

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS
DEPARTAMENTO DE PROTECCION VEGETAL

EVALUACION DE LA RESISTENCIA DE GENOTIPOS DE FRIJOL
COMUN (Phaseolus vulgaris L.) AL PICUDO DE LA VAINA
(Apion godmani W.) EN INVERNADERO.

POR :

MARIO ALFONSO GARCIA TORRES
MANUEL DE JESUS PENATE CLAVEL

REQUISITO PARA OPTAR AL TITULO DE :

INGENIERO AGRONOMO

SAN SALVADOR, OCTUBRE DE 1991

72573
E 216 CV

000547
Ej 7.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR



RECTOR : DR. FABIO CASTILLO FIGUEROA

SECRETARIO GENERAL : LIC. MIGUEL ANGEL AZUCENA

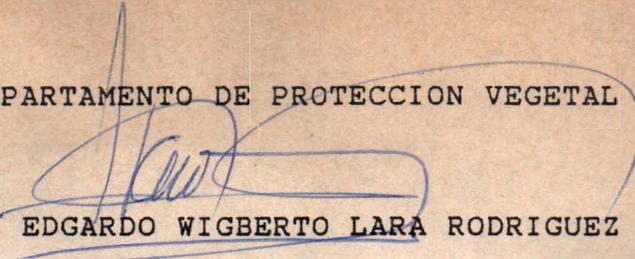
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS

DECANO : ING. AGR. GALINDO ELEAZAR JIMENEZ MORAN

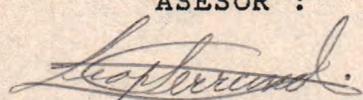
SECRETARIO : ING. AGR. MORENA ARGELIA RODRIGUEZ DE SOTO

d) por la Secretaría de la Fac. de C.E.A.A. 15-XI-91

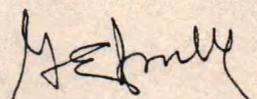
JEFE DE DEPARTAMENTO DE PROTECCION VEGETAL


ING. AGR. EDGARDO WIGBERTO LARA RODRIGUEZ

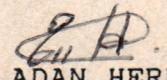
ASESOR :


ING. AGR. LEOPOLDO SERRANO CERVANTES

JURADO EXAMINADOR :


ING. AGR. GALINDO ~~ELEAZAR~~ JIMENEZ MORAN

ING. AGR. JOSE ENRIQUE MANCIA


ING. AGR. ADAN HERNANDEZ

RESUMEN

El presente estudio se realizó con el propósito de determinar posibles diferencias en la cantidad de ovipostura en los genotipos de frijol común en que se hubieran alimentado previamente las hembras de A. godmani, así como detectar en que parte de la vaina del frijol se encuentra el mecanismo de resistencia del genotipo que lo manifiesta y de ésta manera contribuir con las investigaciones relacionadas con los mecanismos de resistencia de Phaseolus vulgaris a ésta plaga en El Salvador.

El trabajo se realizó en el invernadero y laboratorio del Departamento de Protección Vegetal de la Facultad de Ciencias Agronómicas de La Universidad de El Salvador. Se utilizaron los genotipo Rojo de Seda (susceptible) y APN-83 (resistente) y adultos de A. godmani, obtenidos de vainas recolectadas en el Departamento de San Vicente. Los insectos se sometieron a un régimen alimenticio foliar en dos grupos, cada uno en jaulas de alimentación con plantas de uno y otro genotipo; posteriormente cada uno de estos dos grupos se subdividió en tres, con proporciones iguales de machos y hembras; dos de ellos fueron sometidos a pruebas de no escogencia (jaulas con un genotipo) y el otro a libre escogencia (jaulas con dos genotipos). La recolección de vainas para contabilizar daños se hizo 3 veces con un intervalo de 5 días. Para la interpretación de resultados se utilizó un diseño completamente al azar con 3 repeticiones, tanto para la prueba

de no escogencia como para la de libre escogencia, haciendo mención que la primera repetición no fue simultánea a las otras dos en ambas pruebas, y que en la primera se utilizaron 4 machos y 6 hembras, para la segunda y tercera, 5 machos y 8 hembras por jaula.

Paralelamente se llevaron a cabo otras pruebas para reforzar los objetivos trazados en el estudio. Se implantaron estadíos inmaduros de A. godmani en vainas incompletas del genotipo resistente para observar la conducta del insecto ante éste material. Así, también se realizaron pruebas con material foliar de los genotipos en estudio consistiendo en una prueba de preferencia alimenticia con discos de hojas, midiendo la preferencia de los adultos respecto a la alimentación previa a la ovipostura y una prueba de orientación alféatica para detectar la influencia atrayente de los materiales sobre los adultos de A. godmani. Estas dos pruebas con material foliar se realizaron utilizando dos tipos de dispositivos adecuándolos a la necesidades de cada caso. Por último se trató de extraer los genitales del macho y la hembra de A. godmani para poder determinar posibles anomalías a causa de la alimentación con material resistente, utilizando para esto algunas técnicas de disección y tinción.

De las pruebas de selección de sustrato de ovipostura, se determinó que cuando los insectos se someten a la condición de no escogencias la mayoría de daños ocurren en vainas del genotipo susceptible (Rojo de Seda) independientemente del material foliar del que se hayan alimentado previamente. En

libre escogencia se observó que existe un precondicionamiento alimenticio del insecto, aunque en general los daños siempre fueron mayores en el genotipo susceptible.

En los implantes de estados inmaduros, en general, se observó que el mayor porcentaje de larvas muertas en los primeros 5 días correspondían a los implantadas en semillas, donde podrían encontrarse una sustancia antibiótica al insecto. En la alimentación con discos foliares y orientación olfática, se determinó que en ambos casos el follaje de APN-83 es mayormente preferido para la alimentación y ejerce una moderada influencia atrayente sobre los adultos de A. godmani, no importando la procedencia de los insectos utilizados. En el caso de extracción de genitales no se obtuvieron resultados satisfactorios, pues no se contó con una metodología precisa para tal estudio.

AGRADECIMIENTOS

Nuestros más sinceros agradecimientos :

- A nuestro asesor, Ing. Agr. Leopoldo Serrano Cervantes, por su valioso aporte para el desarrollo del presente trabajo.
- Al Centro de Tecnología Agrícola (CENTA), especialmente al Programa Nacional de Frijol por su valiosa colaboración.
- A Remberto de Jesús Arévalo, Víctor Alfredo Rodríguez, José Roberto Moreno, y a los Ings. Luis Roberto Quijada, Arnulfo Ambrosio Brito y Oscar Orlando Guzmán, que de alguna forma colaboraron para el desarrollo de éste trabajo.
- A los señores Francisco Osorio y Carlos Corvera por su desinteresada colaboración facilitándonos el material bibliográfico.
- Al Ing. Rafael Enrique Tejada y Sra. por su gran esfuerzo en la elaboración del presente trabajo.
- A nuestra Alma Mater, por habernos forjado profesionalmente para el servicio de nuestro pueblo.

DEDICATORIA

- A DIOS TODOPODEROSO :

Por hacerme ver día tras día su infinito amor, mediante el cual se hizo posible la culminación de mi carrera.

- A MI MADRE :

Gladys Clavel de Peñate

Por todos sus sacrificios, comprensión y amor en forma desinteresada, tan necesarios para el logro de mi formación profesional y humana.

- A MIS HERMANOS :

Nelson Agustín

Gladys Nelly Ruth

Rigoberto Antonio

Alba Cecilia

Carlos Francisco

Con mucho cariño por su apoyo y colaboración.

- A MI ESPOSA :

Sonia Nohemy

Con mucho amor por la comprensión y apoyo que siempre me brindó.

- A MIS HIJOS :

Marcela Beatriz

Alejandro Antonio

Con mucho amor

- A MIS FAMILIARES Y AMIGOS :

Con afecto por compartir la alegría de mi triunfo.

MANUEL DE JESUS PEÑATE CLAVEL

DEDICATORIA

- A JEHOVA DIOS :

Por haberme dado vida y permitirme terminar mi carrera.

- A MIS PADRES :

José Mario García

Rosa Delia Torres de García

Por su amor, comprensión, consejos y el apoyo que me han
dado en todo momento.

- A MIS HERMANOS :

Delia Josefina, Julio Alberto, Juan Carlos y Rosa Margarita
(de grata recordación).

Con todo cariño y amor fraternal.

- A MIS ABUELOS :

María Emma García (De grata recordación)

Alfonso Torres Molina

Josefina Escobar de Torres

Con amor y cariño.

- A MIS TIOS :

Alfonso Torres E.

Julio Torres E. y Ana Miriam Carrillo de Torres

Con todo cariño por el apoyo que me han brindado.

- A MI PRIMO :

Julio Enrique Antonio Torres Carrillo, con mucho cariño.

- A MI NOVIA :

Blanca Mirian Guzmán Aragón

Con mucho amor y cariño.

- A todos mis compañeros y amigos que de una u otra manera me ayudaron.

MARIO ALFONSO GARCIA TORRES

I N D I C E

	Pag.
RESUMEN	iv
AGRADECIMIENTOS	vii
DEDICATORIA	viii
INDICE DE CUADROS	xvi
INDICE DE FIGURAS	xxiv
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION BIBLIOGRAFICA	3
2.1. Generalidades del picudo de la vaina del frijol	3
2.1.1. Importancia económica	3
2.1.2. Distribución geográfica	5
2.1.3. Taxonomía	6
2.1.4. Biología	7
2.1.4.1. Huevo	7
2.1.4.2. Larva	8
2.1.4.3. Prepupa	9
2.1.4.4. Pupa	9
2.1.4.5. Adulto	9
2.2. Mecanismos de selección de la planta huésped por insectos herbívoros.	11
2.3. Resistencia vegetal	17
2.3.1. Grados de resistencia	19
2.3.2. Mecanismos de resistencia vegetal contra insectos herbívoros.	20

2.3.2.1. Antixenosis	21
2.3.2.2. Antibiosis	22
2.3.2.3. Tolerancia	23
2.3.3. Criterio para evaluar la resistencia	24
2.3.4. Bases genéticas de la resistencia	26
2.3.4.1. Resistencia fundamentada en varios sitios de acción.	26
2.3.4.2. Herencia poligénica	27
2.3.5. Bases bioquímicas de la resistencia	28
2.3.6. Bases morfológicas de la resistencia	31
2.3.6.1. Factores remotos	32
2.3.6.2. Factores cercanos o de contacto	33
2.3.7. Factores que influyen la manifestación de la resistencia.	35
2.4. Investigaciones sobre resistencia de frijol común <u>Phaseolus vulgaris</u> L.) a <u>Apion godmani</u>	37
3. MATERIALES Y METODOS	40
3.1. Prueba de selección del substrato de ovipostura	40
3.1.1. Recolección del material infestado y obtención de adultos.	41
3.1.2. Estudio del efecto acondicionamiento alimenticio foliar aplicado a insectos adultos, sobre su preferencia posterior en daños a vainas	45
3.1.2.1. Acondicionamiento alimenticio foliar	45

3.1.2.2. Preferencia en daños a vainas :	
Descripción de experimentos	47
3.2. Implante de estados inmaduros de <u>Apion godmani</u> en vainas incompletas de frijol común APN-83.	55
3.3. Prueba de preferencia alimenticia con discos foliares.	57
3.4. Prueba de orientación olfática	60
3.5. Extracción de genitales de <u>Apion godmani</u> para la determinación de posibles anormalidades	63
4. RESULTADOS Y DISCUSION	66
4.1. Prueba de selección del substrato de ovipostura .	66
4.1.1. Obtención de adultos, práctica de sexado y observaciones de campo del desarrollo de las plantas.	66
4.1.2. Respuestas de preferencia de <u>A. godmani</u> para daños ocasionados en vainas.	68
4.2. Implante de estados inmaduros de <u>Apion godmani</u> en vainas incompletas de frijol común APN-83.	94
4.3. Prueba de preferencia alimenticia con discos foliares.	101
4.4. Pruebas de orientación olfática	107
4.5. Extracción de genitales de <u>A. godmani</u> la determinación de posibles anormalidades.	111
5. CONCLUSIONES	113
6. RECOMENDACIONES	114

7. BIBLIOGRAFIA	115
8. ANEXOS	123
9. GLOSARIO	131

INDICE DE CUADROS

CUADRO		PAG
1.	Cantidad de vainas producidas por los genotipos de frijol común en la prueba de selección del substrato de ovipostura bajo condiciones de no escogencia.	70
2.	Cantidad de vainas de frijol común dañadas por <u>A. godmani</u> en la prueba de selección del substrato de ovipostura bajo condiciones de no escogencia.. . . .	70
3.	Daños totales en vainas de frijol común causados por <u>A. godmani</u> en la prueba de selección del substrato de ovipostura bajo condiciones de no escogencia.	71
4.	Daños de ovipostura en vainas de frijol común causados por <u>A. godmani</u> en la prueba de selección del substrato de ovipostura bajo condiciones de no escogencia.	71
5.	Cantidad de vainas producidas por los genotipos de frijol común en la prueba de selección del substrato de ovipostura bajo condiciones de libre escogencia..	72

6.	Cantidad de vainas de frijol común dañadas por <u>A. godmani</u> en la prueba de selección del substrato de ovipostura bajo condiciones de libre escogencia.	72
7.	Daños totales en vainas de frijol común causados por <u>A. godmani</u> en la prueba de selección selección del substrato de ovipostura bajo condiciones de libre escogencia..	73
8.	Daños de ovipostura en vainas de frijol común causados por <u>A. godmani</u> en la prueba de selección del substrato de ovipostura bajo condiciones de libre escogencia.	73
9.	Análisis de varianza de daños totales en vainas de frijol común causados por <u>A. godmani</u> en la prueba de selección del substrato de ovipostura bajo condiciones de no escogencia con un diseño completamente al azar.	74
10.	Análisis de varianza de daños de ovipostura en vainas de frijol común causados por <u>A. godmani</u> en la prueba de selección del substrato de ovipostura bajo condiciones de no escogencia con un diseño completamente al azar.	74

11. Análisis de varianza de daños totales en vainas de frijol común causados por A. godmani en la prueba de selección del substrato de ovipostura bajo condiciones de libre escogencia con un diseño completamente al azar.75
12. Análisis de varianza de daños de ovipostura en vainas de frijol común causados por A. godmani en la prueba de selección del substrato de ovipostura bajo condiciones de libre escogencia con un diseño completamente al azar.75
13. Porcentaje de vainas dañadas con respecto a la cantidad de vainas producidas por los genotipos en la prueba de selección del substrato de ovipostura por A. godmani bajo condiciones de no escogencia76
14. Porcentaje de vainas dañadas con respecto a la cantidad de vainas producidas por los genotipos en la prueba de selección del substrato de ovipostura por A. godmani bajo condiciones de libre escogencia.76
15. Proporción relativa de daños causados por A. godmani con acondicionamiento alimenticio en vainas de frijol común en la prueba de selección del substrato de ovipostura.78

16.	Comparación de daños de ovipostura causados por <u>A. godmani</u> con acondicionamiento alimenticio en vainas de frijol común en la prueba de selección del substrato de ovipostura.83
17.	Promedio de vainas dañadas por picudo en la prueba de selección del substrato de ovipostura bajo condiciones de no escogencia.84
18.	Promedio de daños de ovipostura por vaina causados por <u>A. godmani</u> en la prueba de selección del substrato de ovipostura bajo condiciones de no escogencia.84
19.	Promedio de daños de ovipostura por vaina por hembra de <u>A. godmani</u> en la prueba de selección del substrato de ovipostura bajo condiciones de no escogencia	85
20.	Promedio de daños de ovipostura por hembra de <u>A. godmani</u> en la prueba de selección del substrato de ovipostura bajo condiciones de no escogencia.85
21.	Análisis de varianza del promedio de vainas dañadas por picudo en la prueba de selección de substrato de ovipostura bajo condiciones de no escogencia con un diseño completamente al azar.86

22. Análisis de varianza del promedio de daños de ovipostura por vainas causados por A. godmani en la prueba de selección de substrato de ovipostura bajo condiciones de no escogencia con un diseño completamente al azar.86
23. Análisis de varianza del promedio de daños de ovipostura por vaina por hembra de A. godmani en la prueba selección del substrato de ovipostura bajo condiciones de no escogencia con un diseño completamente al azar.. . . .87
24. Análisis de varianza del promedio de daños de ovipostura por hembra de A. godmani en la prueba selección del substrato de ovipostura bajo condiciones de no escogencia con un diseño completamente al azar.87
25. Promedio de vainas dañadas por picudo en la prueba selección del substrato de ovipostura bajo condiciones de libre escogencia.88
26. Promedio de daños de ovipostura por vaina causados por A. godmani en la prueba selección del substrato de ovipostura bajo condiciones de libre escogencia.. . . .88

27. Promedio de daños de ovipostura por vaina por hembra de A. godmani en la prueba selección del substrato de ovipostura bajo condiciones de libre escogencia. 89
28. Promedio de daños de ovipostura por hembra de A. godmani en la prueba selección del substrato de ovipostura bajo condiciones de libre escogencia.89
29. Análisis de varianza del promedio de vainas dañadas por picudo en la prueba selección del substrato de ovipostura bajo condiciones de libre escogencia con un diseño completamente al azar.92
30. Análisis de varianza del promedio de daños de ovipostura por vainas causados por A. godmani en la prueba selección del substrato de ovipostura bajo condiciones de libre escogencia con un diseño completamente al azar.92
31. Análisis de varianza del promedio de daños de ovipostura por vaina por hembra de A. godmani en la prueba selección del substrato de ovipostura bajo condiciones de libre escogencia con un diseño completamente al azar.93

32. Análisis de varianza del promedio de daños de ovipostura por hembra de A. godmani en la prueba de selección del substrato de ovipostura bajo condiciones de libre escogencia con un diseño completamente al azar.93
33. Cantidad absoluta y relativa acumulada de larvas vivas y muertas durante 15 días de observación en implantes de estados inmaduros de A. godmani en valvas y semillas de frijol común resistente APN-83.97
34. Observaciones realizadas durante 15 días sobre la conducta de los estados inmaduros (larvas) de A. godmani implantadas en valvas y semillas de frijol común APN-83.98
35. Cantidad absoluta y relativa de discos sanos y perforados por A. godmani de un total de 30 discos por celda trofológica en la prueba de preferencia alimenticia con discos foliares.103
36. Número de discos dañados y cantidad de perforaciones por cada disco realizados por adulto de A. godmani de un total de 30 discos por celda trofológica en la prueba de preferencia alimenticia con discos foliares.105

37.	Resultados obtenidos al final de la prueba de orientación olfática practicadas con hojas de APN- 83 y Rojo de Seda y con adultos de <u>A. godmani</u> con alimentación previa diferente.	110
A-1	Toma de datos de la prueba de selección de substrato de ovipostura de <u>A. godmani</u>	124
A-2	Tabla de calibración Micrométrica	125
A-3	Implantes de fases inmaduras de <u>A. godmani</u> practicadas en valvas y semillas de frijol común resistentes APN-83.	126
A-4	Daños totales y de ovipostura en vainas de frijol común causadas por <u>A. godmani</u> en la primera repetición durante la prueba de selección del substrato de ovipostura bajo condiciones de no escogencia.	128
A-5	Daños totales y de ovipostura en vainas de frijol común causadas por <u>A. godmani</u> en la primera repetición durante la prueba de selección del substrato de ovipostura bajo condiciones de libre escogencia.	129

INDICE DE FIGURAS

	PAG.
1 Caja entomológica modificada para la obtención de adultos de <u>A. godmani</u>	42
2 Succionador entomológico simple para el manejo de adultos de <u>A. godmani</u>	42
3 Jaula para el confinamiento de adultos de <u>A. godmani</u> previo al sexado.	44
4 Diferencias morfológicas entre el macho y la hembra adultos de <u>A. godmani</u> W.	44
5 Microjaula de sexado para adultos de <u>A. godmani</u>	46
6 Jaula de alimentación para la prueba de selección del substrato de ovipostura de <u>A. godmani</u>	46
7 Jaula de ovipostura para la prueba de selección del substrato de ovipostura de <u>A. godmani</u>	48
8 Distribución de los tratamientos para la prueba de selección del substrato de ovipostura de <u>A. godmani</u> , en la primera repetición.	50

9	Distribución de los tratamientos para la prueba de selección de substrato en la II y III repetición.	52
10	Distribución de las macetas de frijol común dentro de las jaulas de ovipostura en las diferentes tratamientos para la prueba de selección del substrato de ovipostura por parte de adultos de <u>A. godmani</u> . A: APN-83; R: Rojo de Seda; D : Desarrural. 3,5,6 y 7 sólo se utilizaron en la primera repetición.	53
11	Sacabocado fabricado de tubo industrial de acero, utilizado para la obtención de discos de hojas.	58
12	Celda trofológica utilizada en las pruebas de preferencia alimenticia con discos foliares de frijol común por parte de adultos de <u>A. godmani</u>	62
13	Olfatómetro de simple difusión y de doble emisión utilizado en las pruebas de orientación olfática por parte de adultos de <u>A. godmani</u>	62

14	Porcentaje de daños totales y de ovipostura causado por <u>A. godmani</u> en Rojo de Seda APN-83 con diferentes acondicionamientos alimenticios y bajo condiciones de " no escogencia " y de " libre escogencia " en la prueba de selección del substrato de ovipostura.	79
15	Comparación de daños de alimentación con los de ovipostura y condiciones de no escogencia y libre escogencia por parte de <u>A. godmani</u> en la prueba de selección del substrato de ovipostura.81
16	Comportamiento del substrato de ovipostura con respecto al de alimentación en pruebas de no escogencia. a) Promedio de vainas dañadas; b) Promedio de daños de ovipostura por vaina; c) Promedio de daños de ovipostura por vaina por hembra; d) Promedio de daños de ovipostura por hembra.	82
17	Comportamiento de substrato de ovipostura con respecto al de alimentación en pruebas de libre escogencia. a) promedio de vainas dañadas por picudo. b) Promedio de daños de ovipostura por vaina; c) Promedio de daños de ovipostura por vaina por hembra; d) Promedio de daños de ovipostura por hembra.	91

18	Comportamiento de la mortalidad acumulada en cada observación realizada en implantes de estados inmaduros de <u>A. godmani</u> en semillas y valvas del genotipo APN-83.	96
19	Comportamiento del porcentaje de mortalidad acumulada en cada observación realizada en implantes de estados inmaduros de <u>A. godmani</u> en semillas y valvas de genotipo APN-83.	96
A-1	Daños totales y de ovipostura en vainas de frijol común causados por <u>A. godmani</u> en la primera repetición durante la prueba de selección del substrato de ovipostura bajo condiciones de no escogencia.	130
A-2	Daños totales y de ovipostura en vainas de frijol común causados por <u>A. godmani</u> en la primera repetición durante la prueba de selección del substrato de ovipostura bajo condiciones de no escogencia.	130

INTRODUCCION

El frijol es uno de los granos básicos de mayor consumo por parte de la población salvadoreña, constituyéndose en la base principal de la dieta alimenticia debido a su alto contenido proteico.

En nuestro país el frijol es uno de los cultivos que tiene los rendimientos más bajos debido a varios factores, entre los cuales están, suelos inadecuados para su cultivo, factores climáticos, líneas de crédito, incidencia de plagas y enfermedades, etc. Dentro de las plagas una de las más importantes es el picudo de la vaina de frijol (Apion godmani) que causa daños directos en la baja producción, que oscila desde 5 a 94% (25), esto acompañado de la baja producción debido a otras causas, ocasionan fugas de divisas al tener que importarse frijol de otros países, pues las necesidades de consumo no son llenados debido a los factores ya mencionados. Para impedir éstas pérdidas, el agricultor generalmente hace uso del control químico, lo cual incrementa sus costos de producción y causa desbalances en el agroecosistema por lo que es necesario trabajar con genotipos de frijol resistentes del picudo, determinando los mecanismos que le den esta cualidad a la planta, permitiendo que posteriormente, se puedan obtener nuevos genotipos con resistencia al insecto y características agronómicas deseables. El frijol común posee algunos genotipos que presentan resistencia contra el picudo de la vaina, pero se desconoce en que parte de ésta se encuentra el mecanismo de

resistencia; de conocerse podrían manipularse genéticamente para incorporar esta cualidad a las variedades tradicionales que poseen buenas características agronómicas.

El control por resistencia genética al insecto es de los métodos más económicos, eficaces y de fácil empleo por parte del agricultor. El método reduce en gran medida los costos de producción, al mismo tiempo, puede aumentar el rendimiento del cultivo, lo que a su vez puede significar mayores ingresos y mejora del nivel de vida del agricultor. Además este método de control de plagas no contamina el agroecosistema, lo cual favorece el mantenimiento de poblaciones de enemigos naturales de las plagas del cultivo.

El presente estudio presume que la alimentación de adultos de Apion godmani en determinados substratos foliares influye en la preferencia de éstas para planes de ovipostura y además que la ocurrencia de fenómenos de antibiosis de las larvas de este insecto dentro de las facetas inmaduras de frijol común se relaciona probablemente con la presencia de algún factor de resistencia en determinados tejidos de las vainas inmaduras que está asociado con mortalidad en larvas de este insecto.

El desarrollo de la investigación pretende aportar nuevos conocimientos sobre los mecanismos de resistencia en algunos genotipos de Phaseolus vulgaris contra Apion godmani, registrando datos de ovipostura y de mortalidad de larvas del insecto utilizando follaje y vainas de genotipo de frijol común tanto susceptibles como resistentes a Apion godmani.

2. REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1. Generalidades del picudo de la vaina del frijol

2.1.1. Importancia económica

El frijol (Phaseolus vulgaris), después del maíz, es el cultivo de mayor importancia en El Salvador, y es uno de los alimentos básicos en la dieta alimenticia de la población salvadoreña (25).

Este grano es el que aporta la mayor cantidad de proteínas a la población, ya que su contenido protéico es de 22%, según datos proporcionados por el Ministerio de Agricultura y Ganadería de El Salvador (12); pero la producción nacional de frijol no llena las necesidades de consumo, por lo que se hace necesaria su importación (25).

Los bajos rendimientos unitarios del cultivo están influenciados por varios factores, entre los cuales se encuentran los insectos fitófagos que dañan las partes vegetativas y reproductivas de la planta de frijol (16). Bonnenfil, citado por Franco, Hernández y Rivera (15), considera que existen aproximadamente 15 insectos de gran importancia económica en América Central, y según Miranda, citado por los mismos autores, las pérdidas ocasionadas por éstos, oscila entre 33 y 83%. Dentro de estas 15 especies se encuentra Apion godmani W. (16). Los adultos de este insecto producen algunos daños sin importancia económica en el

follaje y flores (15). El daño principal se inicia en vainas recién formadas al ser ovipositadas y producirse destrucción en las semillas inmaduras (7,9,24,38).

El frijol es un cultivo que en su mayoría está en manos del pequeño agricultor, el cual es de escasos recursos. El problema del combate del picudo es grave, pues el uso de insecticidas en el cultivo aumenta los costos de producción, lo que viene en detrimento de la bolsa del campesino, quien no tiene los medios suficientes como para comprar el equipo necesario para la aplicación de éstos y el implemento de protección, poniendo en peligro la salud de él y la de sus hijos. Por estas y otras razones, se considera que las plagas del frijol, incluyendo el picudo de la vaina conviene enfrentarla mediante el control integrado (25) y dentro de este tiene su importancia innegable las aplicaciones de los estudios de la resistencia varietal como son la relativas a los mecanismos de resistencia (4).

2.1.2. Distribución geográfica

Apion godmani es la especie de más amplia distribución pues su daño ha sido reportado desde México hasta el norte de Nicaragua, causando pérdidas importantes en las principales zonas frijoleras de estos países, incluyendo Guatemala, El Salvador y Honduras (5,11).

El Centro Internacional de Agricultura Tropical, citado por Franco, Hernández y Rivera (15) ha señalado que en México,

las zonas donde se encuentra más ampliamente distribuido son: Oaxaca, Durango, Puebla y Chiapas; sin que se presente en las zonas costeras bajas del Atlántico y del Pacífico (25). El picudo de la vaina del frijol Apion sp. fue registrado en 1912 en Guatemala; a partir de entonces se han identificado otras especies. Sin embargo, Apion godmani Wagner y Apion aurichalceum Wagner, son las especies de más amplia distribución e importancia económica (11). En Guatemala está presente en las principales zonas frijoleras constituídas por los altiplanos suroccidental y Centrooccidentales (24). En El Salvador, en el año de 1962, se observaron daños similares a los que causa el picudo de la vaina en la Estación Experimental de San Andrés, sin haberse identificado el insecto en aquella época. Dos años después se observaron serios daños en plantaciones de Chalchuapa y Atiquizaya (Santa Ana y Ahuachapán respectivamente), en donde los agricultores lo identifican como "frijol soplado". Las observaciones de 1964 condujeron a la identificación del insecto como Apion godmani (13). En un estudio de distribución geográfica en El Salvador se observó como plaga común haciendo mayores daños en los Departamentos de Ahuachapán, Santa Ana, La Libertad; los menos dañados fueron: Cuscatlán, Cabañas y San Salvador; San Vicente y Sonsonate tienen porcentajes intermedios de daño (24). Mancía, citado por Díaz (11), determinó que Apion godmani, está distribuido en todas las zonas frijoleras del país, pero no se considera un problema en todas las regiones.

En Honduras, el insecto ha sido reportado en el Altiplano

de Danli, los Departamentos del Paraíso, Francisco Morazán, Oloncho, Comayagua y Yoro (11). En Nicaragua es una seria plaga en muchas áreas de la parte norte del país y más importante durante la segunda época de siembra (39), encontrándose en Nueva Segovia, El Júcaro, San Juan Talpaneca, San Fernando, Jalapa, Matagalpa, Jinotega y Estelí (11). En general el picudo de la vaina, es una plaga en México, Guatemala, El Salvador, Honduras y Nicaragua, (21,35).

2.1.3. Taxonomía

Según Mancía (25), la clasificación de Apion godmani es :

Reino	:	Animal
Phylum	:	Artrópoda
Subphylum	:	Antenata
Clase	:	Insecta
Subclase	:	Pterygota
Orden	:	Coleóptera
Suborden	:	Poliphaga
Superfamilia	:	Curculionoidea
Familia	:	Curculionidae
Subfamilia	:	Apioninae
Tribu	:	Apionini
Género	:	<u>Apion</u>
Especie	:	<u>godmani</u>

2.1.4. Biología

Mc Kelvey, citado por Mancía (25), dice que el ciclo biológico del Apion desde huevo hasta adulto corre paralelo al desarrollo de las vainas y semillas, desde que la planta florece hasta su madurez.

2.1.4.1. Huevo

Los huevecillos son periformes y ovalados, siendo en algunos casos un extremo más ancho que el otro. El corion es delicado y fácil de dañar cuando están recién ovipositados. Los huevecillos son puestos por las hembras directamente en el mesocarpio de las vainas, los cuales se confunden fácilmente con éste (25). El número de días promedio que tarda este estado es de 5 días (25,39). El tamaño del huevo varía de 0.3 mm a 0.6 mm de longitud por 0.2 mm a 0.36 mm de ancho, tomados en su parte más ancha (9,25). Es difícil de detectar en el campo, pues la hembra oviposita dentro del mesocarpio de la vaina (9).

2.1.4.2. Larva

La larva recién eclosionada varía en tamaño de 0.69 mm a 0.91 mm. La cabeza tiene 0.16 mm de longitud, el color de las larvitas varía desde blanco hasta casi transparente. Después de la segunda muda y que la larva pasa por su tercer estadio, toma un color blanco sucio amarillento, con áreas hialinas reducidos al mínimo y rigurosas; la cabeza es de color amarillo pálido; las mandíbulas son café pálido a rojizas, en este estado alcanza una longitud que varía de 3 mm a 3.7 mm de largo. Las larvas son ápodas y vermiformes; primeramente se alimentan del endocarpio cuando están en su primer estadio larvario, luego pasan a la semilla rudimentaria en la parte

de hilio o hilium que es la parte que une a esta con la vaina. La larva pasa por tres estadios larvarios, sucediéndose dos mudas o ecdycis al romperse la sutura epicraneal de la larva, las cuales ocurren en el tercero o quinto día de vida de la larva. El estado de larva tiene un promedio de duración de seis días (25). Normalmente dentro de una vaina solamente se encuentra una larva por semilla, pero en infestaciones fuertes, se pueden encontrar hasta 7 por semilla, ocurriendo un total de 28 larvas por vaina (25,39).

Después de la segunda muda la larva comienza a alimentarse más de las semillas rudimentarias, y de uno a dos días después comienza a formarse un cocón o capullo de la pulpa del frijol, parcialmente digerida por la larva, y según Bonnemaison, citado por Mancía, esto se debe en los curculionidos a que la pulpa es segregada por los tubos de malpighi (25).

2.1.4.3. Prepupa

La larva después de formar el capullo en concón en agujeros que ocasionan a las semillas, entran en un periodo de prepupa o reposo, en el cual se prepara para su transformación al estado de pupa, en este estado pasa de 2 a 3 días, pero se han suscitado casos de, hasta 6 y 7 días (25).

2.1.4.4. Pupa

La pupa es de color cremoso, tipo exareta la cual está protegida por el capullo. La pupa presenta las características del adulto, tienen los apéndices descubiertos y pegados al cuerpo (5,25), conservando las setas de la larva. Tienen una longitud promedio de 3 a 3.2 mm. pasando en este estado un promedio de nueve días. La formación del capullo es indispensable desde un principio para que pueda haber transformación de larvas en estado de prepupa (25).

2.1.4.5. Adulto

El insecto después de emerger del estado de pupa, se mantiene en ocasiones de 3 a 4 días dentro del capullo, pero por lo general sale de inmediato abriendo con su rostro el agujero (25). El adulto es un picudo de forma periforme, de color negro, de apariencia grisácea a dorado metálico brillante; tiene a lo largo de cada élitro diez líneas o bandas de pelos blancos escamosos (9,25), separados por 9 estrías longitudinales por élitro, paralelas a las bandas de pelos blancos. El insecto tiene estos pelos blancos escamosos en casi toda la superficie del rostro, comprendida entre el punto de inserción de las antenas y su extremo anterior es desnudo y brillante, y en el macho, cuando mucho, sólo la mitad distal es así. La hembra mide de 2.74 mm a 3.10 mm de longitud con un promedio de 1.09 mm (25), y además tiene el rostro más alargado, angosto y curvo en el macho (9,25).

El macho es ligeramente más pequeño que la hembra, de

color negro y mayor cantidad de pelos escamosos, el rostro es más ancho y más corto, menos curvo; tiene una longitud promedio de 2.77 mm y 1.10 mm de ancho, el rostro tiene pelos escamosos, excepto en la extremidad distal (25). Los individuos adultos ocasionan daños a las plantas al alimentarse de las hojas, vainas y flores (25,37), en las vainas abren agujeros de alimentación y oviposición, ocasionando síntomas hiperplásticos y deformación de las vainas; los síntomas hiperplásticos se manifiestan por pequeñas abultaciones de color blanco ocasionados por el daño mecánico del rostro de las hembras y machos (25).

2.2. Mecanismos de selección de la planta huésped por insectos herbívoros.

Hanson (19), menciona que la selección de la planta huésped por insectos en su etapa de alimentación está compuesta de 3 distintas fases conductuales :

- a) Atracción de una planta potencial de alimentación
- b) Suspensión de la locomoción
- c) Estimulación de la alimentación en la planta.

Beck y Schoonhoven (2), utilizan el término "especificidad de la planta huésped" para referirse al rango de una especie vegetal en la cual se presenta, en la naturaleza, un insecto determinado; "Selección de la planta

huésped" como secuencia de comportamiento mediante la cual un insecto distingue una planta huésped de otra que no es adecuada; "preferencia por la planta huésped" que es un término etológico también designa la predilección del insecto por seleccionar a ciertas plantas en forma preferencial, dentro de su rango de plantas huésped.

La selección de la planta hospedera es un proceso complejo que puede describirse como secuencia continua de una serie de eventos. Las fases de selección del hospedero son : Encuentro del medio ambiente del hospedero, encuentro del hospedero, reconocimiento, adaptación y adecuación. Al seleccionar el hospedero, los insectos manifiestan una serie de respuestas, las cuales han sido provocadas por el estímulo proveniente de la planta hospedera así como de plantas no hospederas, los insectos responden usando uno o varios nódulos sensoriales, visión, gusto, olfato y tacto (32). Cada actividad de la secuencia lleva al animal a una situación en la cual el estímulo apropiado disparará la siguiente respuesta activa. Este tipo de patrones temporales de componentes conductuales, está asociado con ciertos impulsos internos, como la urgencia de ovipositar o la necesidad de alimentarse. Por ejemplo las saltarillas hambrientas localizan a sus huéspedes y se alimentan de ellos mediante una secuencia de fenómenos estímulo-respuestas (2). La percepción de olores y sustancias volátiles en las plantas ha sido revisado ampliamente y demostrado por varios investigadores, los cuales sostienen que un gran número de olores abandonan las plantas y

son transportados por el aire, hasta que los sistemas de recepción de los insectos discriminen éstos olores. Los insectos al percibir los olores específicos o la mezcla de éstos, usa la periferia del sistema nervioso central, en consecuencia la mayoría de estos receptores se encuentran localizados en las antenas. Después que un insecto ha seleccionado la planta para oviposición o alimentación, se encuentra con una situación compleja. El estímulo del tacto juega un papel muy importante en esta selección y determina si el insecto ovipositará o se alimentará; si el insecto acepta el hospedero, los estimulantes del apetito, lo mismo que los nutrientes, actuarán en la fase de aceptación (32).

Según Beck y Schoonhoven (2), la actividad en forma secuencial es un fenómeno común y parece funcionar como una lista de supervisión de características que permiten elegir a la planta huésped más aceptable para la oviposición, la alimentación o ambas cosas, ya que Painter (31), menciona que para muchos insectos de metamorfosis incompleta y algunos escarabajos, la planta sirve de alimento a adultos o a estadios larvarios o jóvenes por lo cual la hembra se alimenta y oviposita en ellos.

La selección de la planta huésped por parte de los insectos involucra en éstas, alguna actividad locomotora que es influida por dos impulsos diferentes, que cumplen funciones algo distintas : a) La dispersión que conduce a una distribución más homogénea de la población de insectos y a la

invasión de nuevas áreas; y b) la conducta de búsqueda que eleva las posibilidades de encontrar estímulos que inicien la concatenación conductual que culmina en la alimentación u oviposición. Si bien es frecuente que las actividades de dispersión y búsqueda no se pueden distinguir con facilidad, difieren en cuanto a sus impulsos básicos y en las reacciones del insecto ante estímulos determinados. La conducta de búsqueda no siempre está ligada a la dispersión. Cuando tiene lugar la conducta de oviposición, a menudo es difícil o imposible distinguir con claridad las actividades de dispersión y búsqueda (2).

Para que la hembra encuentre plantas huéspedes adecuadas para la oviposición intervienen factores físicos y químicos. A la conducta de orientación del insecto, sigue la conducta de identificación, durante la cual, el animal acepta o rechaza la planta como huésped. De modo similar, las fuentes alimenticias provocan también locomoción orientada y, patrones de conducta de identificación en la mayoría de los insectos. En ciertas especies, la hembra no oviposita en la vecindad inmediata de las plantas que alimentarán a sus larvas; por ejemplo muchas langostas y saltamontes ovipositan en el suelo y no necesitan estímulos provenientes de las plantas para comenzar su conducta de oviposición. Algunas mariposas de las familias Hesperidae y Hepialidae expulsan sus huevecillos mientras vuelan sobre la vegetación adecuada. No obstante, la mayoría de especies depositan sus huevecillos sobre plantas huéspedes apropiadas para las larvas y éstas comienzan a alimentarse sin

problemas y no corren los riesgos de la búsqueda (2).

La conducta de los insectos al seleccionar la planta huésped apropiada involucra factores químicos y factores físicos que se ejemplifican a continuación : factores químicos : es conocido que raramente algunas características físicas sea peculiar de una sola especie vegetal, pero las características químicas son mucho más específicas. Por lo tanto no es sorprendente que los estímulos químicos determinen en su mayor parte la selección de huésped para la oviposición o la alimentación. Muy a menudo ciertas sustancias volátiles orientan al insecto a distancia (estímulos olfativos) pero también se sabe que estimulan la masticación, punción y oviposición, una vez que el insecto entró en contacto físico con la planta (2). La papaya por ejemplo tiene un grupo complejo de volátiles y algunos de éstos se consideran específicos. El benzyl isotiocyanate (BITC) es uno de ellos, demostrándose por concentraciones altas de éste en papaya repelen la oviposición de moscas de las frutas, Daucus dorsalis y Ceratitis capitata (32).

Hanson (19), dice que la atracción olfatoria hacia plantas para alimentación es más importante para adultos de alta movilidad que para larvas relativamente inmóviles o inactivas. Y según Beck y Schoonhoven (2), la función del olor es, según parece una respuesta de orientación hacia otros estímulos, es decir, hacia la dirección en que sopla el viento y hacia objetivos visuales.

Kennedy, mencionado por Beck y Schoonhoven (2), indica que cuando un insecto que se mueve al azar, encuentra un rastro odorífero, comienza a desplazarse en contra del viento mediante estímulos optomotores y, así manifiesta una anemotaxia positiva. La actividad de tanteo de la superficie, mediante palpación o punción con el ovipositor, o punción y sondeo con las partes bucales, ocurre en respuesta a factores químicos que actúan como incitadores, éstos en ocasiones, son los mismos factores aromáticos que atrajeron al insecto hacia la planta.

Entre los factores físicos que participan en la orientación del insecto y la identificación de la planta huésped se encuentran los estímulos visuales y táctiles. Los insectos perciben colores y formas, sobre todo durante la locomoción. Las mariposas que vuelan en busca de alimento (néctar) reaccionan en forma positiva ante el amarillo, el azul y en ciertos casos, al ultravioleta. El verde induce a la mariposa a posarse cuando ésta busca un sitio para ovipositar (2). Se ha demostrado que hembras de Toxotrypana en estado de gravidez son más atraídas a esferas de color verde oscuro que a esferas de otro color. También se ha demostrado que en condiciones de laboratorio las moscas tienden a ovipositar más huevos en semiesferas de este color (32). Otro factor físico es el factor táctil. Es muy común que las características físicas de la superficie sobre la cual la hembra está dispuesta a ovipositar del insecto posee mecanorreceptores y la única información sensorial que el ovipositor transmite.

En contraste con la oviposición, la selección del alimento está determinado en menor grado por los factores táctiles, ya que muchos insectos aceptan dietas artificiales con características físicas totalmente diferentes a las del huésped natural (2).

La conducta de selección del hospedero por los insectos puede representar algunas diferencias al considerar las fases adultas y las fases inmaduras, debido por ejemplo a que en ciertas órdenes de insectos (Lepidópteros, Diptera), las necesidades nutricionales de adultos son muy diferentes de los de sus larvas. Por tanto, cuando seleccionan el sitio de oviposición no obtienen información sensorial en cuanto a la conveniencia nutritiva de éste, mientras que las larvas son sensibles a dichos factores en el momento de alimentarse. Esta diferencia sugiere que los dos tipos de comportamiento dependen de impulsos internos distintos y de diferentes factores genéticos (2). Wiklund, citado por Beck y Schoonhoven (2), concluyó que la adecuación de la planta alimento para las larvas y la preferencia de oviposición para el adulto, están determinados por conjuntos distintos de genes. Incluso en las especies en que el adulto se alimenta con la misma planta que las larvas, existen pruebas de que la selección del sitio de oviposición por el adulto depende de distintos impulsos conductuales, y que adultos y larvas responden a diferentes conjunto de estímulos. Según los mismos autores, algunos investigadores sostienen que, en ciertas especies, el adulto tiene predilección a ovipositar en las plantas que le

sirvieron de alimento durante su vida larvaria. Esta hipótesis se conoce como el "Principio de la selección del huésped" de Hopkins, que sólo cuenta con el apoyo de resultados experimentales no definitivos. Si alimentación y oviposición resultan ser sistemas etológicos y genéticamente independientes, el principio de selección del huésped de Hopkins es un concepto insostenible.

2.3. Resistencia vegetal

Snelling, citado por Horber (20), menciona que la resistencia vegetal son las características que permiten a la planta, evitar, tolerar o recuperar de los daños de insectos, en condiciones que dañarían más gravemente a otras plantas de la misma especie; Painter (31), utiliza una definición más amplia al describir la resistencia de una planta como la cantidad relativa de sus cualidades hereditarias que influye en el grado de daño provocado por el insecto.

Las observaciones de las interacciones insecto-planta revelan una amplia gama de adecuaciones de la planta como huésped al insecto. La variabilidad de las plantas en la naturaleza y la intensidad de las interacciones se refleja en las categorías y definiciones de resistencia, las cuales se refieren a las capacidades excepcionales de ciertas plantas para evitar, repeler, retardar, restringir localizar la infestación y el daño inducido por insectos, o para tolerarlos mediante rápido reverdecimiento y recuperación

después del daño (20).

El término resistencia se emplea para los estudios iniciales en el campo o invernadero cuando se conocen los componentes implicados; en la mayoría tales casos de resistencia están formados por varios niveles de uno o más componentes agrupados en diferentes formas (16). Mc Culloch, citado por Wiseman (41), reporta que la resistencia vegetal a insectos puede ser calificada en dos categorías GENERALES : 1) Natural y 2) Artificial. La natural es mostrada por plantas nativas o adquirida por algunos cultivos. La resistencia artificial es aquella desarrollada a través de prácticas de cultivo.

2.3.1. Grados de resistencia

Painter (31), clasificó la resistencia vegetal en categorías que él llamó Grados de resistencia, que se exponen a continuación :

- Inmunidad : Un cultivo inmune es aquel al que un insecto específico jamás consumirá o dañará en cualquier circunstancia.
- Resistencia elevada : Es la que presenta un cultivo que posee cualidades que ocasionaron un bajo nivel de daños causados por un insecto específico en un conjunto de condiciones dadas.
- Resistencia baja : Indica cualidades que determinan que

un cultivo sufra menos daño o infestación por un insecto.

- Susceptibilidad : Cuando un insecto le ocasiona daños a las plantas, superiores a los del promedio.

Otros tipos de resistencia según Van Der Plank, citado por Wiseman (41) son Resistencia Horizontal y Resistencia Vertical. La primera, llamada también Resistencia General es aquella en que el nivel de resistencia ofrecida por un cultivar huésped en particular es similar frente a biotipos de insectos. Esta es controlada por varios genes y usualmente es considerada como estable y permanente. La resistencia vertical implica aquella serie de diferentes cultivares del mismo cultivo infestado con una serie de diferentes biotipos de insectos de la misma especie, mostrando una interacción diferencial. Cultivares idénticos son clasificados como resistentes y otros son susceptibles cuando son infestados con el mismo biotipo de insecto. Resistencia específica biotipo es otro término usado al describir la Resistencia vertical, llamada también Resistencia Específica, y usualmente controlada por muchos genes, siendo por lo general menos estable que la Resistencia Horizontal. Gallum y Kluch, citado por el mismo autor, fomentan el uso de estos términos en los estudios de insectos de plantas.

2.3.2. Mecanismos de resistencia vegetal contra insectos herbívoros.

La mayoría de las características de resistencia están bajo control genético, pero algunos son muy sensibles y fluctúan mucho bajo la influencia de las condiciones ambientales; por lo tanto, ha sido mencionada una resistencia ecológica, además de la resistencia que está bajo el control de factores genéticos (16). Dentro de la resistencia ecológica y resistencia inducida, que es lo que Painter clasificó como pseudoresistencia. Los principales tres mecanismos dentro de la resistencia genética son : No preferencia (antixenosis), antibiosis y tolerancia (16,31), los cuales se definen a continuación :

2.3.2.1. Antixenosis

Este término significa que la planta es rebelde al huésped (xenos en Griego), o sea que los insectos evitan colonizarla por que la consideran un mal huésped (27,31,33). Este término corresponde a lo que Painter y la Academia Nacional de Ciencias calificaron como no preferencia, que es la respuesta del insecto ante las plantas que carecen de las características necesarias para servir como huéspedes y es resultado de reacciones negativas, o total abstinencia durante la búsqueda de alimento, sitios de oviposición o refugio (26,31). El término antixenosis se propuso como un término

paralelo al de antibiosis (16,23) y comprende las modalidades:
a) Antixenosis química, cuando se requiere un estímulo químico para ubicar a una planta como huésped o no ; b) antixenosis morfológica, cuando las partes estructurales o morfológicas de la planta impiden la alimentación normal del insecto o la oviposición (16,26). Ciertas variedades de arroz, evaluadas en Brasil, como la "chiang an Tsao tai", presentan una no preferencia para el número de posturas y el número de huevos depositados por Diatraea saccharalis en el tallo. Otro ejemplo es el de la no preferencia de Bemisia tabaci para ovipositar en ciertas variedades de soya (26). También existe no preferencia en ciertas líneas de maíz a Heliothis zea y Spodoptera frugiperda (41). Existe una teoría de que los insectos pueden morir de hambre antes de alimentarse de plantas resistentes, como en el caso de larvas de Manduca sexta que se rehusa alimentarse de plantas no predilectas (27).

2.3.2.2. Antibiosis

Este término incluye todos los efectos fisiológicos adversos que resultan cuando un insecto se alimenta de una planta (16,27,39). Estos factores pueden ser de naturaleza temporal o permanente; el efecto antibiótico resulta temporal cuando se traslada un insecto de una planta resistente a una susceptible y sobre este huésped susceptible los síntomas de antibiosis desaparecen y el insecto regresa a su estado

fisiológico normal. Sin embargo, si la antibiosis es debida a principios tóxicos, los síntomas pueden ser irreversibles y en este caso son de naturaleza permanente (16). Una planta con resistencia del tipo de antibiosis afecta directa o indirectamente el potencial de reproducción del insecto. Los procesos normalmente afectados son: Mortalidad (o sobrevivencia) de formas jóvenes; mortalidad de la transformación para adultos; reducción del tamaño y peso de los individuos; reducción de fecundidad; alteración de la proporción sexual; alteración del tiempo de vida, etc. (26). La combinación de varios de estos efectos resulta de la alimentación de diferentes variedades resistentes (31), Kennedy y Dimock, citados por Wiseman (41), encontraron que exudados de tricomas de tomate tiene un tóxico natural, el 2-tridecanone, el cual es causante de mortalidad en un 80% de larvas de Heliothiszea, Manduca sexta y Leptinotarsa decemlineata. Otro ejemplo es mencionado por Mesquita (26) y es el de resistencia de la brásica al ataque de Brevicoryne brassicae. Exudados de tricomas de hojas de Mendicago disciformis, inhiben al picudo del alfalfa, Hypera postica (33).

2.3.2.3. Tolerancia

Esta modalidad de la resistencia se refiere a la capacidad de ciertas plantas para restaurar la lesión o crecer y reproducirse a pesar de soportar una población insectil a un

nivel capaz de perjudicar o destruir a un huésped susceptible (16,23,27). Este componente de la resistencia se diferencia de los otros en que está vinculado con una respuesta del insecto a las mismas (16). Algunos estudios realizados en Brasil indican la presencia de este mecanismo de resistencia en ciertas variedades de arroz ante el ataque de larvas de Diatraea saccharalis (26).

La tolerancia, según Kogan, citado por Garza (16), generalmente resulta uno o más de los siguientes factores :

- Vigor general de la planta
- Regeneración de tejidos lesionados
- Vigor de los tallos y la resistencia al hospedaje
- Producción de ramas adicionales
- Eficiente utilización del insecto de partes no vitales de la planta
- Compensación lateral por plantas vecinas

En general el reemplazo, renovación y reparación de los tejidos dependen de la etapa de madurez de la planta en el momento del ataque insectil (16,26).

La tolerancia es talvés el mecanismo menos estable en relación con la resistencia, y parece ser el más afectado por las condiciones del ambiente que actúan en la planta (25).

Horber (20) menciona que la definición de los diferentes mecanismos de la resistencia vegetal contra las plagas es

arbitraria, y sus límites son indefinidos y no todos los fenómenos de resistencia pueden asignarse de modo inequívoco a alguna de las categorías, y que la no preferencia (antixenosis) suele confundirse con la antibiosis y viceversa, como ocurre cuando los primeros estadios de un insecto no aceptan a una planta huésped, y la tolerancia se confunde a veces con una resistencia baja. También menciona que estas categorías no son mutuamente excluyentes, porque interactúan y se complementan en el sentido de que intensifican las lesiones de resistencia.

2.3.3. Criterio para evaluar la resistencia

Dahms, citado por Ortman y Peters (30), identifica los posibles criterios utilizados para evaluar la resistencia de las plantas a los insectos. El resultado es una lista ligeramente abreviada:

- a) Evaluación visual de los cultivos infestados mediante observación, por ejemplo, de retraso en el crecimiento, infestación, defoliación y coloración.
- b) Determinación del número de plantas sobrevivientes, a intervalos después de la infestación.
- c) Determinación del número de insectos adultos, o larvas atraídos hacia un cultivo cuando se les concede libre elección.
- d) Determinación de la diferencia en rendimiento entre

parcelas infestadas y no infestadas.

- e) Observación de los efectos comparativos de la alimentación forzada del insecto (en confinamiento), en plantas o cultivos midiendo el tiempo de vida del insecto, su mortalidad, tasas reproductivas o mudas por ejemplo.
- f) Peso de los insectos después de un período de alimentación definida sobre distintos cultivos.
- g) Determinación del número de huevecillos puestos.
- h) Determinación del número de insectos supervivientes y de la progenie resultante.
- i) Cuantificación del alimento que consumen los insectos.
- j) Medida del alimento utilizado por el insecto.
- k) Simulación del daño ocasionado por insectos y observación del restablecimiento.
- l) Métodos indirectos de evaluación, tal como la apreciación del daño infligido a las raíces estimado según la fuerza necesaria para arrancar la planta.
- m) Empleo de hojas o flores de la planta en olfatómetros para determinar su capacidad atrayente.
- n) Correlación de factores químicos de las plantas con la respuesta del insecto.
- o) Desarrollo y potencial reproductivo de insectos alimentados con distintas plantas.
- p) Correlación de factores morfológicos con el daño.

2.3.4. Bases genéticas de la resistencia

2.3.4.1. Resistencia fundamentada en varios sitios de acción.

La defensa química basada principalmente en un número limitado de moléculas muy semejantes parece bastante vulnerable a la plasticidad adaptiva de los insectos, pero en la actualidad esta resistencia parece ser una de las bases de la defensa química evolucionada. En caso de que esa resistencia resulte ser un fenómeno común, deberá buscarse una posible base para su perpetuación. A primera vista la resistencia basada en unas cuantas moléculas similares se considera vulnerable, debido a una posible herencia monogénica. Sin embargo, un reducido número de moléculas similares de defensa en la planta llegan a tener amplia gama de efectos dañinos sobre el insecto en cuestión. Estas sustancias químicas afectan directamente la longevidad, fisiología sensorial, endocrinóloga y metabolismo del insecto, e indirectamente afectan al insecto a través de sus simbioses. Este tipo de efectos múltiples atacan al genoma del insecto en muchos loci divergentes. La evolución del insecto para superar los múltiples efectos nocivos que encuentra en la química de la planta es, por lo tanto, energéticamente muy costosa y tiende a ocurrir con relativa lentitud. Los niveles prácticos de esa resistencia como se manifiestan en el campo, no cambian en forma detectable a lo largo de varias décadas (29).

2.3.4.2. Herencia poligénica

Robinson y Mackenzie, citados por Norris y Kogan (29) enfatizan los grandes méritos de la resistencia poligénica comparada con la resistencia monogénica. Químicamente hablando, el control poligénico permite el manejo a través del cruzamiento de un rango mayor de defensas moleculares cualitativas y cuantitativas. Así mismo la "afinación de una resistencia multiquímica", resultado de una herencia poligénica, puede contrarrestar en forma eficaz las adaptaciones de las plagas. Sin embargo, el precio metabólico que una planta puede pagar a cambio de la defensa sin perder su valor comercial, señala los límites hasta donde puede llegar dicha genética. La posibilidad poligénica de incrementar la cantidad de sustancia químicas de defensas en los cultivos, puede prolongar la utilidad de dicha resistencia química mientras las plagas se adaptan a los niveles químicos existentes.

2.3.5. Bases bioquímicas de la resistencia

La humanidad conoce desde la antigüedad muchas defensas químicas contra depredadores y parásitos; sin embargo la aplicación de ese conocimiento al desarrollo de planta más resistentes a los insectos todavía está en su infancia científica. Durante los últimos quince años, el conocimiento

de la química de las plantas avanzó con gran rapidez. A mediados de la década de 1960, se dilucidaron varios mecanismos claves de la resistencia química a los insectos y esto fue un gran estímulo para continuar las investigaciones. Se demostró que la glucosa 2,4-dihidroxi-7-metoxi-2H-1-, 4-benzoxazin-3-ona (DIMBOA) en Zea mays es un eficaz repelente e inhibidor de la alimentación para larvas, en su primer estadio del barrenador europeo del maíz, Ostrinia nubilalis.

El gopipol dimérico sesquiterpeno resultó ser un disuasivo para ciertas plagas del algodón como Epicauta spp. La interpretación de las fases químicas de la interacción planta herbívoro es en la actualidad un campo muy importante de la investigación científica (29).

Para estudiar la resistencia química no basta con moler la planta entera y detectar las alomonas contra las plagas de insectos ya que existen diferencias cualitativas entre alomonas de las distintas partes que llegan a ser tan grandes como las diferencias entre especies vegetales (29). Evidencias actuales indican que la selección de alimentos de muchos insectos fitófagos está gobernada en gran parte por la variación química entre especies de plantas. Algunas llamadas así, sustancias secundarias de las plantas o aleloquímicos pueden encontrarse que llenan una función en tales interrelaciones. Insectos con un rango limitado de alimentación muchas veces reconocen sus plantas preferidas por la presencia y/o ausencia de partículas químicas (36).

En todo estudio de la química de la defensa se deben

comparar las sustancias, y sus concentraciones en los tejidos atacados y en los no atacados. Por tanto, es necesario estudiar los cambios estacionales de la química de partes determinadas de las plantas. Existen otras alteraciones ambientales (por ejemplo la sequía) que provocan modificaciones en la proporción entre la propagación y diferenciación celular, y ésta también ocasiona marcadas diferencias en la química de la defensa de las partes de la planta. Entre las sustancias que confieren resistencia vegetal contra los insectos algunas inorgánicas (por ejemplo el Selenio), metabolitos primarios e intermediarios (por ejemplo ácido cítrico, cisteína y ciertos aminoácidos aromáticos) y compuestos secundarios (por ejemplo los alcaloides) (29).

Algunos grupos de sustancias primarias asociados con la resistencia de plantas contra insectos son mencionados por Norris y Kogan (29); así :

ISOPRENOIDES: Por ejemplo el gossipol en el algodón, se comporta como un estimulante de la alimentación de Anthonomus grandis, y es un disuasivo de la alimentación de Epicauta spp.

ACETOGENINAS: El compuesto conocido como DIMBOA (2,4-dihidroxi-7-metoxi-2H-1,4-benzoxaxin-3-ona) en el maíz disuade a las larvas de Ostrinia nubilalis de alimentarse. La concentración de DIMBOA es mayor en plantas jóvenes.

AROMATICOS DERIVADOS DEL ACIDO SHIQUIMICO Y EL ACETATO :

Miristicina en Quercus macrocarpa es un inhidor del

crecimiento de Bombyx mori, al igual que la sesamina y la kobusina producida por Magnolia kobus.

ALCALOIDES : Un ejemplo es la nicotina producida por Nicotiana tabacum y que afecta el sistema nervioso y causa "envenenamiento estomacal" a muchos insectos. Este alcaloide ha sido utilizado como plaguicida agrícola, aunque el gusano del tabaco Manduca sexta es resistente al efecto tóxico de éste. Otros ejemplos son la solanina, tomatina y denisina, producidas por algunas especies de Solanum, y que son disuasivos de la alimentación de larvas y adultos de Leptinotarsa decemlineata.

INHIBIDORES DE LA PROTEASA Y AMINOACIDOS NO PROTEICOS : La L-canavanina presente en semillas de Dioclea megacarpa (Leguminosae) posee propiedades alomónicas contra Manduca sexta y Prodenia eridania, pero no contra Caryedes brasiliensis (Bruchidae) que se alimenta exclusivamente de estas semillas.

GLUCOSIDOS : El 2-Feniletíl isotiocianato de Brassica rapadisuade a Drosophila melanogaster de alimentarse, no obstante, muchos insectos que utilizan esta planta como huésped emplean este compuesto como Kairomona.

2.3.6. Bases morfológicas de la resistencia

Los factores morfológicos (físicos) de resistencia, interfieren físicamente con los mecanismos locomotores; específicamente con los mecanismos de selección del huésped, alimentación, ingestación, digestión que alteran los procesos conductuales y metabólicos de los insectos. Las barreras o disuasivos físicos que se anteponen a ellos, como los tricomas, ceras superficiales, silificación o esclerosamiento de los tejidos son, sin embargo, expresiones de procesos bioquímicos genéticamente regulados; además las alomonas que afectan los procesos etológicos y metabólicos de los insectos pueden localizarse en estructuras morfológicas de las plantas, y así los factores químicos y físicos de resistencia se entrelazan en un continuum de defensa (29).

Las defensas morfológicas de las plantas contra los insectos, actúan a larga distancia o muy de cerca (por ejemplo al hacer contacto), habiéndose estudiado muy poco las primeras. Las defensas por contacto varían desde tejidos gruesos no diferenciados hasta órganos muy especializados. Gran parte de la resistencia práctica inducida por el hombre en las plantas de cultivo tiene por base factores morfológicos, los cuales pueden clasificarse como factores remotos y factores cercanos o de contacto, según Norris y Kogan (29).

2.3.6.1. Factores remotos

COLOR : No existen muchas evidencias experimentales en cuanto al efecto del color sobre la percepción a gran distancia de las plantas. Gran parte de la información disponible sobre la influencia del color, provienen de estudios sobre áfidos. La mayoría de estos insectos son atraídos por hojas que reflejan luz dentro del rango de 500 a 600 n m (amarillo-verde), pareciendo ser más importante el estado de desarrollo de éstas más que la especie vegetal.

Para algunos insectos, las plantas saludables, de color verde profundo, resultan menos atractivas que las plantas cloróticas en situación de estrés. El picudo del algodón Anthonomus grandis es más atraído por plantas verdes de algodón que por las plantas rojas, cuando crecen juntas (28,29). También en condiciones de campo se ha observado que Toxotrypana es atraída a trampas verdes y no a trampas de color amarillo, sin embargo si se agregan no diferencian o manifiestan ninguna preferencia por el color verde (32).

FORMA : Es probable que la percepción de la forma estimule ciertos patrones generalizados de comportamiento, aunque todavía no se asocia ningún mecanismo de resistencia vegetal con la forma de la planta de modo directo. Sin embargo, ciertas características morfológicas podrían tener relación con otros factores de resistencia. En el caso del nabo la forma de su parte aérea no influyo sobre Hylemya floralis, el gusano del nabo, pero las variedades de raíces fuertes,

redondeadas y largas resultaron más tolerantes que las variedades de raíz delgada. En este ejemplo la forma de la raíz sería el criterio de selección para los programas de mejoramiento (29).

2.3.6.2. Factores cercanos o de contacto

ENGROSAMIENTO DE LAS PAREDES CELULARES Y RAPIDA

PARTICIPACION DE LOS TEJIDOS VEGETALES : El engrosamiento de las paredes celulares es consecuencia de una acumulación de celulosa y lignina; lo cual vuelve a los tejidos más resistentes a la acción de las mandíbulas o a la penetración de la proboscis u ovipositores de los insectos. Cuthbert y Davis, observaron que el espesor de las paredes de la vaina del caupii, Vigna sinensis, interfiere en la penetración del picudo del caupi Chalcodermus aeneus (29).

SOLIDEZ Y OTRAS CARACTERISTICAS DEL TALLO : Los cambios en algunas características del tallo, someros o profundos, pueden disminuir la adecuación de la planta para sus herbívoros; por ejemplo en la caña de azúcar, las larvas jóvenes de Diatraea saccharalis se alimentan inicialmente de los tejidos foliares y más tarde penetran al tallo. La lignificación de las paredes celulares y el número de capas de células del esclerénquima tienen papeles muy importantes en la resistencia de la caña a las larvas de primero y segundo estadio (29).

TRICOMAS : Las especies de insectos responden de distinta manera a la presencia de pilosidades en las plantas.

La pubescencia, que es el conjunto de tricomas que cubre la superficie de una planta como factor de resistencia, interfiere con la oviposición, fijación a la planta, alimentación y digestión del insecto. En general, los efectos mecánicos de la pubescencia dependen de cuatro características principales de los tricomas : densidad, verticalidad, longitud y forma. En ciertos casos los tricomas cuentan con glándulas asociadas que exudan metabolitos secundarios de la planta. Además la pubescencia afecta la locomoción y la conducta relacionada con factores aleloquímicos (29).

CERAS SUPERFICIALES : Las cutículas de la mayoría de las plantas vasculares están revestidas por una capa delgada de compuestos muy hidrofóbicos que en conjunto se les denomina cera. Al parecer, el efecto de las ceras de algunas plantas es inhibitorio sobre unos hervíboros y excitantes sobre otros. El follaje ceroso normal de brócoli Brassica oleracea var. italica, es más resistente al ataque del escarabajo de la col, Phyllotreta albionica, que un mutante de hojas muy lustrosas (29).

ADAPTACIONES ANATOMICAS DE LOS ORGANOS : La presencia de ligeras variaciones morfológicas en las plantas ocasionan a menudo diferencias en la adecuación a los herbívoros. Con mucha frecuencia estas alteran la eficacia de otros factores que provocan mortalidad. El mutante "frego" del algodón (Gossypium hirsutum) significa menor sobrevivencia del gusano

ligeras variaciones morfológicas en las plantas ocasionan a menudo diferencias en la adecuación a los herbívoros. Con mucha frecuencia estas alteran la eficacia de otros factores que provocan mortalidad. El mutante "frego" del algodón (Gossypium hirsutum) significa menor sobrevivencia del gusano del algodón Heliothis zea y resistencia al picudo del algodón Anthonomus grandis (29). Según Jones y colaboradores, citados por Niles (28), el mecanismo de resistencia conferido por este rasgo es del tipo "no preferencia"

2.3.7. Factores que influyen en la manifestación de la resistencia.

Estos factores pueden ser agrupados en tres tipos distintos, según Mesquita, Bartoli y Leal (26): Factores de la planta, del insecto y del ambiente.

FACTORES DE LA PLANTA :

- a) Edad : los insectos atacan las plantas con diferentes intensidades, dependiendo de la fase de desenvolvimiento en que esta se encuentre.
- b) Parte infestada de la planta : los insectos no infestan igualmente todas las partes de la planta, necesiándose hacer comparaciones en una misma parte.
- c) Infestación anterior por enfermedades u otras plagas : puede causar alteraciones en las características morfológicas y fisiológicas de la planta.

hábitos alimenticios distintos entre la fase adulta y larval, y la cantidad de alimento ingerido varía de acuerdo con su edad.

- b) **Especie, raza o biotipo** : la identificación correcta del insecto es de gran importancia para las pruebas de resistencia.
- c) **Condicionamiento previo** : ciertos insectos eligen si alimentarse u ovipositar una variedad o planta en que se alimentó anteriormente.
- d) **Tamaño de la población** : una planta manifiesta su resistencia a cierta plaga ante determinado nivel de infestación.

FACTORES AMBIENTALES

- a) **Climáticos y edáficos** : humedad relativa, temperatura y nutrientes y sales minerales del suelo.
- b) **Infestación de otros insectos**: que puede alterar la fisiología de la planta, y consecuentemente, de ese comportamiento a una determinada especie de insecto.
- c) **Predación y parasitismo**.
- d) **Epoca de siembra**.
- e) **Densidad de siembra**.
- f) **Tamaño de las parcelas**.
- g) **Plantas adyacentes**.
- h) **Cultivos precedentes**.

2.4. Investigaciones sobre resistencia de frijol común
(Phaseolus vulgaris L.) a Apion godmani

Los primeros trabajos sobre resistencia del frijol común al picudo de la vaina se realizaron en México en el año de 1952 (18). A partir de entonces se ha venido realizando trabajos en ese país y en El Salvador en 1966 cuando Mancía evaluó más de 2000 líneas de frijol e identificó a 11 de éstas como altamente resistentes (16).

Posteriormente en 1979, el Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT, amplió trabajos en resistencia varietal de frijol a Apion godmani (8).

En 1980, en Honduras, Phillips y Peairs, citado por Salguero (34), estudiaron el comportamiento de 12 variedades de frijol ante Apion godmani y encontraron una variación entre el 6 y 37% de semilla dañada.

Hallman, Beebe y Salguero, mencionan que hasta el año de 1985 no se habían estudiado mecanismos de resistencia (18).

El Centro Internacional de Agricultura Tropical, a través de la Red Internacional de Apion, ha realizado estudios sobre antixenosis, antibiosis y tolerancia en el área de distribución geográfica de esta plaga del cultivo del frijol. En Honduras para el trabajo pionero sobre antibiosis se utilizaron las líneas de frijol APN-83 Y APN-84 (resistentes) y Desarrural (susceptible). En México el ensayo se realizó con las variedades Canario-107 (susceptible) y Amarillo-154

(resistente). En los países los trabajos se realizaron a nivel de campo con una infestación natural (16).

En Honduras se encontró que el número de huevecillos de Apion godmani presentes en vainas es similar para variedades resistentes y susceptibles, pero al realizar un conteo subsecuente se detectó que el número de larvas muertas era mayor en las variedades resistentes, alcanzando un 28.2% en APN-83 y 26.9% en APN-84, mientras que en la variedad Desarrural de tipo susceptible fué de 3.2%, por lo que se considera que en estas variedades puede estar presente el mecanismo de resistencia denominado antibiosis. En el trabajo realizado en México, el número de huevecillos detectados fue mayor en la variedad susceptible que en la resistente, encontrándose un total de 117 en la primera y 5 en la segunda. Esta diferencia en la ovipostura ha sido asociada con la textura fibrosa que presentan las vainas de la variedad resistente (Amarillo-154). Por otra parte no se encontró mortalidad de larvas por lo que se descartó el principio antibiótico como causa de resistencia por lo cual este se califica como una antixenosis morfológica (16).

Siempre en Honduras continuaron los estudios sobre mecanismos de resistencia a Apion godmani encontrándose mayor mortalidad en APN-83 que en Desarrural en todo período de crecimiento, encontrándose que la mortalidad larval en el mesocarpio fué sustancialmente mayor que en la semilla en desarrollo. Estos resultados confirman los anteriores y proporcionan una indicación adicional que la antibiosis es el

mecanismo responsable de la resistencia al picudo de la vaina (10).

En El Salvador, Franco, Hernández y Rivera (15), en 1988, realizaron un trabajo en la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador que consistió en un estudio de antibiosis y antixenosis como causas de la resistencia de dos genotipos de frijol común al picudo de la vaina; utilizando los genotipos Rojo de Seda como susceptible y APN-83 como resistente, obteniendo los siguientes resultados : El número de huevos fue mayor en el genotipo susceptible que en el resistente, aunque las diferencias no fueron estadísticamente significativas; en las vainas del genotipo APN-83 se detectó un porcentaje de mortalidad de 94.74% en contraste con el cero por ciento en Rojo de Seda; se encontró también que el contenido de fibra de la vaina puede influir en forma parcial en el mecanismo de antixenosis, ya que el genotipo APN-83 tiene el mayor contenido y es menos preferido para ovipositar.

3. MATERIALES Y METODOS

El trabajo se realizó en el invernadero y Laboratorio del Departamento de Protección Vegetal de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, ubicada en San Salvador a 710 msnm, bajo condiciones de temperatura promedio de 22,6 °C y humedad relativa de 77% (6), durante el período de julio a diciembre de 1989 y 1990.

El estudio incluyó pruebas de selección del substrato de oviposición por parte de adultos de Apion godmani en función del substrato de alimentación foliar previa por parte de los mismos, y algunos experimentos relacionados con preferencia de tales insectos al alimentarse del follaje de los genotipos Rojo de Seda (susceptible) y APN-83 (resistente) de frijol común. Se hicieron algunos implantes artificiales de fases inmaduras del insecto de vainas y semillas del genotipo resistente APN-83.

3.1. Prueba de selección del substrato de ovipostura

Las pruebas de selección del substrato de ovipostura se hicieron en tres repeticiones, que, debido a limitaciones de tiempo y materiales, no fueron simultáneas, realizándose la primera a partir del 14 de agosto de 1989 y la segunda y tercera a partir del 25 de julio de 1990.

3.1.1. Recolección del material infestado y obtención de adultos.

El trabajo dió inicio con la recolección de vainas de frijol común maduras y con síntomas de daños de Apion godmani: vainas flácidas, torcidas, vanas y con pequeñas aberturas como punzaciones, rodeadas de un área blancuzca ligeramente levantada (9,22,35,39). La recolección se realizó en algunas frijoleras del país con problemas graves de ataque de picudo, tales como: Chalchuapa (Santa Ana), Ciudad Arce (La Libertad), Llano La Laguna (Ahuachapán), San Sebastián y Molineros (San Vicente); y fue con los insectos recolectados en estos dos últimos lugares de San Vicente con lo que se hicieron las pruebas. También se visitaron otros lugares tales como: Los Naranjos (Sonsonate), Tacuba (Ahuachapán) y Las Pilas (Chalatenango) en busca de material infestado con Apion godmani, pero no se pudo identificar como tales a los insectos recolectados. Además se sembraron parcelas de frijol Rojo de Seda en Ilopango (San Salvador), para obtener vainas infestadas. El material traído del campo se confinó en cajas entomológicas modificadas (Fig. 1) a las cuales se les sustituyó la tapa de vidrio por una cubierta de organdí, cubriéndola con papel negro. Lateralmente la caja fue perforada para instalar botes plásticos con pequeños tubos de vidrio transparente en donde se concentraban y colectaban los adultos de Apion godmani con ayuda de un succionador simple (Fig. 2).

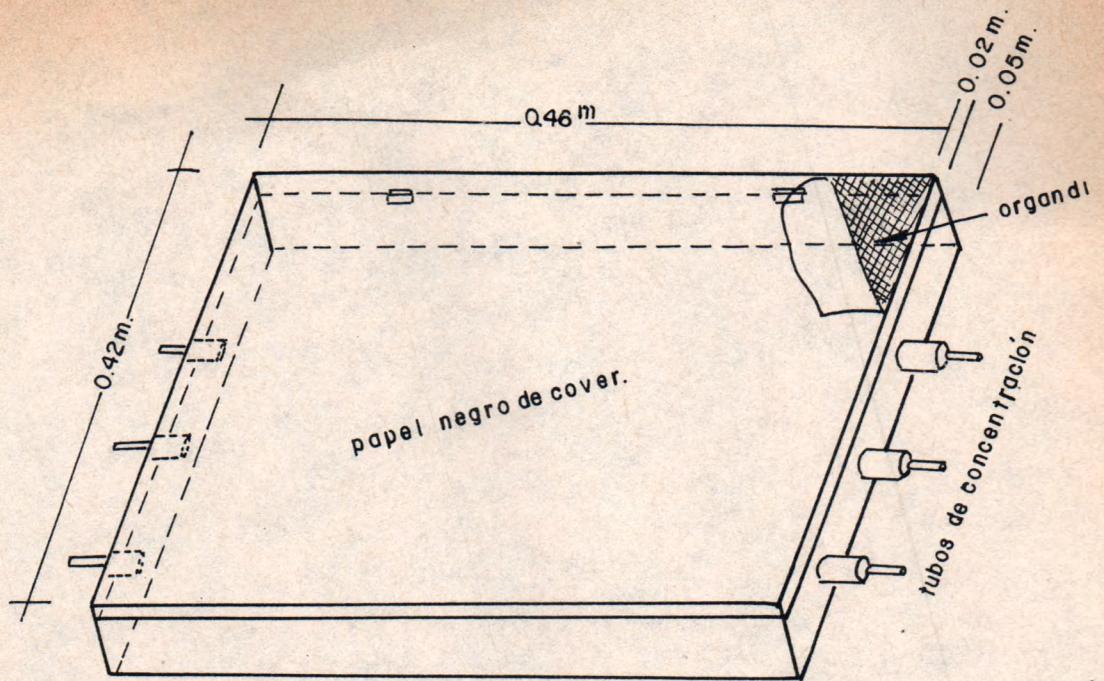


Fig. 1 Caja entomológica modificada para la obtención de adultos de Apion godmani

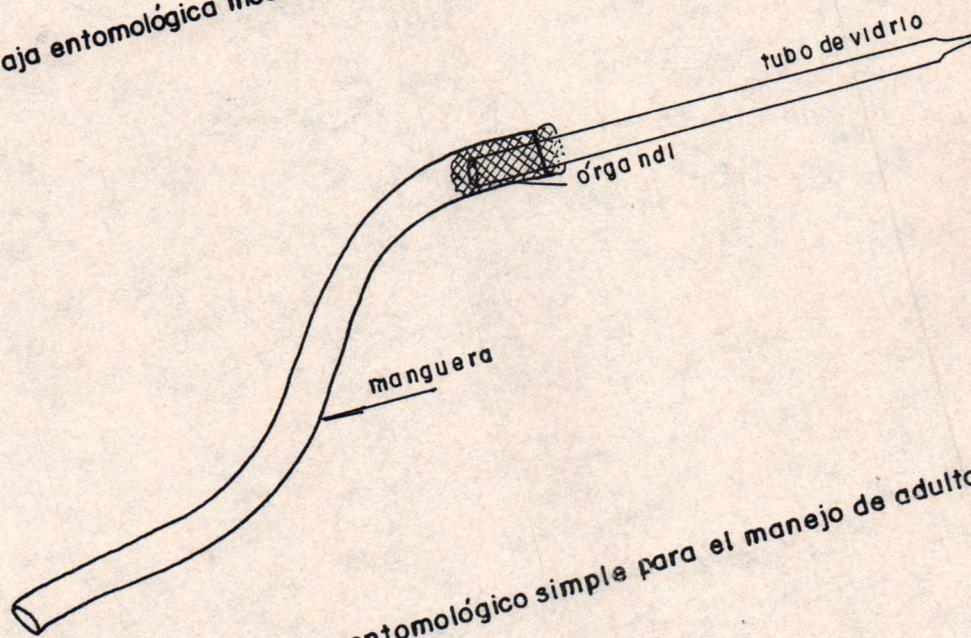


Fig. 2 Succionador entomológico simple para el manejo de adultos

La obtención de adultos se facilitaba abriendo las vainas infestadas; y al emerger los insectos adultos se trasladaban a una jaula (Fig. 3), que contenía follaje de Desmodium nicaragüense, ya que algunos autores consideran hospedero alternativo a Desmodium sp. (9); éste alimento permitió la sobrevivencia de los insectos mientras eran sexados uno por uno para conocer la cantidad de parejas con que se contaba; no se utilizó Phaseolus ya solamente se contaba con follaje de los genotipos en estudio y esto podría haber influido en la preferencia del insecto. Tal procedimiento se realizó solamente en la primera repetición ya que para la segunda y tercera el sexado se efectuó únicamente después que los insectos se habían alimentado el tiempo estipulado de los genotipos en estudio. El realizar un sólo sexado redujo el manipuleo y las molestias inherentes para el insecto, así éstos pasaron directamente de las vainas traídas del campo a las jaulas de alimentación a comer follaje de frijol, del genotipo resistente la mitad y el resto del genotipo susceptible. Para estimar la cantidad de parejas disponibles, se tomó en cuenta la proporción de machos y hembras que menciona Mancía (24), de 50 y 53% de machos y 46,4 a 50% de hembras. Luego del período de alimentación se sexaban nuevamente (en las tres repeticiones) para distribuir igual número de parejas en las jaulas de ovipostura. El sexado se realizó reconociendo a los machos por notoria pubescencia en toda la longitud de la proboscis, la cual falta en la hembra y se presenta escasa en menos de la mitad proximal de la proboscis (Fig. 4).

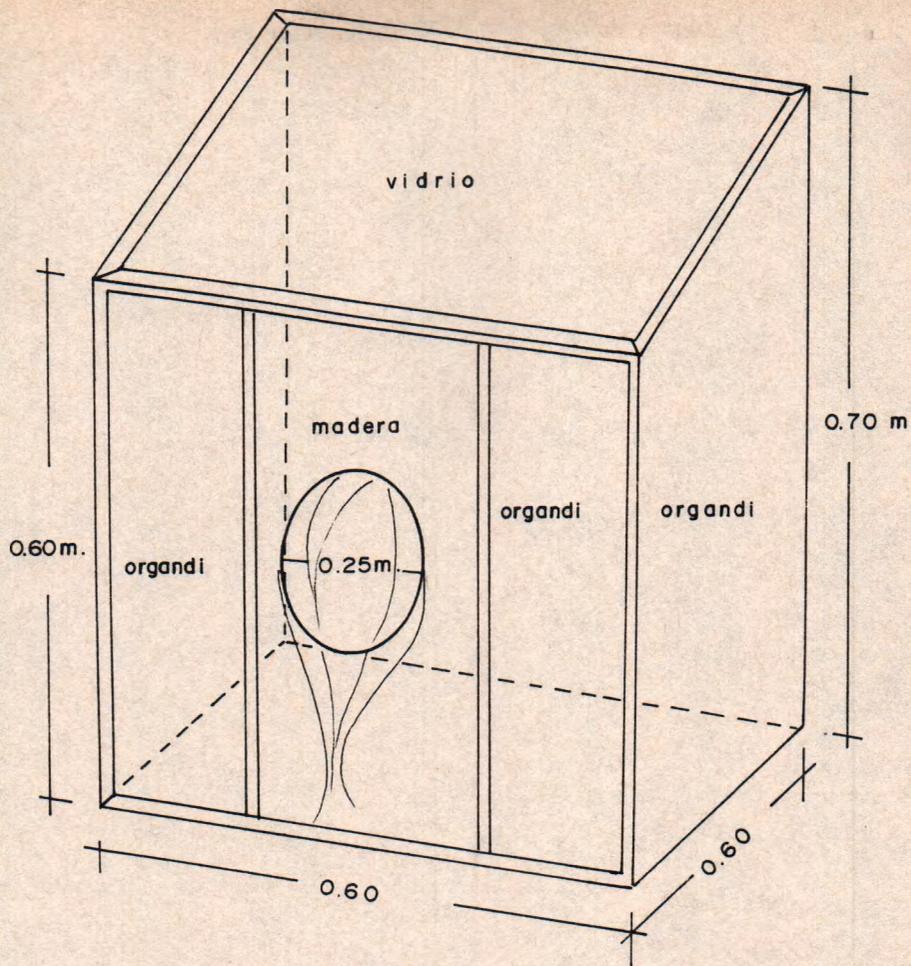


Fig. 3 Jaula para el confinamiento de adultos de Apion godmani previo al sexado



Fig. 4 Diferencias morfológicas entre el macho y la hembra adultos de Apion godmani w .

Adicionalmente se conoce que por lo general la apariencia de la superficie de la proboscis del macho es opaca, corta y gruesa y la de la hembra es lisa y brillante además delgada y larga (9,24). Estas características morfológicas diferenciales se examinaron en cada individuo con ayuda de un microscopio estereoscópico, empleando un dispositivo tabular de vidrio transparente usado como microjaula de sexado (Fig. 5).

3.1.2. Estudio del efecto acondicionamiento alimenticio foliar aplicado a insectos adultos, sobre su preferencia posterior en daños a vainas

3.1.2.1. Acondicionamiento alimenticio foliar

Del total de adultos sexados la mitad de las parejas se colocaron en una jaula para que se alimentaran de follaje de frijol común resistente (APN-83) y la otra mitad de parejas en otra jaula con plantas de frijol común susceptible (Rojo de Seda). En ambas jaulas las plantas tenían de 10 a 15 días después de la siembra, y estaban sembradas en bolsas de polietileno de 9" x 12", cada bolsa con dos plantas, habiendo 6 bolsas por jaula, a estas jaulas se les llama jaulas de alimentación (Fig. 6). En ellas los insectos se alimentaron de follaje durante 15 días, colocando bolsas con plantas nuevas cuando el follaje estaba muy dañado. Este tiempo permitió que los picudos pudieran copular y estar aptos para la oviposición,

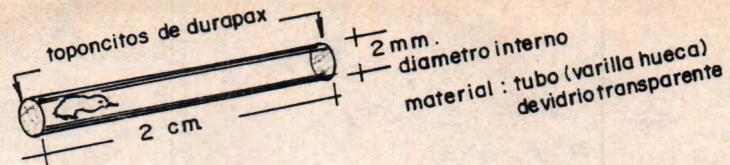


Fig. 5 Microjaula de sexado para adultos de Apion godmani .
 forma de usarlo : con las microjaulas previamente tapadas de un
 extremo con un toponcito de durapax, se atrapan los adultos de
 Apion dentro de la jaula de la figura 3, luego se tapa el otro
 extremo con otro toponcito de durapax, quedando asi el in-
 secto con poca movilidad listo para ser visto bajo el micros-
 copio estereoscopico y determinar su sexo .

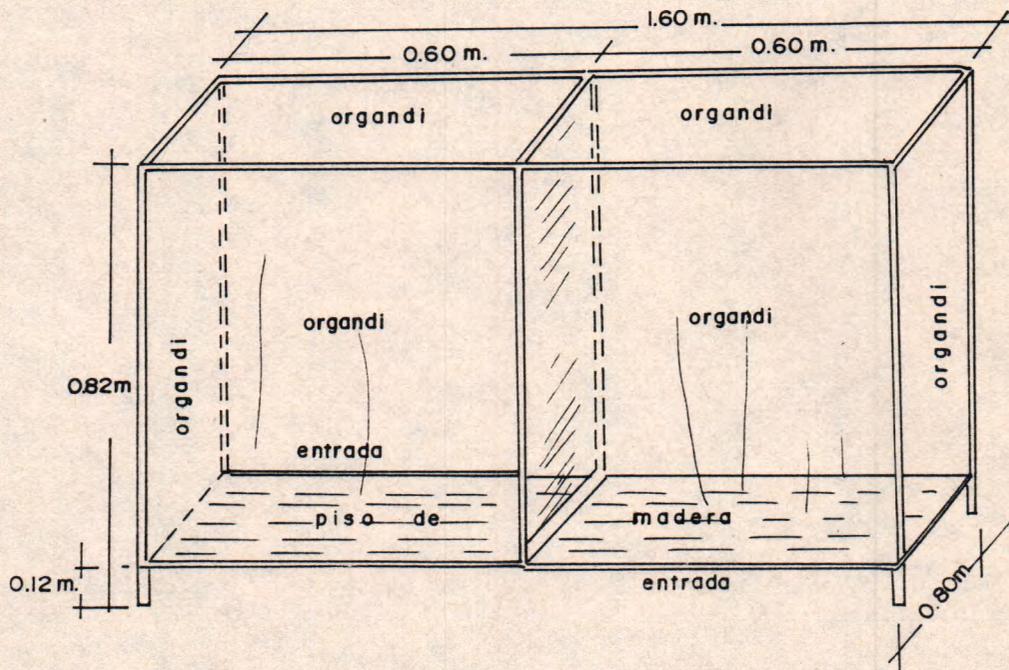


Fig. 6 Jaula de alimentación para la prueba de selección de
 sustrato de oviposición de Apion godmani .

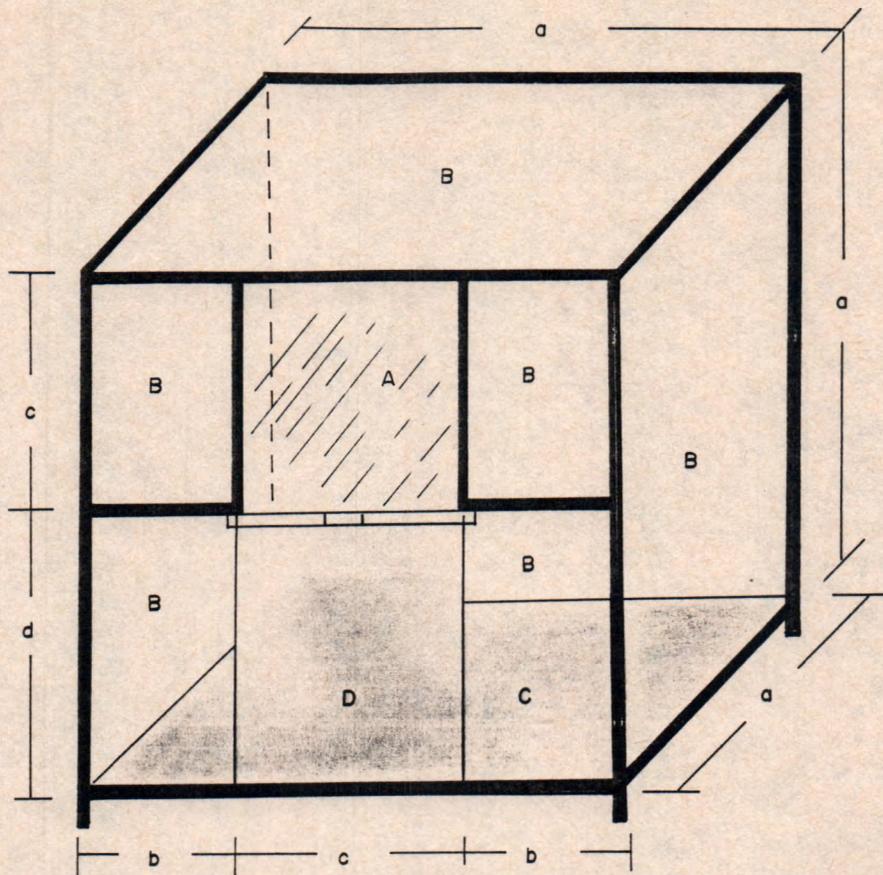
ya que Mancía (25), menciona que después del apareamiento necesitan de 4 a 15 días para ovipositar. Se procuró que las plantas no llegaran a la producción de flores y/o pequeñas vainas, por medio de podar los botones cuando aparecían, evitándose así que los picudos (hembras) gastasen su capacidad de ovipostura, reservándola para la próxima fase del trabajo experimental.

3.1.2.2. Preferencia en daños a vainas :

Descripción de experimentos

Después de los 15 días de la alimentación del follaje de frijol común, los insectos se sexaron individualmente para disponer de igual número de parejas para cada una de las 14 jaulas tienen un volumen de 0,343 m³ (Fig. 7), colocando en la mitad de ellas adultos con alimentación previa con follaje APN-83 y en las otras siete, adultos alimentados con follaje de Rojo de Seda. Las jaulas contenían diversas combinaciones de plantas de frijol común: Genotipos susceptibles o resistentes, solos o mezclados; con una edad propicia para el inicio de floración de ellos como se indica a continuación: Para los genotipos Rojo de Seda y Desarrural se usaron plantas de 30 días de edad y de 35 días de edad para APN-83, ya que la floración de este último se atrasa 5 días respectivamente al de Rojo de Seda.¹ Las plantas estaban sembradas en bolsas de

1 VENTURA ELIAS, R. 1989 Técnico agrometereología. Depto. Granos Básicos, CENTA, San Andrés, El Salvador (Comunicación personal).



A : Vidrio de 2 mm. de espesor

a = 0.7 mts.

B : Organdí blanco

b = 0.2 mts.

C : Piso de madera

c = 0.3 mts.

D : Puerta corrediza de madera

d = 0.4 mts.

Fig. 7 Jaula de ovipostura para la prueba de selección del sustrato de ovipostura de Apion godmani.

polietileno de 9" x 12", y se sembraron la última quincena de 1989 y 1990, cada bolsa contenía dos plantas, colocando 12 bolsas por jaula, las cuales se distribuyeron entre los diferentes genotipos de acuerdo al tratamiento. Los tratamientos experimentales instalados en las jaulas fueron los siguientes:

- T1 : Jaula con plantas Rojo de Seda
- T2 : Jaula con plantas Desarrural
- T3 : Jaula con plantas APN-83
- T4 : Jaula con plantas Rojo de Seda, Desarrural y APN-83
- T5 : Jaula con plantas Rojo de Seda y Desarrural
- T6 : Jaula con plantas Rojo de Seda y APN-83
- T7 : Jaula con plantas Desarrural y APN-83

Estos tratamientos se hicieron con picudos alimentados durante 15 días con follaje de frijol común Rojo de Seda y,

- T8 : Jaula con plantas Rojo de Seda
- T9 : Jaula con plantas Desarrural
- T10 : Jaula con plantas APN-83
- T11 : Jaula con plantas Rojo de Seda, Desarrural y APN-83
- T12 : Jaula con plantas Rojo de Seda y Desarrural
- T13 : Jaulas con plantas Desarrural y APN-83

Estos últimos tratamientos se hicieron con picudos alimentados con follaje de frijol común APN-83. La distribución de los tratamientos dentro del invernadero se hizo al azar (Fig. 8), y en cada jaula había más de un

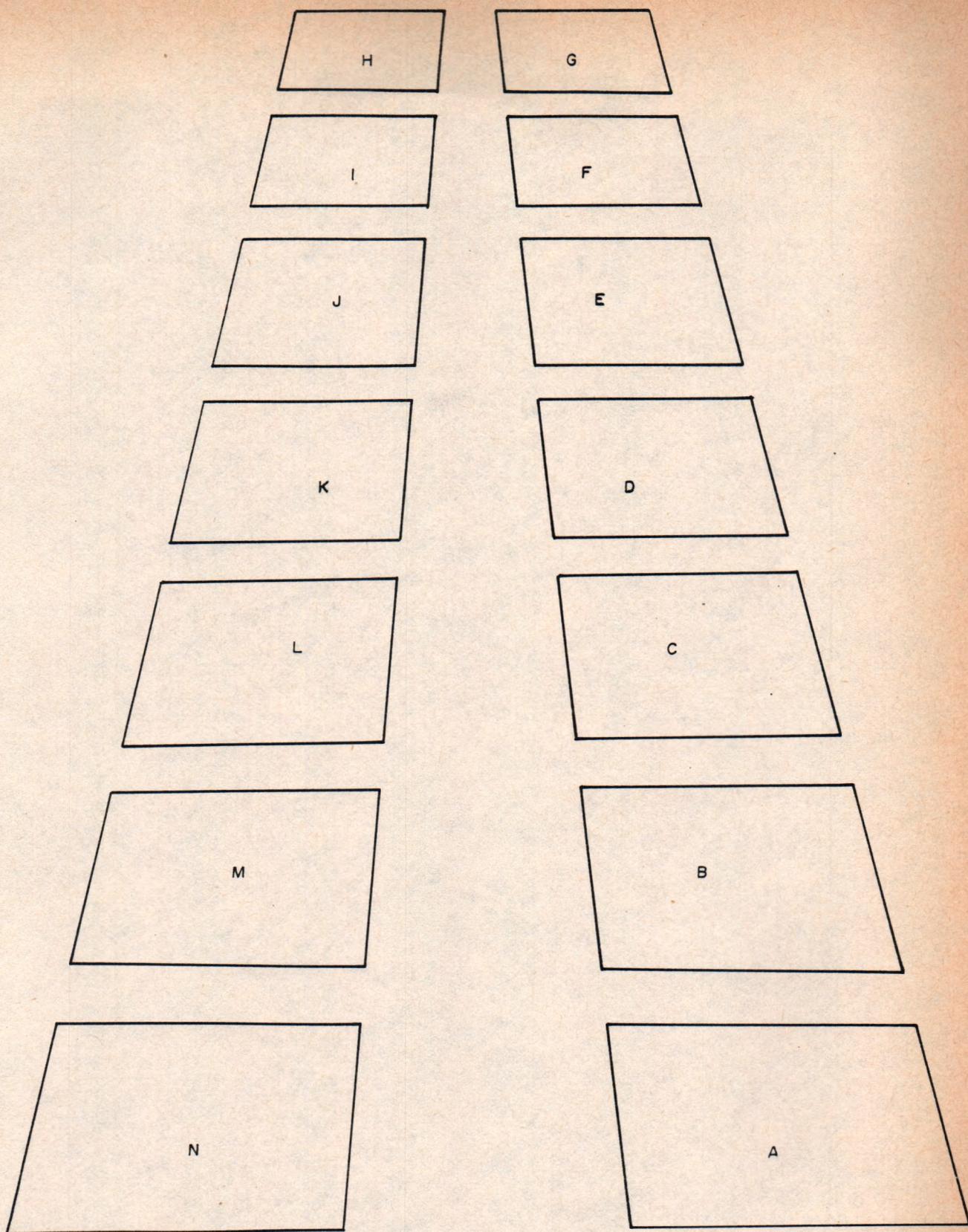


Fig. 8 Distribución de los tratamientos para la prueba de selección del sustrato de ovipostura de Apion godmani, en la primera repetición.

genotipo la distribución se hizo de forma alterna, y se colocaban 12 bolsas, cuando eran dos genotipos se colocaban 6 y 6, para 3 genotipos 4,4 y 4 bolsas. Los genotipos Rojo de Seda y Desarrural son susceptibles a la plaga en estudio y la línea APN-83 es resistente.

Para la segunda y tercera repetición no se pudo disponer de semilla del genotipo Desarrural por lo cual se omitieron los tratamientos T2, T4, T5, T7, T9, T11, T12 y T14, quedando únicamente los siguientes tratamientos.

<u>Tratamiento</u>	<u>Genotipo de Alimentación</u>	<u>Genotipo de Ovipostura</u>
T1	Rojo de Seda	Rojo de Seda
T2	Rojo de Seda	APN-83
T3	Rojo de Seda	Rojo de Seda y APN-83
T4	APN-83	Rojo de Seda
T5	APN-83	APN-83
T6	APN-83	Rojo de Seda y APN-83

La distribución de los tratamientos se realizó completamente al azar al igual que para la primera repetición (Fig. 9). Cuando la jaula tenía más de un genotipo las plantas se colocaron en forma alterna en igual forma que en la primera repetición (Fig. 10). El registro de datos en cada jaula se realizó cada 5 días, y consistió en la información relativa a: Tamaño de vainas, número de daños o perforaciones, número de huevos, número de larvas y número de pupas.

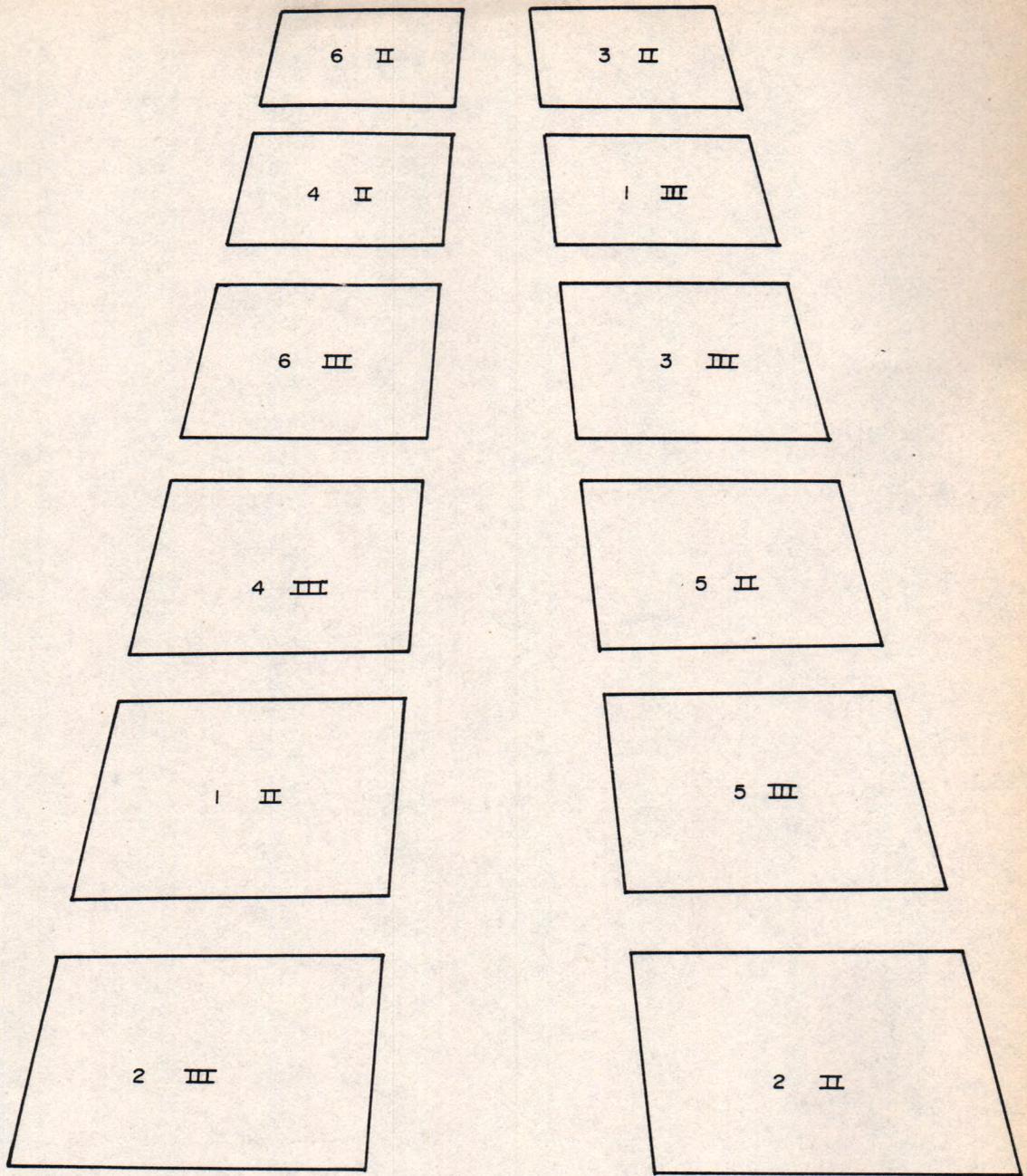


Fig. 9 Distribución de los tratamientos para la prueba de selección del sustrato de ovipostura en la II y III repetición.

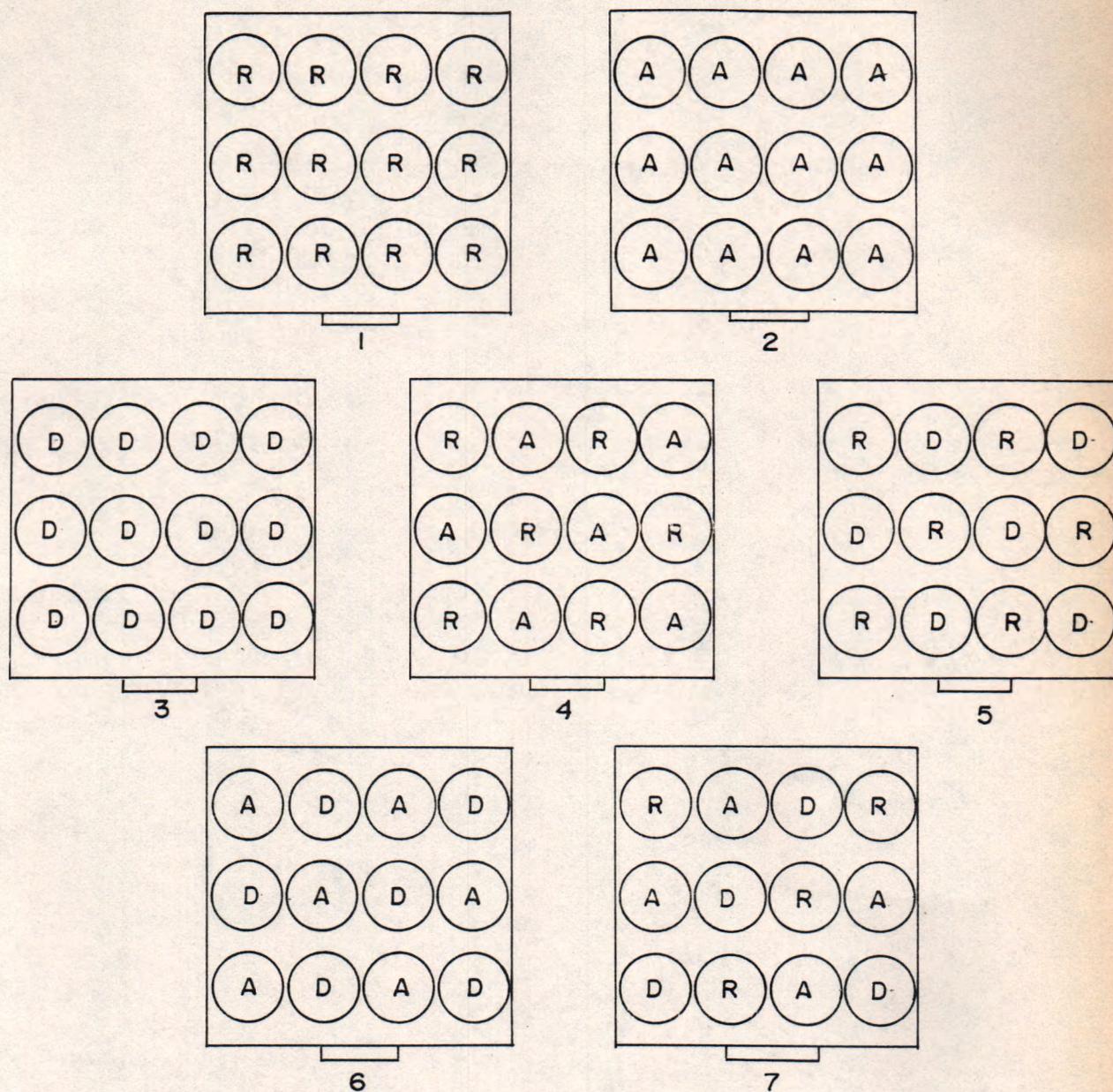


Fig. 10 Distribución de las macetas de frijol común dentro de las jaulas de ovipositora en las diferentes tratamientos para la prueba de selección del sustrato de ovipositora por parte de adultos de *Apion godmani*. A: APN-83; R: Rojo de seda; D: Desarrural. 3, 5, 6 y 7 solo se utilizaron en la primera repetición.

La recolección de vainas se hizo jaula por jaula, cortando las vainas por el pecíolo con ayuda de tijeras, luego envolvían en papel toalla humedecido para evitar la desecación y se colocaban dentro de bolsas plásticas previamente identificadas con el número de tratamiento y el genotipo correspondiente. A continuación se trasladaban al Laboratorio de Protección Vegetal para su estudio: Inicialmente se medía su longitud desde la unión del pedúnculo con el cuerpo mismo de la vaina hasta su extremo distal; Luego se procedía a contar el número de perforaciones (daños) que presentaban bajo el microscopio esteroscópico. A continuación de estos proceso preliminares se procedió a levantar el epicarpio con la ayuda de agujas de disección y el microscopio estereoscópico en los lugares en que se encontraban perforaciones, de acuerdo con la tecnología propuesta por Mancía (24); esto se hacía con el objeto de buscar huevos, larvas o pupas y cuando no se encontraba ninguno de éstos, se consideraba que estas perforaciones eran únicamente con fines de alimentación de adultos y no ovipostura, todo esto se registraba en un cuadro, el cual se identificaba con fecha, muestra, repetición, etc. (Anexo 1).

El análisis estadístico para la interpretación de los resultados fue bajo el diseño completamente al azar (Fig. 8 y 9), utilizándose Rojo de Seda como susceptible y APN-83 como resistente. Para la alimentación se utilizó el follaje y las vainas para la ovipostura. En el caso del genotipo Desarrural (susceptible) que sólo se utilizó en la primera repetición en

la ovipostura y su comportamiento con respecto a los otros genotipos mencionados anteriormente se analizó en base a gráficos.

Algunos estados inmaduros que procedían de las vainas del genotipo Rojo de Seda se trasladaban a cajas Petri conteniendo papel toalla humedecido con agua destilada y vainas del mismo genotipo, para luego ser utilizadas en las pruebas de implantes de estados inmaduros sobre vainas del genotipo resistente APN-83 (descrita a continuación); y otros que se criaron hasta adultos sirvieron para pruebas de cuantificación de daños de alimentación en hojas (descritas más adelante).

3.2. Implante de estados inmaduros de Apion godmani en vainas incompletas de frijol común APN-83.

Para la realización de esta prueba se sembraron en bolsas de polietileno plantas de genotipo APN-83 en el invernadero en diferentes fechas para obtener vainas sanas de diferentes tamaños. Los estados inmaduros de Apion godmani procedían de vainas del genotipo susceptible Rojo de Seda muestreadas en la prueba de selección del substrato de ovipostura.

En el Laboratorio de Protección Vegetal con la ayuda del microscopio estereoscópico y agujas de disección y procurando condiciones asépticas de manejo para evitar

infestación de hongos u otros patógenos, se procedió a colocar las larvas en el tejido de las vainas bajo dos modalidades; una usando sólo el mesocarpio, conocido como valva y la otra solamente las semillas. Para ambos casos se medía el tamaño de la vaina utilizada y el ancho cefálico de las larvas utilizando tablas de calibración micrométrica (Anexo 2), para conocer de alguna forma su estadio larval. El material vegetal implantado con los estadios inmaduros se confinó en cajas petri previamente desinfestadas con alcohol 70%, colocándose papel toalla humedecido para evitar la desecación del material vegetal. Las larvas se identificaron en las cajas Petri para facilitar su observación (Anexo 3), lo cual se hizo en un periodo de 15 días utilizando para esto el microscopio estereoscópico; además algunas veces hubo necesidad de cambiar el material vegetal, lo cual se realizaba de la forma antes descrita. Las observaciones se realizaban diariamente, considerando la mortalidad, la conducta de alimentación y el desarrollo de las larvas durante el periodo en mención.

Al final de la prueba se procedió a medir el ancho cefálico de las larvas que aún se encontraban completas para demostrar si habían pasado de un estadio larval a otro.

Paralelamente al implante de larvas, también se realizaron algunos implantes de huevos, manipulando éstos de similar forma y cuidados como se han descrito para las larvas, registrándose también similares observaciones.

3.3. Prueba de preferencia alimenticia con discos foliares.

Para esta prueba se utilizó un tipo de dispositivo especialmente adecuado para ello, que se denominó "Celda Trofológica para adultos de Apion godmani" (Trofos = alimentación, logos = estudio). Se utilizaron tres de tales dispositivos, los cuales son esencialmente fueron tres recipientes de plástico transparente que se modificaron para proporcionarle buenas condiciones tanto para los especímenes de Apion godmani como para el material en estudio.

Esta prueba se basa en uno de los criterios utilizados en la evaluación de la resistencia de plantas a insectos propuesto por Dahms, citado por Orthman y Peters (30), que se refiere al desarrollo y potencial reproductivo de insectos alimentados con diferentes plantas.

Se colectaron folíolos centrales de los genotipos Rojo de Seda (susceptible) y APN-83 (resistente), de los cuales se cortaron discos de 1,3 cm de diámetro con la ayuda de un sacabocados fabricado de un tubo industrial de acero (Fig. 11). En la celda 1 se colocaron 30 discos de genotipo Rojo de Seda; en la celda 2, se colocaron 30 discos del genotipo APN-83 y en la celda 3, se produjeron 15 discos de cada genotipo en forma alternada, sostenidos por alfileres entomológicos alrededor de una fuente de humedad constituida por una caja Petri conteniendo esponja y papel filtro saturados con agua destilada, todo esto sobre una base de

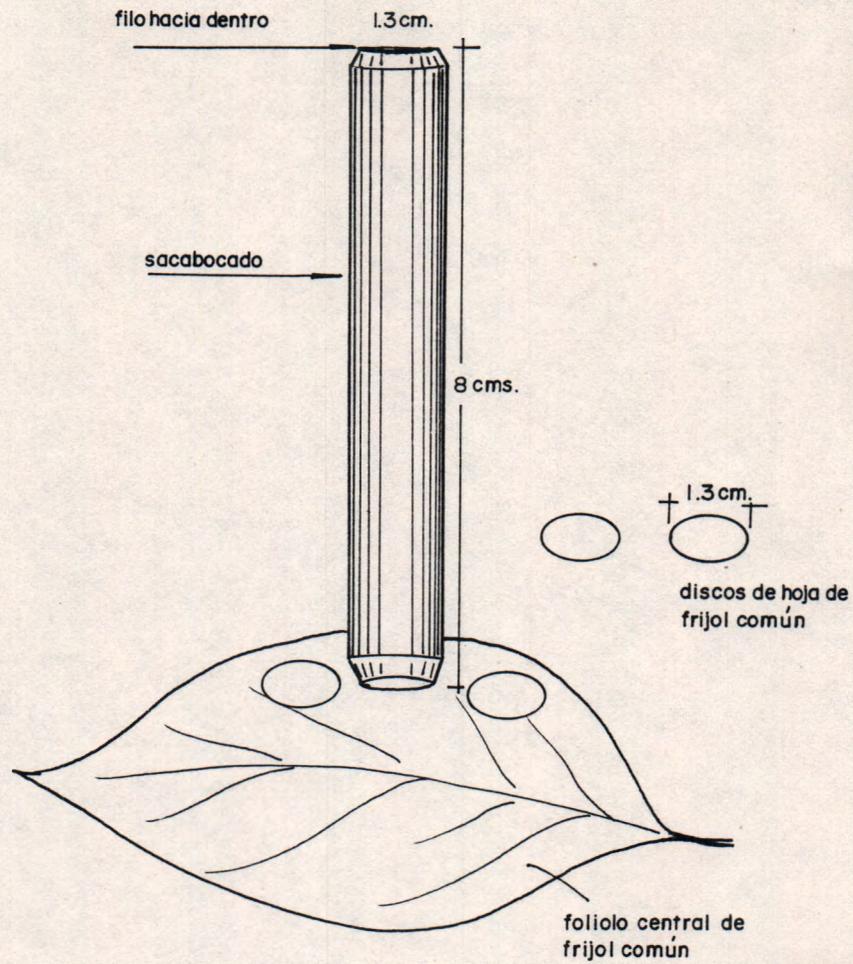


Fig. 11 Saca bocado fabricado de tubo industrial de acero, utilizado para la obtención de discos de hoja .

durapax (fig. 12). La metodología básica para esta prueba se deriva de las ideas señaladas por Hanson (19), Fagoonee y Toory (14) y Belder y Sediles (3), en algunas modificaciones apropiadas para el material biológico a estudiar en esta prueba.

A cada celda trofológica se le pusieron 7 parejas de adultos de Apion godmani criados en vainas de Rojo de Seda obtenidas en experimentos anteriores (prueba de selección del substrato de ovipostura). Se colocó un tapón de hule a cada celda en la parte de arriba para facilitar la provisión de agua mediante una jeringa a una fuente de humedad cuando fuese necesario. Cada celda trofológica después de instalarla se introdujo en una bolsa plástica con el fin de proporcionarle un microclima de su fuente de humedad para preservar en buen estado los discos foliares y también para evitar la fuga de olores liberados por los mismos.

La prueba tubo una duración de 48 horas, realizándose 3 observaciones, la primera 4 horas después de instalado y la segunda 24 horas después, con un intervalo de 20 horas entre una y otra observación. Para estas dos observaciones únicamente se anotaba la conducta de alimentación de los insectos, realizándose conteo de perforaciones que eran muy pocas y fácil de contar con la ayuda del microscopio estereoscópico, que genotipo era preferido y sí comían o no.

La tercera observación se hizo al final de la prueba, donde se contabilizaron perforaciones en todos los discos para cada genotipo y por cada celda trofológica para poder

determinar los niveles de preferencia. Este conteo se realizó también con la ayuda del microscopio estereoscópico, haciéndose difícil el conteo a simple vista por la alta cantidad de agujeros, además se contabilizó la mortalidad de insectos para las diferentes celdas.

3.4. Prueba de orientación olfática

El tipo de dispositivo para esta prueba es diferente al utilizado en la prueba anterior, proponiéndose el nombre de "Olfatómetro de Simple Difusión y de Doble Emisión". Se utilizaron dos de estos dispositivos ya que fueron dos experimentos realizados paralelamente. Este ensayo obedece a otro de los criterios utilizados para evaluar la resistencia de planta a insectos propuestos por Dahms, citado por Orthman y Peters (30), que propone que pueden emplearse hojas y flores en olfatómetros para determinar su capacidad atrayente.

Para cada dispositivo se utilizaron 3 recipientes plásticos transparentes, uno central denominado "celda de elección de estímulos olfáticos", de la cual dependían dos mangueras plásticas transparentes que conducían cada una a otra celda denominadas "celdas de emisión de estímulos olfáticos", que para el caso mantenían material foliar de frijol común Rojo de Seda (susceptible) y APN-83 (resistente). Todas las celdas fueron provistas de una fuente de humedad constituida por una caja Petri conteniendo esponja y papel filtro saturado con agua destilada, a las cuales se

les aplicaba el agua con jeringa las veces que fueron necesarias por medio de un orificio en la parte de arriba de cada celda, para asegurar se de que el material se mantuviera fresco (Fig. 13).

En cada uno de los dispositivos se realizó lo siguiente: En las "Celdas de Emisión de estímulos olfáticos" se colocaron folíolos centrales de frijol común Rojo de Seda en una y APN-83 en la otra. Luego en la "Celda de emisión de estímulos olfáticos" de cada dispositivo se colocaron adultos de Apion godmani que fueron colectados de las jaulas de alimentación utilizadas en la prueba de selección del substrato de ovipostura descrito anteriormente. En una se pusieron 59 adultos previamente alimentados con follaje del genotipo Rojo de Seda y en la otra 44 adultos previamente alimentados con el follaje del genotipo APN-83. Estos insectos no fueron sexados, desconociéndose inicialmente las proporciones de machos y hembras, además no todos los insectos eran de igual edad, ya que de donde provenían se estaban apareando y oviponiendo, pudiendo haber unas más jóvenes que otras. Seguidamente a cada celda de elección de estímulos olfáticos se les cubrió con cajas previamente fabricadas de papel cover negro para que la falta de luz los estimulara a abandonar dicha celda.

El objetivo fue el de evaluar la conducta de los adultos de Apion godmani ante las emanaciones de olores de las hojas de los genotipos en estudio, a los cuales los insectos

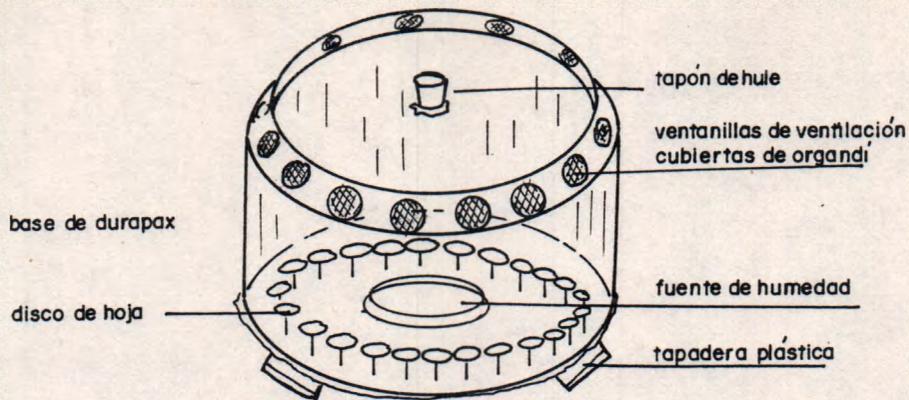


Fig. 12 Celda trofológica utilizada en las pruebas de selección alimenticia con discos foliares de frijol común por parte de adultos de Apión godmani.

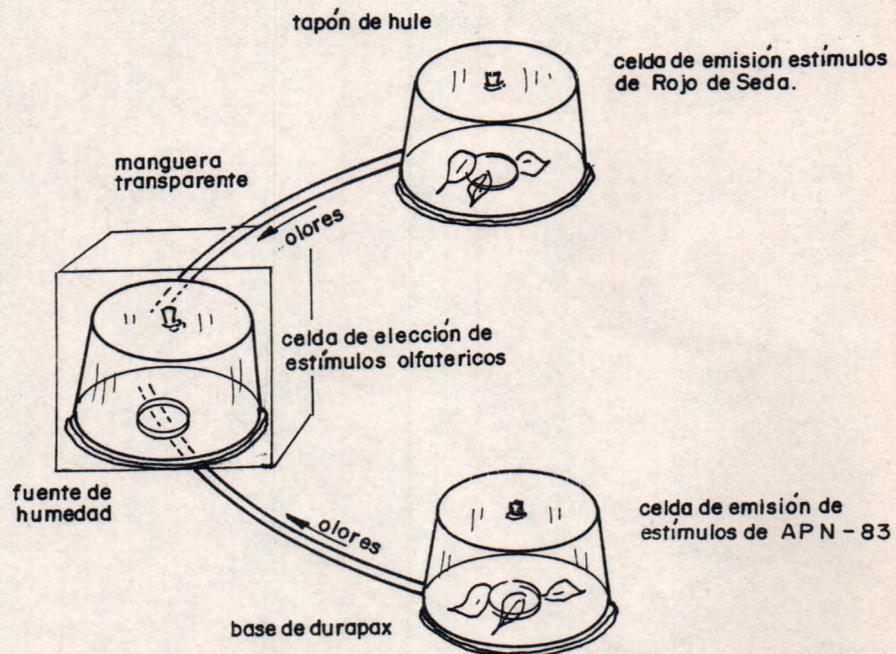


Fig. 13 Olfatometro de simple difusión y de doble emisión utilizado en las pruebas de orientación olfática por parte de adultos de Apion godmani.

responderían desplazándose por las mangueras hacia la celda que aparentemente seleccionen para su alimentación.

La prueba duró 72 hora, durante el cual se hicieron 3 observaciones, la primera y la segunda con un lapso de 12 horas, realizando la primera 12 horas después de instalada dicha prueba, contando los adultos que habían pasado a cada celda de estímulos olfáticos y los que se encontraban en camino hacia éstas. La tercera observación se hizo al final de la prueba, contando los adultos que prefirieron una u otra celda de estímulos olfáticos, entre vivos y muertos, además se contaron los que no respondieron, vivos y muertos y las proporciones sexuales para todas las celdas, sexando con ayuda del microscopio estereoscópico. Por último se estimó cualitativamente el nivel de perforaciones en las hojas de los diferentes genotipos cada una de las celdas de los dos experimentos.

3.5. Extracción de genitales de *Apion godmani* para la determinación de posibles anomalías

Con el fin de determinar si existía una posible anomalía a nivel de los genitales del macho o de la hembra de *Apion godmani*, debido a los efectos que podría causarle los mecanismos de resistencia del genotipo resistente APN-83, se intentó extraerlos, ya que Mesquita, Bartoli y Leal (26), mencionan que pueden presentarse reducción de la fecundidad y alteración de la proporción sexual al alimentarse de plantas

resistentes.

Este intento se realizó en el Laboratorio de Protección Vegetal con macho y hembras de Apion godmani alimentados previamente con follaje de Rojo de Seda (susceptible) y APN-83 (resistente), para lo cual se utilizaron varias técnicas que se trataron de adoptar a las exigencias del caso, ya que se trataron no existe literatura que indique una metodología precisa para el logro de estos objetivos. Entre estas técnicas usadas tenemos: a) Primeramente se utilizó agua calentada a 55 °C para matar a los insectos y facilitar la separación de estructuras duras, durante 5 minutos, luego se colocaron éstos sobre una caja petri, cuando quedaron pegados con el vientre hacia arriba se procedió a la disección con agujas finas y con ayuda del microscopio estereoscópico; b) en este segundo intento se utilizaron 20 gotas de éter en frascos herméticos donde se mataron los insecto, con el objeto de que se inflarían y así facilitar el manejo, luego se ponían en "baño maría" por 5 minutos en un tubo de ensayo conteniendo una solución de glicerina, éter y formalina 10% en una proporción de 2, 2, 1 (32, 32 y 16 gotas respectivamente). En seguida se pasaban a una solución de glicerina más alcohol para lavar y remover los élitros, alas y patas, dejando solamente el abdomen sin el exoesqueleto, calentándose éste sobre una lámina porta objeto para endurecer los órganos genitales y quitar con facilidad los músculos, procediendo por último a la tinción con lugol, rojo de bengala, verde de malaquita u otro colorante para diferenciar los órganos; y c) por último se

prepararon dos soluciones que se denominan KAA y KHALE, las cuales se utilizaron para el tratamiento previo a la disección de los insectos, los cuales se mantuvieron por más de 24 horas dentro de las soluciones, separando las partes en glicerina bajo el microscopio estereoscópico como se ha detallado anteriormente. Estas soluciones son utilizada para la disección y preservación de especímenes (40). Al final se procedió a la tinción de las láminas obtenidas con los colorantes ya mencionados.



4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Prueba de selección del substrato de ovipostura

4.1.1. Obtención de adultos, práctica de sexado y observaciones de campo del desarrollo de las plantas.

En una de las visitas realizadas para recolectar material infestado en Chalchuapa (Santa Ana), se observó que adultos de A. godmani se alimentaban del follaje de una planta no leguminosa la cual posteriormente se identificó como Tithonia rotundifolia (Compositae). Se colocaron algunos adultos del insecto en botes plásticos con ventilación y con hojas de ésta planta, observándose daños foliares y la sobrevivencia de estos por 15 días.

En la práctica del sexado, el uso de las microjaulas para esta labor provocó únicamente un 5% de mortalidad debido principalmente a la dificultad de introducir al insecto en dicho dispositivo. Además el hecho de haber sexado una sola vez durante la segunda y tercera repetición redujo la mortalidad de un 85% a un 71%, ya que en la primera repetición el insecto era doblemente manipulado.

Se encontró una mayor proporción de hembras (58% y 57%) con respecto a los machos (42% y 43%), tales resultados coinciden con los mencionados por Mancía (25).

En las pequeñas parcelas sembradas con frijol común en las localidades de Ilopango (San Salvador), Ciudad Arce (La Libertad) y Ciudad Universitaria (San Salvador) no se presentó la plaga y en El Refugio (Ahuachapán) el cultivo no se desarrolló debido al ataque de roedores. En Ciudad Universitaria se liberaron algunos adultos de A. godmani de los que sobraron después del sexado cuando el cultivo tenía 20 días después de la siembra; sin embargo, cuando empezaban a formarse las primeras vainas (32 días de edad) no se pudo encontrar ningún insecto ni vainas dañadas posteriormente. Además en la misma parcela se presentó un fuerte ataque de dos plagas : Conchuela (Epilachna sp) y Mosca blanca (Bemisia tabaci), de las cuales la población de la última se trató de reducir mediante el uso de trampas amarillas pegajosas (con aceite para motor) colocadas alrededor de la parcela.

Un problema similar de plaga se presentó en Ilopango y Ciudad Arce por lo que no fué posible la obtención de adultos de estas parcelas para uso posterior en los estudios de invernadero y laboratorio.

Los adultos utilizados se obtuvieron de material infestado en parcelas experimentales del programa de Frijol del CENTA ubicadas en Villa Guadalupe y Molineros (San Vicente) para la primera repetición y de frijolares infestados ubicados en San Sebastián (San Vicente) para la segunda y tercera repetición. Esta cooperación de acceso a dicho material infestado fue muy valiosa para disponer de suficiente cantidad de adultos de A. godmani recién emergidos.

En el frijol sembrado en bolsas de polietileno dentro del invernadero se presentó alguna cantidad de mosca blanca (Bemisia tabaci) debido a la poca hermeticidad de éste; sin embargo fue efectivo su control utilizando trampas atrayentes amarillas conteniendo agua con detergente.

El frijol resistente APN-83 se sembró 5 días antes que el susceptible Rojo de Seda, floreciendo ambos en las mismas fechas lo que comprueba que el APN-83 es más tardío, en el fenómeno de floración.

En el examen de daños por parte de adultos del insecto se encontraron vainas de APN-83 deformes y con áreas endurecidas y de color rojizo alrededor de donde se encontraba el huevo y en ciertos casos éste aparecía aplastado en un 5% de frecuencia o no se encontraba en pocos casos; lo cual puede deberse a factores físicos de la resistencia (29). El fenómeno de aplastamiento de huevos no se presentó en vainas de genotipo Rojo de Seda.

4.1.2. Respuestas de preferencia de A. godmani para daños ocasionados en vainas.

En los cuadros del 1 al 4 se muestran los resultados obtenidos en la prueba de no escogencia. La cantidad de vainas producidas por los dos genotipos fue superior en Rojo de Seda (cuadro 1). Lo mismo sucedió en el caso de la cantidad de vainas dañadas (cuadro 2), además se observa que los daños totales causados por el insecto siempre fueron mayores en Rojo

de Seda que en APN-83 (cuadro 3) y las diferencias fueron significativas estadísticamente (cuadro 9). Para los daños de ovipostura (cuadro 4) las diferencias entre los tratamientos fueron no significativas (cuadro 10) aunque se nota la misma tendencia que para los daños totales.

Los cuadros del 5 al 8 se refieren a las pruebas de libre escogencia. En ellas puede advertirse que en términos generales el Rojo de Seda produjo más vainas que APN-83 (cuadro 5).

En el caso de vainas dañadas se observa una clara preferencia del insecto hacia el Rojo de Seda cuando es alimentado previamente con dicho genotipo, pero cuando el insecto fue alimentado con follaje de APN-83, la selección por cada genotipo fue similar sin mostrar ninguna preferencia (cuadro 6); aunque en el caso de daños totales (cuadro 7) causados por A. godmani las diferencias entre tratamientos es no significativa (cuadro 11) pero para daños de ovipostura (cuadro 8) las diferencias son altamente significativas (cuadro 12). En sentido general parece haber un efecto reduccional más drástico de Rojo de Seda hacia no escogencia (cuadro 13) donde se observa mayor proporción de vainas dañadas comparadas con APN-83, ya que en la libre escogencia el descenso es menos, siempre manteniéndose la proporción de vainas dañadas de Rojo de Seda más alta, donde puede observarse una tendencia del insecto por consumir lo mismo con que se alimentó previamente (cuadro 14).

CUADRO 1 : Cantidad de vainas producidas por los genotipos de frijol común en la prueba de selección del substrato de ovipostura bajo condiciones de no escogencia.

GENOTIPOS DE ALIMENTACION	GENOTIPOS DE OVIPOSTURA	REPETICIONES			TOTAL	PROMEDIO
		I	II	III		
ROJO DE SEDA	ROJO DE SEDA	113	107	90	310	103,3
	APN - 83	72	78	73	223	74,3
APN - 83	ROJO DE SEDA	105	113	86	304	101,3
	APN - 83	47	65	36	148	49,3

CUADRO 2 : Cantidad de vainas de frijol común dañadas por A. godmani en la prueba de selección del substrato de ovipostura bajo condiciones de no escogencia.*

GENOTIPOS DE ALIMENTACION	GENOTIPOS DE OVIPOSTURA	REPETICIONES			TOTAL	PROMEDIO
		I	II	III		
ROJO DE SEDA	ROJO DE SEDA	98	73	57	228	76,0
	APN - 83	48	8	25	81	27,0
APN - 83	ROJO DE SEDA	56	90	56	202	67,3
	APN - 83	19	17	17	53	17,7

* incluye vainas donde se encontraron estados inmaduros y daños de alimentación.

CUADRO 3 : Daños totales en vainas de frijol común causados por A. godmani en la prueba de selección del substrato de ovipostura bajo condiciones de no escogencia.*

GENOTIPOS DE ALIMENTACION	GENOTIPOS DE OVIPOSTURA	REPETICIONES			TOTAL	PROMEDIO
		I	II	III		
ROJO DE SEDA	ROJO DE SEDA	1 176	508	473	2 157	719,0
	APN - 83	294	47	162	503	167,7
APN - 83	ROJO DE SEDA	366	1 077	817	2 260	753,3
	APN - 83	137	230	178	545	181,7

* incluye donde se encontraron estados inmaduros y perforaciones de alimentación.

CUADRO 4 : Daños de ovipostura en vainas de frijol común causados por A. godmani en la prueba de selección del substrato de ovipostura bajo condiciones de no escogencia.*

GENOTIPOS DE ALIMENTACION	GENOTIPOS DE OVIPOSTURA	REPETICIONES			TOTAL	PROMEDIO
		I	II	III		
ROJO DE SEDA	ROJO DE SEDA	570	272	161	1 003	344,3
	APN - 83	89	4	21	114	38,0
APN - 83	ROJO DE SEDA	90	512	309	911	303,7
	APN - 83	25	2	10	37	12,3

* incluye solamente donde se hayaron estados inmaduros.

CUADRO 5 : Cantidad de vainas producidas por los genotipos de frijol común en la prueba de selección del substrato de ovipostura bajo condiciones de libre escogencia.

GENOTIPOS DE ALIMENTACION	GENOTIPOS DE OVIPOSTURA	REPETICIONES			TOTAL	PROMEDIO
		I	II	III		
ROJO DE SEDA	ROJO DE SEDA	61	66	50	177	59,0
	APN - 83	32	22	26	80	26,7
APN - 83	ROJO DE SEDA	54	16	34	104	34,7
	APN - 83	53	44	37	134	44,7

CUADRO 6 : Cantidad de vainas de frijol común dañadas por A. godmani en la prueba de selección del substrato de ovipostura bajo condiciones de libre escogencia.*

GENOTIPOS DE ALIMENTACION	GENOTIPOS DE OVIPOSTURA	REPETICIONES			TOTAL	PROMEDIO
		I	II	III		
ROJO DE SEDA	ROJO DE SEDA	41	39	25	105	35,0
	APN - 83	13	10	9	32	10,7
APN - 83	ROJO DE SEDA	25	9	17	51	17,0
	APN - 83	17	28	13	58	19,3

* incluye vainas donde se encontraron estados inmaduros y daños de alimentación.

CUADRO 7 : Daños totales en vainas de frijol común causados por A. godmani en la prueba de selección del substrato de ovipostura bajo condiciones de libre escogencia.*

GENOTIPOS DE ALIMENTACION	GENOTIPOS DE OVIPOSTURA	REPETICIONES			TOTAL	PROMEDIO
		I	II	III		
ROJO DE SEDA	ROJO DE SEDA	219	233	159	611	203,7
	APN - 83	65	146	63	274	91,3
APN - 83	ROJO DE SEDA	192	183	162	537	179,0
	APN - 83	91	243	60	394	131,3

* incluye donde se encontraron estados inmaduros y perforaciones de alimentación.

CUADRO 8 : Daños de ovipostura en vainas de frijol común causados por A. godmani en la prueba de selección del substrato de ovipostura bajo condiciones de libre escogencia.*

GENOTIPOS DE ALIMENTACION	GENOTIPOS DE OVIPOSTURA	REPETICIONES			TOTAL	PROMEDIO
		I	II	III		
ROJO DE SEDA	ROJO DE SEDA	97	98	60	255	85,0
	APN - 83	8	2	12	22	7,3
APN - 83	ROJO DE SEDA	44	33	54	131	43,7
	APN - 83	9	37	9	55	18,3

* incluye solamente donde se hayaron estados inmaduros : huevos, larvas y pupas.

CUADRO 9 : Análisis de varianza de daños totales en vainas de frijol común causados por A. godmani en la prueba de selección del substrato de ovipostura bajo condiciones de no escogencia con un diseño completamente al azar.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F. tablas	
					5 %	1 %
Tratamientos	3	947908,72	315969,64	4,16 *	4,07	7,59
Error	8	607624,00				
Total	11	1555532,72				

* significativo al 5% C.V. =

CUADRO 10 : Análisis de varianza de daños de ovipostura en vainas de frijol común causados por A. godmani en la prueba de selección del substrato de ovipostura bajo condiciones de no escogencia con un diseño completamente al azar.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F. tablas	
					5 %	1 %
Tratamientos	8	261412,92	87137,64	3,81 ns	4,07	7,59
Error	3	182872,00	22859,00			
Total	11	444284,92				

n.s las diferencias entre los tratamientos no son significativas.

CUADRO 11 : Análisis de varianza de daños totales en vainas de frijol común causados por A. godmani en la prueba de selección del substrato de ovipostura bajo condiciones de libre escogencia con un diseño completamente al azar.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F. tablas	
					5 %	1 %
Tratamientos	3	35077,67	11692,56	3,80 ns	4,07	7,59
Error	8	24587,33	3073,42			
Total	11	59665,00				

n.s. las diferencias entre tratamientos son no significativas.
C.V.

CUADRO 12 : Análisis de varianza de daños de ovipostura en vainas de frijol común causados por A. godmani en la prueba de selección del substrato de ovipostura bajo condiciones de libre escogencia con un diseño completamente al azar.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F. tablas	
					5 %	1 %
Tratamientos	3	10700,92	11692,52	16,48 **	4,07	7,59
Error	8	1732,00				
Total	11	12432,92				

** las diferencias entre los tratamientos son altamente significativas.

CUADRO 13 : Porcentaje de vainas dañadas con respecto a la cantidad de vainas producidas por los genotipos en la prueba de selección del substrato de ovipostura por A. godmani bajo condiciones de no escogencia

GENOTIPOS DE ALIMENTACION	GENOTIPOS DE OVIPOSTURA	REPETICIONES			TOTAL	PROMEDIO
		I	II	III		
ROJO DE SEDA	ROJO DE SEDA	86,7	68,2	63,3	218,2	72,7
	APN - 83	66,7	10,3	34,2	111,2	37,1
APN - 83	ROJO DE SEDA	53,3	79,6	65,1	198,0	66,0
	APN - 83	40,4	26,1	47,2	113,7	37,9

calculado asi : cuadro 2 ÷ cuadro 1 x 100

CUADRO 14 : Porcentaje de vainas dañadas con respecto a la cantidad de vainas producidas por los genotipos en la prueba de selección del substrato de ovipostura por A. godmani bajo condiciones de libre escogencia.

GENOTIPOS DE ALIMENTACION	GENOTIPOS DE OVIPOSTURA	REPETICIONES			TOTAL	PROMEDIO
		I	II	III		
ROJO DE SEDA	ROJO DE SEDA	67,2	59,1	50,0	176,3	58,8
	APN - 83	40,6	45,4	34,6	120,6	40,2
APN - 83	ROJO DE SEDA	46,3	56,2	50,0	152,5	50,8
	APN - 83	32,1	63,7	35,1	130,9	43,6

calculado asi : cuadro 6 ÷ cuadro 5 x 100

Desde otro punto de vista, es posible detectar que el genotipo Rojo de Seda es más preferido por A. godmani ya que en la prueba de no escogencia se mantiene la proporción de daños totales y de ovipostura en los dos genotipos independientemente del material que se haya alimentado previamente pero cuando el insecto se somete a una prueba de libre escogencia con un material conocido (genotipo de alimentación) y otro desconocido, esta proporción varía notándose que existe cierta tendencia a que el insecto busque el mismo material del que se ha alimentado previamente para dañarlo ya que APN-83 obtiene un 44% de los daños totales y 30% de daños de ovipostura; sin embargo cuando los insectos se han alimentado con Rojo de Seda, estos porcentajes disminuyen a 22% y 8% respectivamente y aumenta para el genotipo Rojo de Seda a 78% y 92% de daños totales y de ovipostura respectivamente (cuadro 15 y fig. 14).

Por otra parte refiriéndose a la proporción de daños de ovipostura con respecto a los daños totales en cada genotipo, se puede observar que en la prueba de no escogencia, estos porcentajes de daños de ovipostura son similares en el mismo genotipo Rojo de Seda y bastante diferente en APN-83 en los dos regímenes alimenticios previos manteniéndose arriba estos porcentajes en Rojo de Seda. Bajo condiciones de libre escogencia estas proporciones varían, observándose que en el genotipo Rojo de Seda éste es de 41,7% y baja a 25,8% cuando los insectos han sido alimentados previamente con APN-83; sin embargo en el genotipo resistente este porcentaje es de 14,0%

CUADRO 15 : Proporción relativa de daños en vainas causados por A. godmani con acondicionamiento alimenticio en follaje de frijol común en la prueba de selección del sustrato de oviposición.

GENOTIPOS DE ALIMENTACION	GENOTIPOS DE OVIPOSTURA	PORCENTAJE DE DAÑOS			
		NO ESCOGENCIA		LIBRE ESCOGENCIA	
		DANOS TOTALES	DANOS DE OVIPOSTURA	DANOS TOTALES	DANOS DE OVIPOSTURA
ROJO DE SEDA	ROJO DE SEDA	81	90	78	92
	APN - 83	19	10	22	8
APN - 83	ROJO DE SEDA	80	96	56	70
	APN - 83	20	4	44	30

Calculado así : Totales de los cuadros 3 y 7 respectivamente calculando los porcentajes de daños totales y de los cuadros 4 y 8 respectivamente para oviposición de los genotipos con igual régimen alimenticio previo.

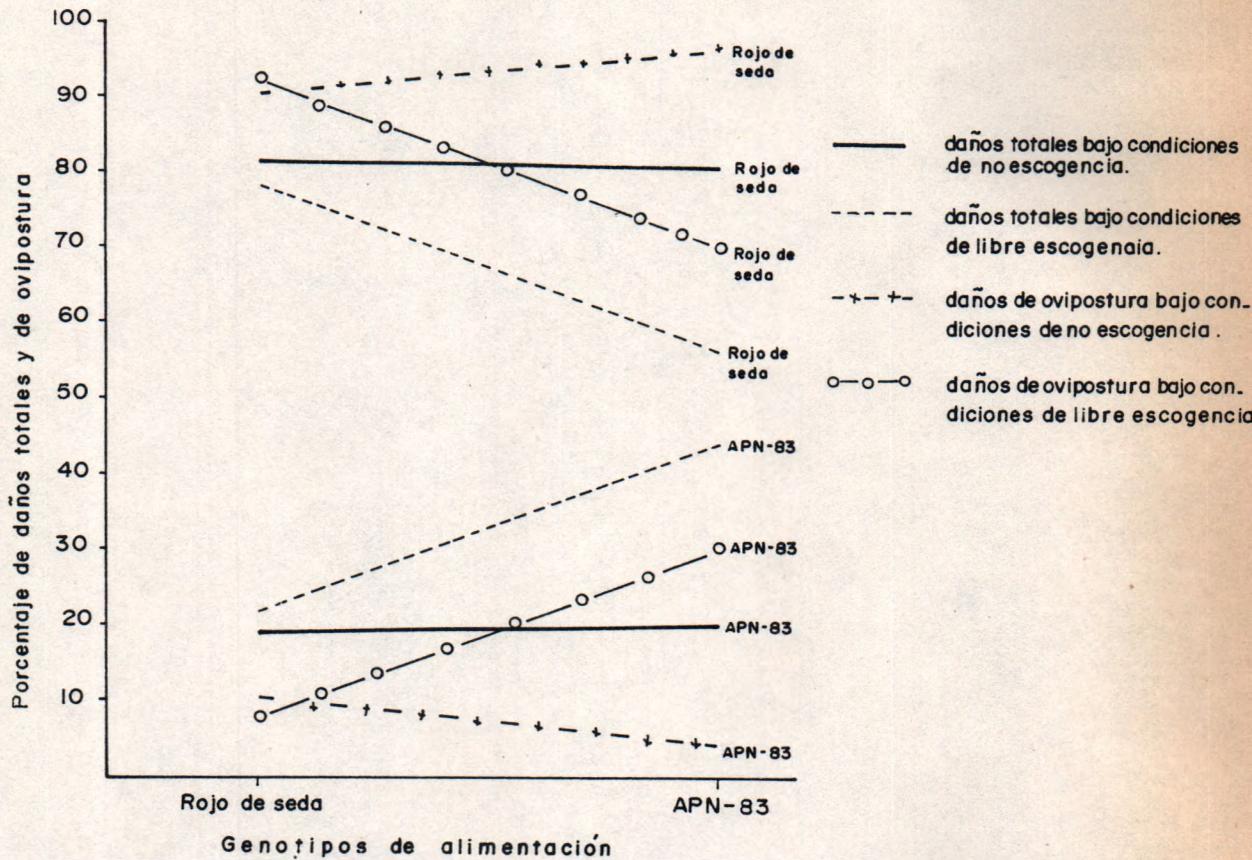


Fig. 14 Porcentaje de daños totales y de ovipostura causados por *Apion godmani* en Rojo de seda y APN-83 con diferentes preconditionamientos alimenticios y bajo condiciones de "no escogencia" y de "libre escogencia" en la prueba de selección del sustrato de ovipostura.

y baja a 12,6% cuando la prueba se hizo con insectos alimentados previamente con Rojo de Seda (cuadro 16). Es posible pensar en alguna eventual diferencia nutricional de las hojas para la fecundidad de las hembras y la actividad de los machos.

En la figura 15 se hace una comparación de los daños totales y de ovipostura, y de las condiciones de no escogencia y de libre escogencia recordando que las jaulas contenían 12 macetas con 2 plantas cada una, en la primera condición eran todas de un sólo genotipo y en la segunda, la mitad era de Rojo de Seda y el resto de APN-83.

Esto hace que los datos de no escogencia sean más altos que los de libre escogencia. En las pruebas de no escogencia se observa siempre la preferencia de A. godmani por el Rojo de Seda sobre el APN-83 independientemente de la alimentación foliar previa. Sin embargo en las pruebas de libre escogencia se observa que los niveles de daños aumentan cuando son alimentados previamente con ese mismo material.

Al analizar los cuadros de promedios (cuadros de 17 al 20 y fig. 16) se puede observar la misma tendencia que en los cuadros analizados anteriormente (cuadros del 1 al 4), dando significativa la diferencia entre tratamientos para los primeros dos y no significativamente estadísticamente para las otras dos (cuadros del 21 al 24); ahora para la prueba de libre escogencia también se observa similar comportamiento (cuadros del 25 al 28) al de no escogencia, que el Rojo de

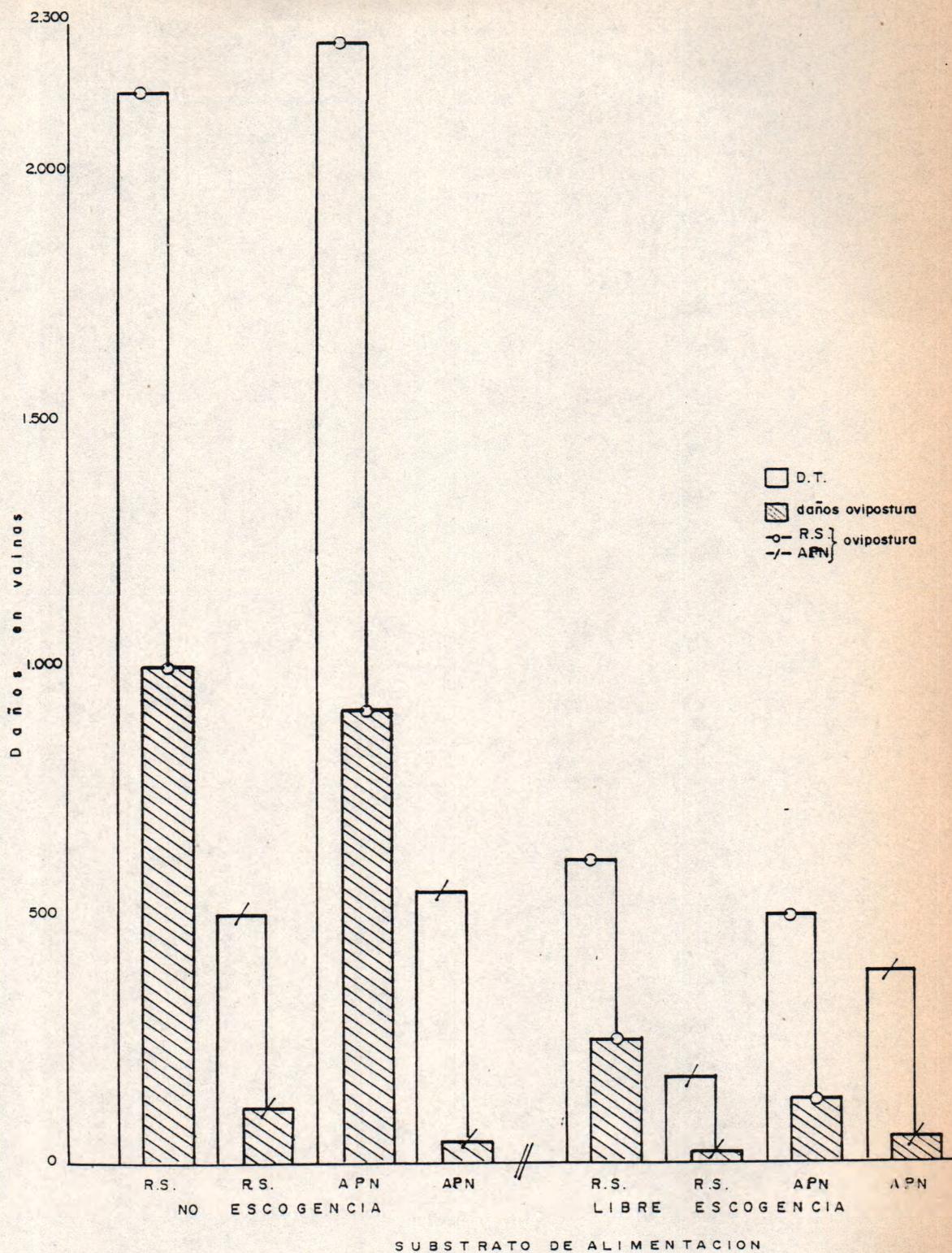


Fig. 15 - Comparación de daños de alimentación con los de ovipostura y condiciones de no escogencia y libre escogencia por parte de *Apion godmani* en la prueba de selección del substrato de ovipostura.

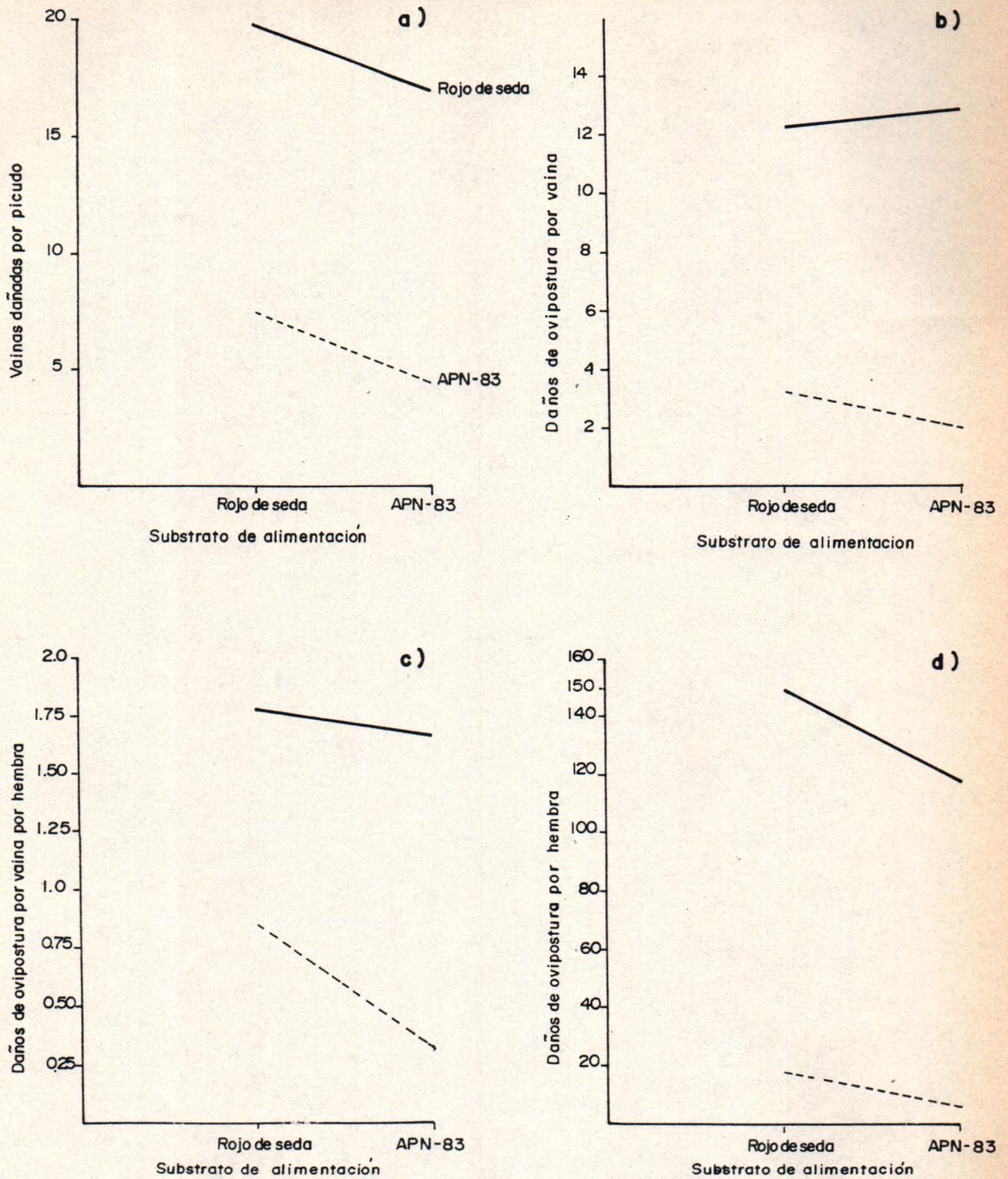


Fig. 16 Comportamiento del substrato de ovipostura con respecto al de alimentación en pruebas de no escogencia. a) promedio de vainas dañadas por picudo; b) promedio de daños de ovipostura por vaina; c) promedio de daños de ovipostura por vaina por hembra; d) promedio de daños de ovipostura por hembra.

CUADRO 16 : Comparación de daños de ovipostura en vainas causados por A. godmani con acondicionamiento alimenticio en follaje de frijol común en la prueba de selección del substrato de ovipostura.

GENOTIPOS DE ALIMENTACION	GENOTIPOS DE OVIPOSTURA	D A Ñ O S					
		NO ESCOGENCIA			LIBRE ESCOGENCIA		
		DAÑOS TOTALES	DAÑOS DE OVIPOSTURA	% DE OVIPOSTURA	DAÑOS TOTALES	DAÑOS DE OVIPOSTURA	% DE OVIPOSTURA
ROJO DE SEDA	ROJO DE SEDA	2 157	1 003	46,5	611	255	41,7
	APN - 83	503	114	22,7	174	22	12,6
APN - 83	ROJO DE SEDA	2 260	911	40,3	507	131	25,8
	APN - 83	545	37	6,8	394	55	14,0

Calculado así : Totales de los cuadros 3 y 7 y 4 y 8

CUADRO 17 : Promedio de vainas dañadas por picudo en la prueba de selección del sustrato de ovipostura bajo condiciones de no escogencia.

GENOTIPOS DE ALIMENTACION	GENOTIPOS DE OVIPOSTURA	REPETICIONES			TOTAL	PROMEDIO
		I	II	III		
ROJO DE SEDA	ROJO DE SEDA	9,8	5,6	4,4	19,8	6,6
	APN - 83	4,8	0,6	1,9	7,3	2,4
APN - 83	ROJO DE SEDA	5,6	6,9	4,3	16,8	5,6
	APN - 83	1,9	1,3	1,3	4,5	1,5

Calculado así : Cuadro 2 ÷ número de adultos de A. godmani (10 para I repetición y 13 para la II y III).

CUADRO 18 : Promedio de daños de ovipostura por vaina causados por A. godmani en la prueba de selección del sustrato de ovipostura bajo condiciones de no escogencia.

GENOTIPOS DE ALIMENTACION	GENOTIPOS DE OVIPOSTURA	REPETICIONES			TOTAL	PROMEDIO
		I	II	III		
ROJO DE SEDA	ROJO DE SEDA	5,8	3,7	2,8	12,3	4,1
	APN - 83	1,9	0,5	0,8	3,2	1,1
APN - 83	ROJO DE SEDA	1,6	5,7	5,5	12,8	4,3
	APN - 83	1,3	0,1	0,6	2,0	0,7

Calculado así : cuadro 4 ÷ cuadro 2.

CUADRO 19 : Promedio de daños de ovipostura por vaina por hembra de A. godmani en la prueba de selección del substrato de ovipostura bajo condiciones de no escogencia.

GENOTIPOS DE ALIMENTACION	GENOTIPOS DE OVIPOSTURA	REPETICIONES			TOTAL	PROMEDIO
		I	II	III		
ROJO DE SEDA	ROJO DE SEDA	0,97	0,46	0,35	1,78	0,59
	APN - 83	0,32	0,06	0,10	0,48	0,16
APN - 83	ROJO DE SEDA	0,27	0,71	0,69	1,67	0,56
	APN - 83	0,22	0,01	0,08	0,31	0,10

Calculado así : cuadro 18 ÷ número de de A. godmani (6 para I y 8 para la II y III repetición).

CUADRO 20 : Promedio de daños de ovipostura por hembra de A. godmani en la prueba de selección del substrato de ovipostura bajo condiciones de no escogencia.

GENOTIPOS DE ALIMENTACION	GENOTIPOS DE OVIPOSTURA	REPETICIONES			TOTAL	PROMEDIO
		I	II	III		
ROJO DE SEDA	ROJO DE SEDA	95,0	34,0	20,1	149,1	49,7
	APN - 83	14,8	0,5	2,6	17,9	6,0
APN - 83	ROJO DE SEDA	15,0	64,0	38,6	117,6	39,2
	APN - 83	4,2	0,3	1,3	5,8	1,9

Calculado así : cuadro 4 ÷ número de hembras de A. godmani (6 para la I repetición y 8 para la II y III repetición).

CUADRO 21 : Análisis de varianza del promedio de vainas dañadas por picudo en la prueba de selección del substrato de ovipostura bajo condiciones de no escogencia con un diseño completamente al azar.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F. tablas	
					5 %	1 %
Tratamientos	3	54 060	18 020	4,9801 *	4,07	7,59
Error	8	28 947	3 618			
Total	11	83 007				

* la diferencia entre tratamientos es significativa al 5%
C.V. = 38.96 %

CUADRO 22 : Análisis de varianza del promedio de daños de ovipostura por vainas causados por A. godmani en la prueba selección del substrato de ovipostura bajo condiciones de no escogencia con un diseño completamente al azar.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F. tablas	
					5 %	1 %
Tratamientos	3	33 282	11 094	5,14 *	4,07	7,59
Error	8	17 240	2 155			
Total	11	50 522				

* la diferencia entre tratamientos es significativa al 5%
C.V. = 66.93 %

CUADRO 23 : Análisis de varianza del promedio de daños de ovipostura por vaina por hembra de A. godmani en la prueba selección del substrato de ovipostura bajo condiciones de no escogencia con un diseño completamente al azar.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F. tablas	
					5 %	1 %
Tratamientos	3	0,596	0.199	3,9309 ns	4,07	7,59
Error	8	0,405	0,051			
Total	11	1,001				

ns = la diferencia entre tratamientos es no significativa.
C.V. = 68.74 %

CUADRO 24 : Análisis de varianza del promedio de daños de ovipostura por hembra de A. godmani en la prueba selección del substrato de ovipostura bajo condiciones de no escogencia con un diseño completamente al azar.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F. tablas	
					5 %	1 %
Tratamientos	3	5 110,527	1 703,509	3,0263 ns	4,07	7,59
Error	8	4 503,233	562,904			
Total	11	9 613,760				

ns = la diferencia entre tratamientos es no significativa
C.V. = 106,3 %

CUADRO 25 : Promedio de vainas dañadas por picudo en la prueba selección del substrato de ovipostura bajo condiciones de libre escogencia.

GENOTIPOS DE ALIMENTACION	GENOTIPOS DE OVIPOSTURA	REPETICIONES			TOTAL	PROMEDIO
		I	II	III		
ROJO DE SEDA	ROJO DE SEDA	4,1	3,0	1,9	9,0	3,0
	APN - 83	1,3	0,8	0,7	2,8	0,9
APN - 83	ROJO DE SEDA	2,5	0,7	1,3	4,5	1,5
	APN - 83	1,7	2,6	1,0	5,3	1,8

Calculado asi : cuadro 6 ÷ número de adultos de A. godmani (10 para la I repetición y 13 para la II y III repetición).

CUADRO 26 : Promedio de daños de ovipostura por vaina causados por A. godmani en la prueba selección del substrato de ovipostura bajo condiciones de libre escogencia.

GENOTIPOS DE ALIMENTACION	GENOTIPOS DE OVIPOSTURA	REPETICIONES			TOTAL	PROMEDIO
		I	II	III		
ROJO DE SEDA	ROJO DE SEDA	2,37	2,51	2,40	7,28	2,43
	APN - 83	0,62	0,20	1,33	2,15	0,72
APN - 83	ROJO DE SEDA	1,76	3,67	3,18	8,61	2,87
	APN - 83	0,53	1,32	0,69	2,54	0,85

Calculado asi : cuadro 8 ÷ cuadro 6.

CUADRO 27 : Promedio de daños de ovipostura por vaina por hembra de A. godmani en la prueba selección del substrato de ovipostura bajo condiciones de libre escogencia.

GENOTIPOS DE ALIMENTACION	GENOTIPOS DE OVIPOSTURA	REPETICIONES			TOTAL	PROMEDIO
		I	II	III		
ROJO DE SEDA	ROJO DE SEDA	0,40	0,31	0,30	1,01	0,34
	APN - 83	0,10	0,03	0,17	0,30	0,10
APN - 83	ROJO DE SEDA	0,29	0,46	0,40	1,15	0,38
	APN - 83	0,09	0,17	0,09	0,35	0,12

Calculado asi : cuadro 26 ÷ número de hembras de A. godmani (6 para la I repetición y 8 para la II y III repetición).

CUADRO 28 : Promedio de daños de ovipostura por hembra de A. godmani en la prueba selección del substrato de ovipostura bajo condiciones de libre escogencia.

GENOTIPOS DE ALIMENTACION	GENOTIPOS DE OVIPOSTURA	REPETICIONES			TOTAL	PROMEDIO
		I	II	III		
ROJO DE SEDA	ROJO DE SEDA	16,17	12,25	7,50	35,92	11,97
	APN - 83	1,33	0,25	1,50	3,08	1,03
APN - 83	ROJO DE SEDA	7,33	4,13	6,75	18,21	6,07
	APN - 83	1,50	4,63	1,13	7,26	2,42

Calculado asi : cuadro 8 ÷ número de hembras de A. godmani (6 para la I repetición y 8 para la II y III repetición).

Seda es preferido como substrato de ovipostura que el APN-83 (fig. 17), sin embargo se observa una interacción entre el substrato de ovipostura con el de alimentación, es decir que cuando el insecto se alimentó de Rojo de Seda bajaron los daños en APN-83 y viceversa (cuadro 25 y fig. 17a), lo cual indica que existe un acondicionamiento en condiciones de libre escogencia.

Las diferencias entre tratamientos fue no significativa (cuadro 29) para el promedio de vainas dañadas por picudo, (cuadro 25), significativo para el promedio de daños de ovipostura (cuadro 30) y lo mismo para daños de ovipostura por vaina por hembra (cuadro 31) y por último fue altamente significativa la diferencia entre tratamientos en el promedio de daños de ovipostura por hembra (cuadro 28 y cuadro 32) lo cual indica que cada hembra puso más huevos en promedio en el genotipo Rojo de Seda comparados con los promedios puestos en APN-83, lo cual reafirma el acondicionamiento y preferencia en condiciones de libre escogencia.

Analizando solo la primera repetición donde se incluyó el genotipo Desarrural que posee características agronómicas similares a Rojo de Seda (1) y que es susceptible a Apion godmani, se encontró que en las pruebas de no escogencia los daños totales y de ovipostura en las vainas siempre fueron mayores en los genotipos susceptibles (Rojo de Seda y Desarrural) que en el genotipo APN-83, pero entre éstos el más preferido fué el Rojo de Seda, sin importar de que material se

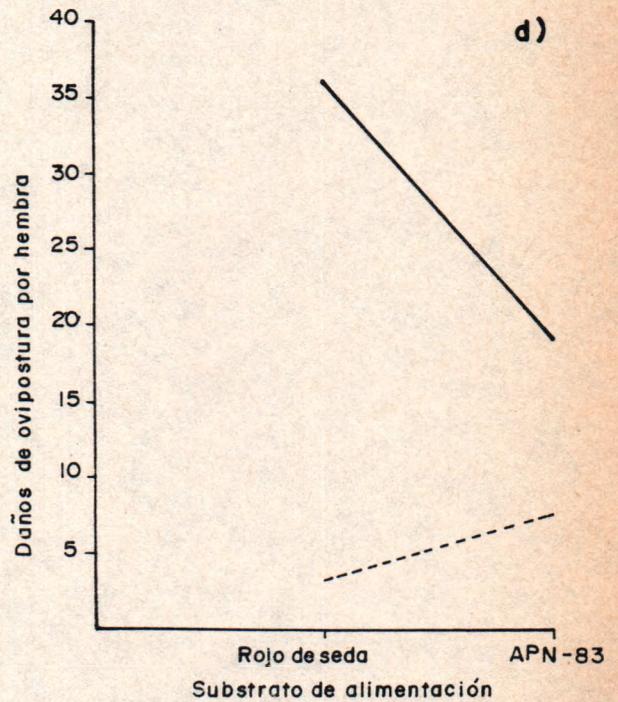
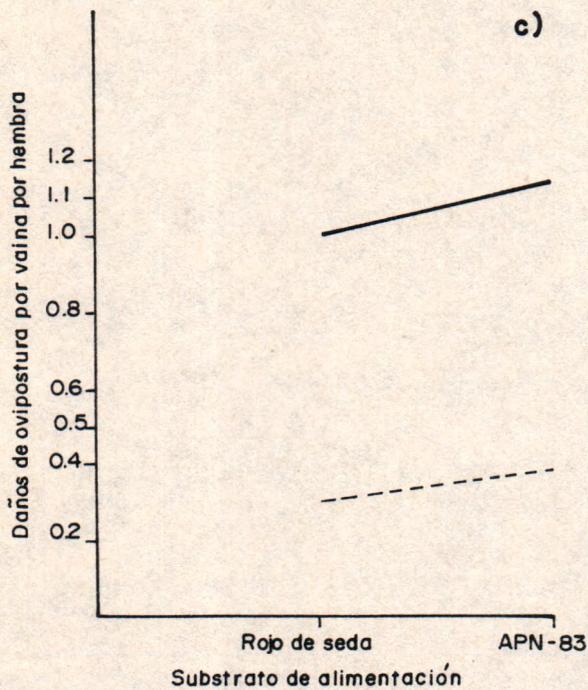
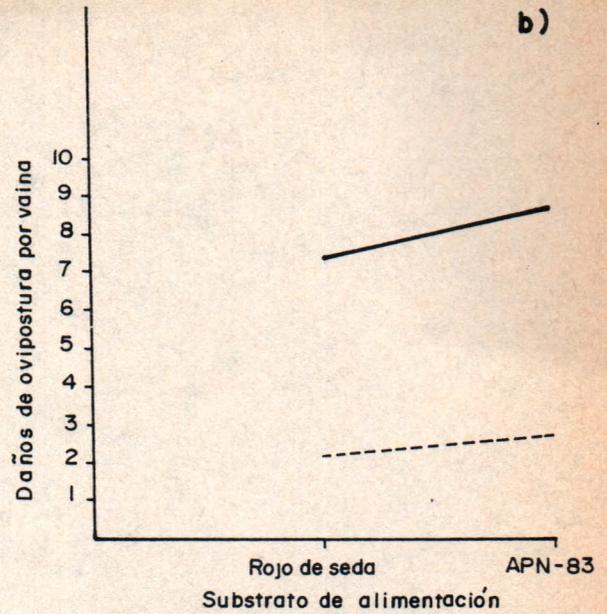
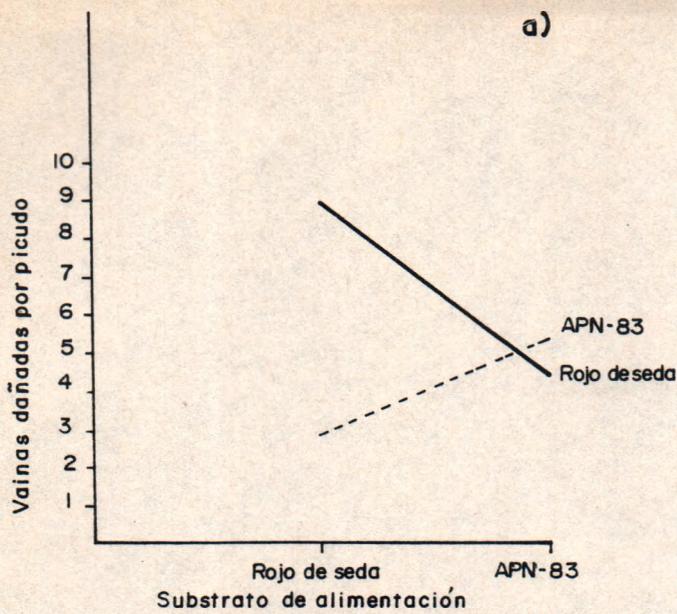


Fig.17 Comportamiento del sustrato de ovipostura con respecto al de alimentación en pruebas de libre escupencia. a) promedio de vainas dañadas por picudo; b) promedio de daños de ovipostura por vaina ; c) promedio de daños de ovipostura por vaina por hembra; d) promedio de daños de ovipostura por hembra .

CUADRO 29 : Análisis de varianza del promedio de vainas dañadas por picudo en la prueba selección del substrato de ovipostura bajo condiciones de libre escogencia con un diseño completamente al azar.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F. tablas	
					5 %	1 %
Tratamientos	3	6,847	2,282	1,2315 ns	4,07	7,59
Error	8	5,593	1,853			
Total	11	12,440				

ns = la diferencia entre tratamientos es no significativa.
C.V. = 38.14 %

CUADRO 30 : Análisis de varianza del promedio de daños de ovipostura por vaina causados por A. godmani en la prueba selección de substrato de ovipostura bajo condiciones de libre escogencia con un diseño completamente al azar.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F. tablas	
					5 %	1 %
Tratamientos	3	10,436	3,479	4,6886 *	4,07	7,59
Error	8	2,881	0,742			
Total	11	13,317				

* la diferencia entre tratamientos es significativa al 5%

CUADRO 31 : Análisis de varianza del promedio de daños de ovipostura por vaina por hembra de A. godmani en la prueba selección del substrato de ovipostura bajo condiciones de libre escogencia con un diseño completamente al azar.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F. tablas	
					5 %	1 %
Tratamientos	3	0,162	0,054	7,7143 *	4,07	7,59
Error	8	0,057	0,007			
Total	11	0,219				

* = la diferencia entre tratamientos es significativa al 5%
C.V. = 40,89 %

CUADRO 32 : Análisis de varianza del promedio de daños de ovipostura por hembra de A. godmani en la prueba selección del substrato de ovipostura bajo condiciones de libre escogencia con un diseño completamente al azar.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F. tablas	
					5 %	1 %
Tratamientos	3	214,983	71,661	11,0605 **	4,07	7,59
Error	8	51,827	6,479			
Total	11	266,810				

** = la diferencia entre tratamientos es altamente significativa al 1% , C.V. = 48,44 %

habían alimentado previamente los adultos del insecto (Cuadro A-4 y Fig. A.1). Esto coincide con los resultados obtenidos por Franco, Hernández y Rivas (15), quienes registraron una mayor preferencia por A. godmani al Rojo de Seda, además los resultados son similares a los obtenidos en la misma prueba cuando sólo se utilizaron dos genotipos de ovipostura y del cual se realizaron tres repeticiones.

Para el caso de libre escogencia, los daños totales se vieron incrementados en APN-83 y en Desarrural y, disminuidos en menor proporción en Rojo de Seda cuando los picudos se habían alimentado del follaje de APN-83, lo que ocurrió con la ovipostura siempre fué más preferido el Rojo de Seda y el Desarrural sobre el APN-83, y estos daños se vieron disminuidos en estos genotipos cuando los insectos se alimentaron previamente con APN-83, existiendo un leve acondicionamiento alimenticio. (Cuadro A.5 y Fig. A.2).

4.2. Implante de estados inmaduros de Apion godmani en vainas incompletas de frijol común APN-83.

Esta prueba tuvo una duración de 15 días, realizándose observaciones diariamente excepto algunos días que por razones fuera de control no se realizaron.

Considerando el porcentaje de mortalidad de los especímenes inmaduros de Apion godmani implantados en vainas incompletas, es decir en semilla y valvas (mesocarpio) de vainas de frijol común resistente APN-83 indican que este es

mayor en semillas : De las 19 larvas implantadas en semillas, 18 murieron (94.7% de mortalidad), obteniéndose solamente un adulto y, de las 11 larvas que se implantaron en valvas, 8 murieron (72,7% de mortalidad), obteniéndose 3 adultos. Estos son los resultados recabados al final de la prueba, observándose este mismo comportamiento para todos los días (cuadro 33, figuras 18 y 19).

La mortalidad en sentido general causada en larvas implantadas en semillas fue más marcada en aquellas donde la semilla procedía de vainas de menor tamaño y más tiernas fisiológicamente y el comportamiento de las larvas en este caso siempre fue de rechazo, es decir rehusaban alimentarse de éstas, comparándose este comportamiento a la teoría antixenótica de que los insectos pueden morir de hambre antes de alimentarse de plantas resistentes (27), ya que muchas no comieron nada, muriendo la mayoría entre 4 y 5 primeros días de observación; sin embargo, esto podría deberse a que éstas se implantaron en semillas recién formadas de las cuales algunas se pudrieron rápidamente quedando inutilizadas como alimento para las larvas. No así en el caso de larvas implantadas en semillas de mayor tamaño que provenían de vainas más grandes que fue de donde se obtuvo un adulto, aunque de algunas poco comieron, llegando algunas a su última fase de desarrollo (cuadro 34). En implantes en valvas, la mortalidad como ya se dijo fue menor, sobreviviendo éstas durante más días, con respecto a las implantadas en semillas,

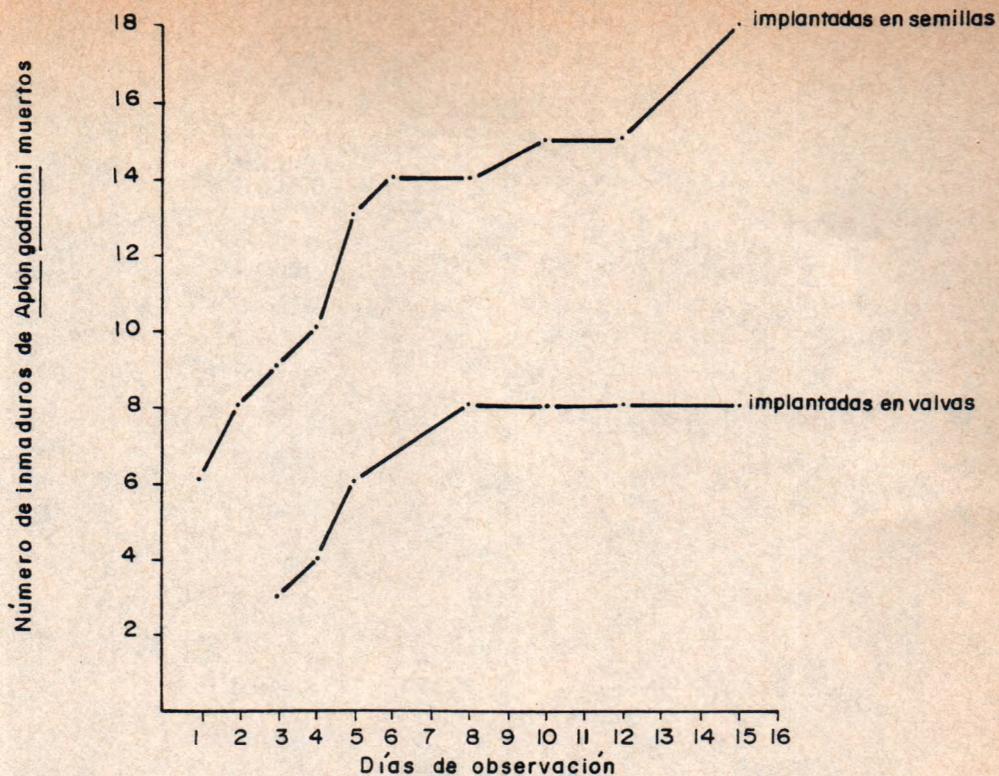


Fig. 18 Comportamiento de la mortalidad acumulada en cada observación realizada en implantes de estados inmaduros de Apion godmani en semillas y valvas del genotipo APN - 83 .

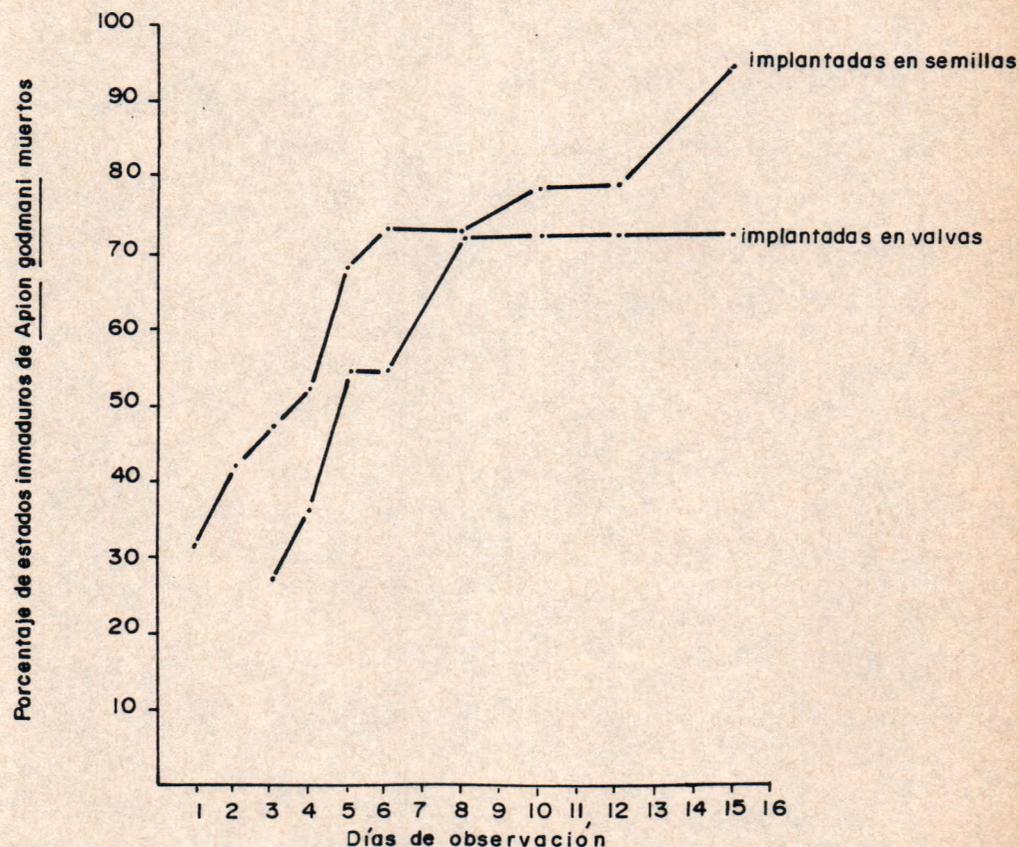


Fig. 19 Comportamiento del porcentaje de mortalidad acumulada en cada observación realizada en implantes de estados inmaduros de Apion godmani en semillas y valvas del genotipo APN - 83

CUADRO 33 : Cantidad absoluta y relativa acumulada de larvas vivas y muertas durante 15 días de observación en implantes de estados inmaduros de A. godmani en valvas y semillas de frijol común resistente APN-83.

OBSERVACIONES	IMPLANTES EN SEMILLAS				IMPLANTES EN VALVAS			
	MUERTAS	VIVAS	% MUERTAS	% VIVAS	MUERTAS	VIVAS	% MUERTAS	% VIVAS
1	6	13	31,5	68,5	0	11	0	100,0
2	8	11	42,1	57,9	0	11	0	100,0
3	9	10	47,3	52,7	3	8	27,2	72,8
4	10	9	52,1	47,9	4	7	36,3	63,7
5	13	6	68,4	31,6	6	5	54,5	45,5
6	14	5	73,6	26,4	6	5	54,5	45,5
7	*	*	*	*	*	*	*	*
8	14	5	73,6	26,4	8	3	72,7	27,3
9	*	*	*	*	*	*	*	*
10	15	4	78,9	21,1	8	3	72,7	27,3
11	*	*	*	*	*	*	*	*
12	15	4	78,9	21,1	8	3	72,7	27,3
13	*	*	*	*	*	*	*	*
14	*	*	*	*	*	*	*	*
15	18	1	94,7	5,3	8	3	72,7	27,3

* días de observación.

CUADRO 34 : Observaciones realizadas durante 15 días sobre la conducta de los estados inmaduros (larvas) de A. godmani implantadas en valvas y semillas de frijol común APN-83.

CAJA PETRI	Nº LARVA	O B S E R V A C I O N E S														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	1	LM	---	---	---	---	---	*	---	*	---	*	---	*	*	---
	2	LV	LV	LV	LV	LV	LM	*	---	*	---	*	---	*	*	---
	3	LV	LV	LV	LV	LM	---	*	---	*	---	*	---	*	*	---
	4	LV	LM	---	---	---	---	*	---	*	---	*	---	*	*	---
	5	LV	LV	LV	LV	LM	---	*	---	*	---	*	---	*	*	---
	6	LM	---	---	---	---	---	*	---	*	---	*	---	*	*	---
B	1	LV	LV	LM	---	---	---	*	---	*	---	*	---	*	*	---
	2	LV	LV	LM	---	---	---	*	---	*	---	*	---	*	*	---
	3	LV	LV	LV	LM	---	---	*	---	*	---	*	---	*	*	---
	4	LV	LV	LV	LV	LM	---	*	---	*	---	*	---	*	*	---
	5	LV	LV	LV	LV	LM	---	*	---	*	---	*	---	*	*	---
	6	LV	LV	C	C	C	C	*	M	*	---	*	---	*	*	---
	7	LV	LV	C	C	C	C	*	M	*	---	*	---	*	*	---
C	1	LV	LV	LV	LV	LV	C	*	C	*	C	*	AV	*	*	AV
	2	LV	LV	LM	---	---	---	*	---	*	---	*	---	*	*	---
	3	LV	LV	C	C	C	C	*	C	*	AV	*	AV	*	*	AV
	4	LV	LV	C	C	C	C	*	C	*	C	*	AV	*	*	AV

sigue ...

... viene

D	1	LV	LV	LV	LV	LV	LV	*	LV	*	LV	*	LV	*	*	LM
	2	LV	LM	---	---	---	---	*	---	*	---	*	---	*	*	---
	3	LV						*		*		*		*	*	
	4	LM	---	---	---	---	---	*	---	*	---	*	---	*	*	---
	5	LM	---	---	---	---	---	*	---	*	---	*	---	*	*	---
	6	LM	---	---	---	---	---	*	---	*	---	*	---	*	*	---
E	1	LM	---	---	---	---	---	*	---	*	---	*	---	*	*	---
	2	LV	LV	LV	C	C	C	*	C	*	C	*	C	*	*	AM
	3	LV	LV	LV	C	C	C	*	C	*	C	*	C	*	*	AV
	4	LV	LV	LV	LV	LM	---	*	---	*	---	*	---	*	*	---
	5	LV	LV	LV	LV	LV	LV	*	LV	*	LV	*	LV	*	*	LM
	6	LV	LV	LV	LM	---	---	*	---	*	---	*	---	*	*	---
	7	LV	LV	LM	---	---	---	*	---	*	---	*	---	*	*	---

* : Dias de observación; LV : larva viva;
 LM : larva muerta; C : cocon; M : muerta;
 AM : adulto muerto; AV : adulto vivo;
 --- : registro discontinuado;
 A, D, E : implantes en semillas;
 B, C : implantes en valvas.

además la formación de cocones fue más rápido que en semillas obteniéndose 3 adultos y varios que llegaron a su última fase de desarrollo (cuadro 34). Las larvas se alimentaron más en valvas que en semillas, pudiendo observarse mudas que confirman el paso de un estadio a otro, a los cuales se les midió el ancho cefálico. Estas larvas que fueron las únicas que quedaron en buenas condiciones fueron 5, correspondientes a los implantes 1, 4 y 5 de la caja Petri B y los implantes 1 y 2 de la caja Petri C, realizados en valvas, las cuales median 171 u, 133 u, 152 u, 171 u y 171 u respectivamente al momento del implante (ANEXO 3) y al final de la prueba midieron 190 u, 171 u, 190 u, 209 u, 228 u de ancho cefálico.

Estas últimas mediciones no se realizaron en larvas implantadas en semillas debido a que ninguna quedó en buenas condiciones.

En estudios similares realizados a nivel de campo en Honduras con APN-83 y Desarrural demostraron que la mortalidad larval fue mayor sustancialmente en valvas que en semillas en desarrollo, pero sin precisar las etapas de desarrollo fisiológico de las semillas y valvas que causaban mayor mortalidad (9).

De los huevos de Apion godmani implantados se obtuvo un adulto en valva y otro en su último estadio inmaduro, no obteniendo resultados satisfactorios en el caso de huevos implantados en semillas.

Estos resultados dan muestra de que el APN-83 podría tener parte de su mecanismo de resistencia en la vaina con

mayor concentración en la semilla de algunas sustancias responsables de antibiosis y/o antixenosis. Además el desarrollo de la vaina incide sobre la conducta del insecto, lo cual reafirma la mortalidad larval observada en la prueba de selección del substrato de ovipostura donde se presentó mayor mortalidad larval en vainas de menor tamaño, encontrándose huevos y larvas aplastados, lo que sugiere pensar que el contenido de fibra incide sobre la mortalidad como un factor físico de resistencia (29). Franco, Hernández y Rivera (15) encontraron mayor contenido de fibra en vainas de APN-83 y esto según Salguero (34) podría ejercer alguna influencia sobre la mortalidad a la par de la antibiosis.

4.3. Prueba de preferencia alimenticia con discos foliares.

Esta prueba tuvo una duración de 48 horas, realizándose dos apreciaciones visuales y al final se realizó la evaluación de los daños en los discos.

En la primera apreciación se observó mayor actividad en las celdas trofológicas que contenían discos de APN-83, resultando éstas con mayor número de perforaciones de alimentación. Así, en las celdas donde había un sólo genotipo: APN-83 presentó 9 discos dañados y en la otra con Rojo de Seda, se representaron 7 discos dañados; resultando además mayor número de perforaciones en el genotipo APN-83. En la celda con ambos genotipos, para APN-83 se presentaron 5 discos dañados y para Rojo de Seda únicamente 3; observándose poca

diferencia en el número de perforaciones.

Esta primera observación se hizo cuatro horas después de montado el ensayo. Posteriormente 20 horas después de la anterior observación, se hizo la segunda evaluación, observándose la misma tendencia, mayor número de discos dañados de APN-83 respecto a los de Rojo de Seda, 12 y 8 respectivamente en las celdas trofológicas dispuestas con un sólo genotipo, siempre con mayor número de perforaciones para el primero.

En el caso de la celda con los dos genotipos, se presentó poca diferencia en cuanto a número de discos dañados para cada genotipo, 6 de APN-83 y 5 de Rojo de Seda, siempre con mayor cantidad de perforaciones para el primero. El número de perforaciones no se cuantificó para éstas dos observaciones ya que se dificultaba hacer uso del estereoscopio, pues no se abrían las celdas porque se escapaban los insectos.

Al final de la evaluación, el conteo de discos dañados y perforaciones por cada uno evidenció menor número de discos dañados para Rojo de Seda que para APN-83 (celda trofológica 1 y 2): 20 y 13 discos dañados respectivamente, con 43.3% y 56.7% de discos para cada uno de un total de 30 discos colocados en cada celda. En el caso donde se combinaban ambos genotipos (celda trofológica 3): 12 discos dañados de APN-83 y 7 para Rojo de Seda, representando el 53.3% y el 46.7% respectivamente de un total de 15 discos colocados de cada genotipo (cuadro 35).

CUADRO 35 : Cantidad absoluta y relativa de discos sanos y perforados por *A. godmani* de un total de 30 discos por celda trofológica en la prueba de preferencia alimenticia con discos foliares.

CELDA TROFOLOGICA	GENOTIPO		DISCOS PERFORADOS	DISCOS SANOS	TOTAL
1	ROJO DE SEDA	T	13	17	30
		%	43,3	56,7	100
2	APN-83	T	20	10	30
		%	66,7	33,3	100
3	ROJO DE SEDA	T	7	8	15
		%	46,7	53,3	100
	APN-83	T	12	3	15
		%	80,0	20,0	100

T : Total de discos sanos y perforados.

% : Porcentaje de discos sanos y perforados del genotipo en la respectiva celda trofológica.

Respecto a las perforaciones por disco ocurridas en las celdas con un solo genotipo; APN-83 presentó como nivel máximo por disco, más perforaciones: 110 con respecto a Rojo de Seda: 57. En el caso de la celda trofológica con los dos genotipos se presentaron niveles máximos de 72 y 36 perforaciones por disco para APN-83 y Rojo de Seda respectivamente. El total de perforaciones para cada genotipo fué mayor para APN-83 que para Rojo de Seda en todos los casos, así en las celdas con un solo genotipo se presentó 427 para el primero y 217 para el segundo con un promedio de 21.7 y 16.17 perforaciones por disco respectivamente, apreciándose lo mismo en la celda con los dos genotipos, 114 para el primero y 57 para el segundo, con un promedio de 9.5 y 8.14 perforaciones por disco respectivamente (cuadro 36).

En general estos daños en hojas concuerdan con los descritos por Serrano y colaboradores (38), causados por este insecto consistiendo en perforaciones de apariencia más o menos desgarrada que se localizan en el haz y envés y, en condiciones de confinamiento pueden ser tan severos que según el mismo autor recuerdan el ataque de crisomélidos del tipo de los llamados pulgas saltonas, en hojas de tomate (daño tipo tiro de munición).

La mortalidad de insectos registrada en cada celda trofológica fué variable; en la que contenía discos de Rojo de Seda, 3 muertos, de los cuales 2 eran hembras y 1 macho. y para el caso de la celda con ambos genotipos se encontraron 9

CUADRO 36 : Número de discos dañados y cantidad de perforaciones por cada disco realizados por adultos de A. godmani de un total de 30 discos por celda trofológica en la prueba de preferencia alimenticia con discos foliares.

DISCOS CON PERFORACIONES	PERFORACIONES POR DISCO			
	CELDA 1	CELDA 2	CELDA 3	
	ROJO DE SEDA	APN-83	ROJO DE SEDA	APN-83
1	3	2	3	2
2	17	1	36	8
3	3	2	1	1
4	16	4	1	1
5	2	5	1	6
6	18	16	10	4
7	57	6	5	7
8	33	2		7
9	26	75		1
10	3	37		2
11	12	3		3
12	3	2		72
13	24	1		
14		24		
15		45		

sigue ...

... viene

16		31		
17		12		
18		7		
19		22		
20		110		
TOTAL	217	407	57	114
X	16,70	21,30	8,14	9,50

insectos muertos, 5 hembras y 4 machos. Esta mortalidad podría deberse a las causas siguientes : Daños mecánicos debido al diseño de las celdas ya que se encontraron algunos adultos atrapados entre la base de durapax y las paredes verticales de las celdas o por efectos que podrían causarles la alimentación con follaje de frijol común APN-83, ya que es donde se presentó mayor mortalidad y especialmente hembras que son las encargadas de multiplicar la población por medio de la ovipostura que podría verse disminuída en futuras generaciones, pudiéndose sospechar entonces que el follaje de APN-83 contiene alguna substancia que atrae al insecto y le causa daño momentáneamente o a posteriori en su conducta de reproducción, como reducción de la fecundidad según menciona Mesquita, Bartoli y Leal (26).

4.4. Pruebas de orientación olfática

En los dos experimentos simultáneos realizados para ésta prueba se detectó que siempre la mayor parte de los adultos de Apion godmani tuvieron una conducta de guiarse por los olores que provenían de las celdas de APN-83, pues se encontraron dentro de éstas o en la manguera que a éstas conducía. Este fenómeno se dió en los dos dispositivos, no importando la procedencia de los adultos, pudiendo afirmarse que los olores preferidos son los liberados por las celdas de estímulos de APN-83.

En la primera observación realizada 12 horas después de

instalado el ensayo se encontraron en el olfatómetro que contenía adultos de Apion godmani previamente alimentados con APN-83 : 8 adultos que prefirieron los olores de la celda de estímulos de APN-83 y, 3 adultos que seleccionaron los olores de Rojo de Seda; además la cantidad de perforación en hojas del primer caso fue mayor. Lo mismo se observó en el olfatómetro con adultos de Apion godmani previamente alimentados con Rojo de Seda: 15 que prefirieron la celda de estímulos de APN-83 y 4 los de Rojo de Seda. Presentándose mayor cantidad de perforaciones siempre en las hojas del genotipo APN-83. En la segunda observación realizada 24 horas después de instalado el ensayo, se observó el mismo comportamiento, incrementándose el número de adultos que prefirieron los olores liberados por las celdas de estímulos de APN-83 en ambos casos, observándose siempre mayor número de perforaciones para el genotipo APN-83, lo cual se hizo cualitativamente, debido a la dificultad de contarlos.

Al final del ensayo se realizó el conteo de adultos, observándose que en la celda que contenía insectos previamente alimentados con APN-83 siempre hubo preferencia por los olores liberados por las celdas de estímulos de APN-83, obteniéndose un total de 17 adultos (38,6%) en la celda de APN-83 y 3 adultos (6,8%) en la celda de Rojo de Seda, contabilizándose 24 adultos en la celda de elección de estímulo (54,6%), los cuales no respondieron; para éstos primeros datos, se utilizaron adultos previamente alimentados con APN-83. De los 17 mencionados 9 eran hembras (8 vivas y 1 muerta) y 8 machos

(6 vivos y 2 muertos); en la celda de Rojo de Seda 1 macho muerto y 2 hembras vivas y por último en la celda de elección de estímulos de los 24 encontrados, habían 15 machos muertos y el resto hembras, incluyendo una muerta.

En el caso del experimento con adultos que se habían alimentado con Rojo de Seda, se contabilizó que de los 59 adultos al final 13 (22,0%) se encontraron en la celda de APN-83 y, solamente 6 (10,2%) en la celda de Rojo de Seda. De los 13 mencionados, 8 vivos y 2 muertos eran hembras y el resto machos vivos; para la celda con Rojo de Seda del total con 6 adultos, 3 eran hembras y 3 machos no encontrándose muertos y, de la celda de elección de estímulos de los 40 adultos (67,78%) que no respondieron a ningún estímulo se encontraron 21 hembras (7 vivas y 14 muertas) y 19 machos (3 vivos y 16 muertos) (cuadro 37). Al estimar las perforaciones en las hojas, estas fueron mayores para las de APN-83 en ambos experimentos.

Estos resultados sugieren que el APN-83 es preferido por los adultos cuando éstos se alimentan del follaje, comportándose de igual forma en los dos experimentos, no habiendo diferencia en cuanto a la mortalidad y proporción sexual. La mortalidad puede obedecer posiblemente a la diferencia de edad de los adultos o a daños mecánicos provocados por el diseño de los dispositivos utilizados ya que mucho se encontraron imposibilitados de moverse dentro de las celdas de elección de estímulos olfáticos.

CUADRO 37 : Resultados obtenidos al final de la prueba de orientación olfática practicadas con hojas de APN-83 y Rojo de Seda y con adultos de A. godmani con alimentación previa diferente.

A D U L T O		CELDA DE EMISION DE ESTIMULOS OLFAT								CELDA DE ELECCION DE ESTIMULOS OLFATICOS				T O T A L				
		CON APN - 83				CON ROJO DE SEDA				V	M	T	Z	V	M	T	Z	
		V	M	T	Z	V	M	T	Z									
O L F A T O R O S	Alimentados con APN-83		8	1	9		0	1	1		1	8	9		9	10	19	
			6	2	8		2	0	2		0	15	15		8	17	25	
		T	14	3	17	38,6	2	1	3	6,8	1	23	24	54,6	17	27	44	100
	Alimentados con Rojo de Seda		8	2	10		3	0	3		7	14	21		18	16	24	
			3	0	3		3	0	3		3	16	19		9	16	25	
		T	11	2	13	22,0	6	0	6	10,2	10	30	40	67,8	27	32	59	100

V : Vivos; M : muertos; T : total de vivos mas muertos; los porcentajes son calculados con respecto a la cantidad de adultos, puestos en cada celda de elección de estímulos olfáticos, 44 para una y 59 para la otra, entre machos y hembras, alimentados previamente, durante 15 días del follaje del genotipo respectivo.

A pesar de todo se observa que éstos resultados se asemejan a los de la prueba de preferencia alimenticia con discos foliares, recalcando una vez más que el genotipo APN-83 en éste caso su follaje podría tener la propiedad de atrayente alimenticio como parte del mecanismo de resistencia a Apion godmani, lo cual podría influir en la conducta del insecto en sus futuras generaciones.

4.5. Extracción de genitales de A. godmani la determinación de posibles anormalidades.

En los intentos de extracción de genitales de Apion godmani realizados en esta práctica no se obtuvieron resultados satisfactorios debido principalmente a la falta de una técnica adecuada y del poco estudio realizado al respecto. Sin embargo con los métodos utilizados se obtuvieron algunas láminas de genitales de machos y de hembras de este insecto alimentados con los genotipos Rojo de Seda y APN-83.

Entre las láminas obtenidas tanto de machos como de hembras alimentados con uno u otro genotipo, hubieron algunas aparentemente completas y otras incompletas, lo cual en términos generales podría deberse a efectos causados por el genotipo resistente APN-83, ya que aquí fue donde se observaron más incompletas, especialmente en hembras.

Este efecto a nivel de genitales podría provocar la reducción del nivel de fertilidad como sucede con la mosca del

Mediterráneo donde se utiliza radiaciones para provocar la esterilidad como parte de un control de esta plaga (16). Por otra parte, estos resultados pueden deberse a la imperfección de la técnica, especialmente a las sustancias de disección y al manipuleo de especímenes.

Entre las soluciones empleadas para la disección las más eficientes fueron las KAA y Khale (40) que fué de donde se obtuvo más preparaciones microscópicas.

5. CONCLUSIONES

- 1) En la prueba de no escogencia se comprobó la preferencia de A. godmani por Rojo de Seda tanto en daños totales como de ovipostura.
- 2) En la prueba de libre escogencia en vainas se determinó que existe influencia del substrato de alimentación en la selección, por parte de adultos de A. godmani, del genotipo de frijol común para la función de ovipostura.
- 3) Los niveles de daños en Rojo de Seda son menores cuando los adultos de A. godmani han sido alimentados previamente con follaje de APN-83, esto podría indicar la presencia de un mecanismo de antibiosis.
- 4) El estado de desarrollo fisiológico de las vainas influye en los mecanismos de resistencia a A. godmani tanto en semillas inmaduras como en valvas.
- 5) Existe una mejor preferencia por parte de los adultos de A. godmani de seleccionar follaje de APN-83 como fuente alimenticia, lo cual posiblemente esté relacionado con propiedades atrayentes en dicho germoplasma de frijol común

6. RECOMENDACIONES

- 1- En base a los resultados obtenidos, resultaría conveniente estudiar la fisiología de los adultos de A. godmani para explicar mejor la reducción de la ovipostura detectada en el genotipo APN-83, en relación a posibles fenómenos en la conducta reproductora de los adultos cuando éstos se relacionan con dicho genotipo de frijol común.
- 2- Paralelamente deben estudiarse los factores químicos involucrados en la atracción y mortalidad de A. godmani por parte del genotipo APN-83 y debe intentarse la incorporación de los genes de resistencia de este genotipo de frijol común a los genotipos de frijol con valor y aceptación comercial.
- 3- También será valioso probar en campo, parcelas de los genotipos estudiados sembrados bajo condiciones similares de libre escogencia y de no escogencia con el propósito de descubrir pautas para el manejo de A. godmani mediante manipulación de cultivos trampa (genotipo "trampa").

7. BIBLIOGRAFIA

- 1- ALVARADO, L. 1980. Variedades estables para la zona frijolera del país. Recursos (Honduras) N^o 5 : P. 8-12.
- 2- BECK, S.D.; SEILES, A. 1984. Conducta de los insectos y resistencia vegetal. In Mejoramiento de plantas resistentes a insectos. Fowden G. Maxwell; Peter R. Jennings México, D.F. Limusa. P. 135-153.
- 3- BELDER, E.D.; SEILES, A. 1985. Manual de laboratorio para las prácticas del curso de control integrado de plagas; sanidad vegetal. Managua, Nicaragua. P. 24-27
- 4- BELDER, E.D.; SEILES, A. 1985. Control integrado de plagas, sanidad vegetal. Managua, Nicaragua. P. 180-191.
- 5- CARDONA, C.; FLOR, C.A.; MORALES, F.; PASTOR, M. 1982. Problemas de campo en los cultivos de frijol en América Latina. 2^a Ed. Colombia, CIAT. P. 134.
- 6- CENTRO DE RECURSOS NATURALES, SERVICIO DE METEOROLOGIA E HIDRAULICA. 1987. Almanaque Salvadoreño 1987. San Salvador, El Salvador. MAG. 96 P.

- 7- CENTRO DE TECNOLOGIA AGROPECUARIA. 1980. Granos básicos y calibración de equipo de aspersión. San Andrés, La Libertad, El Salvador. CENTA. Manual Técnico N° 3 P. 1-24.
- 8- CIAT. 1983. Informe Anual 1983. Programa Frijol. Cali, Colombia. P. 54-60.
- 9- CIAT. 1987. El picudo de la vaina del frijol y su control guía de estudios para ser usada como complemento a la Unidad Auditorial sobre el mismo tema : Victor Salguero Oswaldo Díaz; Eddy García; Felicito A. Monzón y Cesar Cardona. Producción : Carlos A. Valencia, Cali, Colombia. CIAT. 42 P.
- 10- CIAT. 1990. Informe Anual 1988 : Programa Frijol. Cali, Colombia. P 162, 169, 171.
- 11- DIAZ, A.O. 1988. Distribución e importancia económica de Apion spp. en Centro América y México. In Taller Internacional sobre Apion (2, 1988, Danli). Memoria. Danli, Honduras, Secretaria de Recursos Naturales. Centro Internacional de Agricultura Tropicas (CIAT). P. 7-21.
- 12- EL SALVADOR, MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA. Economía y planificación agropecuaria, Programa Frijol, 1974-1977. Publicación miscelanea. 49 P.

- 13- EL SALVADOR, MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA.
Dirección General de Investigaciones Agronómicas. Estudio preliminar del picudo de la vaina. 1986. Circular N^o 77.
- 14- FAGOONEE, I.; TOORY, V. 1983. Preliminary investigations of host selection mechanisms by the leafminer liriomyza trifolii. Insect Science and Application (Great Britain). 4 (4): 337-341.
- 15- FRANCO, E.S.; HERNANDEZ, A.; RIVERA, R. 1989. Estudio de antibiosis y antixenosis como causas de resistencia de dos genotipos de frijol común (Phaseolus vulgaris L.) al picudo de la vaina (Apion godmani Wang) Tesis Ing. Agrónomo. El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador. 121 P.
- 16- GARZA, G.R. 1988. Mecanismos de resistencia en materiales de frijol Phaseolus vulgaris L., seleccionados como resistentes al picudo del ejote Apion spp. In Taller Internacional sobre Apion (2, 1988, Danli). Memoria. Danli, Honduras. Secretaria de Recursos Naturales, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). P. 41-61.

- 17- GUILLEN AGUILAR, J.C. 1983. Programa Mosca de Mediterraneo, Manual para la diferenciación de moscas del Mediterraneo Ceratitidis capitata (Wied) silvestres (fértiles) de moscas irradiados (estériles). México, D.F., Dirección General de Sanidad Vegetal. 102 P.
- 18- HALLMAN, G.; BEEBE, S.; SALGUERO, V. 1985. Resistencia a Apion godmani Wagn,; y muestreo en viveros de frijol. In Memoria del Seminario Regional de Fitoprotección, Abril 1984. Ed. por Andrés, K.L., Barletta, H. Pilz, G. E. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. Cerba 26 (1) : 164-171.
- 19- HANSON, F. E. 1983. The beavorial and neuro physiological basis of foods plant selection by lepidopteraus larvae. In Jerny Herbivoros; hostseeking behavior and mechanisms Academic press, New York, USA. P. 3-21.
- 20- HORBER, E. 1984. Tipos y clasificación de la resistencia In mejoramiento de plantas resistentes a insectos. Fowden G. Maxwell; Peter R. Jennings. México D.F. Limusa P. 35-41.
- 21- INTERNACIONAL SYMPOSIUM ON PEST OF GRAIN LEGUMES AT IITA. (1976, Nigeria). 1976. Insects associated with beans in latin América. A.V. Schoonhoven. Nigeria, IITA. 56 P.

- 22- KING, A. B. S.; SAUNDERS, J.L. 1984. Las plagas invertebradas de cultivos anuales alimenticios en América Central. CATIE. Turrialba, Costa Rica. P. 16,80.
- 23- KOGAN, M. 1983. Principios de la relación insecto-planta y su aplicación en la resistencia varietal. In Programa de Yuca (1983, cali). Yuca : Control integrado plagas. Cali, Colombia. P. 33-44.
- 24- MANCIA, J. E. 1973. Evaluación de variedades de frijol tolerantes al picudo de la vaina Apion godmani Wagn. SIADES (El Salvador). 2 (3-4-) : 15-20.
- 25- MANCIA, J. E. 1973. La biología del picudo de la vaina del frijol Apion godmani Wagn y su distribución en El Salvador. SIADES (El Salvador). 2 (2) : 12-29.
- 26- MESQUITA L., F.; BARTIOLI, S.A.; LEAL B., A. 1986. Resistencia de plantas a insectos. Informe agropecuario (Brasil). 12 (140) : 23-29.
- 27- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. 1978. Manejo y control de plagas de insectos. Trad. del Inglés por Modesto Rodríguez de la Torre. 3ª Ed. México. D.F. LIMUSA. Vol. P. 95-110.

- 28- NILES, G. A. 1984. Mejoramiento de algodón resistente a sus insectos plaga. In Mejoramiento de plantas resistentes a insectos. Fowden G. Maxwell, Peter R. Jennings. México, D.F. Limusa. P. 43-80
- 29- NORRIS. D. M.; ROGAN, M. 1984. Bases bioquímicas y morfológicas de la resistencia. In Mejoramiento de plantas resistentes a insectos. Fowden G. Marwell; Peter R. Jennings.
- 30- ORTMAN, E. E.; PETERS, D. C. 1984. Componentes de un programa para el desarrollo de resistencia a los insectos de las plantas. In Mejoramiento de las plantas resistentes a insectos. Fowden G. Marwell, Peter R. Jennings. México, D. F. LIMUSA. P. 25-32.
- 31- PEINTER, R. H. 1968. Insect resistance in crops plant. Ransas, USA. Mc. Millan. P. 23-83.
- 32- PENA, J. E. 1988. Toxotripana spp. y Bepbratelloides spp, ejemplos de adaptación de monófagos a plantas hospederas. Miscelanea. (Colombia). 11 : 42-46.
- 33- ROSSELL, G. E. 1978. Plant breeding for pest and disease resistance. London, Great Britain, BUTTERWORTHS. P. 306-311.

- 34- SALGUERO, V. 1985. Conocimientos actuales sobre Apion sp
In Memoria del Seminario Regional de Fitoprotección.
Abril, 1984. Ed. Andrés R.L., Barletta, H. y Pilz,
G.E. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Hon-
duras. Ceiba 2 (1) : 153-156.
- 35- SCHOONHOVEN, A. V.; CARDONA, C. 1980. Insectos y otras
plagas del frijol en América Latina. In Problemas de
producción de frijol. 1980. Com. y Ed. Howard F.
Schawartz y Guillermo E. Gálvez, Cali, Colombia. CIAT.
P. 363-412.
- 36- SCHOONHOVEN, L. M.; PERSEN, K. I. 1976. Effects of some
allelochemicals on food uptake and survival of a
polyphagous Aphid, Myzus persicae. Ent. Exp. 8 appl.
(North holland). 9 (1976).
- 37- SCHWARTZ, H. F.; GALVEZ, G.; SCHOONHALEN, A. 1978. Pro-
blemas de campo en los cultivos de frijol en América
Latina. Cali, Colombia. CIAT. P. 92.
- 38- SERRANO C. L.; OLIVA GARCIA, J. L.; HERNANDEZ, A.; MANCIA,
J. E.; ESCOBAR BETANCOURTH, J. C.; GUADRON, M.; ARIAS,
C. A.; RAMIREZ, A.; VENTURA, O.; SOTO J. 1988.
Apuntes sobre ecología general de Apion godmani y otras
especies congéneres, Danli, Honduras. CIAT. 49 P.

- 39- TAPIA, B. H.; CAMACHO H., A. 1988. Manejo integrado de la producción en los cultivos de frijol basado en la branza cero. GTZ. Managua, Nicaragua. P. ISI.
- 40- WAGSTAFFE, R.; HAVELOCH, M. A. 1955. The preservation of natural history specimens. Edinburg, Great Britain. Neil co. ltd. Vol. 1. P. 74, 81, 82, 85, 86, 161, 162.
- 41- WISEMAN, B. R. 1985. Types and mechanisms of host plant resistance to insect attack. Insect sevence applic. (Ereat Britain). 6 (3) : 239-242.

8. ANEXOS

Cuadro A.2 Tabla de calibración micrométrica.

Juego de Lentes : Objetivo = 1X Plan
 Ocular = 20X

Graduación ZOOM	# de Trazos del Micrómetro	mm. de la Platina de calibración	mm/trazo Micro (Aprox. a la 3 Frac. dec)
(6)	15	2.2	0.147
(6 - 9)	16	2.0	0.125
(9)	15	1.6	0.107
(9 -12)	24	2.2	0.092
(12)	20	1.6	0.080
(12 -18)	30	1.9	0.063
(18)	34	1.8	0.053
(18 -25)	50	2.2	0.044
(25)	57	2.2	0.039
(25 -40)	50	1.5	0.030
(40)	83	2.0	0.024
(40 -50)	88	1.9	0.022
(50)	93	1.8	0.019

CUADRO A-3. Implantes de fases inmaduras de Apion godmani practicados en valvas y semillas de frijol común resistente APN-83.

CAJA PETRI	NUMERO DE LARVA	MEDICION DE ANCHO CEFALICO		SUBSTRATO
		NUMERO DE TRAZOS *	MICRAS **	
A	1	8	152	Semilla
	2	8	152	"
	3	8	152	"
	4	9	171	"
	5	7	133	"
	6	9	171	"
B	1	9	171	Valva
	2	8	152	"
	3	10	190	"
	4	7	133	"
	5	8	152	"
	6	9	171	"
	7	10	190	"
C	1	9	171	Valva
	2	9	171	"
	3	17	323	"
	4	19	361	"

... sigue

... viene

D	1	14	266	Semilla
	2	14	266	"
	3	20	380	"
	4	13	247	"
	5	12	228	"
	6	15	285	"
E	1	20	380	"
	2	15	285	"
	3	15	285	"
	4	18	342	"
	5	16	304	"
	6	18	342	"
	7	13	247	"

* Usando el micrómetro bajo el microscopio estereoscopio
Marca Wild Modelo M8, ocular 15X, objetivo plan 1X, ZOOM
50.

** Conversión utilizando tablas de calibración micrométrica
disponibles previamente para éste aparato. (1 trazo = 19
micras).

CUADRO A-4. Daños totales y de ovipostura en vainas de frijol común causados por A. godmani en la primera repetición durante la prueba de selección del substrato de ovipostura bajo condiciones de no escogencia.

GENOTIPO DE ALIMENTACION	GENOTIPO DE OVIPOSTURA	DAÑOS TOTALES	DAÑOS DE OVIPOSTURA
ROJO DE SEDA	ROJO DE SEDA	1 176	570
	APN - 83	294	89
	DESARRURAL	457	171
APN-83	ROJO DE SEDA	366	90
	APN - 83	137	25
	DESARRURAL	262	80

CUADRO A-5. Daños totales y de ovipostura en vainas de frijol común causados por A. godmani en la primera repetición durante la prueba de selección del substrato de ovipostura bajo condiciones de libre escogencia.

GENOTIPO DE ALIMENTACION	GENOTIPO DE OVIPOSTURA	DAÑOS TOTALES	DAÑOS DE OVIPOSTURA
ROJO DE SEDA	ROJO DE SEDA	219	97
	APN - 83	65	8
	DESARRURAL	116	53
APN-83	ROJO DE SEDA	192	44
	APN - 83	91	9
	DESARRURAL	132	60

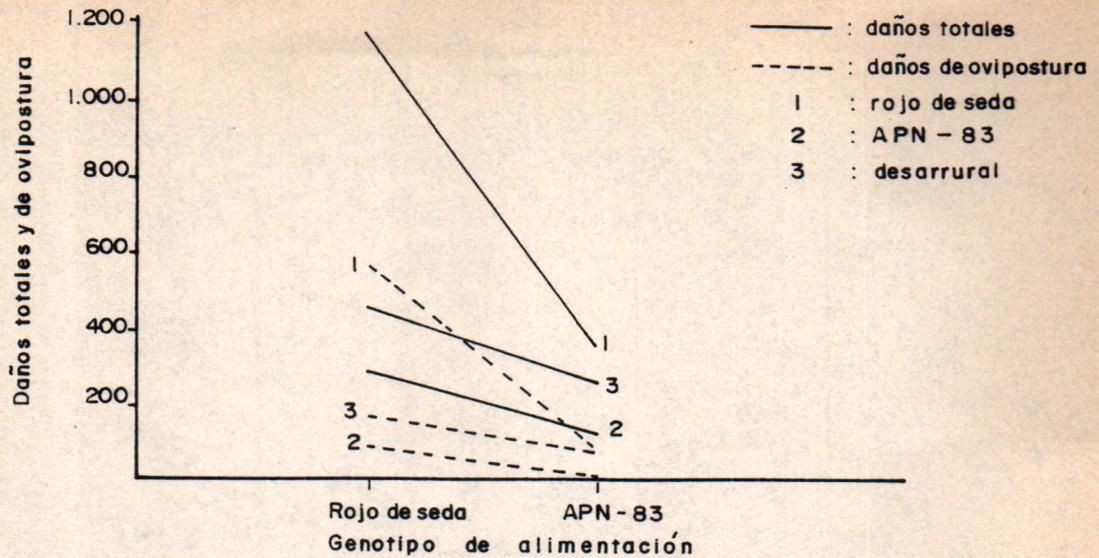


Fig. A-1 Daños totales y de ovipostura en vainas de frijol común causados por *A. godmani* en la primera repetición durante la prueba de selección del sustrato de ovipostura bajo condiciones de no escogencia.

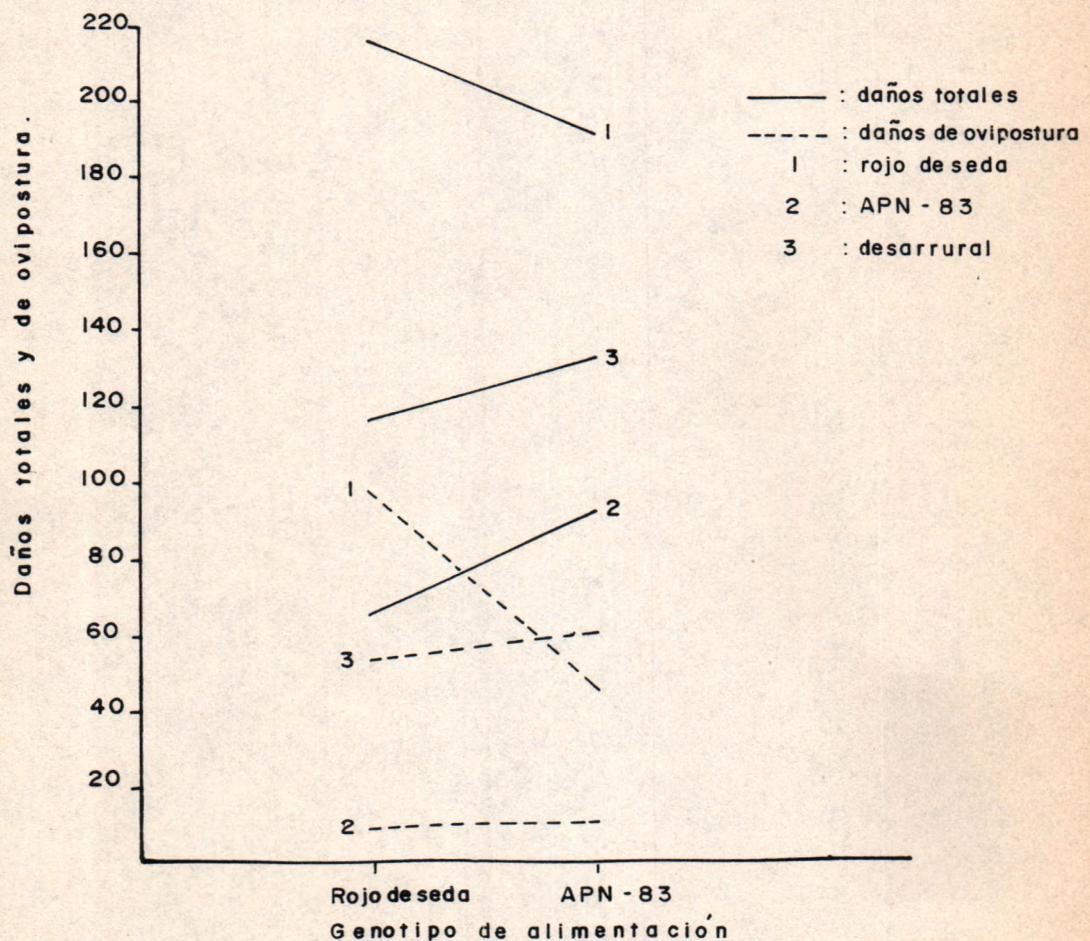


Fig. A-2 Daños totales y de ovipostura en vainas de frijol común causados por *A. godmani* en la primera repetición durante la prueba de selección del sustrato de ovipostura bajo condiciones de libre escogencia.

9. GLOSARIO

- Celda de emisión : Parte constituyente del olfatómetro de simple difusión y doble emisión, donde se coloca la fuente de emanación de olores para la orientación olfática de los especímenes de insectos en estudio.

- Celda de difusión : Parte constituyente del olfatómetro de simple difusión y doble emisión, en donde se colocan los especímenes de insectos en estudio para que reciban los estímulos olfáticos provenientes de las celdas de emisión.

- Celda trofológica : Trophos = alimentación y Logos = estudio; dispositivo utilizado para medir la preferencia de ciertos especímenes de insectos, para alimentarse de cierto material vegetal.

- Libre escogencia : Condición a que se somete un espécimen insectil en estudio, en la cual a éste se le dá a escoger entre diferentes materiales vegetales ya sea para su alimentación, ovipostura, etc.

- No escogencia : Condición a que se somete un espécimen insectil en estudio, en la cual a ésta se le proporciona un sólo material vegetal para su alimentación, ovipostura, etc.

- Olfática : Sinónimo de olfatoria, olfatérica; realacionado con el olfato.

- Olfatómetro : Dispositivo empleado para medir la capacidad de orientación de ciertos especímenes de insectos ante ciertos olores emanados por algún material vegetal.

- Valva : Término asignado a la vaina sin semilla.