
Ac:REV	0:25:75	0.07 cd
REV	0:0:100	0.06 d
x		0.164
CV(%)		46.32
LSD		0.13

1. Ac= Acacias 4; RAD= Rojo Arbustivo Opaco (RAD 35)
REV= Revolución 79.
2. Promedios seguidos por la misma letra no son diferentes estadísticamente, según la prueba de Duncan al 5% de probabilidad.

Cuadro 7. Promedios de rendimiento (kg/ha al 14% de humedad) y número de vainas/planta, de acuerdo a la proporción de plantas susceptibles: Resistentes (S:R) en la mezcla (Experimento 2).

TRATAMIENTO	PROPORCIÓN (S : R)	Rendimiento (Kg/ha)	Vainas/ planta
Ac:REV	0:50:50	502 a	3.0 bc
RAD:REV	0:50:50	471 ab	4.0 a
Ac:RAD:REV	25:37.5:37.5	462 ab	3.3 ab
REV	0:0:100	444 ab	3.5 ab
Ac:RAD	50:50:0	394 abc	3.0 bc
Ac:RAD:REV	75:12.5:12.5	390 abc	3.6 ab
Ac:RAD	25:75:0	386 abc	3.0 bc
Ac:REV	0:25:75	363 abc	3.3 ab
Ac:REV	0:75:25	361 abc	2.3 c
Ac:RAD:REV	33:33:33	315 abc	3.0 bc
Ac:RAD:REV	50:25:25	258 bc	3.0 bc
RAD	0:100:0	246 bc	3.3 ab
Acacias 4	0:100:0	192 c	3.3 ab
Ac:RAD	75:25:0	177 c	2.3 c
X		355	3.004
CV(%)		33.98	22.71
LSD		202.58	0.78

1. Ac= Acacias 4; RAD= Rojo Arbustivo Opaco 35 (RAD 35); REV= Revolución 79.
2. Promedios seguidos por la misma letra no son diferentes estadísticamente, según la prueba de Duncan al 5% de probabilidad.

La disminución de la severidad real fue proporcional al incremento de la fuente resistente Revolución 79, cuando está sobre 50% en la mezcla. Niveles de Revolución 79 más bajos de 50% en la mezcla no muestran influencia sobre la severidad del ataque de roya (Cuadro 6).

No existe diferencia estadísticamente significativa en severidad de roya entre el tratamiento que tiene 50% y 100% de revolución 79 en la mezcla (Cuadro 6). Se puede observar la tendencia en disminución de la severidad del ataque, a medida que se aumenta la proporción de Revolución 79 en la mezcla. Esta disminución es del 11% cuando Revolución 79 está en 50% en la multilínea hasta 6% cuando es 100% puro. Por varios años Revolución 79 ha demostrado inmunidad a la roya en toda Centroamérica (Zuluaga, comunicación personal). El hecho de que presentara roya pudo ser debido a las condiciones de sequía extrema que se presentó en la época de "postcosecha" de 1987 en Honduras; esto hizo que fuera atacado por razas fisiológicas de roya que no se presentan en condiciones de alta humedad. Quizás la resistencia de a la roya de Revolución 79 está desapareciendo. En otros trabajos, sembrados en la misma época que incluían Revolución 79, éste también apareció con roya. En la Escuela Agrícola Panamericana los programas de mejoramiento genético para

la roya del frijol Revolución 79 ha sido utilizado como progenitor. Líneas seleccionadas como resistentes aparecieron con roya en la postrera de 1987. Durante la postrera de 1988 se comprobará si se acabó la resistencia de Revolución 79 a al roya o apareció con roya debido a la sequía (Zuluaga, comunicación personal).

Los primeros síntomas de ataque de la enfermedad se manifestaron 20 días después de la germinación en todos los tratamientos. Los niveles más altos de severidad se manifestaron 41 días después de la germinación, en aquellas mezclas que tenían niveles de Revolución 79 menores de 50%. Esto refuerza el principio de protección mediante el uso de individuos resistentes y susceptibles, que se basa en que la proporción inicial de inóculo que cae sobre componentes que son resistentes, no puede prosperar, reduciendo de esta manera la cantidad de inóculo inicial. Solamente una proporción de esporas de las líneas infectadas caen sobre otras plantas que son susceptibles, reduciendo de esta manera la tasa de infección aparente (Van der plank, 1963).

Cuando Revolución 79 está en una proporción mayor al 50% en la mezcla, la reducción en la cantidad de inóculo inicial y la reducción de la tasa de infección aparente,

resultan en una disminución de la cantidad de infección terminal, en relación a aquellas mezclas en la que Revolución 79 está en proporciones menores al 50%.

El máximo nivel de severidad que se presentó fue a los 41 días después de germinación. Debido a un ataque de minador de la hoja del frijol (*Lyriomiza* sp.), la lectura a los 48 días no se pudo realizar. Se desconoce el comportamiento que hubiese tenido la severidad del ataque después de dicho período. Castaño et al., (1987) reportaron que después de los 41 días, la severidad de roya del frijol puede disminuir, aumentar o mantenerse estable. La severidad más alta se alcanzó en las mezclas que tienen menos de 50% de Revolución 79 (Cuadro C), excepto en aquellas que se utilizó RAO 35 (25, 50 y 75%) más Acacias 4, las cuales alcanzaron niveles de severidad tan bajos como en las mezclas en las cuales Revolución 79 estaba en más de 50% esto es debido a que RAO 35, es una variedad tolerante al ataque de roya y reduce la severidad del ataque de roya cuando se encuentra en mezcla con Acacias 4. RAO 35 fue seleccionado como un material moderadamente resistente a la roya en el el valle del Zamorano (Zuluaga, datos sin publicar), cuando este componente se encontró puro (100%) alcanzó 20% de severidad. La mezcla en la que se alcanzaron los niveles

más bajos de severidad real de roya es aquella en que la proporción de Revolución 79 es 75% o mayor.

A medida que se incrementó la fuente resistente en la mezcla, menor fue la tasa de desarrollo de la enfermedad (r), y por consiguiente el área bajo la curva del desarrollo de la misma (Figura 5). El valor de r osciló entre 0.8/día para Acacias 4 y 0.5/día para Revolución 79. La roya del frijol se caracteriza por tener una tasa de desarrollo alta (Castaño *et al.*, 1986). Según Berger (Citado por Castaño *et al.* (1986) la tasa de desarrollo en variedades susceptibles de frijol varía entre 0.15 y 0.4/día. Este nivel de r no se alcanzó en las mezclas con alta proporción del componente susceptible debido a las condiciones ambientales inadecuadas para la germinación, desarrollo y posterior colonización del tejido susceptible por las urredosporas de *U. appendiculatus*.

El área bajo la curva del desarrollo de la enfermedad disminuyó a medida que se aumentó la proporción de Revolución 79, siendo el área más grande, la correspondiente a Acacias 4 y la más pequeña la de Revolución 79 (Figura 5).

El aumento en la proporción de individuos resistentes

(40)

AREA BAJO LA CURVA DEL DESARROLLO DE LA ENFERMEDAD

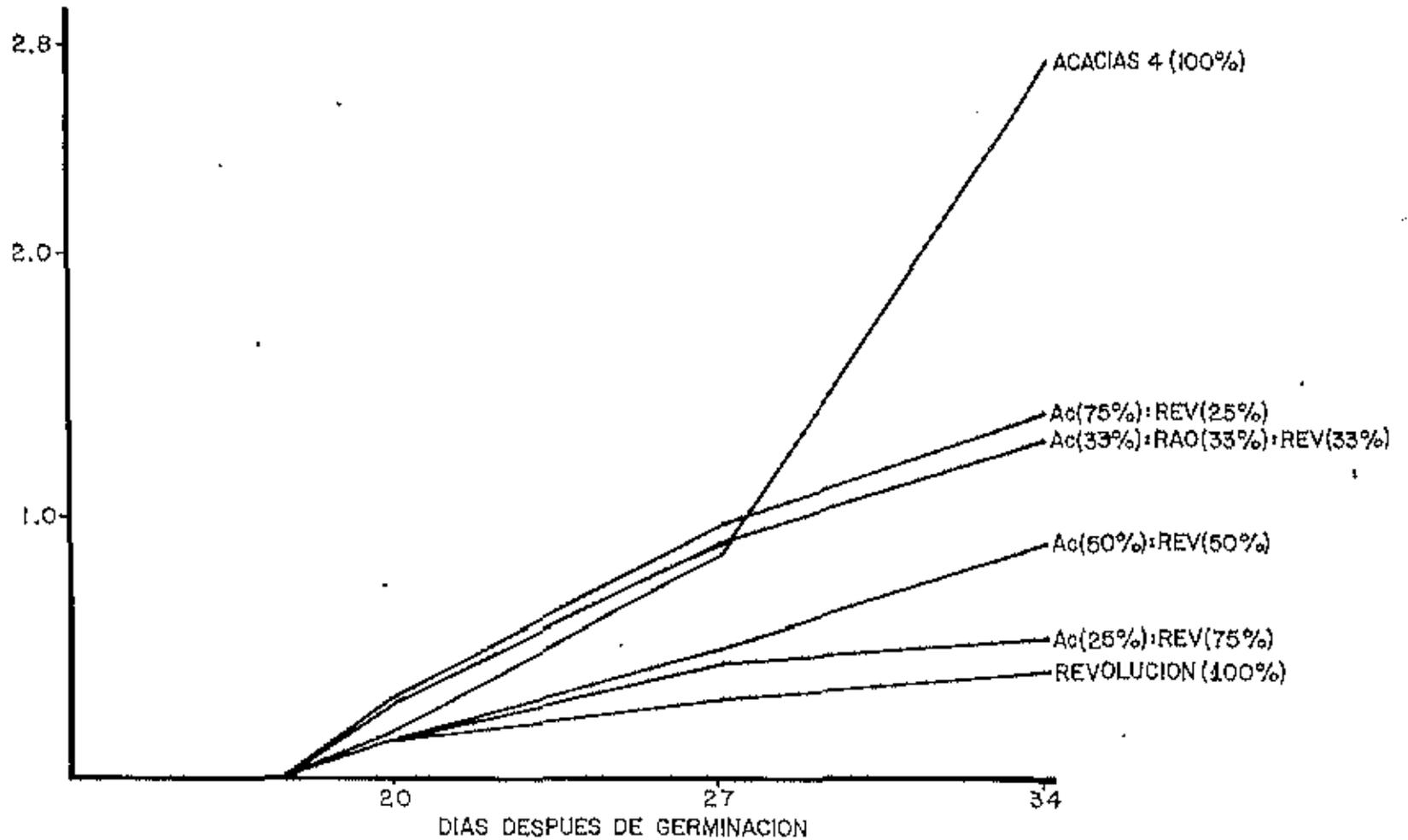


Figura 5. Area bajo la curva del desarrollo de la enfermedad (ABCDE), para seis diferentes genotipos (Experimento 2).

en la mezcla no tiene efecto sobre el número de vainas por planta aún cuando Revolución 79 se encuentra en 75%, pero si tuvo efecto sobre el rendimiento (Cuadro 7).

El rendimiento más alto (509 kg/ha) se alcanzó cuando la proporción Acacias 4:Revolución 79, fue de 1:1, (50% : 50%). Este rendimiento no difiere significativamente cuando Revolución 79 se encuentra en 37.5, 75 y 100% en la mezcla (Cuadro 7).

Cuando Revolución 79 se mezcló con RAD 35 se observó un aumento proporcional en el rendimiento, con relación a cuando se usó Revolución 79 mezclado con Acacias 4. Esto se debió principalmente a que RAD 35 es tolerante al ataque de roya, siendo la mezcla Revolución 79 (50%) : RAD 35(50%) la que alcanzó los más altos rendimientos (Cuadro 7).

Al mezclar Acacias 4 con RAD 35 con una proporción de RAD 35 mayor al 50%, se obtuvieron rendimientos estadísticamente iguales a los obtenidos con la mezcla Acacias 4 y Revolución 79 en los mismos porcentajes. Esto refuerza la hipótesis de que RAD 35, al usarlo en mezcla, tiene el mismo comportamiento de Revolución 79. Posiblemente esto ocurra únicamente bajo condiciones de

baja presión de roya y no cuando la infección es alta.

Cuando se mezclaron los tres componentes se observó un efecto aditivo de las proporciones Revolución 79 : RAD 35 en las mezclas en cuanto a rendimiento. La suma de la proporción Revolución 79 más RAD 35 en la mezcla tiene un comportamiento similar al comportamiento de Revolución 79 cuando se mezcla sólo con Acacias 4.

No existió correlación entre la severidad final de roya y rendimiento. Esto se debió principalmente a que el ataque comenzó a los 20 días después de germinación, la baja severidad de ataque de roya y la falta de agua que no permitió que se manifestaran diferencias fuertes en el rendimiento. Castaño *et al.* (1986), reportaron una alta correlación negativa (-0.94) entre la severidad final de roya y el rendimiento, cuando el ataque comenzó a los 13 y 17 días después de la germinación de la semilla.

Al hacer la relación entre severidad final de roya y rendimiento, se observa que la mezcla que tiene 50% o más de Revolución 79 o RAD 35 son las que tienen los rendimientos más altos y menor severidad de roya (Figura 6).

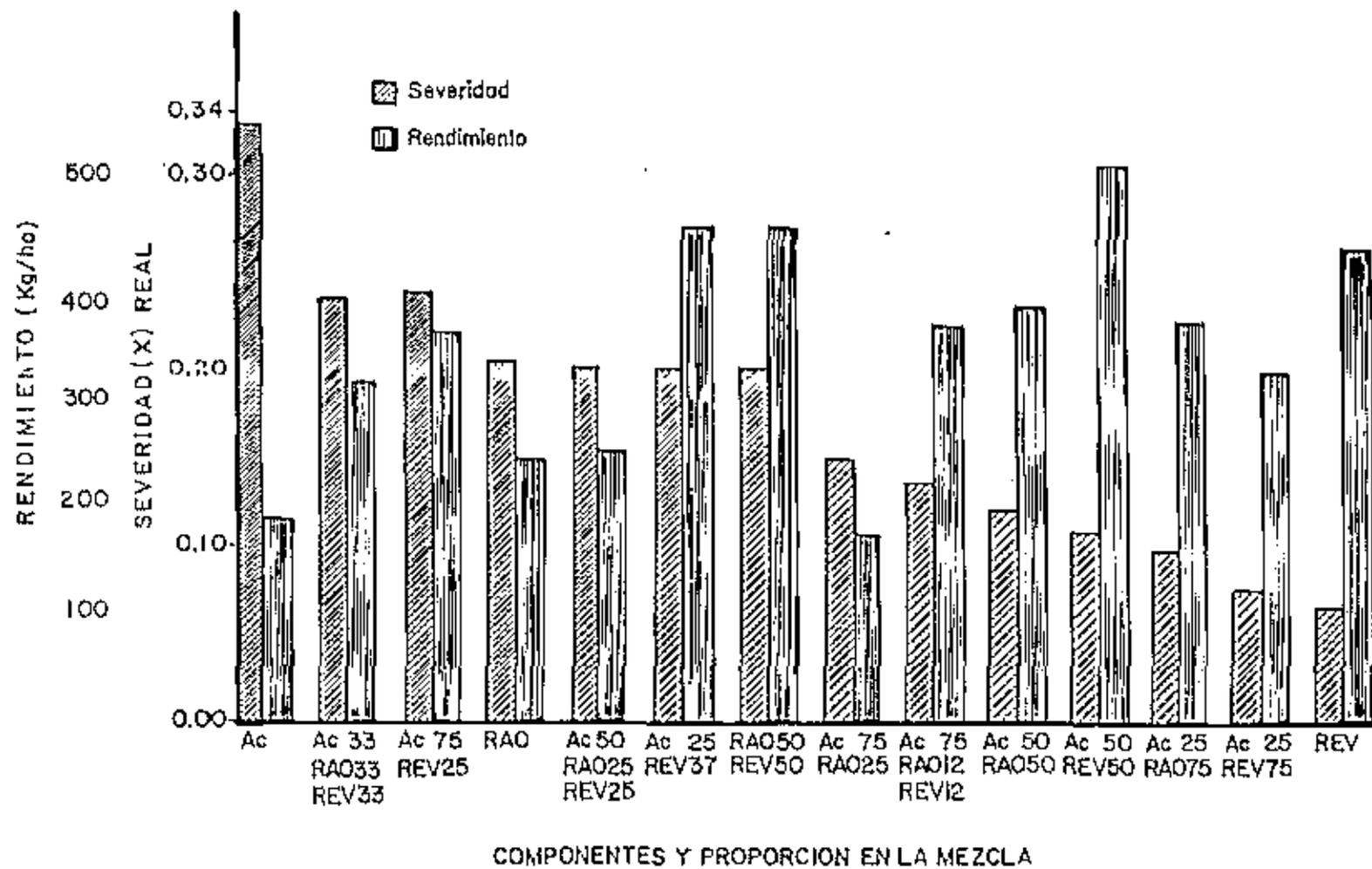


Figura 6. Relación entre la severidad real del ataque de roya y el rendimiento (Kg/ha).

Según Castaño et al. (1987) una combinación de mezclas y aplicación de fungicidas debe de proveer un control más prolongado de U. appendiculatus.

Para próximos trabajos con mezclas se recomienda:

- Seleccionar los componentes de tal manera que no se incluyan dos que tengan igual o similar reacción al ataque roya.
- Hacer mezclas con otros genotipos de igual fenología y el mismo color de grano.
- Repetir el ensayo de "postrera" si las condiciones son más favorables para el desarrollo de la enfermedad.
- Trabajar en diferentes localidades para determinar si existe interacción mezcla x localidad.

postrera), influenciaron los resultados disminuyendo la severidad del ataque de roya y los rendimientos.

La mejor mezcla es aquella que da una buena protección contra la roya, que tiene suficiente heterogenicidad genética de tal manera que el patógeno no rompa fácilmente la resistencia que esta característica le da a la mezcla y que tenga un buen rendimiento. En este caso, la mezcla Revolución 79 (50%) : Acacias 4 (50%) fue la que alcanzó los más altos rendimientos (Cuadro 7) y manifestó una buena tolerancia al ataque de roya (11%). Mezclas que contienen más de 50% de Revolución 79 pueden ser utilizadas, sacrificando un poco los rendimientos, bajo condiciones de poca infección de roya, pero pueden ser mejores en condiciones de alta infección.

El presente trabajo demostró la utilidad que tiene el uso de mezclas para el control de la roya del frijol. Este patógeno por ser un parásito obligado puede romper la resistencia de una variedad o adquirir resistencia a un fungicida. El uso de mezclas combinado con otras prácticas puede preservar durante más tiempo la resistencia de variedades altamente productoras y reducir la posibilidad de creación de nuevas y más virulentas razas de roya.

resistente. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con tres repeticiones. Trece días después de la siembra se inició lecturas semanales del desarrollo de la enfermedad; la última lectura se efectuó a los 41 días, época en la cual se presentó el máximo nivel de severidad. La temperatura promedio durante el periodo experimental fue de 23 °C, la precipitación total fue de 19 mm se utilizaron riegos suplementarios. Las condiciones de alta temperatura y baja precipitación no permitieron el desarrollo normal de la enfermedad.

Hubo diferencias altamente significativas entre tratamientos para severidad de la enfermedad, número de semillas por vaina y rendimiento, pero no para número de vainas por planta, ni peso de 100 semillas.

La disminución de la severidad real fue proporcional al incremento de la fuente resistente Revolución 79 en la mezcla. A medida que se incrementó esta fuente, disminuyó la tasa de desarrollo de la enfermedad y por consiguiente el Área bajo la curva del desarrollo de la enfermedad (ABCCD).

No se encontró correlación entre severidad final de roya y rendimiento, factores ambientales tales como: poca

disponibilidad de agua y altas temperaturas, durante el periodo que se realizó el experimento influenciaron los resultados, disminuyendo la severidad del ataque de roya y los rendimientos.

—

Los resultados de la disminución de la severidad cuando se utiliza la fuente resistente Revolución 72 en la mezcla, destacan la importancia que tienen el uso de mezclas como alternativa de control de la roya.

VIII. REFERENCIAS

- Adams, M. W. 1972. Dry beans. In Genetic vulnerability of major crops. Nat. Acad. Sci., Wash., D.C. pp 224-234.
- Augustin, E., D. P. Coyne and M. L. Schuster. 1972. Inheritance of resistance in Phaseolus vulgaris to Uromyces phaseoli typica, Brazilian rust race 811 and of plant habit. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 96:526-529.
- Ballantyne, B. 1974. Resistance to rust (Uromyces appendiculatus) in beans (Phaseolus vulgaris L.) Proc. Linn. Soc. of New South Wales 98:107-121.
- Borlaug, N. E. 1953. New approach to the breeding of wheat varieties resistant to Puccinia tritici. Phytopathology, 43, 467 (Abstr.).
- Browning, J. A., K. J. Frey, and R. L. Grindeland. 1952. Breeding multiline oat varieties for Iowa. Iowa Farm Sci., 18 No. 8,5-8.
- Browning, J. A. and K. J. Frey. 1969. Multiline cultivar as a means of disease control. Ann. Rev. Phytopath. 7:355-382.
- Castaño, J., S. Zuluaga y J. Zepeda. 1986. Epidemiología y control de roya del frijol [Uromyces appendiculatus (Pers) Ung.] mediante merclas en cuarentaño, variedad endémica de Honduras. En 23a. Reunión del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios, Guatemala, Guatemala.
- CIAT. 1973-1979. Bean production program, Ann. Repts. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali Colombia.
- CIAT. 1980. Problemas de producción del frijol. Enfermedades, insectos, limitaciones edáficas y climáticas de Phaseolus vulgaris L. Cali, Colombia.
- Crispin, M. A., J. A. Difuentes y J. Campo. 1976. Enfermedades y plagas del frijol en México. Inst. Nal. Invest. Agric., SAS. Folleto técnico de divulgación No. 39. pp. 6-9.
- Dongc, B. S. 1971. Control químico de la roya (Uromyces phaseoli - typica) del frijol. Invest. Agron. 2:23-27.
- Gentry, H. S. 1969. Origin of the common bean, Phaseolus vulgaris. Economic Botany 23(1):55-59.
- Grafins, J. E. 1966. Rate of change of lodging resistance, yield, and test weight in varietal mixtures of oats, Avena sativa L. crop Sci. 6. 369-70.

- Hilfy, J. W. and G. A. Mullins. 1975. Chemical control of snap bean rust. *Tennessee Farm and Home Sci.* 94:4-5.
- Jensen, N. F. 1952. Intra-varietal diversification in oat breeding. *Agron. J.*, 44. 30-34.
- Jensen, N. F. 1965. Population variability in small grains. *Agron. J.*, 57, 153-62.
- Jensen, N. F. 1966. Broadbase hybrid wheats. *Crop Sci.*, 6, 376-77.
- Johnson, T. 1961. Man-guided evolution in plant rusts. *Science*, 133, 357-62.
- Languidey, P. y M. Aguilera. 1983. Control químico de la roya (agente causal) Uromyces phaseoli (Reben) Wint. del frijol (Phaseolus vulgaris L.). *Rev. Boliviana Inv.* 95-97.
- Leonard, K. J. 1969. Factors affecting rates of stem rust increase in mixed plantings of susceptible and resistance oat varieties. *Phytopathology* 59: 1845-1850.
- Mackenzie, B. R. 1979. The multiline approach in controlling some cereal diseases. In: *Proceeding of the rice blast workshop*, IRRI, Los Baños, Phillipines. pp 199-216.
- Madriz, R. y E. Vargas. 1975. Evaluación de la resistencia de cultivares de frijol a la roya (Uromyces phaseoli vr. typica) mediante tres métodos diferentes. In *Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el mejoramiento de Cultivos Alimenticios 21a.* San Salvador, El Salvador.
- Miranda, Colin S. 1967. Origen de Phaseolus vulgaris L. (frijol común). En: *Actas de la 7a. Reunión Latinoamericana de Fitotecnia*, ALAF. Macay, Venezuela.
- Nelson, R. R. 1977. The use of resistance genes to curb population shifts in plant pathogens. page 49-66. In R.R. Nelson (Ed) *Breeding plants for disease resistance.* The Pennsylvania State University Press. University Park, PA.
- Politowski, K., and J. A. Browning. 1978. Tolerance and resistance to plant disease: an epidemiological study. *Phytopathology.* 68: 1177-1185.
- Rockefeller Foundation. 1965. *Program in Agr. Sci. Ann. Report.* 1963-64, 285 p.

- Rodríguez, V. A. 1976. Evaluación de variedades criollas e introducción de frijol común resistentes a roya (*Uromyces phaseoli* Vr. *typica* en El Salvador. En Reunión del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios 22n. San José, Costa Rica.
- Rivera, G. 1977. Incorporación de resistencia a la raza 29 de la roya del frijol común (*Uromyces appendiculatus* Pers.) Fr. en el cultivar Pacuaral vaina morada. Tesis Ing. Agr. Universidad de Costa Rica, 55 p.
- Schwinn, F. J. 1982. Socioeconomic impact of fungicide resistance In: Proceeding of fungicide resistance in crop protection, Wageningen, The Netherlands. pp 16-23.
- Singh, J. P. and A. B. K. Husyimi. 1981. Effects of rust on bean yield. *Indian Phytopath.* 34:378-379.
- Van der Plank, J. E. 1963. Plant disease: Epidemic and control. Academic Press., New York, 349 p.
- Vieira, C. 1967. O feijoeiro comum, cultura, doenças e melhoramento Universidade Rural do Estado de Minas Gerais, Vicosa, Brasil. pp 89-92.
- Wimalajeeva, D. I. S. and O. Thevan. 1973. Fungicidal control of bean rust disease. *Trop. Agric.* 129:61-66.
- Zaunmeyer, W. J. and H. R. Thomas. 1957. A monographic study of bean disease and methods for their control. U.S.D.A. Agric. Tech. Bull. No. 868. pp 34-42.
- Zaunmeyer, W. J. and J. P. Hainers. 1975. Disease resistance in beans. *Ann. Rev. Phytopath.* 13: 313-334.
- Zuñiga, J. E. y J. I. Victoria. 1975. Determinación de razas fisiológicas de la roya del frijol (*Uromyces phaseoli* var. *typica*) Arth. en el valle del cauca. Colombia. *Acta Agronómica* 25:75-85.

Esta tesis está dedicada a:

Dios, por haberme dado salud y facilidades para terminar mi último año de estudios en la Escuela Agrícola Panamericana.

A mis padres, Reinerio Zepeda y Aida Rodriguez de Zepeda, por su gran apoyo moral y espiritual durante toda mi vida.

A mis hermanos, Jessica, Reinerio, Ronald y Gissela.

A mi futura esposa, María del Carmen Rodriguez por su amor y dedicación.

El autor desea expresar su gratitud y aprecio al Dr. Jairo castaño, por dar la idea inicial para la realización del presente trabajo, por su apoyo incondicional y sus enseñanzas que han contribuido de gran manera a su crecimiento profesional. Al Dr. Silvio Zuluaga, por sus enseñanzas del rigor del trabajo de campo, e inapreciable ayuda en la revisión final del trabajo.

A la señorita Aleida Cruz por su ayuda en el trabajo mecanográfico; al bachiller Oscar Ortiz por su ayuda en la elaboración de las figuras y cuadros.