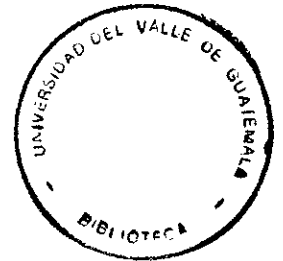


55543

✓  
TE  
UNIV  
BIO  
1980  
1980

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades



LA PRODUCCION DEL FRIJOL (Phaseolus vulgaris  
var. Turrialba I) CON DEFOLIACION SIMULANDO

ATAQUE POR LA TORTUGUILLA

Diphaulaca wagneri Harold

(Chrysomelidae: Alticinae)

ROLANDO LOPEZ GUTIERREZ

Guatemala

1980

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades

LA PRODUCCION DEL FRIJOL (Phaseolus vulgaris  
var. Turrialba I) CON DEFOLIACION SIMULANDO

ATAQUE POR LA TORTUGUILLA

Diphaulaca wagneri Harold

(Chrysomelidae: Alticinae)

ROLANDO LOPEZ GUTIERREZ

Trabajo de investigación presentado

para optar al grado académico de


LICENCIADO EN BIOLOGIA

Guatemala

1980

Vo. Bo. :

(f)

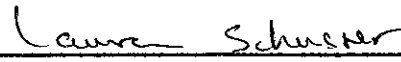
  
\_\_\_\_\_  
Jack Schuster, Ph.D.  
Asesor

Tribunal:

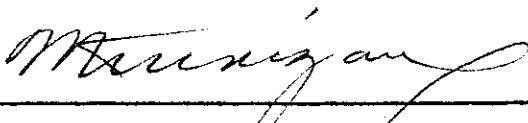
(f)

  
\_\_\_\_\_  
Jack Schuster, Ph.D.

(f)

  
\_\_\_\_\_  
Laura Schuster M. Sc.

(f)

  
\_\_\_\_\_  
Ingeniero Marco Tulio Urizar

Fecha de aprobación: 26 de abril de 1980

LA PRODUCCION DEL FRIJOL (Phaseolus vulgaris  
var. Turrialba I) CON DEFOLIACION SIMULANDO

ATAQUE POR LA TORTUGUILLA

Diphaulaca wagneri Harold

(Chrysomelidae: Alticinae)

A la memoria de mis padres:

Manuel López

Carmen G. de López

A mis 10 hermanos

A mis profesores

A los Hermanos de la Salle

A los indígenas y campesinos

A mis amigos

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi más profunda y sincera gratitud a las siguientes personas:

Al doctor Jack Schuster y a la doctora Laura Schuster por su paciente y valiosa colaboración durante la realización del presente estudio.

Al ingeniero Marco Tulio Urizar por sus oportunas sugerencias.

A la doctora Margaret Dix y al doctor Michael Dix por su ayuda constante e incondicional.

A Victorino González y Víctor Sandino por su colaboración en el trabajo de campo.

Al profesor Ramiro Rizzo por su amable asistencia en todo lo referente a equipo de trabajo.

Al ingeniero agrónomo Mario Melgar por su importante ayuda en el análisis estadístico de los resultados.

A Stephanie Clark por su valiosa ayuda realizando las figuras.

Al Dr. B. White de Systematic Entomology Laboratory y U.S.D.A. (United States Department of Agriculture) por identificar al insecto.

A mis compañeros y amigos Estuardo Duarte, Isabel Montenegro, Stephanie Clark, a todos los que han habitado y habitan la Residencia Universitaria La Salle, a Martín Díez, Fernando Muñoz, Alvaro Rodríguez, Federico Varona, Carlos Laínez, Jaime García, María Estela Murillo, familia Llobet Toledo, familia Paris Coronado.

A la Srta. Silvia Herrera por su excelente labor mecanográfica.

A todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron en la realización del presente trabajo.

## CONTENIDO

	Página
RESUMEN	viii
INTRODUCCION	1
LA PRODUCCION DESPUES DE DEFOLIACION SIMULADA DEL FRIJOL	3
Revisión de lit ratura	3
Materiales y Métodos	6
I -Variedad de Frijol	6
-Características de los Lugares Experimentales	6
-Densidad de Siembra	7
-Diseño de Tratamientos en la Parcela	7
-Preparación del Terreno y Siembra	13
-Fertilización y Combate de Malezas e Insectos	13
-Raleo	16
-Medición del Area Foliar	16
-Defoliación	16
-Cosecha	17
RESULTADOS Y DISCUSION	
-Desarrollo del Cultivo	25
-Producción	
TASA ALIMENTICIA DE <u>Diphaulaca wagneri</u> Harold	33
Revisión de literatura	33
-Plagas del frijol en Centro América	33
-Biología de <u>Diphaulaca wagneri</u>	34
-Tasa alimenticia de plagas de frijol	37
-La producción del frijol con defolia- ción por insectos	38
Materiales y Métodos	39
Resultados y Discusión	43
-Desarrollo del Experimento	43
CONCLUSIONES	48
LITERATURA CITADA	57

## LISTA DE CUADROS

	Página
1. Tolerancia a la defoliación simulada antes de la floración en <u>Phaseolus vulgaris</u> L.	4
2. Precipitación, temperatura, y humedad relativa mensual en el área experimental de Guatemala y de Nicaragua.	10
3. Caracterización química del suelo de la parcela experimental en Guatemala.	11
4. Cálculo del número de perforaciones en las hojas de <u>Phaseolus vulgaris</u> para cada porcentaje de defoliación; la primera vez, la segunda vez y la tercera vez en Guatemala y en Nicaragua.	18
5. Producción de plantas individuales del frijol en Managua, expresada en gramos/planta, para los diferentes porcentajes de defoliación.	28
6. Análisis de varianza para la producción después de la defoliación simulada en Nicaragua.	30
7. Prueba de Tukey de comparaciones múltiples de medias.	31
8. Importancia relativa de los insectos del frijol en América Central.	36
9. Variación en la densidad de plaga y la duración de su ataque para 27 plantas aisladas de frijol.	42
10. Análisis de varianza del área foliar consumida por día por un adulto de <u>Diphaulaca wagneri</u> .	46
11. Crecimiento de las plantas de frijol con 60% de defoliación y el número de insectos que consumirían este 60% de área foliar, en los 3 momentos en que se practicaron las defoliaciones simuladas.	50
12. Crecimiento del frijol con 60% de defoliación del incremento diario y el número de insectos por planta que lo haría.	53

## LISTA DE FIGURAS

	Página
1. Temperaturas máximas y mínimas anotadas cada día en campo experimental de Guatemala.	8
2. Temperaturas máximas y mínimas anotadas cada día en campo experimental de Nicaragua.	9
3. Distribución de los tratamientos en la parcela de Guatemala.	12
4. Distribución de tratamientos en la parcela de Managua.	14
5. Planta de frijol al momento de la primera defoliación con 0% de defoliación.	19
6. Planta de frijol al momento de la primera defoliación con 20% de defoliación simulada.	20
7. Planta de frijol al momento de la primera defoliación con 40% de defoliación simulada.	21
8. Planta de frijol al momento de la primera defoliación con 60% de defoliación simulada.	22
9. Planta de frijol al momento de la primera defoliación con 80% de defoliación simulada.	23
10. La producción de frijol que ha sufrido varios grados de defoliación, simulando daño por insectos.	26
11. La producción de frijol que ha sufrido varios grados de defoliación, simulando daño por insectos.	27
12. Esquema de <u>Diphaulaca wagneri</u> Harold (Coleoptera, Chrysomelidae: Alticinae).	35
13. Aislamiento de las plantas de frijol por tela de tul de nailon	40
14. Hojas de una planta con 9 insectos después de 9 días.	44 y 45
15. Defoliación del 60% en 3 instantes y el número de insectos, por planta, que lo haría.	51
16. Promedio de crecimiento diario de una planta después del 60% de defoliación en Guatemala	52
17. Defoliación del 60% diariamente y el número de insectos por planta que lo haría	54

## RESUMEN

Defoliaciones de 20%, 40%, 60% y 80% se practicaron en Phaseolus vulgaris var. Turrialba I, tratando de aproximarse lo mejor posible al tipo de daño causado por las tortuguillas. Con este fin (1) se utilizó una ponchadora manual de un solo hoyo circular de 0.59 cm de diámetro y (2) se repitió las defoliaciones tres veces antes de la floración. El experimento se realizó en Centroamérica, en lugares y épocas diferentes: Guatemala (Guatemala) a 1500 msnm julio-septiembre de 1978 y en Managua (Nicaragua) 800 msnm octubre - diciembre de 1979. Los resultados de ambos lugares indican que esta variedad de frijol tolera más del 40% pero menos del 60% de defoliación sin pérdida de producción. La producción de las plantas con 20% de defoliación fue mayor que la de las plantas no defoliadas. Probablemente se deba al crecimiento más rápido de las plantas después del 20% de defoliación en comparación con el crecimiento de las plantas no defoliadas.

Los adultos de Diphaulaca wagneri comieron  $0.17 \pm 0.013 \text{ cm}^2$  de hoja de frijol por día, independiente del número de individuos por planta o número de días en el experimento.

Con los resultados de ambos experimentos, se calculó el número de insectos que defoliarían hasta el porcentaje mínimo que disminuye la producción. Esto forma parte de la base para estimar el "nivel económico de daños" de la plaga. Este nivel indica la relación entre el valor de la producción salvada y el costo del control invertido.

## INTRODUCCION

El frijol es un componente muy importante en la dieta de las poblaciones rural y urbana de América Latina.

El frijol posee prácticamente la misma cantidad de carbohidratos por gramo que el maíz, pero su contenido de proteína es más de tres veces la del maíz (INCAP 1978). El INCAP (1978) ha estimado en base a los hábitos de consumo de la población guatemalteca, que los requerimientos mínimos de frijol en Guatemala deberían ser de 60 gramos por persona por día. Sin embargo, el consumo diario por persona durante los últimos siete años ha sido de 27.9 gramos por persona diariamente (INCAP 1978). En 1978, hubo en Guatemala un déficit de aproximadamente 8500 toneladas métricas de frijol (Dirección General de Estadística 1978).

En Centro América ciertas plagas limitan seriamente la producción del frijol. A pesar de estudios realizados en Guatemala (Molina 1972), El Salvador (Mancía 1975), y Nicaragua (Sequeira et al. 1976) existen unas plagas aún no estudiadas en detalle en Centro América, entre ellas la tortugilla Diphaulaca wagneri Harold (Coleoptera, Chrysomelidae: Alticinae), de que se trata aquí.

Una plaga, dependiendo del tamaño de su población, puede causar (1) un efecto insignificante en la producción, (2) una reducción de la producción igual al costo necesario para controlar la plaga, o (3) una reducción mucho mayor. El segundo se llama su "nivel económico de daños", o sea, los "daños causados por una

población de plaga de insectos, cuyo valor es igual al costo necesario para prevenir el daño" (Headley 1972). Un estimado del "nivel económico de daños" es una de las bases más importantes en el diseño de cualquier programa de manejo de plagas.

El objetivo del presente trabajo es establecer, para Phaseolus vulgaris var. Turrialba I, una base para estimar el "nivel económico de daños" debido a Diphaulaca wagneri. Con esta finalidad se hicieron dos estudios: (1) el efecto de la defoliación simulando ataque de tortuguillas antes de la floración y (2) la tasa alimenticia de la tortuguilla Diphaulaca wagneri. El primero da el nivel más bajo de defoliación que disminuye la producción. El segundo indica el número de individuos de tortuguilla que causa esta defoliación. Juntos los datos revelan la población que empieza a disminuir la producción. El costo del control relacionado con el valor de la producción perdida no se considera aquí.

En el experimento de defoliación, se hizo un esfuerzo para aproximarse lo más posible al tipo de daño que hacen los insectos defoliadores; para ello (a) se empleó una ponchadora manual de un solo hoyo, para hacer las defoliaciones, en vez de cortar linealmente con una tijera; (b) se mantuvo los porcentajes de defoliación inicial hasta la floración, por repetir el tratamiento defoliador en tres ocasiones en las mismas plantas, y (c) las defoliaciones se practicaron antes de la floración dado que se ha observado en esta etapa de desarrollo de la planta, una mayor incidencia de ataque de insectos defoliadores.

## LA PRODUCCION DESPUES DE DEFOLIACION SIMULADA DEL FRIJOL

## Revisión de literatura

El resumen del cuadro 1 indica que Phaseolus vulgaris L. puede tolerar hasta 30% de defoliación antes de la floración en las variedades estudiadas. En el rango 31-40% de defoliación, la tolerancia persiste o no, dependiendo de la variedad y las condiciones experimentales. Con 41-50% de defoliación, el frijol prácticamente no muestra tolerancia. Ninguno de estos estudios utilizó la variedad Turrialba I que yo estudié ni se llevó a cabo en el ambiente de Centro América, el sitio del presente trabajo. Tampoco repitieron la defoliación varias veces en las mismas plantas antes de la floración como hice aquí.

Existen diferencias considerables en cuanto al efecto del daño foliar simulado (causado artificialmente por el hombre en experimentos) y el daño foliar causado por insectos. En general, existe una mayor tolerancia al daño causado en forma artificial que al daño foliar causado por insectos (Greene y Minnick 1967, Duque y Quintero 1977, otros).

Sobre defoliación parcial simulada con nonchadora manual de un solo agujero, existen hasta el momento muy pocos experimentos realizados. Poston et al. (1975) evaluaron esta técnica experimentando con soya en condiciones de invernadero. Ellos compararon la fotosíntesis neta de plantas defoliadas por nonchadora manual y por larvas de Cynthia cardui L. (Lepidoptera, Nymphalidae) y Plathypena scabra F. (Lepidoptera, Nymphalidae). Encontraron

Cuadro 1. Tolerancia a la defoliación simulada antes de la floración en *Phaseolus vulgaris* L. Sobre 50% de defoliación todas las variedades sufrieron pérdidas de producción. + indica producción mayor o igual al control no defoliado. - indica producción menor que el control. 1 = Iaxl 1979. 2 = Duque y Quintero 1977. 3 = Cálvez et al. 1975. 4 = Gómez y Uribe 1976. 5 = Greene & Linnick 1967.

Defoliación	Variedades de frijol	Momento de la defoliación			Referencia
		hojas trifoliadas	Estado Intermedio	Inicio de la floración	
10-16%	ICA-TUI	+			2, 4
	DIACOL-CALIMA	+	+		2, 4
	ICA-GUALI	+	+	+	3
	F-46	+	+	+	1
	Snap-Beans	+	+	+	5
20-30%	ICA-TUI	+		+	2, 4
	ICA-GUALI	+	+	+	3
	F-46	+	+	+	1
31-4%	ICA-TUI				2, 4
	DIACOL-CALIMA				2, 4
	Snap-Beans				5
	ICA-GUALI	+	+	+	3
	H-46	+	+	+	1
41-50%	DIACOL-CALIMA				2, 4
	Snap-Beans				2, 4
	ICA-GUALI				5
	H-46	+	+	+	3
					1

que las tasas de intercambio neto de carbono no fueron significativamente diferentes cuando se practicó la defoliación del 50% por insectos o por ponchadora manual en los folíolos medios de la planta. La defoliación con tijeras cortando transversal o longitudinalmente parte del folíolo no fue buena aproximación, ya que las plantas defoliadas con tijeras tuvieron tasas más altas de fotosíntesis que las plantas con el mismo porcentaje de defoliación realizado por insectos.

Otro experimento con ponchadora manual fue realizado en invernadero con árboles de manzana (Franklin & Ferre 1976). Las defoliaciones se practicaron con cuatro ponchadoras diferentes con respecto al diámetro del agujero. Con un mismo porcentaje de defoliación se notó una disminución de la fotosíntesis neta cuando la defoliación se practicó con una ponchadora con agujero de diámetro mayor. También se notaron disminuciones más drásticas de fotosíntesis cuando las perforaciones cortaron las venas laterales más importantes de la hoja.

No se han encontrado estudios de defoliación simulada con ponchadora en el frijol del tino que se practica aquí.

## Materiales y Métodos

### Variedad de Frijol

La variedad de frijol utilizada fue Phaseolus vulgaris var. Turrionalba I. Tiene el hipocótilo morado. El inicio de la floración es de 40 a 42 días después de la siembra y la floración dura de 20 a 22 días. El color de la flor y de la vaina también es morado. Las plantas alcanzan una altura de 60 a 70 cm con hábito de crecimiento indeterminado, arbustivo. El número de vainas por planta oscila entre 15 y 20 y la semilla (grano) es de color negro opaco. Se adapta a regiones entre 800 y 1500 metros de altitud. Esta variedad es tolerante al mosaico dorado del frijol, BGMV (ICTA 1979). La semilla utilizada en Guatemala fue obtenida en el ICTA y la utilizada en Nicaragua se obtuvo de la cosecha del experimento en Guatemala.

### Características de los Lugares Experimentales

El experimento de defoliación se realizó en dos lugares y dos épocas diferentes: en Guatemala (Ciudad) al sureste de la Urbanización Ciudad San Cristóbal, Sector B-1, municipio de Mixco del departamento de Guatemala, a 1500 msnm, de julio a octubre de 1978; y en Managua, Nicaragua, en la finca La Aurora, 3 km al sur de la Colonia Villa Fontana, a 800 msnm, de octubre a diciembre de 1979.

Medidas de temperatura y precipitación pluvial en los campos experimentales se tomaron todos los días entre las 8 y las 9 horas. Para la primera, se utilizó un termómetro de máxima y mínima (Marca Taylor #5458 en Guatemala y marca Termofix en Nicaragua). Se colocó en la periferia de las parcelas a 1.5 m sobre el suelo y a la

sombra. Los datos diarios de temperatura se presentan en Fig. 1 y Fig. 2 y el promedio mensual en el Cuadro 2. Para recoger el agua de la lluvia se empleó un frasco cilíndrico de vidrio, de 400 ml aproximadamente, con una boca circular de 7.5 cm de diámetro. El frasco se colocó en el centro de la parcela a nivel del suelo. La precipitación total mensual y el número de días en que llovió se presenta en el Cuadro 2. Más calor y, por lo común, menos lluvia, distribuida sobre un número menor de días, dieron como resultado un ambiente más seco para el experimento en Nicaragua que para el de Guatemala.

El suelo del campo experimental de Guatemala fue de la clase textural franco-arcilloso (ICTA 1980). Su caracterización química se ve en el cuadro 3. Se nota una deficiencia en fósforo que se compensó por fertilizantes.

#### Densidad de Siembra

Masaya (1979) recomienda para esta variedad de frijol una distancia de siembra de 45 cm entre surcos y 10 cm entre plantas. Considerando esta distancia como mínima para el rendimiento máximo por planta, se dejaron 45 cm entre plantas y entre surcos en Nicaragua y 65 cm entre plantas y entre surcos en Guatemala. En Nicaragua, la densidad fue de 4.9 plantas por  $m^2$  y en Guatemala 2.3 plantas por  $m^2$ .

#### Diseño de Tratamientos en la Parcela

En Guatemala, una parcela de  $373.6 m^2$  se dividió en 5 sub-parcelas de  $79.73 m^2$  cada una (Fig. 3). Se practicó 0% de defoliación en la subparcela T, 20% en la A, 40% en la B, 60% en la C, y 80% en

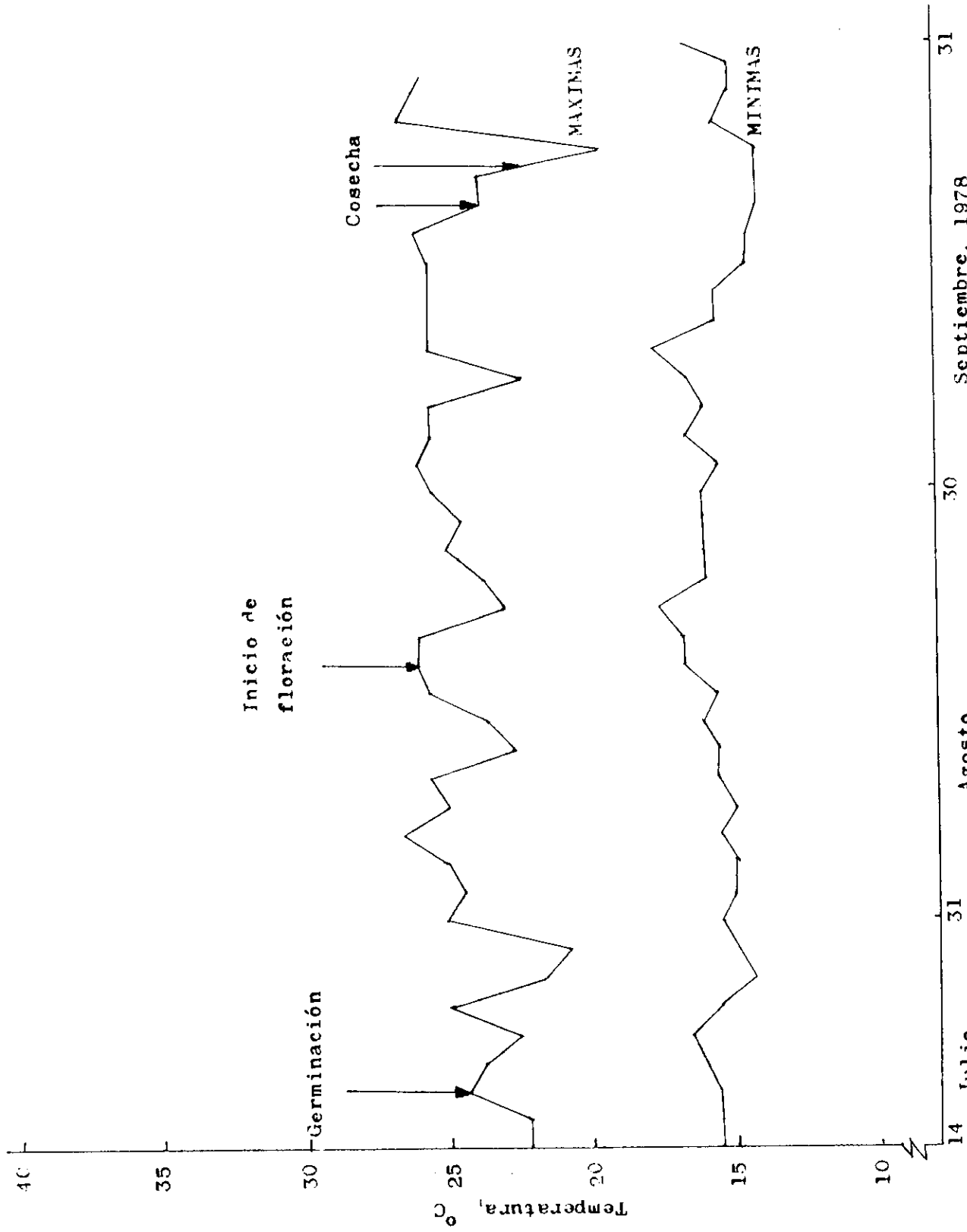


Figura 1. Temperaturas máximas y mínimas anotadas cada día en campo experimental de Guatemala.

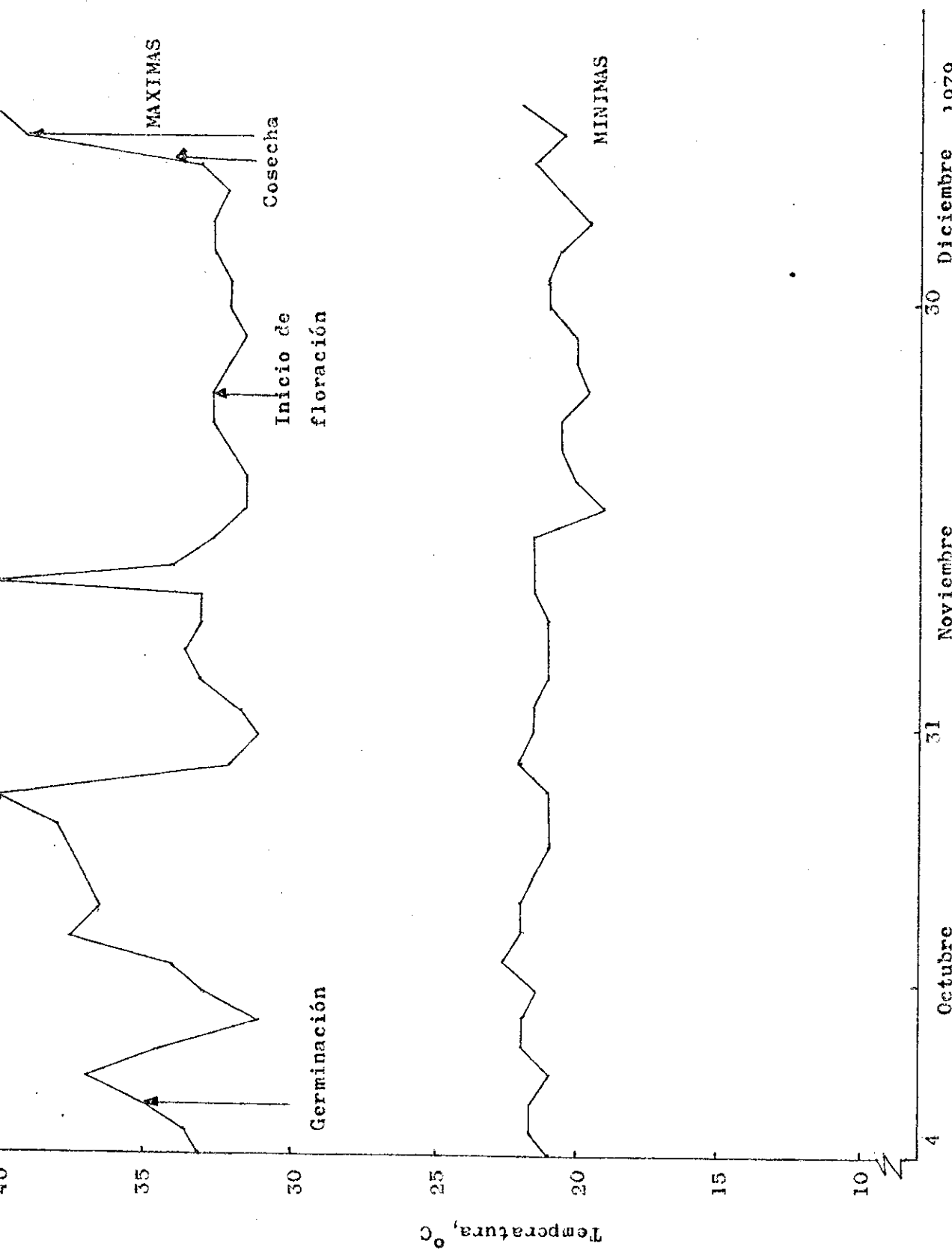


Figura 2. Temperaturas máximas y mínimas anotadas cada día en campo experimental de Nicaragua.

Cuadro 2. Precipitación, temperatura, y humedad relativa mensual en el área experimental de Guatemala y de Nicaragua. La precipitación y temperatura se midieron en los campos de frijol estudiados. La humedad relativa se tomó de los registros de las estaciones meteorológicas nacionales de las zonas donde se realizaron los experimentos.

Lugar y año	P R E C I P I T A C I O N						TEMPERATURA		HUMEDAD RELATIVA
	Mes	Total mm	Número de días lluviosos	Promedio por día lluvioso en mm	Desviación estándar	Promedio de las Máximas °C	Promedio de las Mínimas °C	Promedio %	
Guatemala 1978	Julio	379.50	26	14.50	59-57	24.90	15.40	91.5	
	Agosto	334.00	17	19.60	51.06	24.30	15.90	83.0	
	Septiembre	368.40	27	13.60	55.17	24.05	15.31	86.0	
	Octubre	80.40	15	5.36	17.50	24.79	14.50	81.0	
Managua 1979	Octubre	390.25	14	27.90	122.30	35.13	21.09	71.50	
	Noviembre	261.50	11	23.80	99.70	32.43	20.67	56.0	
	Diciembre	25.30	5	5.06	0.92	33.69	20.69	30.0	

Cuadro 3. Caracterización química del suelo de la parcela experimental en Guatemala.  $\mu\text{g/ml}$  = microgramos por mililitro. ppm = partes por millón. Meq/100 ml = Miliequivalentes por 100 mililitros de suelo.

pH	$\mu\text{g/ml}$		ppm					Meq/100 ml	
	P	K	Fe	Cu	Mn	Zn	S	Ca	Mg
6.4	1.0	170	17.3	1.9	45.0	4.8	2.7	14.0	6.08

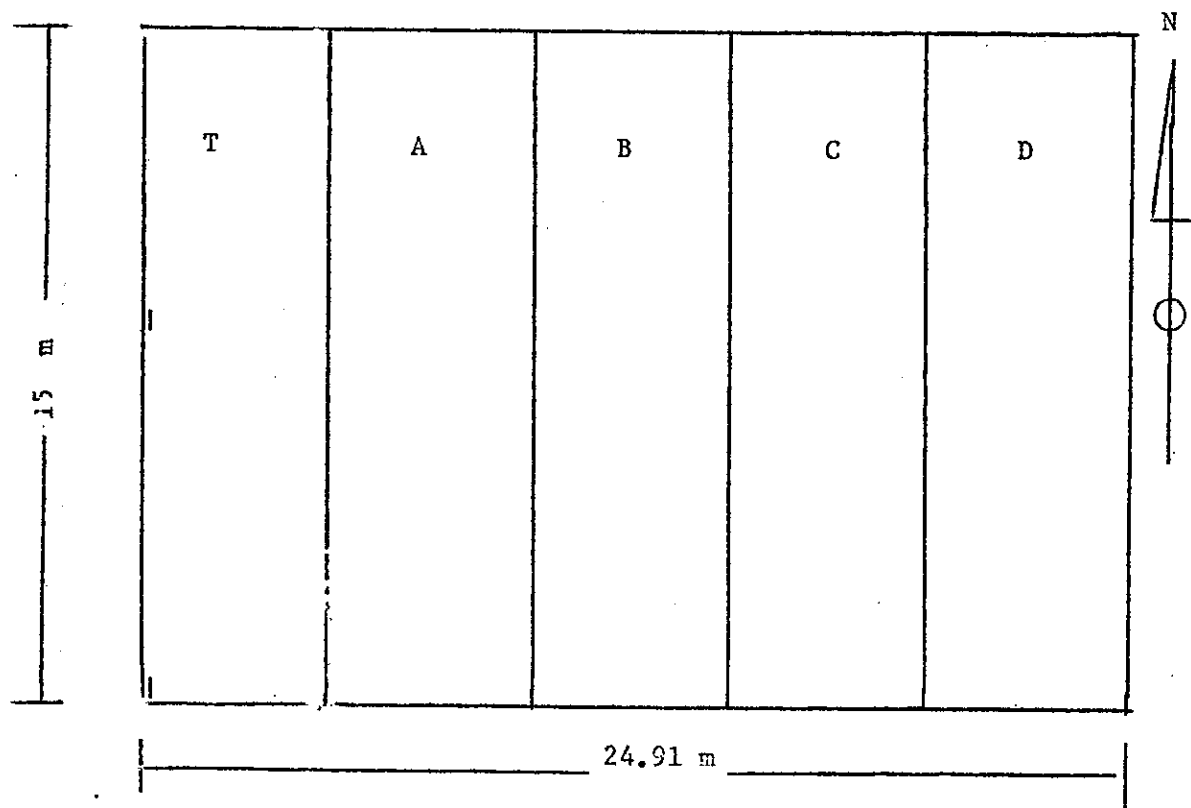


Figura 3. Distribución de los tratamientos en la parcela de Guatemala. Distancia entre plantas y entre surcos = 65 cm. Cada subparcela tuvo 115 plantas. T = Testigo. A = Subparcela con 20% de defoliación. B = Subparcela con 40% de defoliación. C = Subparcela con 60% de defoliación. D = Subparcela con 80% de defoliación.

la D. Después del trabajo preliminar en Guatemala, se hizo otro diseño de subparcelas en Nicaragua para facilitar el análisis estadístico. En Nicaragua (Fig. 4) la subparcela de  $42.5 \text{ m}^2$  fue dividida en 30 subparcelas de  $1.41 \text{ m}^2$  cada una. En éstas se practicaron los porcentajes de defoliación en forma totalmente al azar. Cada porcentaje de defoliación fue practicado en seis subparcelas diferentes.

#### Preparación del Terreno y Siembra

El suelo se preparó mediante un doble paso de arado y uno de rastra. Se procedió luego a trazar los surcos y hacer la siembra a mano depositando las semillas a una profundidad de 3 cm y a razón de tres semillas por postura. En Guatemala, la siembra se realizó el 14 de julio de 1978, y en Nicaragua, el 1 de octubre de 1979.

Las parcelas en ambos lugares se cercaron a nivel del suelo con malla metálica de gallineros de 1.5 m de alto, para evitar la entrada de conejos y otros vertebrados parásitos.

#### Fertilización y Combate de Malezas e Insectos

Para la fertilización del frijol se recomiendan varias fórmulas compuestas (Gudiel 1975) entre las que se escogió el 15-15-15 (N,P,K) por ser el que con mayor frecuencia se encuentra en el mercado. Se realizaron dos fertilizaciones: una al momento de la siembra y otra un mes después de la siembra. Se utilizaron 28 g por planta, describiendo un círculo alrededor de la misma con 10 cm de radio y enterrando el abono a 5 cm de profundidad.

Para el combate de malezas se aplicó al suelo una combinación de los herbicidas 2,4-D y 2,4,5-T al momento de preparar el terreno. Es-

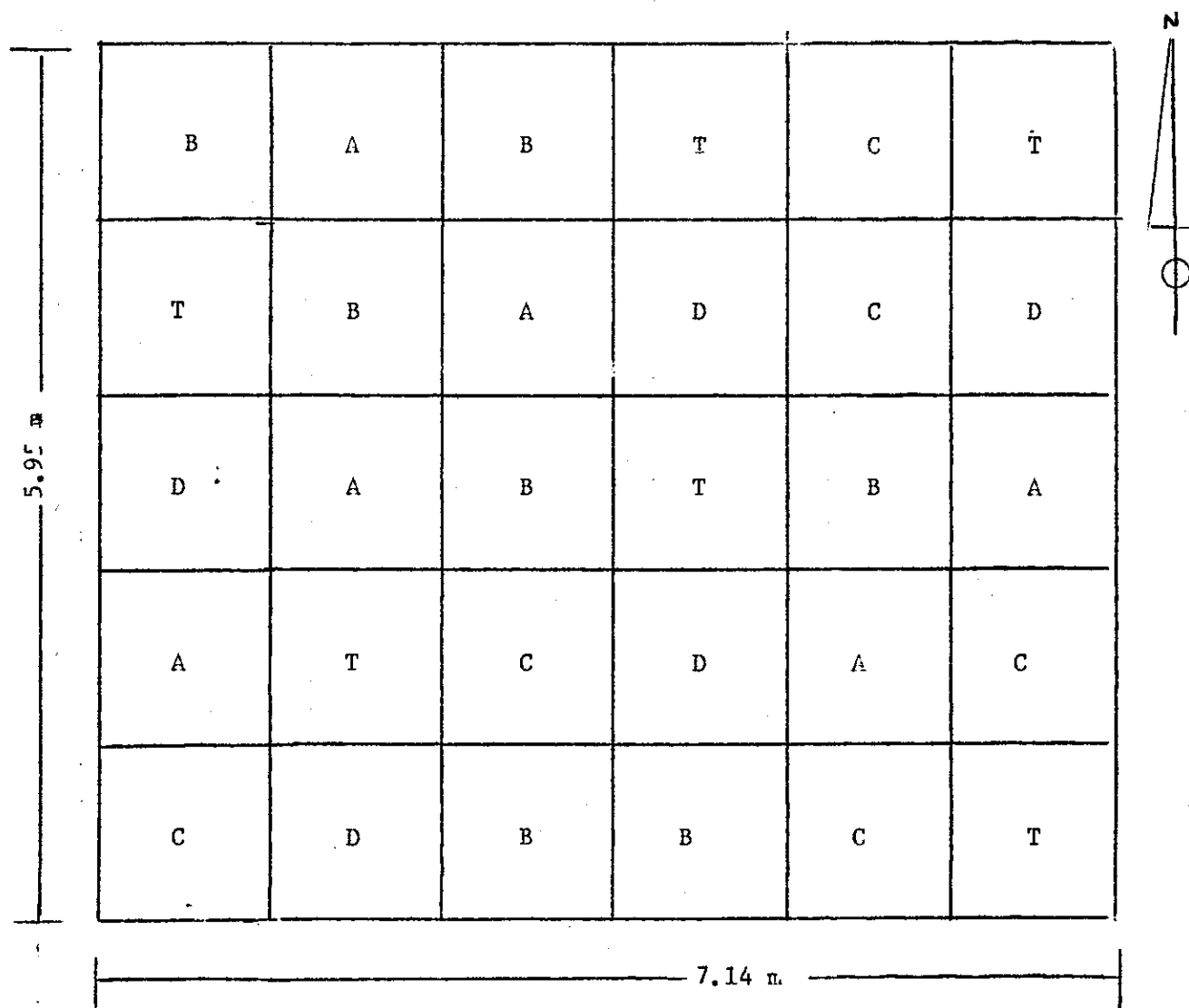


Figura 4. Distribución de tratamientos en la parcela de Managua. Distancia entre plantas y entre surcos = 45 cm. Cada subparcela tuvo 7 plantas. T = Testigo. A = Subparcelas con 20% de defoliación. B = Subparcelas con 40% de defoliación. C = Subparcelas con 60% de defoliación. D = Subparcelas con 80% de defoliación. Las subparcelas se distribuyeron en forma totalmente al azar.

ta mezcla es un herbicida selectivo que contiene como materia activa 240 g por litro de ácido 2,4-diclorofenoxiacético más 240 g por litro del éster butílico del ácido 2,4,5-triclorofenoxiacético. Se le utilizó especialmente para el control de malezas leñosas y arbustos semileñosos, ya que estos dos tipos de malezas eran las más abundantes en las zonas donde se trabajó. Se aplicó a razón de 4 ml por litro de agua, utilizando 0.67 litros por 10 m<sup>2</sup>. A los 30 días de la siembra se realizó una deshierba manual.

Para el control de algunas larvas subterráneas de insectos como gallina ciega (Melolontha sp. y Phyllocphaga spp.), los nocheros (Agrotis sp., Feltia sp., y Prodenia sp.) y el gusano alambre (Agriotes sp.) se utilizó Volatón granulado 2.5% al momento de la siembra, a razón de 450 g por 10 m<sup>2</sup> (Masaya 1979).

Contra las plagas del follaje se empleó Sevín y contra la roya y virus se empleó Cupravit Forte. Se añadieron 4 g de cada uno al mismo litro de agua, ya que se aplicaron siempre mezclados en la misma bomba. Se utilizó 0.67 litros de la mezcla por 10 m<sup>2</sup>. Con esta mezcla se fumigaron las plantas de frijol a intervalos de 9 días desde la etapa de germinación hasta la cosecha. Se escogió el intervalo de nueve días para cada aplicación, dado que las lluvias lavaban el insecticida y a los nueve días se notaba la aparición de algunos insectos plaga. Durante el período de más intensa floración (15 días), no se fumigó para no interferir en la fecundación cruzada. Brauer (1978) señala que, aunque el frijol es una planta que normalmente se autofecunda, siempre existe de un 10 a un 13% de fecundación cruzada. A simple vista, hubo pocas abejas en ambos lugares.

### Raleo

De las tres plantas promedio que se desarrollaron por postura, se eliminaron dos, dejando sólo la que aparentaba estar en mejor condición. Este raleo se practicó manualmente al momento de la primera defoliación.

### Medición del Area Foliar

Para medir el area foliar se arrancaron diez plantas al azar por subparcela en Guatemala y una planta por subparcela en Nicaragua. Se recortó luego  $1 \text{ cm}^2$  de la fotocopia y se pesó en una balanza analítica marca METLER. Acto seguido se recortaron lo más exactamente posible las hojas de las fotocopias y se pesaron. Un  $\text{cm}^2$  de la fotocopia pesó 0.0063 g. Si las hojas fotocopias, por ejemplo, pesaron 0.3557 g, entonces el área foliar de la planta fue  $0.3557 \text{ g} / 0.0063 \text{ g por cm}^2$  o sea  $56.46 \text{ cm}^2$ . De este modo se procedió en cada defoliación.

### Defoliación

Las defoliaciones se practicaron tres veces en las mismas plantas, en Guatemala 15, 27 y 39 días después de la siembra y en Nicaragua 15, 25 y 36 días después de la siembra. Se las hizo cuando se notaba un aceleramiento en el desarrollo foliar de las plantas sobre el normal. Normalmente, el número de nuevas hojas trifoliadas por planta fue de 2 a 3 por día a partir del momento en que se hizo la primera defoliación.

Las defoliaciones se practicaron con ponchadoras manuales, marca GEM que hacen un sólo hoyo circular de  $0.274 \text{ cm}^2$ . Se calculó el número de perforaciones correspondiente a los diferentes

porcentajes de área defoliada, como lo muestra el Cuadro 4. Las defoliaciones fueron realizadas por dos personas que trabajaban simultáneamente. Exceptuando la primera defoliación que se llevó a cabo en un día, las otras dos defoliaciones tomaron 3 días de 8:00 a 18:00 horas en cada defoliación. La última de las defoliaciones se empezó cuando más o menos un 10% de las plantas había iniciado la floración y se terminó cuando ya un 80% de plantas había iniciado su floración. Es decir, la mayoría de las plantas inició su floración en un lapso de tres días.

Las figuras 5, 6, 7, 8 y 9 muestran como quedaron las plantas después de la primera defoliación. En algunos casos, las perforaciones eran tantas que fue preciso realizar las perforaciones de manera muy cercana entre sí de modo que se fue disminuyendo la superficie de la hoja desde sus márgenes hacia la vena central (Fig. 8 y 9).

### Cosecha

La cosecha se realizó cuando todas las vainas estaban amarillas y secas de modo que se podían abrir fácilmente. Todo el trabajo de cosecha se hizo a mano. En Guatemala, las parcelas con 0, 20 y 40% de defoliación, se cosecharon a los 83 días después de la siembra. La de 60% de defoliación se cosechó a los 86 días después de la siembra. En Nicaragua, las parcelas con 0, 20 y 40% de defoliación se cosecharon a los 66 días después de la siembra. La de 60% de defoliación, a los 69 días y la de 80% de defoliación, a los 72 días después de la siembra.

En ambos lugares donde se realizaron los experimentos, el número total de plantas que se cosechó fue menor del que se sembró

Cuadro 4. Cálculo del número de perforaciones en las hojas de Phaseolus vulgaris para cada porcentaje de defoliación; la primera vez, la segunda vez y la tercera vez en Guatemala y en Nicaragua. El area foliar se medía inmediatamente antes de la defoliación indicada.

Lugar	Días entre siembra y defoliación	Area foliar promedio/ 2 planta, cm	Area foliar que se quitó		
			%	cm <sup>2</sup>	No. de perforaciones
Guatemala	15	35.57	0	0.00	0
		35.57	20	7.11	26
		35.57	40	14.22	52
		35.57	60	21.33	78
		35.57	80	28.44	104
	27	240.00	0	0.00	0
		254.00	20	50.80	154
		201.00	40	80.40	247
		200.00	60	120.00	
		182.00	80	145.60	439
	39	658.00	0	0.00	0
		812.00	20	162.50	492
		630.80	40	252.30	764
		541.60	60	325.20	985
		341.60	80	273.00	828
Nicaragua	15	32.24	0	0.00	0
		32.24	20	6.29	123
		32.24	40	12.58	46
		32.24	60	18.87	69
		32.24	80	25.16	92
	25	140.20	0	0.00	0
		168.26	20	33.65	123
		139.53	40	55.81	204
		134.06	60	80.44	297
		98.84	80	79.07	289
	36	338.00	0	0.00	0
		383.04	20	76.60	280
		335.16	40	134.00	490
		178.75	60	107.25	392.
		135.74	80	108.62	397

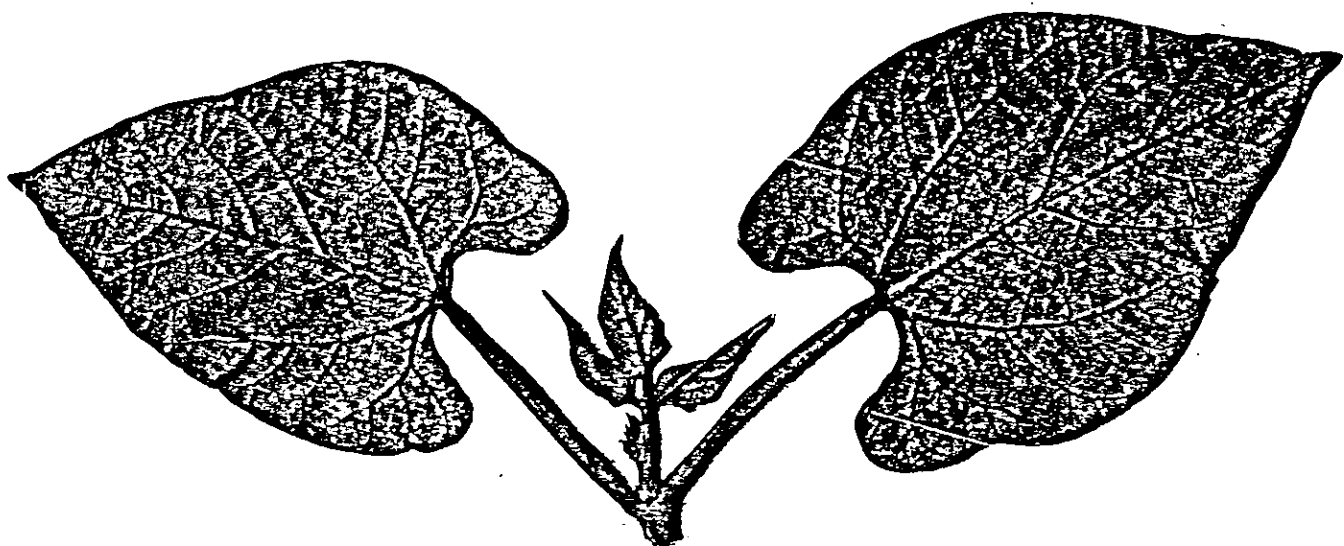
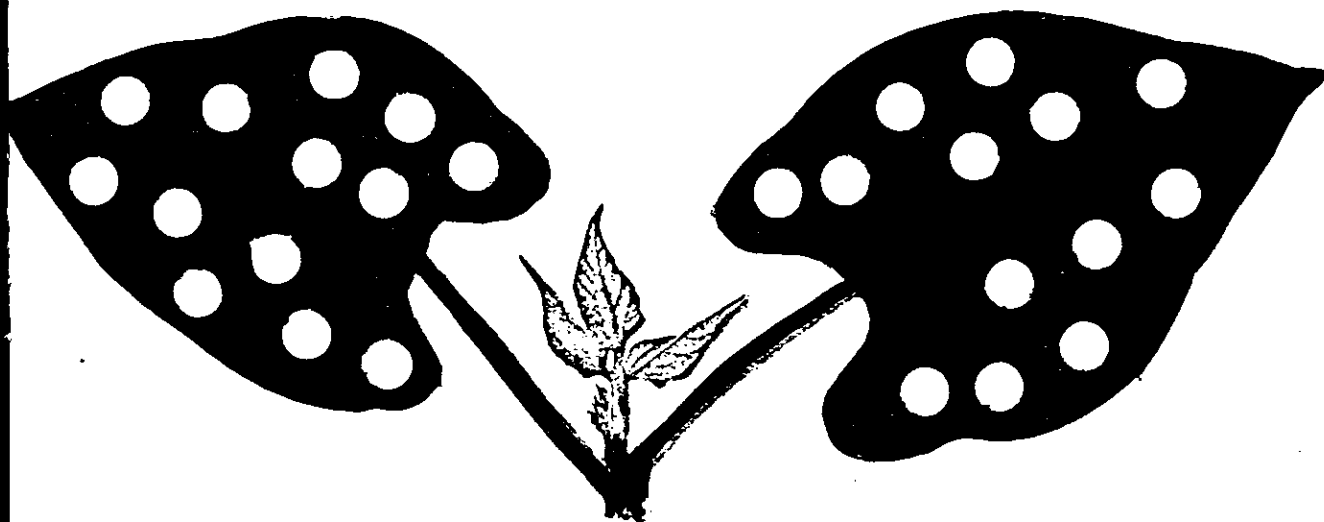


Figura 5. Planta de frijol al momento de la primera defoliación con 0% de defoliación.



F

Figura 6. Planta de frijol al momento de la primera defoliación con 20% de defoliación simulada.

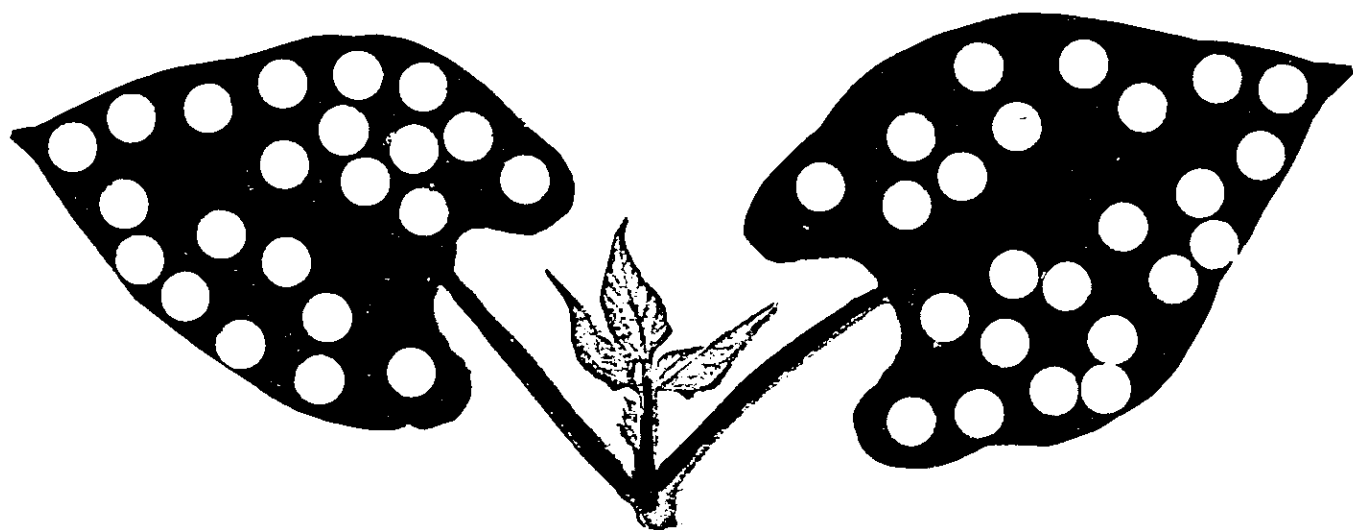


Figura 7. Planta de frijol al momento de la primera defoliación con 40% de defoliación simulada.

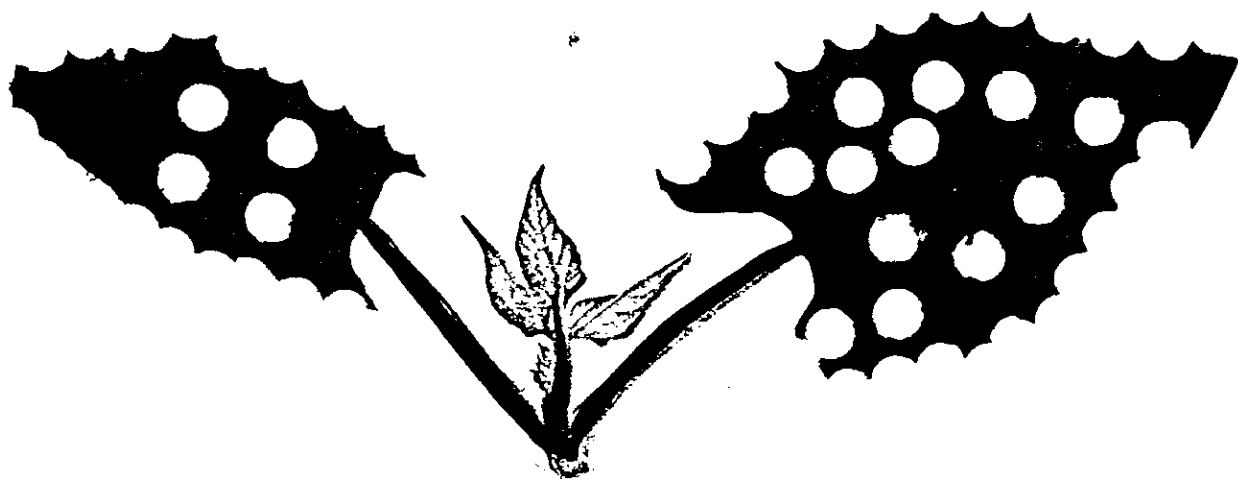
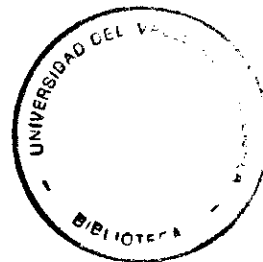


Figura 8. Planta de frijol al momento de la primera defoliación con 60% de defoliación simulada.



Figura 9. Planta de frijol al momento de la primera defoliación con 80% de defoliación simulada.

por dos razones: (1) Antes de cada defoliación, se cortaron algunas plantas de cada tratamiento (10 plantas/subparcela en Guatemala y una en cada subparcela en Nicaragua) para determinar el área foliar (Cuadro 4). (2) Como el experimento era para medir el efecto de la defoliación simulada en frijol, se descartaron al final todas aquellas plantas que sufrieron daños que podrían afectar la cosecha y que no tenían nada que ver con la defoliación simulada. Estas incluyeron cinco plantas atacadas con virus del mosaico dorado del frijol (BGMV) en Guatemala y cuatro plantas atacadas por virus del mosaico rugoso del frijol (BRMV) en Nicaragua. También hubo cinco plantas en Guatemala y dos en Nicaragua dañadas por gusanos trozadores (Agrotis, Feltia, Spodoptera, etc.) y otros insectos del suelo. En Guatemala, además, durante el trabajo de campo se dañaron accidentalmente tres plantas. Por todo lo anterior, al final sólo se tomaron en cuenta ochenta plantas por cada subparcela para la cosecha en Guatemala y cuatro plantas por subparcela en veinticinco subparcelas en Nicaragua.



### Desarrollo del Cultivo

Después de la primera defoliación en ambos experimentos, se observó un retardo progresivo en el desarrollo foliar de las plantas con 60% y 80% de defoliación (Fig. 10 y 11). Esto podría explicar el retardo progresivo en el madurar de las semillas (p. 16 y 23).

### Producción

En el Cuadro 5 se puede ver una gran variación en producción entre plantas sometidas al mismo tratamiento en el mismo lugar. Esta variación sucedió en todos los tratamientos, reflejándose, además en el cuadrado medio de las subparcelas (Cuadro 6) con un valor de 103.4, el cual es muy grande. Otros autores también han encontrado grandes variaciones en la producción entre plantas de frijol con el mismo tratamiento defoliador (Duque y Quintero 1977; Gómez y Uribe 1976).

El ligero incremento en la producción registrada de las plantas con 20% de defoliación (Fig. 10 y 11) coincide con los resultados obtenidos por otro investigador. King (1980) experimentando en Costa Rica con Diabrotica balteata (LeC.) y Cerotoma ruficornis rogersi (Jac) encontró que los testigos de frijol producían menos que las plantas con un crisomélido comiendo en sus hojas.

El incremento de producción con 20% de defoliación está asociado con más área foliar. La primera defoliación provocó un aumento en crecimiento que dio como resultado más área foliar en este grupo que en el control (Fig. 10 y 11). Alderfer y Eagles (1976)

Figura 10. La producción de frijol que ha sufrido varios grados de defoliación, simulando daño por insectos. También el área foliar inmediatamente antes de la primera, segunda, o tercera defoliación, para cada grado de defoliación. El experimento se llevó a cabo en Guatemala en 1978. Línea sólida = Producción. Línea punteada - Área foliar.

Guatemala

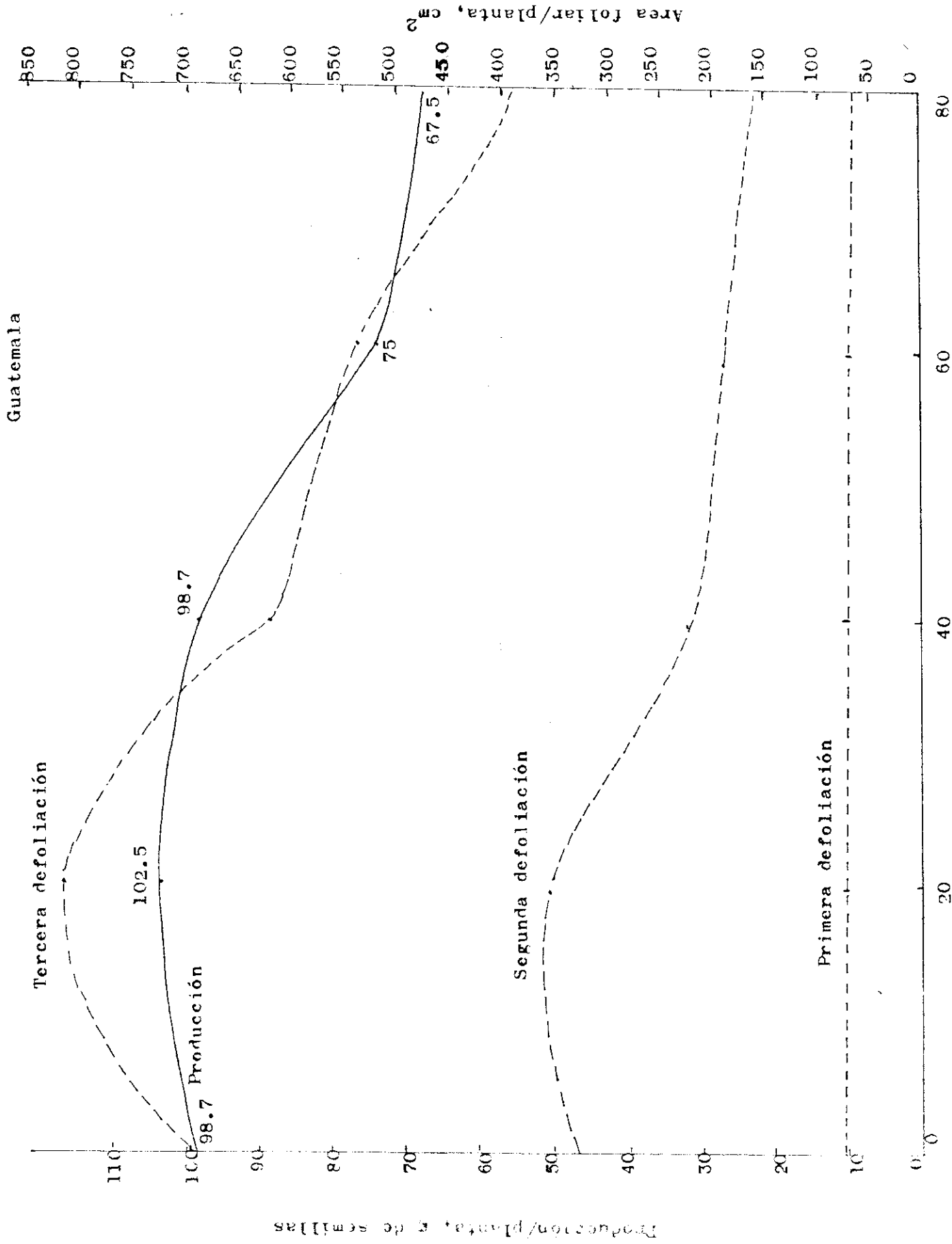
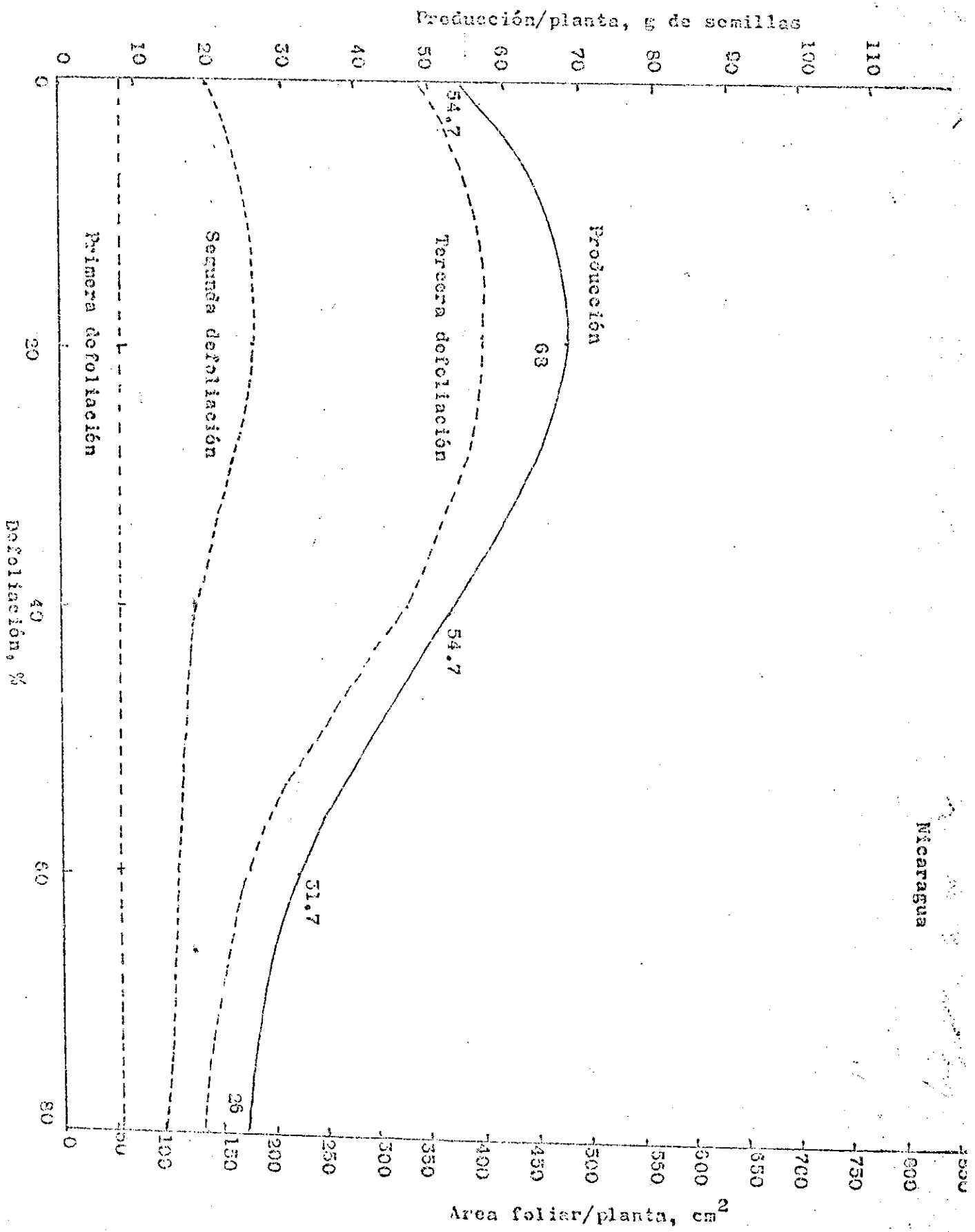


Figura 11. La producción del frijol que ha sufrido varios grados de defoliación, simulando daño por insectos. También el área foliar inmediatamente antes de la primera, segunda o tercera defoliación, para cada grado de defoliación. El experimento se llevó a cabo en Nicaragua en 1979. Línea sólida = Producción. Líneas punteadas = Área



Nicaragua

Cuadro 5. Producción de plantas individuales del frijol en Managua, expresada en gramos/planta, para los diferentes porcentajes de defoliación. I, II, III, IV y V indican subparcelas con el mismo tratamiento. En cada subparcela se consideraron las producciones de 4 plantas.

Repeti- ciones		TESTIGO	20%	40%	60%	80%
I	1	15.69	48.39	71.25	64.95	19.86
	2	17.52	62.25	32.61	38.82	47.76
	3	15.27	58.59	27.61	29.67	15.69
	4	77.04	56.43	32.82	11.37	19.41
II	1	47.80	58.53	75.78	25.32	5.25
	2	73.05	74.85	56.79	22.02	14.73
	3	10.56	53.19	35.25	34.14	11.64
	4	84.78	84.15	60.92	44.64	10.95
III	1	64.89	89.82	72.57	24.42	13.05
	2	46.32	56.94	38.31	48.39	57.60
	3	95.82	62.91	61.02	4.44	55.92
	4	34.59	57.66	67.86	34.44	34.11
IV	1	48.69	82.71	64.43	40.41	47.07
	2	68.91	68.82	42.81	9.87	47.76
	3	43.05	63.39	17.82	29.97	14.31
	4	48.24	83.46	74.63	36.43	19.24
V	1	74.46	67.38	59.25	42.24	32.48
	2	82.32	74.43	62.36	26.38	16.36
	3	78.26	84.23	65.25	25.32	13.25
	4	68.41	78.47	73.84	41.18	24.42
20		1,095.69	1,366.60	1,093.18	634.42	520.53
		$\bar{x} = 54.78$	68.33	54.65	31.72	26.02
		$s = 25.27$	11.99	17.59	13.80	16.06

encontraron también que la remoción de hojas por encima de la primera hoja trifoliada en plantas de frijol var. Canadian Wonder produjo un estímulo inicial de expansión foliar y aumento de las tasas fotosintéticas en la primera hoja trifoliada con respecto al testigo.

Después del ligero incremento del 20%, la producción muestra una nivelación del 40% con el testigo, luego un descenso brusco con el 60% de defoliación y más aún con 80% de defoliación. Las figuras 10 y 11 indican que el frijol Turrialba I sigue este comportamiento en ambos, Guatemala y Nicaragua.

Aplicando al estudio más detallado en Nicaragua, el análisis de varianza se encuentran diferencias significativas entre las producciones de los varios tratamientos (Cuadro 6). Cabría la posibilidad de que hubiera diferencia significativa entre algunos y no entre otros. Para aclarar esta duda, se aplicó a los resultados obtenidos en Nicaragua la prueba estadística de Tukey (Snedecor 1966). Se pudo establecer que no existe diferencia al 0.05 nivel de significancia, entre las cosechas obtenidas de plantas con 0%, 20% y 40% de defoliación (Cuadro 7). Tampoco existe diferencia significativa entre las producciones de plantas con 60% y 80% de defoliación. Sin embargo, sí hay diferencia significativa entre los miembros del primer grupo (0%, 20%, 40%) y los del segundo grupo (60% y 80%).

Hubo una notable disminución de producción en todos los grupos en Nicaragua comparando con los resultados obtenidos en Guatemala. La media de producción por planta en Guatemala fue de 90 g y en Nicaragua 43.8 g. Esta disminución probablemente está ligada a una menor área foliar por planta en Nicaragua. Se-

Cuadro 6. Análisis de varianza para la producción después de la defoliación simulada en Nicaragua. Los datos iniciales se encuentran en el cuadro 5. I, II, III, IV, V

$$H_0: \mu_0 = \mu_20 = \dots = \mu_80$$

Fo) F0.01 Por lo tanto se rechaza la Ho, y se concluye que hay diferencia entre las producciones con los diferentes tratamientos defolidores.

DEFOLIACION, %	Promedio de las cuatro plantas en cada subparcela, Gramos/planta					TOT/L	MEDIA
	I	II	III	IV	V		
0	31.33	54.53	60.41	52.22	75.86	274.35	54.87
20	56.42	67.68	66.83	74.60	76.14	342.39	68.48
40	41.07	57.19	59.94	49.92	65.18	273.30	54.66
60	36.20	31.53	27.92	29.17	34.03	158.85	31.77
80	25.68	10.64	40.10	32.09	21.63	130.03	26.03
						1,179.03	47.16

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	
				Observados	F Tablas
				5%	1%
TOTAL	24	8,335.56			
TRATAMIENTOS	1	6,267.82	1,567.1	15.16	2.87
PROMEDIOS DE CADA SUBPARCELA	20	2,067.74	103.4		4.43

Cuadro 7. Prueba de Tukey de comparaciones múltiples de medias. Comparador de diferencia entre medias al 5% nivel de significancia =  $D = 19.25$ . Si la diferencia entre medias es igual o mayor de  $D$ , se acepta diferencia significativa. De esto se ve que no existe diferencia significativa entre las producciones obtenidas de 0%, 20% y 40% de defoliación. Tampoco existe diferencia significativa en los resultados obtenidos entre 60% y 80% de defoliación, pero sí existe diferencia significativa entre los miembros del primer grupo (0%, 20%, y 40%) y los del segundo grupo (60% y 80%).

Defoliación, %	$\bar{x}$	$\bar{x}-26.03$	$\bar{x}-31.77$	$\bar{x}-54.60$	$\bar{x}-54.87$
20	68.48	42.45	36.71	13.82	13.61
0	54.87	28.84	23.10	0.21	
40	54.66	28.63	22.51		
60	31.77	5.74			
80	26.03				

mejante a la producción, el área foliar es prácticamente la mitad en Nicaragua si se la compara con las plantas con el mismo tratamiento en Guatemala (Fig. 10 y 11). El factor más determinante en esta reducción de área foliar y producción de semillas fue posiblemente la sequía que ocurrió en Managua (Cuadro 2).

TASA ALIMENTICIA DE Diphaulaca wagneri Harold

El principal objetivo del presente experimento fue estimar la tasa alimenticia diaria de Diphaulaca wagneri (Chrysomelidae: Alticinae) con la finalidad de establecer qué número de insectos por planta puede consumir más del 40% de área foliar y entonces disminuir la producción.

## Revisión de literatura

Plagas del frijol en Centro América

El número total de insectos plaga del frijol en Centro América aún no es preciso. Ruppel e Idrobo (1956) registraron un total de 208 especies de insectos que atacan el frijol, mientras que Mancía y Cortés (1975) mencionan más de 400 especies.

Bonnefil (1965) considera que aproximadamente 15 especies de insectos causan daño de gran importancia económica para el frijol en América Central. De estas, por lo menos 10 son defoliadoras. Algunas plagas del frijol comen otras plantas también, con el resultado de que mantienen sus poblaciones en la ausencia del frijol, lo que las vuelve más dañinas. Sequeira et al. (1976) menciona el bledo (Chenopodium murale L. Chenopodiaceae) como un huésped alternativo común para los crisomélidos en Nicaragua.

Según Bonnefil (1965), los saltahojas, Empoasca (Homóptera: Cicadellidae) son los insectos más importantes del frijol en América Central, seguidos en orden de importancia por los Chrysomelidae (Diabrotica spp., Cerotoma spp., Phrynocephala spp., Diphaulaca spp., Andrector spp., Neobrotica spp., Colaspis spp., etc.).

Existen además en menor escala que los anteriores: Epilachna varivestis Mulsant (Coccinellidae), Bemisia tabaci (Gennadius) (Homóptera: Aleyrodidae), y Apion godmani Wagner (Curculionidae) que según la época del año y el lugar considerado, pueden ocupar el primer lugar en cuanto a daño económico causado.

En el Cuadro 8 se muestra separadamente por países centro-americanos, la importancia relativa de cada una de las cinco plagas más importantes del frijol. En Guatemala, algunas tortuguillas que causan daños económicos al frijol son Epilachna varivestis, Colaspis spp., Diabrotica spp. (Molina 1972). Una tortuguilla a la que hasta ahora no se ha dado importancia es Diphaulaca wagneri. Una de las causas por las que no se le ha dado importancia probablemente sea por no tenerla plenamente identificada. Por lo mismo, se tienen muy pocas referencias sobre su biología y hábitos alimenticios. El presente estudio ha pretendido ser una aproximación que contribuya al conocimiento de esta plaga del frijol y facilite en parte su manejo.

#### Biología de Diphaulaca wagneri

El aspecto general de esta tortuguilla se ve en la figura 12. El adulto mide de 4 a 5 mm de largo por 2 a 2.5 mm de ancho. La cabeza y el pronoto son anaranjados; los élitros, azul-metálico brillantes y finamente punteados. Los huevos amarillo-anaranjados son depositados en grupos de 3 a 4 en forma dispersa en el suelo cerca del tallo de la planta de frijol. Probablemente, las larvas de Diphaulaca wagneri se desarrollan en el suelo como las larvas de Diabrotica, tal vez alimentándose de las raíces del frijol

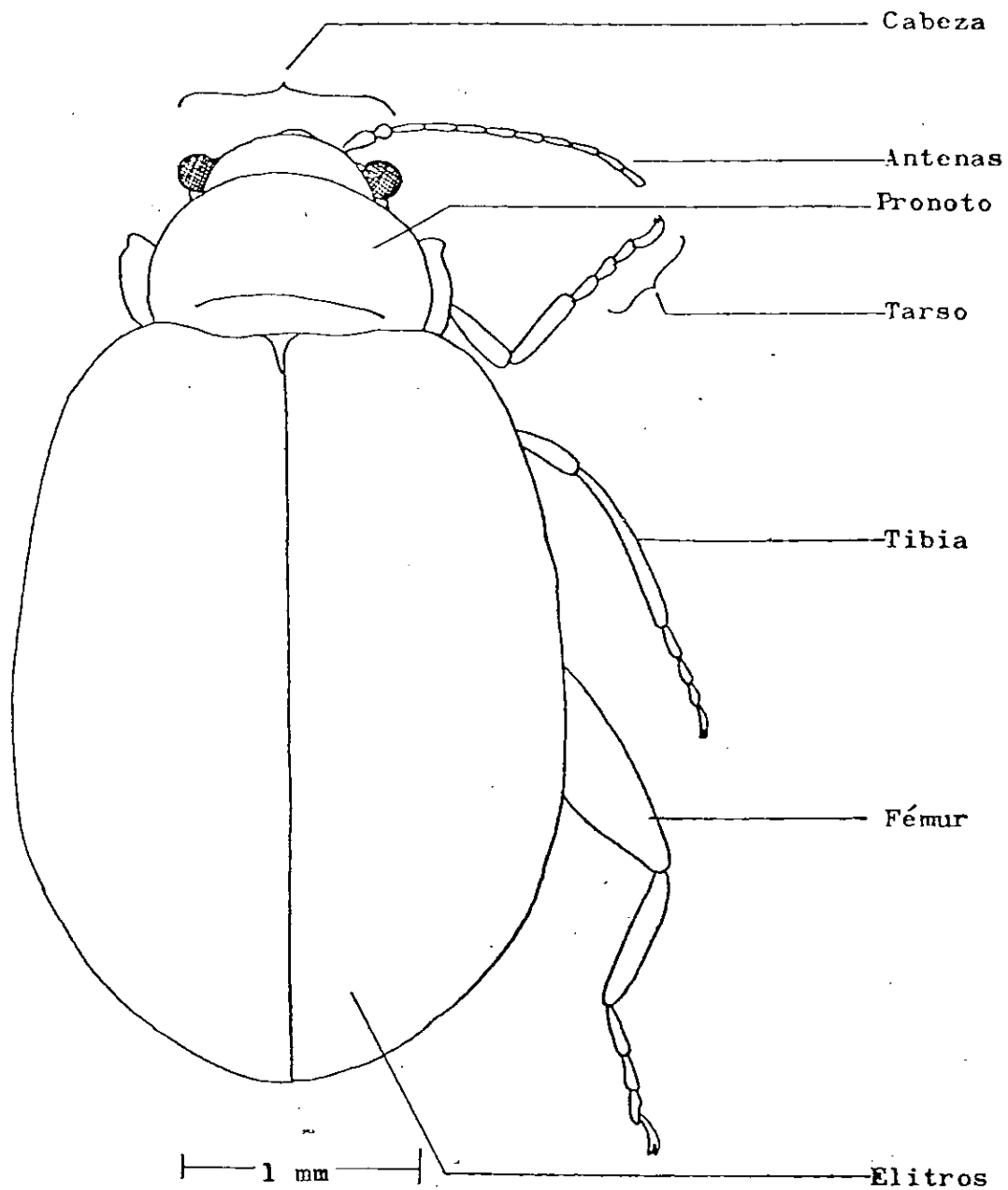


Figura 12. *Diphaulaca wagneri* Harold (Coleoptera, Chrysomelidae: Alticinae). No se han dibujado la antena y patas izquierdas.

Cuadro 8. Importancia relativa de los insectos del frijol en América Central. Escala de 1-4; 4 = la mayor abundancia de insectos. Las referencias se tomaron de Schwart y Galvez (1980) para Costa Rica; Sequeira et al. (1976) para Nicaragua; Mancía y Cortés (1973) para El Salvador; Bonnefil (1965) para Honduras, y Molina (1972) para Guatemala.

País	<u>Empoasca</u>	Crisomélidos	<u>Apion</u>	<u>Bemisia</u>	<u>Epilachna</u>
Costa Rica	4	4	1	2	1
Nicaragua	3	3	1	3	3
El Salvador	4	3	3	2	1
Honduras	4	3	4	3	1
Guatemala	4	2	3	2	4

D. wagneri tiene una serie de hospederos de los cuales puede alimentarse y sobrevivir en ausencia del frijol. Observé adultos de D. wagneri alimentándose de por lo menos dos especies diferentes de malezas de la familia Solanaceae. Harris (1975) informó que malezas comunes en los cultivos de frijol en el valle del Cauca (Colombia) como Amaranthus spp., Leptochloa spp., Echinochloa spp., y Rottboellia spp., servían como hospederos de las larvas de Diabrotica balteata LeC.

Aparentemente no existe información sobre cultivos que puedan servir como hospederos alternos de Diphaulaca. Con respecto a otros Chrysomelidae, las larvas de Diabrotica balteata se pueden criar en las raíces de maíz pero no en las de frijol, en tanto que Cerotoma facialis (Erichson) pueden ser criadas en raíces de frijol, pero no en raíces de maíz (Boonekamp 1978). Harris (1975) encontró que los adultos de D. balteata y C. facialis prefieren el frijol en vez de la soya, el maní, el algodón o el maíz. Young (1960) observó que en México los adultos de D. balteata prefieren alimentarse de plantas jóvenes de frijol y ponen los huevos en plantas jóvenes de maíz.

#### Tasa alimenticia de plagas de frijol

Greene (1970), trabajando con defoliación de Phaseolus vulgaris por Urbanus proteus (L. (Lepidoptera: Hesperidae) estableció las siguientes tasas alimenticias de las larvas durante todo el tiempo en cada instar: primer instar =  $0.5 \text{ cm}^2$ ; segundo instar =  $1.3 \text{ cm}^2$ ; tercer instar =  $5.1 \text{ cm}^2$ ; cuarto instar =  $27.7 \text{ cm}^2$ ; quinto instar =  $162.4 \text{ cm}^2$ . De esto, él deduce que 4.4 larvas en su quinto instar consumirían 66% del área foliar, antes de la floración. Las observaciones fueron hechas a 29.5 °C.

No se ha determinado la tasa alimenticia de un crisomélido en frijol y es lo que trataré de presentar aquí.

La producción del frijol con defoliación por insectos

Greene (1970) experimentando con Urbanus proteus a 29.5°C, encontró que Phaseolus vulgaris tolera hasta el 66% de defoliación antes de la floración sin pérdida de producción, (no se refiere al momento exacto antes de la floración en que se hace la defoliación, ni si la defoliación se mantuvo durante todo el tiempo antes de la floración, o fue sólo un instante). King (1980) estableció que, con sólo dos adultos de Diabrotica balteata por planta, ya había reducción de la producción. Esta drástica reducción en el experimento de King es explicable si se tiene en cuenta el momento en que las plantas fueron atacadas por Diabrotica (5 días después de la germinación). Boonekamp (1978), estableció que los crisomélidos adultos causan mayor daño a las plantas de frijol cuando éstas son atacadas en sus primeros 15 días de vida.

## Materiales y Métodos

Para determinar la tasa alimenticia de Diphaulaca wagneri, se sembró una parcela de frijol en Guatemala, a la par de la empleada en el experimento de defoliación simulada. Aproximadamente, 60 plantas ocupaban la parcela para el estudio de Diphaulaca. De estas plantas se escogieron al azar 27 y se aislaron individualmente mediante bolsas fabricadas de tela de tul de nailon con agujeros de 1 mm de diámetro, la cual se sostuvo por cuatro estacas, una en cada esquina, como lo muestra la Fig. 12. Las plantas al momento de ser aisladas, tenían las hojas intactas sin ninguna perforación.

De las 27 plantas aisladas se escogieron al azar nueve y se depositaron tres adultos de D. wagneri sobre las hojas de cada una. Luego se escogieron otras nueve plantas y se colocaron seis insectos en cada una. En las nueve plantas restantes, se depositaron nueve insectos en cada una (Cuadro 9). Al momento de introducir los insectos, las plantas estaban en su etapa de dos hojas primordiales.

El segundo día hubo que reponer tres insectos muertos: uno en una planta con seis insectos y dos en una planta con nueve insectos. También hubo que reponer cuatro insectos desaparecidos: uno en una planta con tres insectos y tres en plantas con nueve insectos (un insecto en cada planta).

Se fue midiendo el área consumida por los insectos después de un día, después de tres días, y después de nueve días, tomando, cada vez, tres plantas de cada grupo de nueve como lo mues-

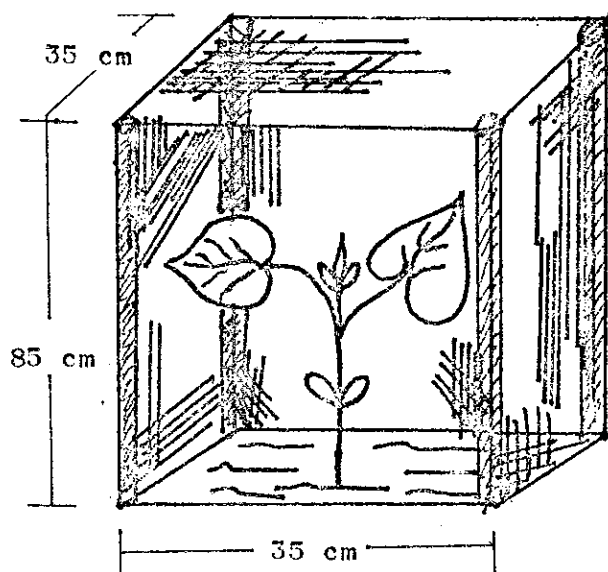


Figura 13. Aislamiento de las plantas de frijol por tela de tul de nylon.

tra el cuadro 9. Para medir el área consumida por insecto por día, se empleó una metodología como la descrita en la página 16. Después de medir el área consumida, las plantas e insectos fueron desechados.

Cuadro 9. Variación en la densidad de plaga y la duración de su ataque para 27 plantas aisladas de frijol.

Número de adultos de <u>D. wagneri</u> por planta	Número de plantas aisladas	Número de plantas a las que se midió área consumida después de:		
		1 día	3 días	9 días
3	9	3	3	3
6	9	3	3	3
9	9	3	3	3

## Resultados y Discusión

Desarrollo del experimento

Inicialmente, todos los insectos aislados mediante las bolsas de tul permanecieron entre dos y tres horas caminando sobre las bolsas en lugar de estar sobre la planta. Al segundo y tercer día del experimento, en cada planta se vio por lo menos una pareja de insectos copulando. Esto posiblemente contribuyó a que la medida de área consumida por insecto por día fuera menor en la medida tomada después de tres días ( $A_3$ ) que en la tomada de un día y de nueve días (Cuadro 10). En las plantas con nueve insectos, se notó siempre algún insecto moviéndose y cambiando de lugar encima de las hojas, y, más aún, al final de los nueve días. Esto se debió posiblemente a efectos de competencia. Un ejemplo de cómo quedaron los folíolos comidos por D. wagneri lo muestra la Fig. 13. No parece notarse preferencia por un determinado estado de desarrollo de las hojas.

Del análisis de varianza (Steel y Torie 1971) se deduce que no existe diferencia significativa al 0.01 nivel entre los promedios de área comida por los insectos, para cualquiera de las densidades de insectos por planta y para cualquiera de los intervalos de tiempo considerado (Cuadro 10).

Ya que no hay diferencia significativa, se pueden juntar todos los datos para calcular el promedio de la tasa alimenticia. Según la distribución de  $t$  de Student, el promedio cae, con 95% de confianza en el intervalo  $\bar{x} \pm t_{.05} s_{\bar{x}}$ . Para calcular  $s_{\bar{x}}$  se dividió el cuadrado medio del error (Cuadro 9) por el producto de ( $ABr$ ) (tratamientos y repeticiones) y del resultado se tomó la raíz cuadrada,

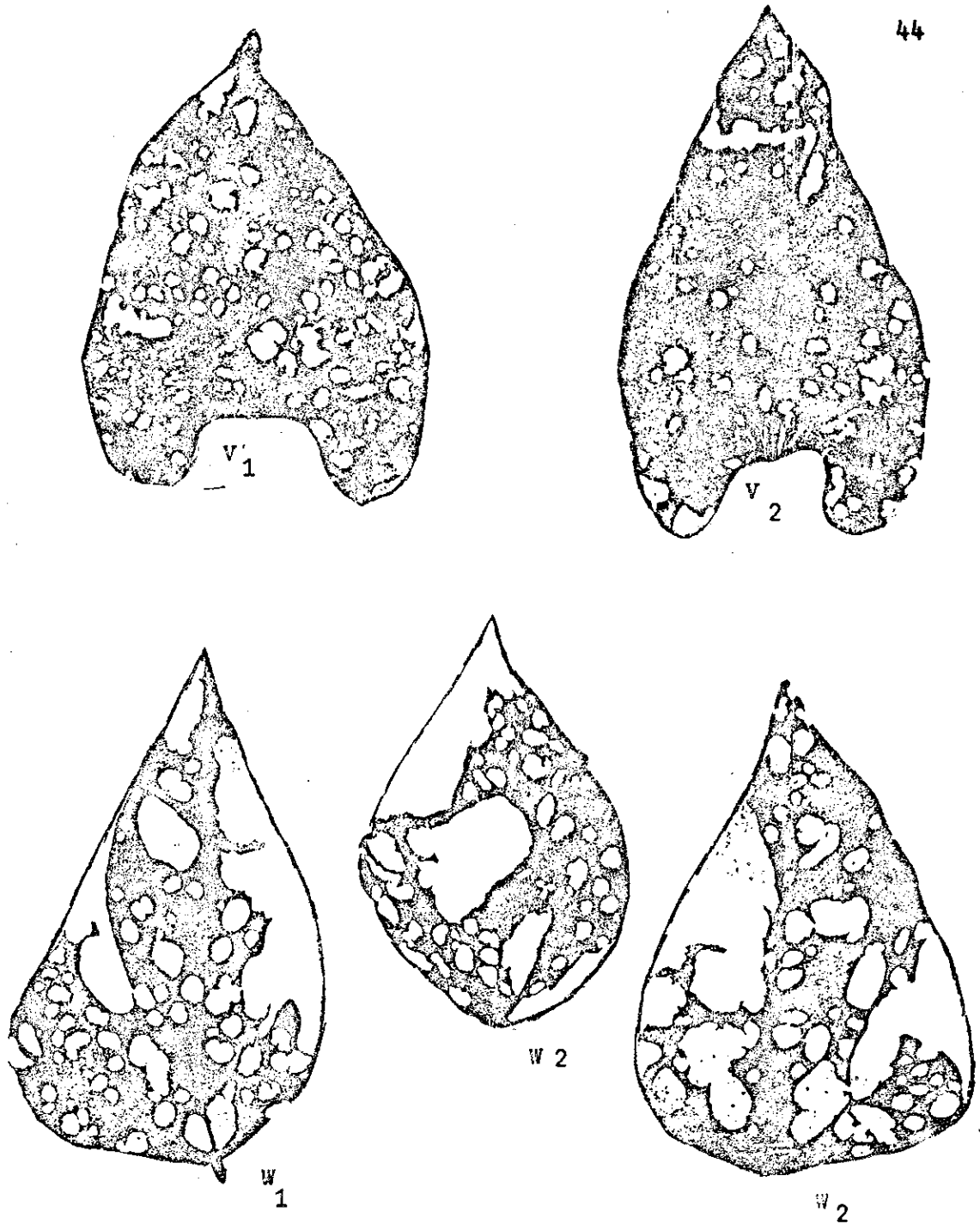


Figura 14 . Hojas de una planta con 9 insectos después de 9 días. Los márgenes se completaron superponiendo hojas o folíolos de plantas no comidas. V = hojas primordiales. Las otras letras iguales indican folíolos de la misma hoja. Z = el foliolo más joven. La figura continúa en la siguiente hoja

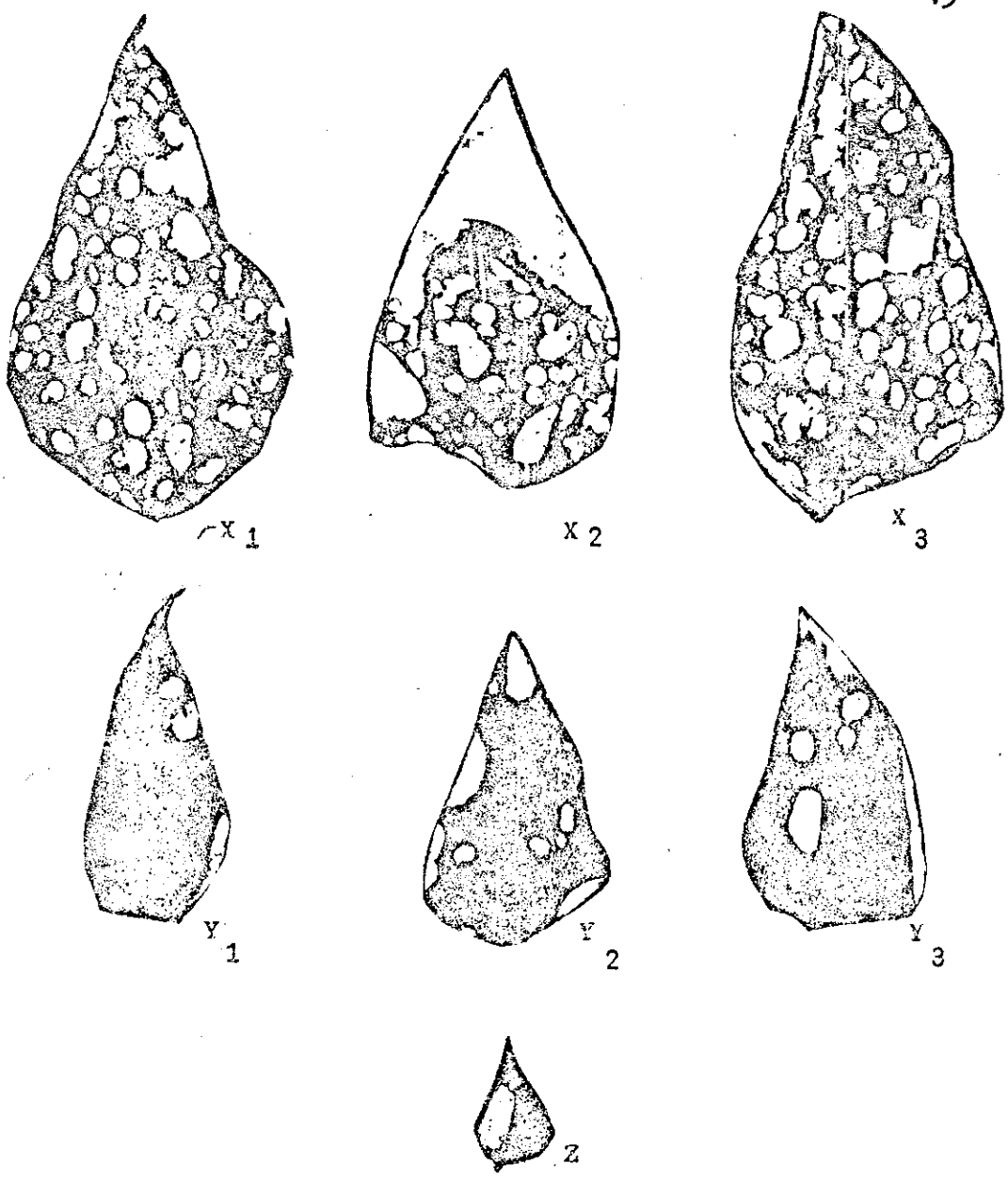


Figura 14. Continuación

Cuadro 10. Análisis de varianza del área foliar consumida por día por un adulto de *Diphaulaca wagneri*. A = número de días. B = número de insectos. El Area se da en  $\text{cm}^2$ .

Repeticiones	A <sub>1</sub>			A <sub>2</sub>			A <sub>9</sub>			
	B <sub>3</sub>	B <sub>6</sub>	B <sub>9</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>6</sub>	B <sub>9</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>6</sub>	B <sub>9</sub>	
I	.19	.24	.14	.22	.13	.14	.22	.21	.14	1.63
II	.18	.21	.17	.11	.15	.15	.09	.19	.17	1.42
III	.16	.21	.16	.10	.16	.16	.14	.20	.14	1.43
	.53	.66	.47	.43	.44	.45	.45	.60	.45	4.48

Fuentes de Variación	Grados Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F Observado	F 0.01
Tratamientos	8	0.0178	0.0022	1.93	2.06
A	2	0.006477	0.00323	2.838	4.30
B	2	0.007255	0.00362	3.181	4.30
AB	4	0.004068	0.001017	0.893	2.78
ERROR	18	0.0205	0.001138		
TOTAL	26	0.0383	0.00147		

es decir:

$$s \bar{x} = \sqrt{\frac{C. M. E}{ABr}}$$

Después de hacer el análisis de varianza, se puede usar este cálculo para obtener una mejor estimación del error standard en vez de simplemente usar el cuadrado medio total (Ostle 1973).

El promedio cae, con 95% de confianza, en el intervalo de  $0.17 \pm 0.013 \text{ cm}^2$  de hoja de frijol comido por día por adulto de Diphaulaca wagneri. Esta tasa alimenticia ocurrió en un período con temperaturas ambientales entre 15.5 y 24.3°C.

## CONCLUSIONES

Según los resultados del presente experimento, Phaseolus vulgaris var. Turrialba I, puede tolerar más de 40%, pero menos de 60% de defoliación simulada entre los 15 días después de la siembra y el inicio de la floración. Esta tolerancia fue semejante en Guatemala y Nicaragua. Otros autores han encontrado tolerancias semejantes, pero bajo condiciones experimentales diferentes. El presente trabajo es el primero en su tipo realizado en el ambiente centroamericano y con la variedad Turrialba I. A diferencia de los demás, se usó una ponchadora en vez de hacer cortes lineares y se mantuvo el porcentaje de daño mediante tres repeticiones de la defoliación, con la intención de imitar cuidadosamente el ataque de insectos.

En este experimento se ha podido aproximar que Diphaulaca wagneri en su estado adulto, consume diariamente  $0.17 \pm 0.013 \text{ cm}^2$  de hoja de frijol. Fuera de lo que aquí se ha logrado, es muy poco lo que se conoce referente a la tasa alimenticia en crisomélidos.

Del porcentaje mínimo de defoliación no tolerado y de la tasa alimenticia, se puede calcular el número de insectos por día que defoliarían hasta alcanzar este nivel. Para calcular el número de insectos, se ha escogido dos situaciones: (1) la del experimento en que se hicieron defoliaciones de 60% tres veces antes de la floración y (2) otra, deducida de la anterior, en la que los insectos mantendrían el nivel de defoliación a 60% cada día antes de la floración. La primera nos da números más directamente relacionados con las defoliaciones hechas. La primera puede representar la situación de una inmigración o emergencia de insectos re-

pentinamente, seguida inmediatamente por la aplicación de insecticida, dando como resultado un período sin plaga y después una explosión en la población de la misma. La segunda representa sólo una situación escogida de un rango de situaciones que pueden ocurrir en la naturaleza para ilustrar la aplicación de los datos en otras condiciones.

El cuadro 11 y la figura 15 representan el área foliar de una planta cuando el 60% de su área total es defoliada en tres momentos. Nos muestra también la gran cantidad de insectos necesaria para efectuar esa defoliación.

De esta figura se puede calcular el crecimiento diario de una planta después del 60% de defoliación. El promedio para el período de 15 a 27 días fue de  $15.5 \text{ cm}^2$  por día y para el período de 27 a 39 días fue de  $38.4 \text{ cm}^2$ . Con estos datos se construyó la curva de la figura 16. Las medidas deducidas de esta curva se usaron en el cuadro 12 para calcular, por fin, el número de insectos que comerían cada día el 60% del área nueva producida por la planta en el mismo día. También se calculó el área neta de la planta al final de cada día. Se presenta esta información gráficamente en la figura 17. Aún en esta segunda situación, el número grande de insectos necesario para empezar a disminuir la producción indica la gran tolerancia del frijol.

La diferencia entre las figuras 15 y 17 es principalmente la frecuencia de las defoliaciones. También hay una diferencia en el área de la cual se restó el 60%. En el cuadro 12 y figura 17, se quitó el 60% del incremento de área para cada día. En el cuadro 11 y figura 15 se removió el 60% del área total al momento de cada defoliación. Este total incluye el área que quedó

Cuadro 11. Crecimiento de las plantas de frijol con 60% de defoliación y el número de insectos que consumirían este 60% de área foliar, en los tres momentos en que se practicaron las defoliaciones simuladas. Se basa en área y tasa alimenticia determinadas juntas en Guatemala

Días después de la siembra	Area foliar de la planta inmediatamente antes de la defoliación, $\text{cm}^2$	60% del area, $\text{cm}^2$	Número de insectos que consumirían este 60% de área en un día	Area foliar inmediatamente después de la defoliación, $\text{cm}^2$
15	35.6	21.3	125	14.3
27	200.0	120.0	705	80.0
39	541.6	325.0	1912	216.0

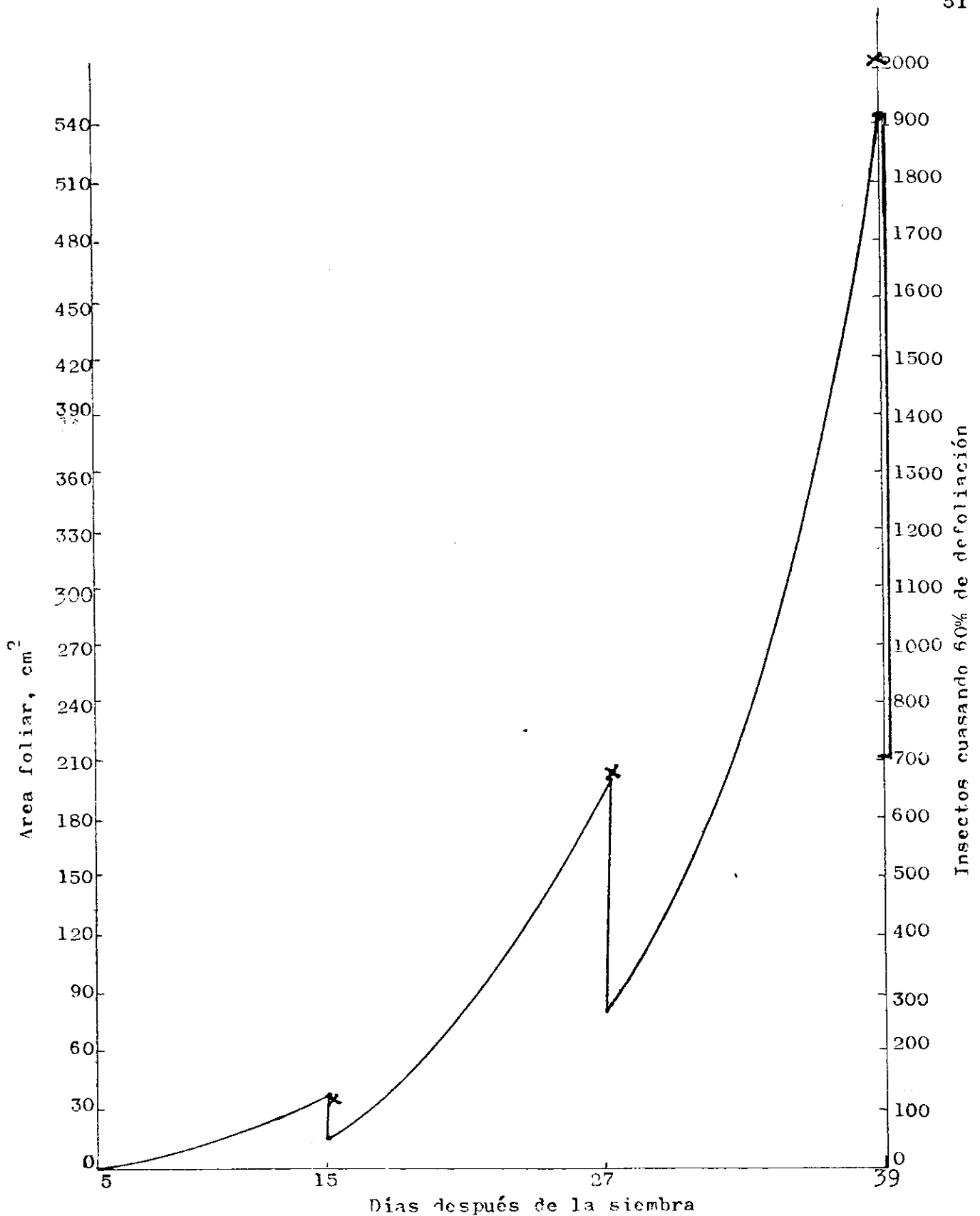


Figura 15. Defoliación del 60% en 3 instantes y el número de insectos, por planta, que lo haría. Se basa en los datos de Guatemala. Línea sólida = área foliar. X= número de insectos.

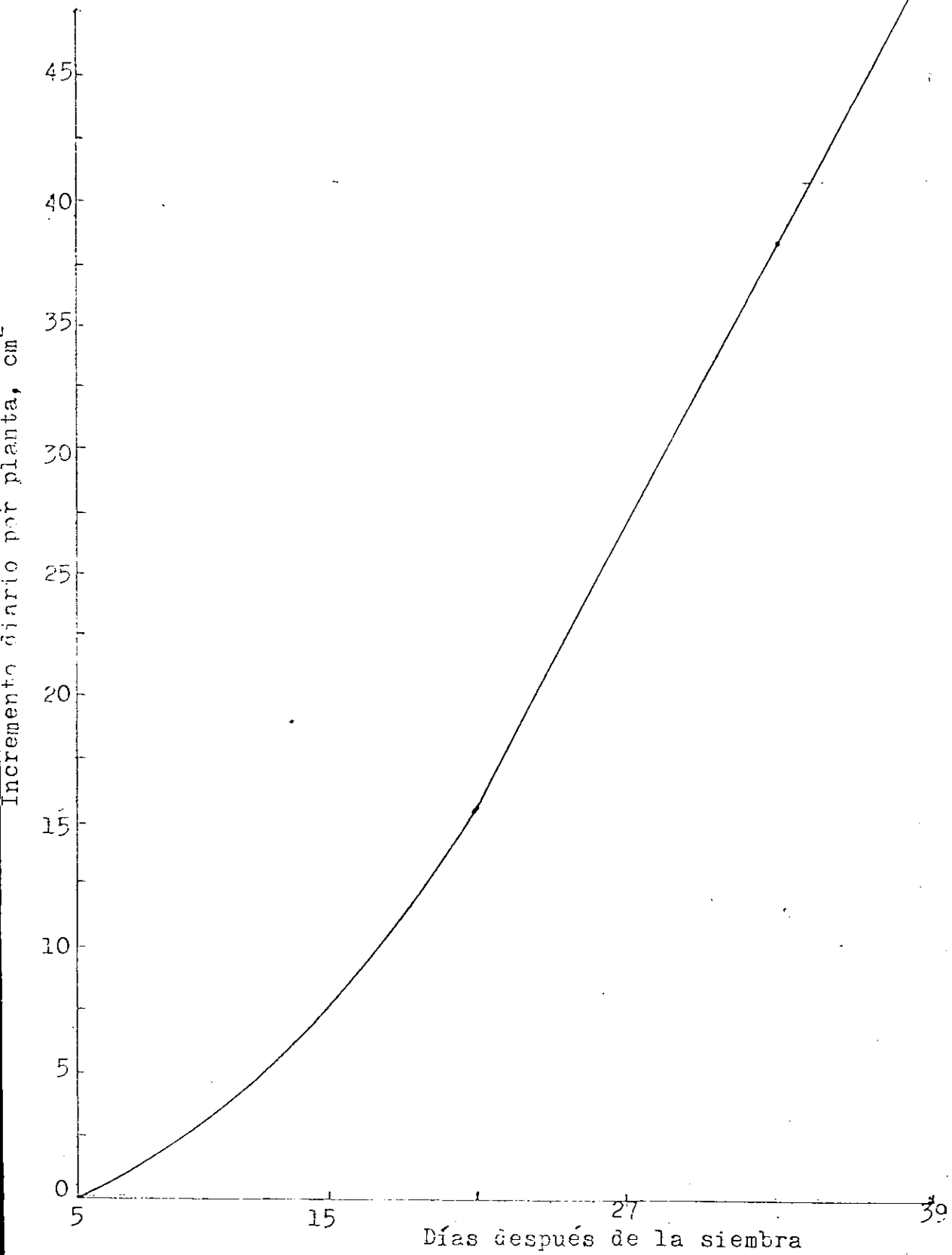


Figura 16. Promedio de crecimiento diario de una planta con 60% de defoliación en Guatemala.

Cuadro 12. Crecimiento del frijol con 60% de defoliación del incremento y el número de insectos por planta que lo haría. Se basa en los datos de Guatemala. El incremento en área foliar se toma de la figura 16.

Días después de la siembra	Incremento en área foliar durante el día indicado, $\text{cm}^2 = x_i^2$	60% del incremento, $\text{cm}^2 = .6x_i^2$	Insectos que comerían este 60% del incremento = $.6x_i^2/.17$	Lo que queda del incremento al final del día indicado, $\text{cm}^2 = x_i^2 - .6x_i^2$	Área foliar total al final del día indicado, $\text{cm}^2 = A_i = [(x_i - .6x_i) + A_{i-1}]$
6	0.50	0.30	1.8	0.20	0.20
7	1.20	0.72	4.2	0.48	0.68
8	1.75	1.05	6.2	0.70	1.38
9	2.50	1.50	8.8	1.00	2.38
10	3.00	1.80	10.5	1.20	3.58
11	3.90	2.34	13.8	1.56	5.08
12	4.80	2.88	16.9	1.92	7.00
13	5.50	3.30	19.4	2.20	9.20
14	6.50	3.90	22.9	2.60	12.98
15	7.50	4.50	26.5	3.00	14.28
16	8.75	5.25	30.8	3.50	18.48
17	9.75	5.85	34.4	3.90	23.08
18	11.00	6.60	38.8	4.40	26.78
19	12.50	7.50	44.1	5.00	31.78
20	14.00	8.40	49.4	5.60	37.38
21	15.50	9.30	54.7	6.20	43.58
22	17.50	10.50	61.7	7.00	50.58
23	19.50	11.70	68.8	7.80	58.20
24	21.00	12.60	74.1	8.40	66.78
25	23.00	13.80	81.2	9.20	75.98
26	25.00	15.00	88.2	10.00	85.98
27	27.00	16.20	95.3	10.80	96.78
28	28.00	17.28	101.6	11.52	108.12
29	30.70	18.42	108.3	12.28	120.58
30	32.50	19.50	114.7	13.00	133.58
31	34.50	20.70	121.7	13.80	147.38
32	36.50	21.90	128.8	14.60	161.98
33	38.90	23.30	137.0	15.60	177.54
34	40.80	24.48	144.0	16.32	193.70
35	42.00	25.20	148.2	16.80	210.68
36	44.00	26.40	155.3	17.60	228.28
37	45.80	27.48	161.6	18.32	246.58
38	47.75	28.68	168.5	19.10	265.68
39	49.50	29.70	174.7	19.80	285.48

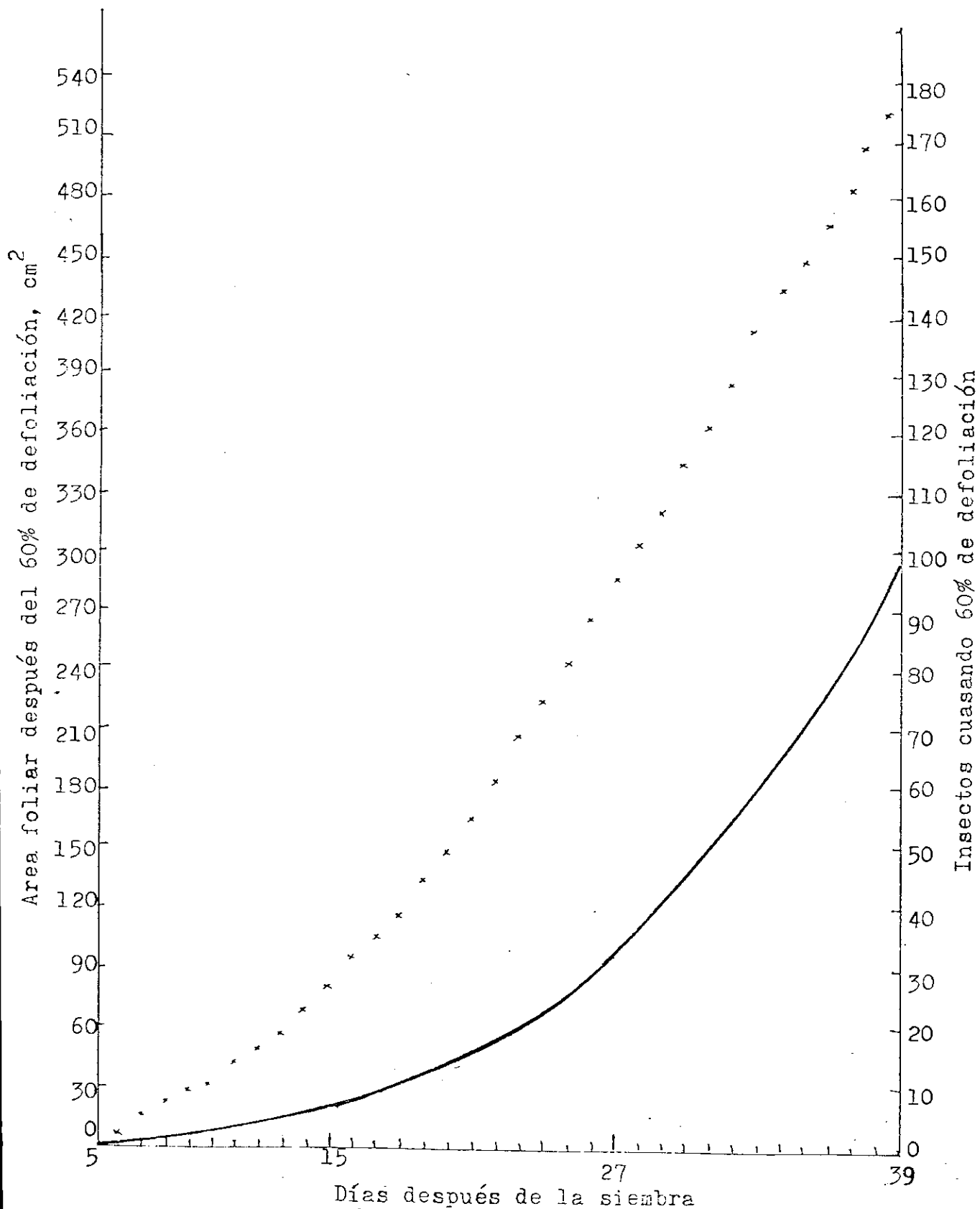


Figura 17. Defoliación del 60% diariamente y el número de insectos por planta que lo haría. Se basa en los datos de Guatemala. El eje de insectos está expandido en relación al eje en la figura 15. Línea sólida = área foliar. x = número de insectos.

después de la última defoliación, y el incremento en área entre esta defoliación y la próxima. Por ejemplo, el área foliar en el día 27 (Cuadro 11) es inicialmente  $200 \text{ cm}^2$ , que están formados por  $14.3 \text{ cm}^2$  que quedaron después de la primera defoliación y un incremento de  $185.7 \text{ cm}^2$  entre la primera y la segunda defoliación. El área removida,  $120 \text{ cm}^2$ , es el 60% del total ( $200 \text{ cm}^2$ ) pero el 65% del incremento ( $185.7 \text{ cm}^2$ ). Entonces, la defoliación en tres momentos consta de (1) una primera defoliación de 60% del incremento inicial, (2) una segunda defoliación de 65% del nuevo incremento, y (3) una tercera defoliación de 70% del incremento final. Estos números son semejantes a la defoliación de 60% de cada incremento en la segunda situación que escogimos estudiar.

La relación que tenemos aquí entre la disminución de la producción y el número de insectos defoliadores ayuda a precisar el "nivel económico de daños" como se pretendió inicialmente. Sin embargo, para una verdadera determinación del "nivel económico de daños" se precisa (1) determinación de la tolerancia a la defoliación bajo varias frecuencias de defoliación y diversos ambientes; (2) medición de la tasa de crecimiento de la planta bajo varias condiciones físicas y bióticas incluyendo ataque de plagas; (3) estimación de la tasa alimenticia de Diphaulaca wagneri en diferentes condiciones, tales como (a) temperatura, (b) sexo y estado reproductivo y (c) densidad de la población para apreciar el efecto de la competencia; (4) la tasa de crecimiento de la población de D. wagneri determinando (a) número de huevos puestos por hembra, (b) duración del ciclo de vida a varias temperaturas y (c) mortalidad debida a enfermedades, parasitoides y depredadores; (5) cuantificación de la importancia de D. wagneri en la

transmisión de virus, et.; (6) estimación del costo de la producción perdida por un porcentaje específico de defoliación y (7) estimación del costo del control de una población de D. wagneri que cause este porcentaje de defoliación. Eventualmente, con suficientes datos como lo que se menciona, sería posible hacer un modelo matemático del ecosistema del frijol. Utilizando una computadora debe ser posible predecir los efectos de varias combinaciones de diferentes factores, o de cambios en el ecosistema.

## LITERATURA CITADA

- ALDERFER, R. C. y C. F. EAGLES. 1976. The effect of partial defoliation on the growth and photosynthetic efficiency of bean leaves. *Botanical Gazette* 137 (4): 351-355.
- BONNEFIL, L. 1965. Las plagas del frijol en Centro América y su combate. En XI Reunión del PCCMCA, Panamá, p. 95-103.
- BOONEKAMP, G. 1978. Studies on damage of Diabrotica balteata LeConte and Cerotoma facialis Erichson (Coleoptera: Chryso Chrysomelidae) to common beans (Phaseolus vulgaris L.) C.I.A.I., Cali, Colombia 56 p.
- BRAUER H, O. 1978. Fitogenética aplicada. Editorial Limusa Wiley; México 425 p.
- CIAT. 1975. Sistemas de producción de Frijol, p. 125-129. En Informe Anual 1974. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia.
- DAXL, R. y J. HERNANDEZ. 1979. Niveles de daño foliar en frijol (Phaseolus vulgaris L.) permisible en Nicaragua. En XXV Reunión del PCCMCA, Tegucigalpa, Honduras.
- DIRECCION GENERAL DE ESTADISTICA. 1978. Informe Anual. En P. Masaya (Ed.). El cultivo del frijol en el suroriente de Guatemala. p. 1-2. ICTA. Folleto Técnico n°.10. Ministerio de Agricultura. Guatemala.
- DUQUE, L. y C. E. QUINTERO. 1977. Efecto de la remoción foliar artificial sobre el rendimiento de dos variedades de frijol (ICA-TUI y DIACOL-CALIMA) bajo condiciones de invernadero. Tesis, Ing. Agr. Univ. Nac. de Colombia.
- FRANKLIN R, H. y D. C. FERRE. 1976. Effects of insect injury simulation on photosynthesis of apple leaves. *J. Econ. Entomol.* 69: 245-248.
- GALVEZ, G. E., J. GALINDO y G. ALVAREZ. 1977. Defoliación artificial para estimar pérdidas por daños foliares, p. 355-358. En Informe anual 1977. C. I. A. T., Cali, Colombia.
- COMEZ, J. S. y J. URIBE. 1976. Efecto de la remoción foliar en dos variedades de frijol (ICA-TUI y DIACOL-CALIMA) bajo condiciones de invernadero. Tesis. Ing. Agr. Univ. Nac. Colombia. 86 p.
- GUDIEL, V. M. 1975. Manual agrícola Superb. Edit. Productos Superb y Cía., Ltda. Guatemala. C. A.
- GREENE, G. L., and D. R. MINNICK. 1967. Snap bean Yields following simulated insect defoliation. *Fla. Hort. Soc. Proc.* 80: 132-134.

- GREENE, G. L. 1970. Economic damage levels of bean leaf roller populations on snap beans. *J. Econ. Entomol.* 64:673-674.
- HARRIS, V. 1975. Zur innerartlichen Variabilitaet, Wirtspflanzen Praefentz und Schadendeutung von Blattkaefern der U.F. Galerucinae (Col., Chrysomelidae) in Feld Culturen des Cauca Flusstals/Columbien. *Zeitschr. Fuer. Angew. Zool.* 62: 491-497.
- HEADLEY, J. C. 1972. Defining the economic threshold. En, Pest control strategies for the future. *Nat. Acad. Sci., Wash. D. C.*
- ICTA. 1979. Folleto Técnico n°. 10. Ministerio de Agricultura Guatemala. 14 p.
- ICTA. 1980. Caracterización Química del Suelo de Ciudad San Cristóbal, zona 3, Mixco. Disciplina de Manejo de Suelos. Ministerio de Agricultura, Guatemala. 1 p.
- INCAP. 1978. En P. Masaya (Ed.). El cultivo del frijol en el suroriente de Guatemala, p. 1-2. ICTA. Folleto técnico n°. 10. Ministerio de Agricultura. Guatemala.
- KING, A. B. S. 1980. El efecto de diferentes densidades de Diabrotica balteata Lec. y de Cerotoma ruficornis rogersi (Jac.) en el rendimiento del frijol común. En XXVI Reunión anual del PCCMCA. Guatemala.
- MANCIA, J. E. y M. R. CORTEZ. 1975. Lista de insectos clasificados encontrados en el cultivo del frijol Phaseolus vulgaris L. *SIADES.* 4 (4): 120-136.
- MASAYA, P. 1979. El cultivo del frijol en el suroriente de Guatemala. ICTA. Folleto técnico n°. 10. Ministerio de Agricultura. Guatemala.
- MOLINA. C. A. 1972. La producción del frijol. Dirección General de servicios agrícolas. Guatemala.
- OSTLE, B. 1973. *Estadística Aplicada.* Editorial Limusa Wiley. México. 476 p.
- PCSTON, F. L., L. P. PEDIGO, R. B. PEARCE y R. B. HAMMOND. 1976. Effects of artificial and insect defoliation on soybean net photosynthesis. *J. Econ. Entomol.* 69: 109-112.
- RUPPEL, R. F. y E. IDROBO. 1962. Lista preliminar de insectos y otros animales que dañan frijoles en América. *Agr. Trop.* 18: 651-679.
- SEQUEIRA, A. y J. SEQUEIRA. 1978. Guía de control integrado de plagas en frijol. Proyecto control Integrado. INTA-FAO-PNUD. Managua, Nicaragua.

- SCHWARTZ, H. F. y Galvez, G. E. 1980. Problemas de Producción de frijol. C.I.A.T., Cali Colombia. 424 p.
- SNEDECOR, G. W. 1966. Statistical Methodes applied to experiments in Agriculture and Biology. Iowa State University Press. Ames, Iowa. U.S.A. 495 p.
- STEEL, R. and TORRIE J. 1960. Principles and procedures of Statistics with special reference to the Biological Sciences, McGraw Hill, New York.
- YOUNG, W. R. y D. CANDIA. 1963. Biología y control de la "doradilla" en el campo Cotaxtla, Veracruz Agr. Tec., México 2: 33-38.