

Jorge Rimbrecht.

ISSN - 0120 - 0488

REVISTA COLOMBIANA DE ENTOMOLOGIA

Remite: Socolen
A.A. 43672 Bogotá
Tarifa Postal
Reducida 239

PUBLICACION OFICIAL DE LA SOCIEDAD COLOMBIANA DE ENTOMOLOGIA

Volumen 16

Número 1

Enero - Junio de 1990

SENDORCA
MONTAÑA LERMA JAMES
A.A. 5390
CALI
B 5



REVISTA COLOMBIANA DE ENTOMOLOGIA

PUBLICACION OFICIAL DE LA SOCIEDAD
COLOMBIANA DE ENTOMOLOGIA

Volumen 16

Número 1

Enero - Junio 1990

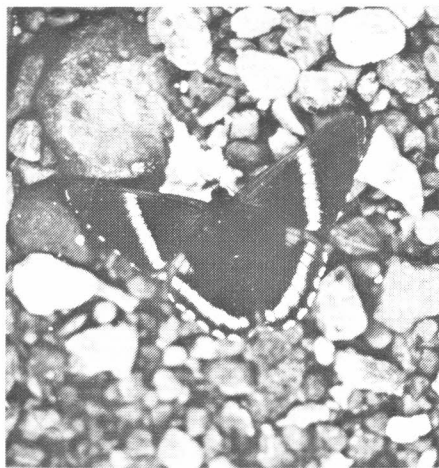
Licencia Mingobierno 002274/81

Permiso Adpostal 3208

Tarifa Postal Reducida para libros y revistas No. 239 de Adpostal

NOTA: SOCOLEN no se responsabiliza de las ideas emitidas por los autores.

Tiraje: 1.000 ejemplares



Portada:

Necyria Zaneta.

Mariposa de la familia Riodinidae

Foto: Luis Miguel Constantino.

Tomada en la cordillera occidental del Valle del Cauca.

(CIAT-Palmira, Valle)

Edición:

LUIS ARMANDO BERMUDEZ GARCIA

Comité de Publicaciones:

LIGIA NUÑEZ B.

GERMAN VALENZUELA V.

RAFAEL ESPINEL M.

JUNTA DIRECTIVA

Presidente:

JORGE HERNAN RAMIREZ ADARVE

Vicepresidente:

LIGIA NUÑEZ BUENO

Tesorero:

MARCO FIDEL SUAREZ AGUDELO

Secretaria:

RUBY LONDOÑO URIBE

Revisor Fiscal:

JORGE ENRIQUE GARCIA BECERRA

VOCALES

Principales:

GUILLERMO TORRADO PACHECO

ALEXANDER VILLANUEVA GUERRERO

LUIS FERNANDO NIETO MORALES

Suplentes:

ALFREDO ACOSTA GOMEZ

JESUS ALI ALARCON CARRERA

EDUARDO ESCALLON AVILA

SOCIEDAD COLOMBIANA DE ENTOMOLOGIA

Apartado Aéreo No. 43672 Bogotá - Colombia.

CONTENIDO

SEMPLA: SISTEMA DE ANALISIS ESTADISTICO COMPUTARIZADO
PARA ENSAYOS BIOLOGICOS

José Antonio Valero
Diana Villegas
Marcelo López
Astrid G. de Gerardino
Orlando Martínez

3

EFFECTIVIDAD DE TRES INSECTICIDAS PARA EL CONTROL DEL TOSTON
DEL FRIJOL, POSIBLE *Phyllonorycter* sp (Lepidoptera: Gracillariidae) EN
NARIÑO

María Luisa Cortés
César Cardona
Fernando Trujillo

12

RESULTADOS DE UN PROGRAMA PILOTO DE MONITOREO DE LA
RESISTENCIA DE *Heliothis virescens* (FABRICIUS) A METILPARATION Y
PIRETROIDES EN LA ZONA ALGODONERA DE EL ESPINAL, COSECHA
1988 A.

Francisco Rendón
Alfredo Siabatto
Miguel Angel Herrera
Guillermo Alvarez A.

16

MECANISMOS DE RESISTENCIA DE *Phaseolus acutifolius* A. GRAY A
Empoasca kraemeri ROSS AND MOORE (HOMOPTERA: CICADELLIDAE)

Adela Rodríguez
Juan Antonio Morales
César Cardona
Darío Corredor

23

EFFECTO DE LA TEMPERATURA Y LA HUMEDAD RELATIVA SOBRE
EL ALAMACENAMIENTO DE HUEVOS DE *Zulia colombiana* Lallemand
(HOMOPTERA: CERCOPIDAE) BAJO CONDICIONES DE LABORATORIO

Socorro Amparo Chávez
Stephen L. Lapointe
José Iván Zuluaga

31

DESARROLLO EMBRIOLOGICO DE *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval)
(ACARI: TETRANYCHIDAE), PLAGA DEL CLAVEL (*Dianthus caryophyllus* L.)

Liliana Rosero L.
Mariela Torres T.
Alfredo Acosta G.

39

SEMPLA: SISTEMA DE ANALISIS ESTADISTICO COMPUTARIZADO PARA ENSAYOS BIOLOGICOS

José Antonio Valero*
Diana Villegas*
Marcelo López*
Astrid G. de Gerardino**
Orlando Martínez**

RESUMEN

Algunos bioensayos o pruebas de toxicidad están diseñados para estimar la concentración requerida de un producto químico o biológico, para producir respuesta en un porcentaje dado de la población. En Entomología, la estimación de la concentración letal 50% (CL₅₀)^{*} permite encontrar poblaciones de insectos susceptibles o resistentes a los productos utilizados en su control.

SEMPLA es un paquete de análisis estadístico escrito en turbo pascal para ser utilizado en microcomputadores IBM o compatibles y empleado para estimar la dosis letal 50% de uno y dos productos y un producto con dos factores mediante las transformaciones probit, logit o angular. Está diseñado bajo un contexto modular, lo cual facilita su comprensión y manejo. Los módulos del sistema son: ayuda, entrada de datos, procesamiento y resultados. La implementación del sistema propuesto permite un análisis rápido, eficaz y confiable de los resultados, así como nuevas posibilidades de interpretación.

Palabras Claves Adicionales: Bioensayos, dosis efectiva, paquete estadístico, transformaciones.

SEMPLA: A COMPUTARIZED STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM FOR BIOLOGICAL ASSAYS

SUMMARY

Some bioassays or toxicity trials are designed to estimate the concentration of a chemical or biological product required to produce response, in a given percentage of the challenged population. In Entomology, the estimation of the lethal concentration 50% (LC₅₀) permits to find populations of insects susceptible or resistant to the products used in their control. SEMPLA is a statistical package written in "turbo pascal" language, to be used in IBM or compatible microcomputers and utilized to estimate the lethal dose 50% of one or two products and one product with two factors using the probit, logit or angular transformations. It is designed under a modular context. The modules of the system are: help, data entrance, data processing and results. The implementation of the system allows a rapid, efficient and reliable analysis as well as new possibilities of interpretation.

Additional Index Words: Bioassays, effective dose, statistical software, Transformations.

INTRODUCCION

Los ensayos biológicos diseñados en Entomología para determinar la toxicidad de una preparación química para ciertos insectos, la comparación de dos o más productos químicos, la ineffectividad de una bacteria, virus u hongo en

el control biológico de ciertas plagas son de especial significancia (3,9). La investigación orientada al estudio del fenómeno de la resistencia en programas de control implica la estimación de una dosis mediana efectiva 50% y la estimación de la potencia a través de diferentes generaciones de la población susceptible (1,6).

En estos ensayos, varias concentraciones del estímulo se preparan y se asignan al azar a grupos de insectos u otros organismos vivos, para cada nivel de concentración (3,8). En cada grupo se evalúa la cantidad de animales que responden (r) sobre el total. Los resultados se expresan como proporción (r/n) o como porcentaje (r/n. 100).

El conjunto de respuestas de los organismos da origen a una "distribución de frecuencias de tolerancias", entendiéndose por tolerancia de un organismo aquella dosis que es suficiente para producir la respuesta característica. Si la concentración que un organismo recibe es mayor que el nivel de tolerancia, éste muere. Si es menor, éste sobrevive. La selección de la transformación de la variable respuesta depende de la forma de "distribución de tolerancias" y las transformaciones más usadas son las que involucran el análisis "probit" (7) el logit (3) y el angular (8).

Estos análisis han sido utilizados por entomólogos y demás investigadores cuando conducen experimentos que involucran dosis respuesta y ésta es quantal (todo o nada). El análisis estadístico básico debe consistir de las

* Ingenieros de Sistemas, Universidad Piloto de Colombia, Bogotá.

** Microbióloga, M.S. Sección Estadística y Biometría.

Ingeniero Agrónomo, Ph.D. Director Sección Estadística y Biometría, ICA, Bogotá.

dosis efectivas y límites de confianza, la ecuación de la línea de regresión transformada, la prueba ji-cuadrada de bondad de ajuste y, en lo posible, de las gráficas de la distribución de tolerancia y la línea de regresión (5). El cálculo manual de estos estimadores y las comparaciones que se quieran efectuar conllevan largas horas de trabajo y manejo de tablas, todo lo cual está sujeto a errores de precisión y confiabilidad.

En el exterior, se han desarrollado paquetes estadísticos para el computador que contienen algunos de estos procedimientos estadísticos (4,10) con el inconveniente de la accesibilidad y en algunas ocasiones de requerimientos operacionales.

Con el advenimiento de sistemas computarizados personales, para el procedimiento de la información, se creó la necesidad de un sistema específico orientado al ensayo biológico, acorde con las necesidades, de fácil manejo y alta confiabilidad.

En este trabajo se presenta SEMPLA, un paquete de análisis estadístico escrito en turbo pascal, para uso de los investigadores en el campo biológico y su fundamento estadístico, la estructura, bondad y manejo del sistema.

2. MATERIALES Y METODOS

2.1. METODOLOGIA ESTADISTICA

El análisis estadístico que involucra el ensayo biológico, en su forma básica, es la aplicación de un análisis de regresión a la relación del porcentaje de respuesta (generalmente la muerte) en organismos vivos a una concentración en aumento de un tóxico dado.

La relación dosis-respuesta que se ajusta a un modelo no lineal, tiene una forma continua de tipo asimétrico sigmoide. Si se usan los logaritmos de la concentración, la curva se hace simétrica. Si los porcentajes de mortalidad (P) se transforman a valor probit (Z +

5) logit ($\frac{P}{1-P}$) o angular [arctang ($\sqrt{\frac{P}{Q}}$)], la relación se hace lineal.

El análisis "probit" se utiliza cuando la estructura fundamental de las relaciones dosis-respuesta dada por la distribución de tolerancia se asemeja a la distribución normal. Si se asemeja a la distribución logística y la respuesta no siempre deriva de las variaciones de la tolerancia individual, se utiliza el "logit". Cuando el uso de muy pocos individuos causa la ocurrencia de un porcentaje de respuesta extrema afectando la estimación del rango de la distribución de tolerancia, se utiliza la transformación "angular".

2.2. ANALISIS "PROBIT"

De la relación entre la cantidad total de individuos y la cantidad de afectados se obtienen las proporciones observadas, que, al ser graficados vs log dosis, asumen una forma curvilínea de tipo sigmoideo, semejante a la curva de la distribución normal acumulada. Si estas proporciones se transforman a su desviación equivalente normal (D.E. N.), a través de la distribución normal integral, se obtiene una relación lineal entre el estímulo (dosis) y la desviación normal equivalente de las proporciones. Las unidades de desviación normal, que se obtienen de transformar las proporciones, se denominan "PROBITS" y están en un intervalo entre 0.01% y 99.99%, que representa de 0 a 10 probits, donde el valor probit 5 corresponde al 50%. A partir de estos valores y para simplificar los procedimientos aritméticos, evitando los valores negativos, la desviación equivalente se incrementa en cinco.

Si se considera la función de la distribución de tolerancia:

$$f(x) = (1/\delta \sqrt{2\pi}) \exp \left(-\frac{1}{2} \delta^2 \right) (x-\mu)^2 \quad (1)$$

El probit de la proporción P es definida como la obcisa, la cual corresponde a la probabilidad P en una distribución normal con media 5 y varianza 1. En símbolos, el Probit de P es Y, donde:

$$P = (1/(\sqrt{2\pi})) \int_{-\infty}^{y-5} \exp \left(-\frac{1}{2} u^2 \right) du \quad (2)$$

Entonces, se tiene que la proporción esperada P para una dosificación x_0 es:

$$P = (1/(\delta \sqrt{2\pi})) \int_{-\infty}^{x_0} \exp \left(-\frac{1}{2} \delta^2 \right) (x-\mu)^2 dx \quad (3)$$

Comparando las dos fórmulas para P se puede relacionar el Probit de la transformación esperada a la dosificación, por la ecuación lineal:

$$Y = 5 + 1/\delta (x - \mu) \quad (4)$$

A partir de los datos experimentales y utilizando la "transformación probit", se obtienen los estimadores de esta ecuación mediante un proceso iterativo de máxima verosimilitud. Para un valor esperado de P corresponde un único valor probit que se haya despedido Y en la ecuación (1).

Considerando que existe heterogeneidad entre las varianzas de las respuestas para las distintas dosis del experimento, se utilizan los llamados "coeficiente de ponderación" W, cuya ecuación es:

$$W = Z^2/PG \quad (5)$$

Si se considera el bloque control

$$W = Z^2/Q(P + 1/1 - c) \quad (6)$$

La transformación de trabajo para cada dosis es:

$$y = Y + (p - P)/Z \quad (7)$$

2.3. ANALISIS "LOGIT"

La función logística, desarrollada por Berkson (2) se utiliza como una alternativa para la curva normal sigmoidea de dosificación respuesta, en la representación de la regresión de una respuesta quantal sobre una dosis. La función logística es muy parecida en su forma a la curva normal integrada y está definida por:

$$P = 1 - Q = \frac{1}{1 + \exp^{-(\alpha + \beta x)}} \quad (8)$$

La función de tolerancia está dada por:

$$f(\theta) = (1/2) \operatorname{sech}^2 \theta \quad (9)$$

Para linearizar la función de respuesta logística, es necesario transformar la variable de respuesta como sigue:

$$\operatorname{Logit} P = \frac{1}{2} (\ln(P/Q)) = \alpha + \beta x \quad (10)$$

Esta ecuación es incrementada en cinco para simplificar los procedimientos aritméticos evitando los valores negativos.

$$Y = 5 + \frac{1}{2} \ln(P/Q) \quad (11)$$

Considerando que

$$Z = \left(\frac{1}{2}\right) \operatorname{sech}^2 (Y - 5) = 2PQ \quad (12)$$

El coeficiente de peso diferencial es:

$$W = 4 PQ \quad (13)$$

y la transformación de trabajo

$$y = Y + \left(\frac{1}{2}P\right) - (q/2 PQ) \quad (14)$$

2.4. ANALISIS ANGULAR

En el análisis de datos experimentales expresado como porcentajes, la transformación de una observación P , a un ángulo θ es dada por:

$$P = \operatorname{sen}^2 \theta \quad (15)$$

La distribución de tolerancia es definida por:

$$f(\theta) = \begin{cases} \operatorname{Sen} 2\theta & 0 \leq \theta \leq \pi/2 \\ 0 & \theta < 0, \theta > \pi/2 \end{cases} \quad (16)$$

luego:

$$P = \operatorname{Sen}^2 Y \quad (17)$$

Donde Y es la transformación angular de la proporción P .

Despejando de (17) a Y se tiene:

$$Y = \arctang(\sqrt{P/Q}) \quad (18)$$

como:

$$Z = \operatorname{Sen} 2 Y. \quad (19)$$

El coeficiente de peso diferencial es:

$$W = 4 \quad (20)$$

y la transformación de trabajo está dada por:

$$y = Y + (1/2 \cot(Y)) - (q \operatorname{cosec}(2Y)) \quad (21)$$

3. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1. SISTEMA COMPUTARIZADO SEMPLA

La metodología estadística para estimar la DL50% de un producto, dos productos y un producto con dos factores, mediante la transformación probit, logit o angular se estructuró en un paquete para el microcomputador utilizando el lenguaje turbo pascal para ser utilizado en microcomputadores IBM o compatibles, con un mínimo de 384k de memoria. El lenguaje "Turbo-pascal", basado en el pascal estándar y creado por Niklaus Wirth, combina un editor, compilador y un depurador, logrando un entorno de desarrollo de Software muy productivo (11).

3.2. ESTRUCTURA DEL SISTEMA

Se diseñó bajo un contexto modular para facilitar su comprensión y manejo. Según se detalla en la Gráfica 1, los módulos del sistema que contienen los programas que operan las distintas funciones son:

a. Ayuda: Provee información sobre las operaciones de entrada/salida (e[s]), manejando mensajes de error y ayudas. Los mensajes de error se refieren al tipo de error e invalidez cometida por el usuario. Las ayudas presentan información acerca del proceso E[S en que se encuentra el sistema, manejando un archivo de pantallas para el cual cada registro está definido como una tabla de 4.000 bytes que representan la información de ayuda.

b. Entrada de Datos: Para introducir los datos se diseñaron 4 tipos de pantalla donde se especifica el tipo de experimento, el nombre del experimento y el tipo de análisis. Según la opción escogida, aparece la pantalla

donde se consignan los datos de dosis, número de sujetos, número de afectados (Anexo 1 - Tablas 1,2,3 y 4).

El sistema permite la modificación, anulación o actualización de cualquier dato de entrada y controla la longitud de cada dato. Este módulo maneja 9 posibles casos de invalidez de un dato.

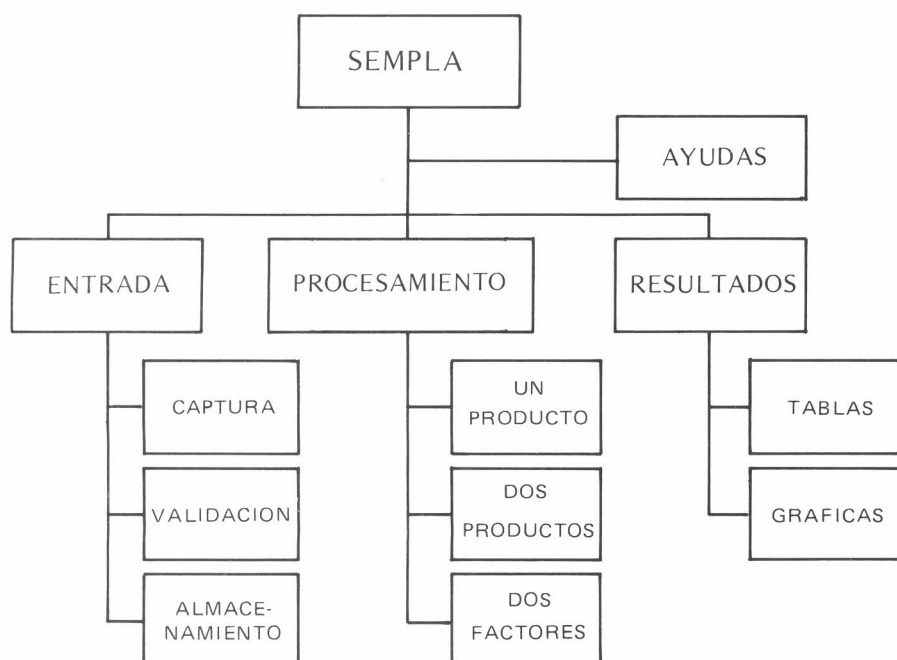
c. Procesamiento: Efectúa los cálculos matemáticos con los datos introducidos y la transformación deseada mediante un proceso iterativo de máxima verosimilitud hasta obtener la ecuación de regresión respectiva. Si se ha utilizado un grupo control, usa la corrección de Abbott y efectúa una prueba X^2 de bondad de ajuste para probar la validez de los resultados. Si se trabaja con dos productos, efectúa una prueba de paralelismo. Si se consideran dos factores, además del análisis de regresión, hace una primera aproximación del plano de regresión.

d. Resultados: Maneja los programas de presentación, de resultados obtenidos en el módulo de procesamiento. Para seleccionar las salidas se diseñaron pantallas con un menú de resultados que permite seleccionar las tablas y gráficas a ser imprimidas (Anexo 1, Tablas 5 y 6). Con estas opciones se puede listar cualquier tabla o gráfica las veces que se requiera, sin necesidad de realizar de nuevo el procesamiento de los datos. Los programas de salida para un factor imprimen los listados en el siguiente orden:

- Tabla ciclos iterativos
- Tabla resultados finales
- Tabla de la prueba X^2 para bondad de ajustes
- Tabla de los límites de confianza
- Gráfica de la curva del log (dosis)
- Gráfica del cinturón de confianza.

Para dos factores no se presenta la tabla de límites de confianza y sólo se elabora una gráfica del plano de regresión.

En el Anexo 2, se encuentran todas las salidas del computador con los resultados del análisis Probit obtenidos en un experimento diseñado para evaluar la susceptibilidad de *T. cinnabarinus*



GRAFICA 1. Estructura del Sistema de Análisis Estadístico Computarizado para Ensayos Biológicos SEMPLA.

ANEXO 1. TABLA 1. Selección del tipo de experimento para analizar.
Módulo: Entrada de datos.

SEMPLA	MENU TIPO DE EXPERIMENTO
1. UN PRODUCTO 2. DOS PRODUCTOS 3. DOS FACTORES MARQUE SU OPCION	
SISTEMA DE ANALISIS ESTADISTICO METODO PROBIT, LOGIT Y ANGULAR.	

AYUDA F1 SALIR DEL SISTEMA F2

ANEXO 1. TABLA 2. Selección de la transformación indicada para el análisis de los datos. Módulo: Entrada de datos.

SEMPLA	MENU CLASE DE METODO.
P-> PROBIT L-> LOGIT A-> ANGULAR MARQUE SU OPCION	
SISTEMA DE ANALISIS ESTADISTICO METODOS PROBIT, LOGIT Y ANGULAR.	

AYUDA F1 SALIR DEL SISTEMA F2 PANT ANT F3 MEN PAL F4

Boisduval a un acaricida. (A. Murillo, A 1985).

La Tabla 1 señala los ciclos iterativos para obtener las estimaciones de los parámetros (β_0 , β_1) y las respectivas LD₅₀ y la desviación estándar.

En la Tabla 2, se relacionan los cálculos efectuados para obtener la ecuación de regresión lineal final y, en la Tabla 3, los resultados de la Prueba Chi-cuadrado de bondad de ajuste que, en este caso, no es significativa ($\alpha = 0,05$), indicando la relación lineal existente entre dosis-respuesta. La Tabla 4 presenta las dosis letales y límites de confianza de las dosis transformadas (columna 2,3,4) y las dosis originales (Columnas 5,6,7) para la proporción de muestras entre 0.01 (1%) y 0.99 (99%).

La Gráfica 1 (Anexo 2) presenta el log LD₅₀ para la distribución de tolerancias ($P = 0.0 - 1.0$) y la gráfica 2, la línea de regresión "probit" con su DL₅₀ respectivo y los límites de confianza.

Es importante anotar que sólo se presentan las salidas del computador para experimentos con un solo producto. No se consideraron las salidas para dos productos y dos factores.

3.3. COMUNICACION CON EL USUARIO

Se realiza mediante las pantallas mencionadas que, en forma de menú, seleccionarán el tipo de experimento y la clase de método con la cual se desea trabajar.

Según el tipo de experimento, una pantalla en forma de tabla toma los resultados obtenidos en el ensayo, permitiendo modificar y corregir los datos ya introducidos cuantas veces se desee. Si el operador introduce un carácter inválido para el sistema, se presentan unos mensajes de error que hacen claridad sobre la falla que se está cometiendo.

El sistema, también, presenta al usuario pantallas de ayuda, acerca del proceso que se está ejecutando en un

ANEXO 1. TABLA 3. Introducción de los datos para un producto.
Módulo: Entrada de datos.

UN PRODUCTO			
DOSIS	No. DE INDIVIDUOS	No. DE AFECTADOS	MENSAJES
VA A TRABAJAR CON BLOQUE DE CONTROL (S/N) ?			

AYUDA
F1

SALIR DEL SISTEMA
F2

PANT ANT
F3

MEN PPAL
F4

BORRAR REGISTRO
F10

ANEXO 1. TABLA 4. Elección de la forma de salida y de las tablas y gráficas a imprimir. Módulo: Resultados.

MENU DE RESULTADOS	
OPCIONES	
IMPRESORA 1. Todas las tablas y gráficas 2. Seleccionar tablas y gráficas 3. Salidas por pantalla. ELECCION	TABLAS — Ciclos — Resultados — Prueba chi-cuadrado. — Límites Gráficas — Log 10 (dosis) — Cinturón de confianza.
F1 AYUDA F2 SALIR DEL SISTEMA F4 AL MENU PPAL	

ANEXO 1. TABLA 5. Selección de las tablas y gráficas de resultados para experimentos con 1 y 2 Productos. Módulo: Resultados.

SELECCIONAR TABLAS Y GRAFICAS							
TABLAS 1. Ciclos Iterativos 2. Resultados 3. Prueba Ch-Cuadrado 4. Límites de confianza GRAFICAS 5. Dosificación - Respuesta 6. Línea de Regresión 7. Ejecutar	OPCIONES <table border="1" style="margin: 0 auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33px; height: 30px;"></td> <td style="width: 33px; height: 30px;"></td> <td style="width: 33px; height: 30px;"></td> </tr> <tr> <td style="width: 33px; height: 30px;"></td> <td style="width: 33px; height: 30px;"></td> <td style="width: 33px; height: 30px;"></td> </tr> </table>						

F1 AYUDA F2 SALIR DEL SISTEMA F3 AL MENU ANTERIOR F4 AL MENU PPAL

ANEXO 1. TABLA 6. Selección de las tablas y gráficas de resultados para experimentos con dos factores. Módulo: Resultados.

SELECCIONAR TABLAS Y GRAFICAS							
TABLAS 1. Datos experimentales 2. Ciclos iterativos 3. Resultados 4. Prueba Chi-cuadrado 5. Ecuaciones efectivas GRAFICA 6. Plano de regresión 7. Ejecutar	OPCIONES <table border="1" style="margin: 0 auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33px; height: 30px;"></td> <td style="width: 33px; height: 30px;"></td> <td style="width: 33px; height: 30px;"></td> </tr> <tr> <td style="width: 33px; height: 30px;"></td> <td style="width: 33px; height: 30px;"></td> <td style="width: 33px; height: 30px;"></td> </tr> </table>						

F1 AYUDA F2 SALIR DEL SISTEMA F3 AL MENU ANTERIOR F4 AL MENU PPAL

momento dado, para facilitar al usuario la comprensión de las diferentes fases del sistema.

4. CONCLUSIONES

1. Para utilizar SEMPLA no se requiere conocimiento previo en sistemas.
2. SEMPLA facilita la comparación de uno o dos productos y maneja ensayos de dos factores.
3. El manejo de diferentes transformaciones permite un análisis más exacto de los experimentos, ya que, según los elementos, organismos y condiciones del ensayo, los investigadores pueden elegir la transformación que más se ajuste a los datos experimentales recolectados.
4. Cuando se utiliza un grupo control, el sistema ajusta los datos para cada dosis administrativa.
5. Los archivos generados por el sistema permiten que, experimentos trabajados con anterioridad, se pueden volver a ejecutar, mediante la transformación deseada y obtener las salidas correspondientes.
6. La presentación de otras formas de salida permite la elaboración de conclusiones más completas y confiables, así como nuevas posibilidades de interpretación.
7. La implementación del sistema propuesto permite un análisis rápido, eficaz y oportuno de los resultados provenientes de ensayos biológicos.
8. El desarrollo de Software específico para el análisis biológico amplía las perspectivas en el diseño y análisis de la investigación entomológica.

ANEXO 2. Salida datos experimentales. Susceptibilidad de *T. cinnabarinus* a un acaricida.

DATOS EXPERIMENTALES

DOSIS	No. TRATADOS	No. AFECTADOS
ACARICIDA		
2.50	60	60
1.25	60	57
0.63	60	48
0.31	60	10
0.16	60	3
CONTROL	60	1

ANEXO 2. TABLA 1. CICLOS ITERATIVOS.

CICLO	INTERCEPCION	PENDIENTE	LD50	DESVIACION
0	2.23645	4.11098	0.67224	0.003465
1	1.97186	4.50959	0.67149	0.003159
2	1.90470	4.60076	0.67278	0.003097
3	1.90180	4.60484	0.67281	0.003094
4	1.90563	4.60089	0.67256	0.003096
5	1.90776	4.59861	0.67243	0.003098
6	1.90849	4.59782	0.67239	0.003099
7	1.90867	4.59762	0.67238	0.003099

ANEXO 2. TABLA 2. RESULTADOS FINALES.

X	n	r	p'	p(C=2,3)	Y-emp	Y-es	nw	y	Q/Z	nwx	nwy	nw(Q/Z)	Y-ecu
ACARICIDA													
1.40	60	60	1.0000	1.0000	o	8.336	0.322	8.614	0.278	0.4506	2.777	0.090	8.34
1.10	60	57	0.9502	0.9490	6.635	6.952	8.316	6.552	0.429	9.1223	54.236	3.568	6.95
0.80	60	48	0.8007	0.7959	5.827	5.568	32.844	5.806	0.840	26.1398	190.702	27.575	5.57
0.49	60	10	0.1695	0.1497	3.962	4.181	26.709	3.982	2.784	13.1982	106.356	74.346	4.18
0.19	60	3	0.0532	0.0306	3.128	2.796	2.001	3.275	28.020	0.3865	6.554	56.079	2.80
							70.193			49.2974	360.625	161.657	
CONTROL	60	1	0.0167	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

$$XM = 0.70232$$

$$Snw(Q/Z)/(1-C) = 165.51755$$

$$nc/C(1-C) = 2633.99532,$$

$$nc(c-C)/C(1-C) = 17.53288$$

$Snwx^2$	$Snwxy$	$snwx(Q/Z)$	$snwy(Q/Z)$	$Snw(Q^2/Z^2)$	$Snwy^2$
38.03696	268.97187	73.55407	663.84503/0.98	1802.97147/0.9539	1929.88675
34.62234	253.27269	113.53441			1852.76498
3.41462	15.69918	-39.98034/0.98	679.69765	18.90.10955	77.12171
		-40.93508	-17.53288	2633.99532	72.17913
			662.16477	4524.10487	4.94264 = x^2

$$Y = 1.908667 + 4.597625X$$

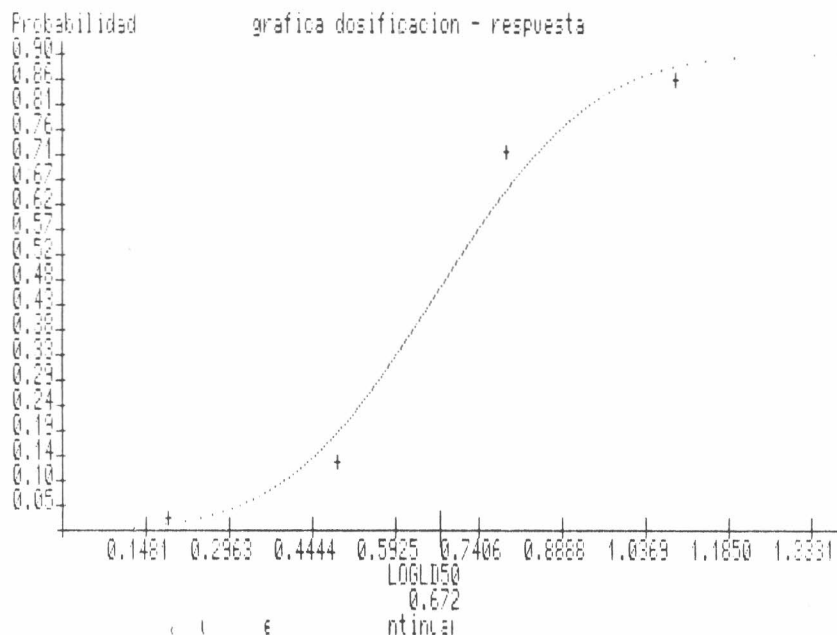
ANEXO 2. TABLA 3. PRUEBA DE CHI-CUADRADO PARA BONDAD DE AJUSTE.

DOSIS	P	P'	n	r	nP'	r-nP'	(r-nP') ² nP-Q'
ACARICIDA							
2.50	1.00	0.9996	60	60	59.975	0.0249	0.0249
1.25	0.97	0.9751	60	57	58.507	- 1.5071	1.5604
0.63	0.71	0.7216	60	48	43.295	4.7053	1.8367
0.31	0.21	0.2248	60	10	13.486	- 3.4857	1.1622
0.16	0.01	0.0368	60	3	2.207	0.7933	0.2960
CONTROL	0.0000	0.0233	60	1	1.399	- 0.3994	0.1167
$\chi^2 = 4.9969$							

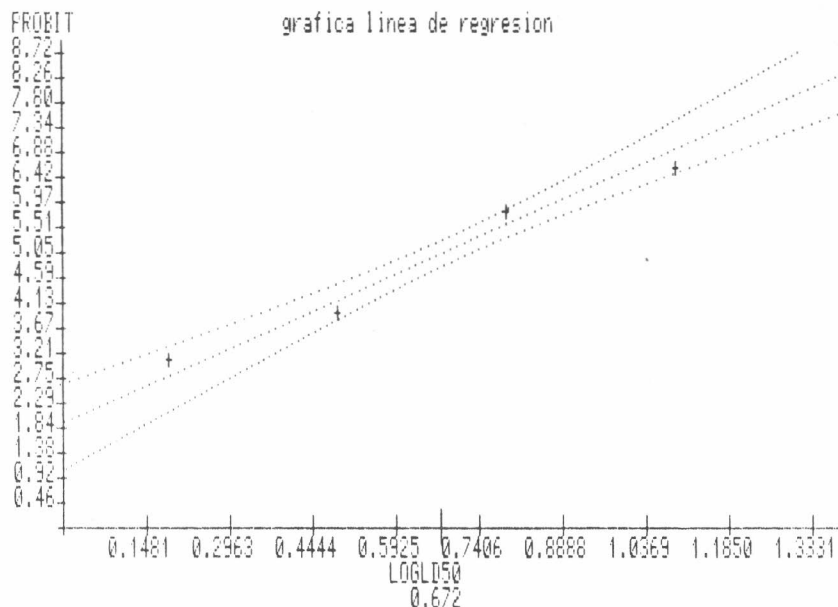
Los resultados del experimento no se han visto afectados por el factor de heterogeneidad, ya que en la prueba de bondad de ajuste el χ^2 con 3 grados de libertad no es significativo.

ANEXO 2. TABLA 4. LIMITES DE CONFIANZA.

PROPORCION	1+ LOG10 DOSIS	LIMITE SUPERIOR	LIMITE INFERIOR	DOSIS	LIMITE SUPERIOR	LIMITE INFERIOR
ACARICIDA						
0.01	0.16639	0.2870	0.0117	0.15	0.19	0.10
0.02	0.22568	0.3352	0.0858	0.17	0.22	0.12
0.03	0.26330	0.3659	0.1328	0.18	0.23	0.14
0.04	0.29160	0.3891	0.1679	0.20	0.24	0.15
0.05	0.31461	0.4081	0.1965	0.21	0.26	0.16
0.06	0.33421	0.4242	0.2208	0.22	0.27	0.17
0.07	0.35139	0.4385	0.2420	0.22	0.27	0.17
0.08	0.36677	0.4512	0.2610	0.23	0.28	0.18
0.09	0.38076	0.4629	0.2782	0.24	0.29	0.19
0.10	0.39363	0.4737	0.2940	0.25	0.30	0.20
0.15	0.44695	0.5186	0.3590	0.28	0.33	0.23
0.20	0.48932	0.5550	0.4101	0.31	0.36	0.26
0.25	0.52567	0.5867	0.4534	0.34	0.39	0.28
0.30	0.55832	0.6158	0.4917	0.36	0.41	0.31
0.35	0.58857	0.6433	0.5266	0.39	0.44	0.34
0.40	0.61727	0.6701	0.5591	0.41	0.47	0.36
0.45	0.64504	0.6967	0.5898	0.44	0.50	0.39
0.50	0.67238	0.7236	0.6192	0.47	0.53	0.42
0.55	0.69971	0.7513	0.6479	0.50	0.56	0.44
0.60	0.72748	0.7803	0.6762	0.53	0.60	0.47
0.65	0.76619	0.8112	0.7046	0.57	0.65	0.51
0.70	0.78644	0.8445	0.7337	0.61	0.70	0.54
0.75	0.81908	0.8815	0.7641	0.66	0.76	0.58
0.80	0.85543	0.9235	0.7971	0.72	0.84	0.63
0.85	0.89780	0.9736	0.8345	0.79	0.94	0.68
0.90	0.95112	1.0376	0.8804	0.89	1.09	0.76
0.91	0.96400	1.0533	0.8914	0.92	1.13	0.78
0.92	0.97798	1.0703	0.9032	0.95	1.18	0.80
0.93	0.99337	1.0891	0.9162	0.98	1.23	0.82
0.94	1.01055	1.1101	0.9306	1.02	1.29	0.85
0.95	1.03014	1.1342	0.9470	1.07	1.36	0.89
0.96	1.05316	1.1625	0.9661	1.13	1.45	0.92
0.97	1.08146	1.1975	0.9895	1.21	1.58	0.98
0.98	1.11907	1.2442	1.0205	1.32	1.75	1.05
0.99	1.17837	1.3180	1.0690	1.51	2.08	1.17



GRAFICA 1. Curva dosificación-respuesta y log LD₅₀ para el experimento "Susceptibilidad de *T. cinnabarinus* a un acaricida".



GRAFICA 2. Línea de regresión LD₅₀ y límites de confianza para el experimento "Susceptibilidad de *T. cinnabarinus* a un acaricida".

BIBLIOGRAFIA

- Adams, C.H., and W.H. Cross. 1967. Insecticide resistance in *Bracon mellitor*, a parasite of the boll weevil. *J. Econ. Entomol.* 60(4): 1016-20.
- Berkson, J. 1953. A Statistically precise and relatively simple method of estimating the bioassay with quantal response based on the logistic function. *American Statistical Association Journal.* v.48, pp. 565-599.
- Busvine, J.R. 1971. Techniques for testing insecticides. 2 ed. Commonwealth Agricultural Bureaux.
- Daum, R.J.; Killcreas W. 1966. Two computer programs for "Probit" analysis *Bull. Entomol. Soc. Amer.* v. 12(4): 365-369.
- De Gerardino, G. Astrid. 1984. Métodos Estadísticos para determinar la dosis mediana efectiva en ensayos biológicos. *Revista ICA (Colombia).* 19 (4): 437-449.
- De Gerardino, G. Astrid; Murillo, L.A. Chaves, C. Bernardo. Análisis logit en la evaluación de la susceptibilidad de *T. cinnabarinus* Boisduval a un acaricida. (Para publicar: *Revista ICA*).
- Finney, D.J. 1962. Probit analysis. Rev. ed. 318 pp. Cambridge U.P., New York.
- , 1964. Statistical methods in biological assays. 2nd ed. Hafner Publishing Co, New York, U.S.A.
- Peto, S. 1953. A dose-response equation for the invasion of micro-organisms. *Biometrics* 9:320-335.
- S.A.S. Users guide. ed. SAS Institute Statistical Analysis Systems, 357 p. 1979.
- Wood Steve. 1986. Turbopascal 3.0. 2nd ed. McGraw Hill, U.S.A.

EFFECTIVIDAD DE TRES INSECTICIDAS PARA EL CONTROL DEL TOSTON DEL FRIJOL, POSIBLE¹ *Phyllonorycter* sp (Lepidoptera: Gracillariidae)* EN NARIÑO

María Luisa Cortés¹
César Cardona¹
Fernando Trujillo¹

RESUMEN

En dos ensayos en fincas de agricultores se evaluaron los productos tiociclam-hidrógeno oxalato, diflubenzurón y *Bacillus thuringiensis*, en dosis de 0.150 kg i.a./Ha, 0.025 kg i.a./Ha y 0.5 kg p.c. *(de 16.000 U.I. por mg)/Ha, respectivamente, para el control del tostón del frijol, *Phyllonorycter* sp. (Lepidoptera: Gracillariidae). Las evaluaciones se hicieron antes y después de las aplicaciones, tomando como unidad de medida 100 folíolos al azar por parcela.

La Nereistoxina Tiociclam-hidrógeno oxalato presentó alta efectividad contra el insecto; Diflubenzurón y *B. thuringiensis* fueron menos efectivos, pero se considera que, por su modo de acción, podrían ser útiles en un programa de control integrado, ya que no afectarían el parasitismo natural por *Apanteles* sp., detectado en la zona.

SUMMARY

The insecticides thiocyclam-hydrogen oxalate (0.150 kg a.i./Ha), diflubenzuron (0.025 kg a.i./Ha) and *Bacillus thuringiensis* (0.5 kg c.p./Ha) were

evaluated in farmer's fields for their efficiency in controlling the bean tentiform leaf miner, *Phyllonorycter* sp. (Lepidoptera: Gracillariidae). Evaluations were made before and after treatment of the plants, taking a sample of 100 leaflets per plot.

The nereistoxin thiocyclam-hydrogen oxalate was highly effective; diflubenzuron and *B. thuringiensis* were less effective but, given their modes of action, these products could be utilized in an integrated pest management program in which natural control by *Apanteles* sp. could play a role.

INTRODUCCION

La importancia del cultivo del frijol en el Departamento de Nariño se debe no sólo a que es un renglón nutricional, sino que, también, es un renglón económico para el agricultor. La superficie sembrada con el cultivo se ha ampliado, incluyendo variedades de tipo arbustivo y voluble.

En algunas áreas, los problemas de insectos perjudiciales se han incrementado y algunos de ellos son de importancia económica. Tal es el caso del "tostón" del frijol, pos. *Phyllonorycter* sp. (Lepidoptera: Gracillariidae). Este insecto dañino ha logrado, en poco tiempo, una distribución amplia en casi todas las regiones frías productoras de frijol del Departamento de Nariño, entre ellas, las zonas de Ipiales, Córdoba, Pupiales, Potosí, Puerres, Cortadero, Funes, Gualmatán y Pasto y, también, en el Valle de Sibundoy en

el Putumayo (Bravo, 1984), con una oscilación de adaptación entre 1800 y 2800 m.s.n.m. El tostón ocurre en forma cíclica y en algunos años, cuando las infestaciones son muy altas, puede causar pérdidas hasta del 100%.

El control del insecto es difícil y, en ocasiones, como en el año de 1983, los agricultores recurrieron al control químico inefectivo y con resultados desventajosos para el mismo agricultor. Por estas razones, el objetivo fundamental del presente trabajo fue hacer una evaluación crítica de la efectividad de tres productos que no habían sido evaluados para el control del tostón en la zona.

REVISION DE LITERATURA

Ibarra y Lagos (1984) estudiaron la biología del tostón en el altiplano de Pasto. De acuerdo con estos autores, los huevos son blancos, de puntas redondeadas y con superficie reticulada a manera de aristas longitudinales y tenues rayas transversales. Los huevos miden 0.37 y 0.13 mm de diámetro polar y ecuatorial, respectivamente. Las larvas son aplanadas, del tipo eruciforme, con cabeza prognata aplanada y bien esclerotizada. Por medio de mediciones de cápsulas celáticas, hechas en el CIAT, se pudo detectar la presencia de tres instares larvales. Las larvas maduras alcanzan una longitud de 3.8 mm. Las pupas son del tipo obecta, de color café oscuro y miden 3.8 mm. de longitud y 0.72 mm. de ancho.

* Identificación inicial hecha por R.W. Hodges (IIBIII, Washington) en Abril 13, 1983.

Revisada por D.R. Davis en Agosto 17, 1983, indicando que podría tratarse de un género nuevo.

¹ Programa de Entomología de Frijol, Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, A.A. 6713, Cali, Colombia.

Los adultos son microlepidópteros de color pardo, con bandas plateadas, alas plumosas y antenas más largas que la mitad del cuerpo. La hembra mide 4 mm de longitud y 9 mm de expansión alar y los machos son más pequeños.

De acuerdo con Ibarra y Lagos (1984), la duración promedio de los estados de vida del tostón, a 20°C y 70% de humedad relativa, son: huevo, 5.4 días; larva, 30.6 días; pupa, 15.7 días y adulto, 17.5 días. No determinaron la cantidad de huevos por hembra, pero estimaron un promedio de 16 minas por pareja, cuando las parejas se confinaron en plantas individuales.

Las hembras colocan huevos aislados en el envés de las hojas. Las larvas de primer instar penetran al parénquima de la hoja y se sitúan entre las dos superficies de ella. Se alimentan de la parte interna de la superficie inferior de la hoja, formando, inicialmente, una galería que finalmente se transforma en una ampolla. En los primeros estados de infestación, no se observa daño por el haz de la hoja. Todo el estado larval transcurre en el interior de la ampolla. Cuando la infestación es alta, las ampollas pueden coalescer y la hoja toma un aspecto arrugado y de quemazón. Los ataques se inician por la parte bajera de la planta pero, cuando las infestaciones son muy fuertes, el daño puede ocurrir en el tercio superior de la planta. El empupamiento ocurre en el interior de la ampolla. No parece haber información sobre el hábito diurno o nocturno de los adultos de esta especie (CIAT, observaciones no publicadas).

El control de este insecto, por sus hábitos de vida, parece ser difícil. Los productos más utilizados por los agricultores de la zona son monocrotofós y metamidofós. En un estudio previo, Bravo (1984) encontró que carbofuran, clorpirifós y dimetoato mostraron eficiencia superior a metamidofós, fosfamidón, triclorfón y diazinón.

En Estados Unidos, fenvalerato y diflubenzurón, cuando se evaluaron en el campo para el control de una especie afín, *Phyllonorycter blancardella*

(F.), minador del manzano (Hayden y Howitt 1986), fueron efectivos como ovicidas.

En el presente estudio se evaluaron tres insecticidas para el control del tostón del frijol en fincas de agricultores.

MATERIALES Y METODOS

Se hicieron dos ensayos en fincas de agricultores localizadas en la vereda Guitungal del municipio de Córdoba en el Departamento de Nariño. El primer ensayo se montó en un diseño de bloques al azar con dos replicaciones sobre plantas de la variedad Cargamento Rayado de 135 días de edad. El segundo experimento se hizo sobre plantas de la misma variedad de 150 días de edad, también, en un diseño de bloques al azar, pero con tres replicaciones.

El tamaño de parcela fue uniforme: ocho surcos de 5 metros de longitud por parcela, con distancias de siembra de 1 m entre surcos y 0.90 m entre plantas. Los muestreos y evaluaciones se hicieron en los 6 surcos centrales de cada parcela.

Se evaluaron los siguientes tratamientos:

Para evaluar las poblaciones del insecto y su daño, se utilizó, en todos los casos, una muestra de 100 folíolos tomados al azar por parcela. Los folíolos se tomaron siempre de la parte media de las plantas, eliminando las hojas muy jóvenes o las muy viejas. Los folíolos que presentaban síntomas de daño de tostón fueron llevados al laboratorio y examinados, para registrar inicialmente la cantidad de ampollas por folíolo, discriminando entre ampollas grandes y pequeñas. Posteriormente, bajo el estereoscopio, se abrieron las ampollas y se contó la cantidad de larvas presentes en cada ampolla, discriminando entre larvas grandes, medianas y pequeñas y entre larvas vivas y muertas. Se anotaron, también, los casos de parasitismo.

Con los datos obtenidos, se procedió a calcular las siguientes variables: porcentaje de hojas con ampollas, ampollas grandes, larvas por ampolla, porcentaje de larvas grandes, larvas vivas por hoja, larvas muertas por hoja, porcentaje de mortalidad de larvas y porcentaje de eficiencia de los productos, calculado por la fórmula de Henderson y Tilton.

Los datos fueron sometidos a análisis de varianza. En todos los casos en que la prueba de F fue significativa, se pro-

Nombre genérico	Nombre comercial	Grupo	Dosis (Kg i.a./Ha)
Tiociclam-hidrógeno oxalato	Evisect	Nereistoxina	0.150
Diflubenzurón	Dimilin	Inhibidor de quitina	0.025
<i>Bacillus thuringiensis</i>	Thuricide	Bacteria patógena	0.500 P.C.*

* Producto de 16.000 U.I por mg.

Los productos se aplicaron con bomba de espalda de pistón, con un volumen de mezcla de 500 litros por hectárea. Se hicieron tres aplicaciones, con un intervalo semanal entre ellas. En el primer ensayo, las evaluaciones se hicieron a los 7, 14 y 21 días después de la primera aplicación. En el segundo ensayo, se hicieron antes de la aplicación y a 6, 13 y 20 días después de ella.

cedió a la separación de medias, utilizando la prueba de rango múltiple de Duncan. En algunos casos, se recurrió a transformaciones a $\sqrt{X+1}$, $\log(X+1)$ ó arcoseno. En las tablas se presentan los datos sin transformar.

RESULTADOS Y DISCUSION

En todos los recuentos, se encontró

que el insecto es solitario, es decir, que sólo se presenta, una larva por ampolla. Con esta variable no encontraron diferencias entre tratamientos.

En el primer ensayo, el promedio de ampollas por hoja dañada fue de 2.6, inferior a los niveles de infestación encontrados en el segundo ensayo, 4.5 ampollas por hoja. La variable ampollas por hoja no presentó diferencias significativas entre tratamientos. Esto se debe a la naturaleza del daño, el cual permanece y se registra como tal, aunque haya un control adecuado de larvas del insecto.

Cuando se calculó el porcentaje de ampollas grandes, tampoco, se encontraron diferencias significativas entre tratamientos. Esta variable podría ser útil en ensayos a más largo plazo, en los cuales la evolución del daño permitiera reflejar el control del mismo y la consiguiente reducción en la proporción de ampollas grandes.

Tiociclam-hidrógeno oxalato mostró la mayor eficiencia en reducir los niveles de daño expresados en términos de porcentaje de hojas con ampollas y ampollas en 100 hojas (Tabla 1). Diflubenzurón y *B. thuringiensis* no fueron tan eficientes en este sentido, posiblemente, porque su acción insecticida es mucho más lenta. La mayor eficiencia de Tiociclam-hidrógeno oxalato se reflejó, también, cuando se calcularon los porcentajes de larvas grandes en la muestra (Tabla 2), particularmente en el segundo ensayo en el cual los niveles de infestación fueron más altos.

Mejor discriminación entre tratamientos se obtuvo cuando se calcularon los porcentajes de mortalidad de larvas (Tabla 3). En el primer ensayo, la mortalidad debida a Tiociclam-hidrógeno oxalato fue significativamente mayor a través de los diferentes recuentos. Los valores para 21 días después de la primera aplicación no aparecen por problemas de pérdida de la muestra, pero aun así fue posible apreciar que Diflubenzurón y *B. thuringiensis* tuvieron

TABLA 1. Daño por tostón en plantas de la variedad de frijol Cargamanto Rayado sometidas a diversos tratamientos de control. Promedios de tres evaluaciones en el primer ensayo y de cuatro evaluaciones en el segundo ensayo.

Tratamiento	Porcentaje de hojas con ampollas		Ampollas en 100 hojas	
	1er. ensayo	2o. ensayo	1er. ensayo	2o. ensayo
Tiociclam-hidrógeno oxalato	16.3 c ¹	32.2 b	34.7 b	138.9 c
Diflubenzurón	33.3 ab	39.9 ab	88.0 a	167.8 bc
<i>B. thuringiensis</i>	33.8 a	48.0 a	107.8 a	225.8 a
Testigo	27.2 bc	46.7 a	80.2 ab	219.3 ab

¹ Las medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes al nivel del 5% (Duncan).

TABLA 2. Porcentajes de larvas grandes de tostón encontradas en plantas de la variedad de frijol Cargamanto Rayado sometidas a diferentes tratamientos de control. Promedios de tres evaluaciones en el primer ensayo y de cuatro evaluaciones en el segundo ensayo.

Tratamiento	Porcentaje de larvas grandes	
	Primer ensayo	Segundo ensayo
Tiociclam-hidrógeno oxalato	13.5 b ¹	22.6 b
Diflubenzurón	24.0 ab	30.4 ab
<i>B. thuringiensis</i>	16.6 ab	33.8 a
Testigo	44.9 a	31.8 a

¹ Las medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes al nivel del 5% (Duncan).

un comportamiento intermedio inferior al de Tiociclam-hidrógeno oxalato. La mortalidad en el testigo, 12% en promedio, reflejó los niveles de parasitismo por *Apanteles* sp.¹. La ocurrencia de este braconido había sido reportada por Hallman y otros (1983, Notas y Noticias Entomológicas).

En el segundo ensayo, con infestación más alta, se encontraron, también, diferencias significativas entre Tiociclam-hidrógeno oxalato, el mejor tratamiento, y los otros productos (Tabla 3). El nivel de parasitismo en este ensayo fue menor (6%). El control con Tiociclam, al cabo de tres aplicaciones, fue del 100% y el promedio general para este producto fue del 91.7%, el cual se considera muy bueno. Diflubenzurón y *B. thuringiensis* dieron un control cercano al 50%. Este nivel de control, en términos absolutos, no es muy

aceptable, pero tendría valor si se adelantara un programa de control integrado del insecto, ya que estos productos no afectarían la acción del parasitismo natural detectado en la zona.

El porcentaje de eficiencia, calculado por la fórmula de Henderson y Tilton, es una medida precisa de la efectividad de un insecticida, porque tiene en cuenta los incrementos en mortalidad natural que ocurren en los testigos. No se calcularon porcentajes de eficiencia para el primer ensayo, por la pérdida de una replicación en el tercer recuento y por no haberse hecho recuentos de población antes de la primera aplicación. En el segundo ensayo, el porcentaje promedio de eficiencia de Tiociclam fue del 93% (Figura 1). Las eficiencias de Diflubenzurón y *B. thuringiensis*, 33.2 y 28.6%, respectivamente, fueron inferiores.

¹ Determinado por el Dr. P.M. March, Research Entomologist, Systematic Entomology Laboratory, Plant Sciences Institute, Maryland. (PSI), USDA.

TABLA 3. Efectividad de tres insecticidas para el control de tostón en frijol de la variedad Cargamanto Rayado.

Tratamiento	Porcentaje de larvas muertas						
	Primer ensayo			Segundo ensayo			
	7 DDA ¹	14 DDA	Promedio	6 DDA	13 DDA	20 DDA	Promedio
Tiociclam-hidrógeno oxalato	86.5 a ²	95.9 a	91.2 a	77.6 a	97.5 a	100.0 a	91.7 a
Diflubenzurón	44.9 ab	47.5 ab	46.2 bc	27.5 b	50.2 b	64.7 b	47.5 b
B. thuringiensis	56.6 ab	56.7 a	56.6 ab	32.3 b	48.3 b	58.2 b	46.3 b
Testigo	20.6 b	3.2 b	11.9 c	2.1 c	4.8 c	11.4 c	6.1 c

¹ Días después de la primera aplicación.

² Las medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes al nivel del 5% (Duncan).

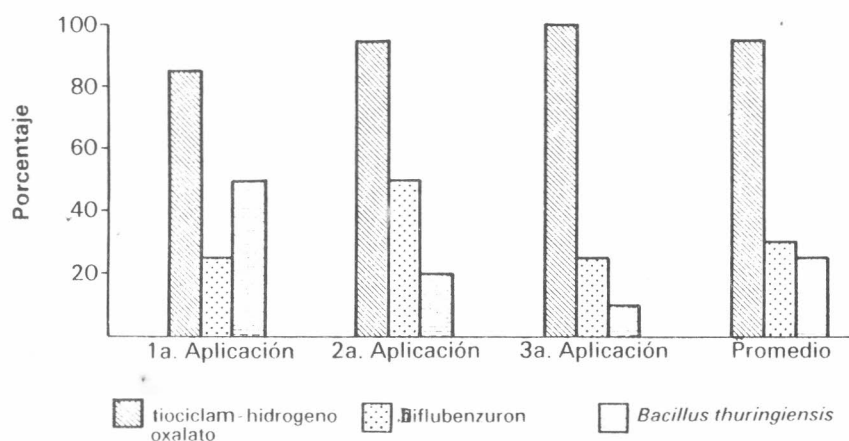


Figura 1. Porcentajes de eficiencia de tres insecticidas evaluados para el control de tostón. Segundo ensayo.

CONCLUSIONES

1. La Nereistoxina Tiociclam-hidrógeno oxalato es un insecticida efectivo al 91,7% en promedio contra el tostón del frijol.
2. Diflubenzurón y **B. thuringiensis** dieron un control cercano al 50%, nivel que, en términos absolutos, no

es aceptable, pero que tendría valor si se adelantara un programa de control integrado del insecto, ya que estos productos no afectaron la acción del parasitismo natural detectado en la zona.

3. Las mortalidades detectadas en el testigo, en el primero y segundo ensayo, 12% y 6%, respectivamente,

reflejaron los niveles de parasitismo u otros insectos benéficos por **Apanteles** sp. y, posiblemente, de otro.

4. El objetivo del trabajo, consistente en la evaluación crítica de los tres productos se cumplió, pero no se puede demostrar más allá de los porcentajes de mortalidad determinados.

BIBLIOGRAFIA

- Bravo, E.A. 1984. El minador de la hoja del frijol, pos. **Phyllonorycter** sp (Lepidoptera: Gracillariidae). Evaluación del daño y control químico en el Departamento de Nariño. Tesis de grado. Ing. Agr. U. de Nariño, Fac. de Agronomía de Pasto. 56 p.
- Ibarra, L.C. y T.C. Lagos. 1984. Aspectos biológicos del minador de ampolla del frijol (**Phaseolus vulgaris** L.) y evaluación de variedades ante el daño ocasionado en el altiplano de Pasto, Departamento de Nariño. Tesis de grado. Ing. Agr. U. de Nariño, Fac. de Agronomía de Pasto. 72 p.
- Hayden, J.P. y A.J. Howitt. 1986. Ovicidal activity of insecticides on the spotted tentiform leaf miner (Lepidoptera: Gracillariidae). J. Econ. Entomol. 79:258-260.

RESULTADOS DE UN PROGRAMA PILOTO DE MONITOREO DE LA RESISTENCIA DE *Heliothis virescens* (FABRICIUS) A METILPARATHION Y PIRETROIDES EN LA ZONA ALGODONERA DE EL ESPINAL, COSECHA 1988 A.

Francisco Rendón¹
Alfredo Siabatto²
Miguel Angel Herrera¹
Guillermo Alvarez A.¹

RESUMEN

La evolución de la resistencia de *H. virescens* a cipermetrina, fenvalerato y metilparathion fue evaluada, dentro de la temporada algodонера de 1988 en la zona de El Espinal para cinco áreas y tres épocas del cultivo, medida en términos de sobrevivencia a una dosis discriminada capaz de matar entre un 90% y un 98% de una cepa de laboratorio. Para los piretroides, se encontró un incremento entre la primera y la última época, aunque no fue igual para todas las áreas. Para metilparathion la sobrevivencia fue estable durante la temporada, en toda el área. Para toda la zona, la resistencia, medida en términos de la DL₅₀, a fenvalerato y metilparathion mostró una tendencia igual a la encontrada para la dosis discriminada y una disminución en la resistencia a metilparathion en relación a la dosis letal encontrada en 1977/78. Las muestras de campo sirvieron, además, para evaluar factores de control natural relacionados con *Trichogramma* spp., no eclosión de huevos y parasitismo de larvas por *Cardiochiles nigriceps*.

De acuerdo con los resultados, se recomienda establecer un programa nacional de monitoreo de la resistencia al insecticida, con el fin de estructurar estrategias de manejo que permitan prolongar la vida útil de los piretroides.

Palabras claves: *Heliothis virescens*, monitoreo de resistencia, piretroides, metilparathion.

Key words: *Heliothis virescens*, resistance monitoring, Pyrethroids, Methyl Parathion.

SUMMARY

The *H. virescens* resistance to Cypermethin, Fenvalerate and Methyl Parathion was evaluated through the seedling of 1988 in the cotton area of Espinal, Colombia. The trials was carried over five small areas and three periods in the cultivation. Measuring it in terms of survival with respect to a discriminated dose with the capacity of killing between 90% and 98% of a laboratory strain, it was found an increment between the first and the last sampling period for Pyrethroids, although wasn't equal for all the small plots. In all the area the survival index was stable for Methyl Parathion. For all the area where the work was done the resistance measured in terms of the LD₅₀ to Fenvalerate and Methyl Parathion shows the same level of resistance to that found for the discriminated dose and dilution with respect to Methyl Parathion with regard to the LD₅₀ found in 1977/1978. The field samples held to evaluate the natural control factors related with *Trichogramma* sp, no egg eclosion and parasitism on larvae by *Cardiochiles nigriceps*. According to the results of this study, it is recommended to establish a national program of resistance monitoring in order to set up strategies of management that allow to extend the life work of pyrethroids.

INTRODUCCION

En las últimas tres décadas, *H. virescens* ha sido considerada la plaga más dañina del algodnero en América (Alcaraz 1971, Wolfenbarguer et al 1981). El uso continuo indiscriminado de los insecticidas no sólo favoreció el incremento de sus poblaciones sino que el control químico llegó a ser insuficiente y antieconómico, por problemas relacionados con el incremento de la tolerancia del insecto a la mayoría de las sustancias químicas recomendadas para reprimirlo.

Como una consecuencia directa de factores relacionados con problemas de resistencia, los insecticidas organoclorados, organofosforados y carbamatos dejaron de usarse en grandes áreas algodnemas para el control de *H. virescens*, con graves repercusiones económicas por el incremento en los costos de control y pérdidas en los rendimientos (Lozano y Daza 1967, Adkisson 1968, Wolfenbarguer et al 1973, Rendón et al 1977).

En la búsqueda de soluciones a los problemas de la resistencia, la industria de agroquímicos investiga nuevas sustancias en forma continua, pero, desafortunadamente, después de los piretroides, ningún insecticida promisorio se ha desarrollado y seguramente seguire-

1 - 2 Ingenieros Agrónomos y Biólogo. División Técnica Agrícola. Federación Nacional de Algodneros. A.A. 8632 Bogotá, Colombia.

mos dependiendo por mucho tiempo de ellos para el control de *H. virescens*.

En los últimos años, pruebas de laboratorio y fallas de campo están indicando un incremento de la resistencia de las más importantes especies de *Heliothis* (*H. virescens* y *H. armigera*) a piretroides y se proponen y diseñan programas de manejo de estos insecticidas, con el fin de prolongar su vida útil, basados en un monitoreo permanente de la resistencia que permita detectarla oportunamente y recomendar las estrategias adecuadas de control (Gunning et al 1984).

En Colombia, esta situación no deja de ser delicada, pues, para algunas áreas, se han detectado incrementos en la resistencia de *H. virescens* a los piretroides y el problema, si no se diseñan y establecen métodos adecuados para el manejo de *Heliothis*, los cuales incluyan un uso adecuado de los insecticidas eficientes, basados en un programa permanente de rastreo o monitoreo de la resistencia que ofrezca soluciones oportunas a técnicos y agricultores, buscando evitar pérdidas económicas innecesarias, y pueda desembocar en una nueva crisis en un tiempo relativamente corto.

Con el fin de determinar la dinámica de la susceptibilidad de *H. virescens* a metilparation y piretroides durante una temporada algodonera y adquirir conocimientos para la estructuración de un programa de monitoreo de la resistencia de *H. virescens* a plaguicidas a nivel nacional, se llevó a cabo el presente trabajo en Espinal-Tolima, zona agroecológica representativa del cultivo del algodonero y con graves problemas fitosanitarios, en donde, en los últimos 35 años, se han aplicado más del 90% de los plaguicidas registrados en Colombia.

REVISION DE LITERATURA

Varias especies de *Heliothis* han desarrollado resistencia a los diferentes grupos químicos de insecticidas que se han usado para su control. Inicialmente, fue a los clorinados, como el DDT (Brazzel 1963), luego, a los órganos fosforados (metilparation) y carbamatos (Carbaryl, Metomil), (Adkisson

1964, Nemec y Adkinson 1969, Wolfenbarger et al 1973, Furr 1978).

Finalmente, después de más de diez años de uso, también, desarrollo resistencia a los piretroides en diversas zonas agrícolas del mundo. *H. virescens*, en Mississippi (USA) y *H. armigera*, en Emerald (Australia), aumentaron sus niveles de resistencia hasta el punto de ocasionar fallas de control en campo de más del 50%, con dosis normales de piretroides. Estas fallas fueron comprobadas en laboratorio por medio de análisis de la dosis letal media (DL₅₀), que reportaron índices de resistencia hasta de 23 y 15 veces más para cipermetrina y de 15 y 20 veces para fenvalerato. (Gunning et al 1984, Luttrell et al 1987).

Según Georghiou y Taylor (1977), la resistencia está relacionada con factores genéticos, biológicos y operacionales o de manejo. La mayoría de los factores genéticos y biológicos no pueden ser controlados directamente, pero, en los operacionales, el hombre interviene activamente y ello incide, a su vez, en el desarrollo e interacción de los dos primeros factores. La frecuencia de los genes de resistencia y susceptibilidad pueden ser manipulados por la regulación de los factores de manejo, tales como la frecuencia y amplitud de las aplicaciones y, además, asumiendo que los individuos resistentes poseen menos propiedades biológicas en ausencia de insecticidas, se puede diluir su carga genética por inmigración de individuos susceptibles desde áreas no tratadas (Leeper et al 1986). En Australia, se diseñó la estrategia de reducir a tres las aplicaciones de piretroides y durante una sola generación de *H. armigera*, las cuales coinciden con la época de mayor incidencia. En otras fases del cultivo, al principio y al final, los tratamientos se realizaron con otros grupos de insecticidas. Simultáneamente, se implementó un programa de monitoreo con base en una dosis discriminada de fenvalerato que ocasiona el 99% de mortalidad a una cepa susceptible y que aplicada a las cepas de campo permite obtener la frecuencia de los genes de resistencia. El resultado ha sido el conocimiento de la fluctuación de la resistencia, que es inferior al 10%

cuando las poblaciones no han sido tratadas con piretroides al principio del cultivo y finaliza con porcentajes relativamente altos, hasta el 43%. Sin embargo, esto no ha sido problema, ya que la cosecha termina y la resistencia se diluye para la siguiente temporada. (Forrester 1984, Forrester and Cahill 1987).

En Colombia, *H. virescens* desarrolló resistencia a metilparation entre 1970 y 1977 y este factor es considerado como el de la mayor responsabilidad de la grave crisis algodonera de los años 1977-1978 (Rendón et al 1977).

Entre 1978 y 1981, la resistencia de *H. virescens* a fenvalerato en la zona algodonera de El Espinal se incrementó 6.8 veces (Castañeda y Miranda 1982).

Piedrahita y colaboradores (1988), al estudiar la evolución de la DL₅₀ de *H. virescens*, colectado en algodón en la zona del Sinú, a cuatro piretroides durante cinco años (1980 - 1985), reportan que, si bien el incremento fue relativamente pequeño en los primeros 3 años (1980-1983), en el último, con relación a 1980, fue de 183 veces para deltametrina, 77 veces para fenvalerato, 19 veces a cipermetrina y 17 veces a permetrina y este fenómeno lo atribuyen al aumento en el uso de los piretroides durante 1984 y 1985. La información disponible nos lleva a suponer que la resistencia de *H. virescens* a piretroides seguirá aumentando en los próximos años y, por esto, se considera necesario el desarrollo de un programa de monitoreo que nos permita detectar, a tiempo, la resistencia, con el fin de efectuar los cambios necesarios y diseñar las estrategias adecuadas antes que ocurran fallas de control en el campo relacionadas con este factor, con el objeto de buscar el aumento de la vida útil de los insecticidas eficientes para el control de *H. virescens*, tal como lo propone el GIMP (Anon 1988).

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo de monitoreo de resistencia de *H. virescens* a metilparation y a los piretroides, fenvalerato y cipermetrina, se llevó a cabo durante

el primer semestre de 1988 en la zona algodonera de El Espinal, Tolima, situada a una altura de 323 m.s.n.m., con una temperatura promedio anual de 26°C y en la cual se sembraron cerca de 25.000 Has. de algodón.

Con el fin de obtener una información adecuada de toda la zona, por medio de un muestreo representativo, ésta se dividió en cinco áreas, que cada una de ellas correspondió a una vereda, así: 1) Chicoral, 2) Agua Blanca, 3) Serrezuela, 4) Talura y 5) Camalá, (ver figura).

Se determinaron tres épocas de muestreo:

- I. Durante la segunda quincena de Abril
- II. Durante la segunda quincena de Mayo, y
- III. Durante la segunda quincena de Junio.

Cada época de muestreo trató de hacerse coincidir con una generación de *H. virescens* en fases definidas de control de plagas, a saber: antes de iniciarse las aplicaciones, en una época intermedia de control y al final de las aplicaciones contra la plaga. Durante cada época de muestreo se colectaron huevos del insecto plaga en las áreas seleccionadas y, bajo condiciones de laboratorio (T26 ± 2°C, H.R. 70%) en una dieta artificial desarrollada para cría de lepidópteros en laboratorio (Patana 1969), las larvas se criaron hasta el 3er. instar, para ser tratadas al alcanzar un peso promedio de 17 ± 4 mg. La cantidad de huevos colectados y larvas tratadas por época y por producto se incluyen en la Tabla 1.

Las larvas fueron tratadas topicalmente con material técnico de los insecticidas disueltos en acetona, utilizando un microaplicador eléctrico "Burcard" y una dosis discriminada, la cual, empíricamente es la cantidad de ingrediente activo por larva capaz de matar entre un 90% y un 98% de una cepa de laboratorio considerada susceptible a metilparation y piretroides, según la metodología seguida en Australia para monitoreo de resistencia de *H. armigera* a piretroides (Gunning et al 1984), (ver Tabla 2).

TABLA 1. Epocas de muestreo, total de huevos colectados y total de larvas tratadas por producto.

Epoca de Muestreo	Huevos Colectados	Número de Larvas Tratadas		
		Metilparation	Fenvalerato	Cipermetrina
I. Abril	1489	390	488	363
II. Mayo	2835	477	471	498
III. Junio	4292	413	413	317

TABLA 2. Dosis discriminada en ugr/larva por producto y porcentaje empírico de mortalidad sobre una cepa de laboratorio.

PRODUCTO	DOSIS	% DE MORTALIDAD
Metilparation	5.0	98
Fenvalerato	0.3	95
Cipermetrina	1.0	90

En todos los casos, se aplicó un micro-litro de la solución sobre la región torácica anterior de cada larva, incluyéndose un testigo con acetona.

Con los datos de mortalidad, obtenidos 48 horas después de los tratamientos, se calculó el porcentaje de sobrevivencia relativa de la población de campo, lo cual permitió medir de una generación a otra el incremento de individuos resistentes a la dosis discriminada, utilizando la fórmula:

$$\% \text{ SR} = 100 \left(1 - \frac{\% \text{ MCC}}{\% \text{ MCL}} \right)$$

SR : Survivencia relativa

MCC : Mortalidad cepa de campo

MCL : Mortalidad cepa de laboratorio

Adicionalmente y con el objeto de comparar los resultados del monitoreo de la resistencia, medida en términos de porcentaje de sobrevivencia y de dosis letal, para cada época de muestreo, se determinó la DL₅₀ y DL₉₀ a metilparation y fenvalerato, según el método estándar propuesto por ESA para medir resistencia de *Heliothis* spp. a insecticidas (Anon, 1970). En este caso, se usó una F₁ de los huevos colectados de campo en una muestra única conformada por las cinco áreas seleccionadas, salvo en el 3er muestreo, en el que se usaron larvas proce-

dentes de huevos colectados directamente en el campo.

Las larvas se trataron en el mismo instar y con el peso larval señalado para la dosis discriminada y con igual método de aplicación y se utilizaron entre cinco y ocho dosis por producto en 3 a 5 días y con no menos de 15 larvas por dosis y por día (replicación). Los datos fueron sometidos a un análisis probit en un programa SAS de la unidad de servicios de datos del CIAT.

En el monitoreo de campo, se evaluó, además, el porcentaje de parasitismo en huevos y el porcentaje de no eclosión por otras causas (infertilidad) y se aprovechó el trabajo de campo para recolectar larvas con el fin de medir el parasitismo por *Cardiochiles nigriceps* (Hymenoptera, Braconidae), uno de los agentes más importantes de control natural de *H. virescens* reportado en la zona algodonera del Tolima y el Huila.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados del monitoreo de la resistencia de *H. virescens* a metilparation y piretroides, medidos en términos de porcentajes de sobrevivencia a una dosis letal discriminada, se resumen en la Tabla 3. Para la primera época, cuando aún no se habían hecho recomendaciones específicas para el

AREAS DE MONITOREO El Espinal

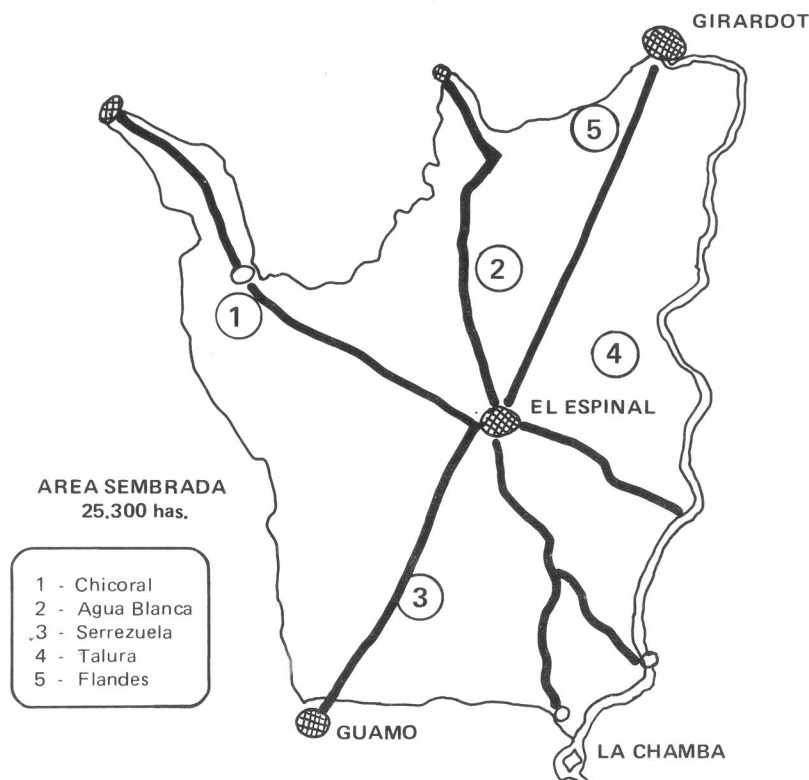


TABLA 3. Evaluación de la resistencia de *Heliothis virescens* dentro de la cosecha, para tres épocas de muestreo, medida en porcentaje de sobrevivencia relativa a una dosis discriminada.

LOCALIDAD	METILPARATION			FENVALERATO			CIPERMETRINA		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Chicoral	7	4	9	7	21	51	7	28	—
Agua Blanca	14	1	5	0	6	28	0	21	42
Serrezuela	6	7	9	0	26	17	10	23	14
Talura	1	0	0	6	21	17	0	21	25
Flandes	8	6	2	0	11	13	0	0	12
Total Area	8	2	4	4	18	28	2	20	19

control de *H. virescens*, el porcentaje de sobrevivencia a metilparation y a ambos piretroides era muy bajo. Puede decirse que la primera generación, en todas las áreas de muestreo, era prácticamente susceptible a los tres insecticidas a la dosis seleccionada.

Un mes después, cuando ya se habían hecho entre 2 y 3 aplicaciones para el

control de *Heliothis*, la sobrevivencia a piretroides se incrementó significativamente en casi todas las áreas de muestreo, salvo en Flandes, donde se observó un bajo incremento a fenvalerato y ninguno a cipermetrina y en Agua Blanca que, a pesar de ser bajo para Fenvalerato, fue alto a cipermetrina. Para metilparation, insecticida de bajo uso en la zona durante los

últimos diez años, la sobrevivencia tiende a disminuir o permanecer estable en todas las áreas de muestreo.

Para la tercera época de muestreo, cuando casi el 80% de las aplicaciones para *H. virescens* se habían realizado, se obtuvieron resultados interesantes. Hay dos áreas críticas, Chicoral y Agua Blanca, en donde el incremento de individuos resistentes a fenvalerato fue muy alto, y aunque, en Chicoral, no se determinó para cipermetrina, en Agua Blanca la sobrevivencia a este piretroides fue muy alta. En general, en el resto de las áreas la sobrevivencia a piretroides permaneció estable o disminuyó con relación a la segunda época, pero se mantuvo mayor que a la primera. En promedio, la sobrevivencia a metilparation se mantuvo estable y muestra una ligera disminución con respecto a la primera generación.

Se observa, además, que la resistencia se mueve no sólo en el tiempo, de una generación a otra, dependiente de la presión de selección que se haga sobre una generación, sino, también, de una área a otra, como una dependiente de la proporción de individuos susceptibles y resistentes que pueden existir en un momento dado dentro del área muestreada.

El incremento en la resistencia de *Heliothis* a piretroides se encuentra estrechamente relacionado con su uso durante la cosecha. En la Tabla 4 se resume el consumo/Ha. de insecticidas recomendados para el control de *Heliothis*, según las ventas de FEDERAL-GODON (80% del mercado de la región) en El Espinal. Más del 70% de las aplicaciones fueron realizadas con piretroides. El clordimeform se aplicó en mezcla con piretroides y metilparation.

Por el contrario, el bajo uso de organofosforados (6%) guarda relación estrecha con el movimiento escaso de la resistencia de *Heliothis* a metilparation.

Al medir el movimiento de la resistencia para toda el área, en términos de la DL para fenvalerato y metilparation y comparada con la mínima establecida en el presente año (Patía), se observa un incremento en la relación de

TABLA 4. Consumo de insecticidas/Ha. para el control de *Heliothis* por parte de Agricultores Federados en el Comité de Algodoneros de "Espinal", cosecha 1988 A. (1)

PRODUCTO	DOSIS/Ha. PROMEDIO	CONSUMO	No. DE APLICACIONES	%
PIRETROIDES	0.5 lts.	2.4	4.8	74
METILPARATION	2.5 lts.	0.72	0.3	5
CARBAMATOS	1.5 lts.	1.90	1.3	20
TOXA METIL	4.0 lts.	0.40	0.1	1
CDF	0.5 lts.	0.70	1.4	—

(1) Fuente FEDERALGODON Comité de Espinal, Tolima.

resistencia (RR) a fenvalerato, tanto a nivel de la DL₅₀ como de la DL₉₀. En tanto que la RR para metilparation disminuyó levemente en la DL₅₀, pero tuvo un ligero incremento a nivel de la DL₉₀ (ver Tabla 5 y 6). Estos resultados indican que la presión de selección que se está ejerciendo con los piretroides causa incrementos importantes de la resistencia de *H. virescens* de una generación a otra dentro de la cosecha y que, en el caso de metilparation, por su bajo uso, tiende a existir una dilu-

ción de la misma, aunque, si metilparation se vuelve a utilizar en forma generalizada, puede incrementarse rápidamente.

Es interesante observar el comportamiento de la resistencia de *H. virescens* a metilparation entre 1970 y 1988 (ver Tabla 7). Entre 1970 y 1977, años de mayor uso de metilparation en algodón, la DL₅₀ se incrementó 16 veces, pero en los diez años siguientes se observó una dilución significativa de la

misma, en estrecha relación con la disminución de las aplicaciones con el insecticida. Si se tienen en cuenta las escalas de susceptibilidad propuestas por Wolfenbarguer para metilparation y fenvalerato (Wolfenbarguer et al 1973, Castañeda y Miranda 1982), *H. virescens* en el caso de metilparation pasó de susceptible en 1970 a una resistencia media en 1977, pero, para 1988, volvió a un nivel de resistencia bajo. En "El Patía", sigue siendo, como en 1977 (11.3 ug/gr.), susceptible (Cardona et al 1978). *Heliothis*, dentro de la cosecha, sufrió un incremento constante en el grado de tolerancia a fenvalerato, pues se mantuvo susceptible durante las dos primeras generaciones, pero pasó a un nivel de resistencia baja a partir de la tercera generación a finales de Junio (ver Tabla 8).

Los resultados del monitoreo de la resistencia, basados en una dosis discriminada, guardan una estrecha relación con los resultados de la DL₅₀ y pueden

TABLA 5. Evolución de la DL₅₀₋₉₀ de *Heliothis virescens* a metilparation durante la temporada algodонера 1988 A, medida en µ/gr. de peso larval.

LOCALIDAD	DL ₅₀	(95% LC)	*RR	DL ₉₀	(95% LC)	RR	Pendiente	±	ES
Patia 1988, mínima establecida	32.33	(26.57 - 40.88)	—	168.99	(122.51 - 261.52)	—	1.8	±	0.09
Espinal, Abril/88	98.18	(67.56 - 130.56)	3.04	276.66	(191.22 - 645.84)	1.64	2.86	±	0.16
Espinal, Mayo/88	84.11	(63.43 - 113.05)	2.61	354.02	(236.58 - 659.14)	2.09	2.05	±	0.12
Espinal, Junio/88	75.20	(50.59 - 119.55)	2.33	504.38	(265.51 - 1631.5)	2.98	1.55	±	0.17

$$* RR = \frac{DL \text{ Espinal}}{DL \text{ Patia}}$$

TABLA 6. Evolución de la DL₅₀₋₉₀ de *Heliothis virescens* a fenvalerato durante la temporada algodонера 1988 A, medida en µ/gr. de peso larval.

LOCALIDAD	DL ₅₀	(95% LC)	RR	DL ₉₀	(95% LC)	RR	Pendiente	±	ES
Patia 1988, mínima establecida	0.28	(0.12 - 0.64)	—	2.85	(1.09 - 28.57)	—	1.33	±	0.36
Espinal, Abril/88	3.05	(2.28 - 3.97)	10.89	25.39	(16.25 - 50.5)	8.91	1.39	±	0.12
Espinal, Mayo/88	4.98	(3.89 - 6.42)	17.78	35.50	(23.97 - 60.22)	12.45	1.50	±	0.11
Espinal, Junio/88	13.12	(10.04 - 17.46)	46.86	96.19	(59.64 - 200.63)	33.75	1.48	±	0.12

$$RR = \frac{DL \text{ Espinal}}{DL \text{ Patia}}$$

ser, en el futuro, una metodología rápida de monitoreo apropiada para detectar problemas de resistencia. Sin embargo, es necesario establecer la correlación entre los resultados de laboratorio y la eficiencia de los insecticidas en el campo, de tal forma que nos permita hacer recomendaciones acertadas de manejo de los plaguicidas de acuerdo con los cambios en la proporción de individuos resistentes dentro de una población.

En la Tabla 9, se incluye la información obtenida sobre el porcentaje de huevos, parasitados por *Trichogramma* spp y el de "no eclosión" por otras causas, así como el parasitismo de larvas por *Cardiochiles nigriceps*, encontrados en las áreas de monitoreo.

El control natural juega un papel importante a nivel de campo y debe tenerse en cuenta al elaborar un proyecto de manejo de resistencia a plaguicidas, pues éste debe incluir no sólo las

alternativas del control químico, sino las posibilidades de un menor uso de insecticidas, aprovechando el control natural en su papel de regulador de la población. Evaluando este control natural y teniendo en cuenta los niveles económicos de las plagas, podemos diseñar un manejo con un menor uso de insecticidas y de esta forma reducir la presión de selección de la resistencia a insecticidas.

CONCLUSIONES

- La dinámica de la resistencia de *H. virescens* a piretroides, durante la temperatura algodonera, muestra un incremento a partir de la primera generación como consecuencia del uso de estas sustancias para reprimirlo.
- Se puede operar una reversión de la resistencia cuando un insecticida o grupo de insecticidas deja de usarse por mucho tiempo, tal es el caso de

metilparation, que mostró una disminución en la DL_{50} con relación a 1977 y un comportamiento estable durante la temporada.

- Dentro de una zona, el nivel de susceptibilidad puede variar y se deben estudiar mejor los factores que la determinan, ya que debe estar relacionada con la presión de selección de los insecticidas y la proporción de individuos susceptibles que sobreviven dentro de un área dada.
- Es posible diseñar estrategias de manejo de la resistencia, basadas en un programa permanente de monitoreo de la misma, pero sin olvidar ciertos factores agro-ecológicos que nos permitan manejar los insectos plagas dentro de la filosofía del control integrado.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Doctor César Cardona y a la Doctora Myriam Cristina Duque del CIAT su valioso aporte en el análisis e interpretación de los resultados.

TABLA 7. Evolución de la DL_{50} de *Heliothis virescens* a metilparation en El Espinal entre 1970 - 1988 en $\mu\text{g}/\text{gr}$.

AÑO	DL_{50}	RR	Calificación de la resistencia
1970	0.14	—	Susceptible (60 $\mu\text{g}/\text{gr}$)
1977	223.8	16	Media (101-500 $\mu\text{g}/\text{gr}$)
1980	148.3	10.6	Media
1988	75.2	5.4	Baja (61-100 $\mu\text{g}/\text{gr}$)

Datos sacados de Wolfenbarguer 1973, Cardona et al 1978, Castañeda y Miranda 1982.

TABLA 8. Evolución de la DL_{50} -susceptibilidad de *H. virescens* a fenvalerato en El Espinal durante la temporada algodonera 1988.

EPOCA	DL_{50} ($\mu\text{g}/\text{gr}$.)	Calificación de la resistencia
Abril/88	3.05	Susceptible
Mayo/88	4.98	Susceptible
Junio/88	13.12	Resistencia baja

TABLA 9. Evolución de control natural sobre huevos y larvas de *Heliothis virescens*.

Epoca de Muestreo	Huevos Colectados	% Parasitismo	% No Eclosión	Larvas Colectadas	%* LP
I. Abril	1.459	0	23	327	29
II. Mayo	2.835	0	39	305	19
III. Junio	4.292	24	41	79	35

BIBLIOGRAFIA

- ADKINSON, P.L. 1964. Comparative effectiveness of several insecticides for controlling bollworms and tobacco budworms. Tex. Agric. Exp. Sta. Misc. Publ. 709. 13pp.
- ADKINSON, P.L. 1968. Development of resistance by the tobacco budworm to endrin and carbaryl. J. Econ. Entomol. 61: 37-40.
- ALCARAZ, V. Hernán, 1971. Probables problemas de control de plagas que pueden presentarse en el cultivo de algodón en Colombia y sus posibles soluciones. Informe X Congreso reunido en Bogotá en 1971. En: "Bases Técnicas para el Cultivo del Algodonero 3ra. edición 1986. Federación Nacional de Algodoneros. Edit. Presencia. P: 268-276.
- ANONIMO, 1970. Standard method for detection of insecticide resistance in *Heliothis zea* (Bodie) and *H. virescens* (F). Bull. Entomol. Soc. Am. 16: 147-153.
- ANONIMO, 1978. Propuesta para un trabajo cooperativo de monitoreo de la resistencia de *Heliothis virescens* a insecticidas en el algodonero en Colombia. El algodonero 201: 26-28.

- CASTAÑEDA, G.D. Miranda, 1982. Evaluación de la resistencia de *Heliothis virescens* Fabricius a metil paration y fenvalerato. *Spodoptera frugiperda* Smith y *S. Sunia* (G) a metil paration y toxafeno en la zona aldononera de El Espinal (Tolima). Universidad Nacional de Colombia. Fac. de Agronomía. Tesis de grado. 117p.
- FORRESTER' N.W. 1984. Pyrethroid resistance strategy. The Australian Cotton Grower. November 1984-January 1985. 45-49.
- , and C.A. Hill 1987. Management of insecticide resistance in *Heliothis armigera* (Hubner) in Australia. In: Biological and chemical approaches to combating resistance to xenobiotics. Eds. M.G. Ford, O.W. Hallmon, B.P.S. Khambay and R.M. Sawicki. Elsevier.
- FURR, R.E. 1978. Toxicity of methomyl to tobacco budworm as determined by topical application. Southwest Entomol. 3: 34-36.
- GEORGHION, G.P., and C.E. Taylor. 1977. Operational influence in the evolution of insecticide resistance. J. Econ. Entomol. 70: 653-658.
- GUNNING, R.V., C.S. Easton, L.R. Greenup, and V.E. Edge. 1984. Pyrethroid resistance in *Heliothis armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) in Australia. J. Econ. Entomol. 77: 1283-1287.
- LEEPER, J.R., R.T. Roush, and H.T. Reynolds, 1986. Preventing or managing resistance in arthropods. In: Pesticide resistance: Strategies and tactics for managements. Washington, D.C. National Academy Press. p. 335-346.
- LOZANO B., T. Daza. 1967. Resistencia del *Heliothis virescens* Fabricius al DDT en la zona aldononera del Tolima Sur. Agric. Trop. 27 (9): 583-590.
- LUTTREL, R.G., R.T. Roush, Abbas Ali, J.S. Mink, M.D. Reid, and G.L. Saodgrass. 1987. Pyrethroid resistance in field populations of *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae) in Mississippi in 1986. J. Econ. Entomol. 80 (5): 985-989.
- NEMEC, S.J., and P.L. Adkinson, 1969. Laboratory tests of insecticides for bollworm and tobacco budworm and boll weevil control Tex. Agric. Exp. Stn. Prog. Rep. PR-2674 4 p.
- PATANO RAYMOND. 1969. Rearing cotton in the laboratory. Production research report 108, US Dept of Agriculture. 6 p.
- PIEDRAHITA, Jaime, C.J. Medina y C.D. Olaya 1988. Susceptibilidad de *H. virescens* (F) (Lepidoptera: Noctuidae) a piretroides en Córdoba: Resumen de 6 años, 10 hojas mecanografiado sin publicar.
- RENDON, F., R. Ricardo y C. Cardona. 1977. Aumenta la resistencia del *Heliothis* a los insecticidas. El aldononero No. 11: 6-8.
- WOLFENBARGUER, D.A., P.R. Bodegas and R. Flórez 1981. Development of resistance in *Heliothis spp* in América, Africa and Asia. Bull. Entomol. Soc. Am. 27: 181-185.
- WOLFENBARGUER' D.A., M.J. Lukeföhr and H.M. Graham 1973. DL₅₀ values of methyl parathion and Endrin to tobacco budworm collected in América and hypothesis on the spread of resistance in these lepidoptera to these insecticides. J. Econ. Entomol. 58: 522-524.

**MECANISMOS DE RESISTENCIA DE *Phaseolus acutifolius* A. GRAY A
Empoasca kraemeri ROSS AND MOORE (HOMOPTERA: CICADELLIDAE)**

Adela Rodríguez¹
Juan Antonio Morales¹
César Cardona²
Darío Corredor³

RESUMEN

En el Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, Palmira, Valle del Cauca, se realizaron ensayos de campo e invernadero para determinar los mecanismos de resistencia a *Empoasca kraemeri* en tres variedades de *Phaseolus acutifolius* A. Gray: G40036, G40138 y G40128. Estas variedades fueron clasificadas en estudios previos como resistente, intermedia y susceptible, respectivamente.

Se encontró un nivel de tolerancia hacia la variedad resistente (G40036), la cual se conservó en dos estudios diferentes (1987B, 1988A). A nivel de campo, se halló preferencia por alimentación y oviposición hacia la variedad susceptible (G40128) y en invernadero no se observó preferencia por oviposición hacia las variedades intermedia y susceptible y, en cuanto a la preferencia por alimentación, no se ratificó lo observado en el campo. Tampoco, se encontró efecto antibiótico de las variedades de *P. acutifolius* sobre huevos, ninfas y adultos de *E. kraemeri*.

Se concluyó que la resistencia a *E. kraemeri* en *P. acutifolius* se debe a una combinación de los mecanismos de tolerancia y antixenosis por oviposición.

SUMMARY

The mechanism of resistance to *Empoasca kraemeri* Ross and Moore in tepary beans, *Phaseolus acutifolius* A. Gray, were studied at CIAT (Palmira, Valle del Cauca, Colombia). Varieties studied were G40036, G40138 and G40128. These materials had been classified in previous studies as resistant, intermediate and susceptible, respectively.

Field studies pointed out indicated that tolerance is an important mechanism responsible for resistance in variety G40036. Feeding and ovipositional preferences were detected in the susceptible variety G40128.

Feeding preferences were not reconfirmed under greenhouse conditions. On the other hand, greenhouse studies reconfirmed ovipositional antixenosis in G40036 and ovipositional preference for the susceptible variety, G40128.

None of the materials tested had antibiotic effects on eggs, nymphs, and adults of *E. kraemeri*.

It is concluded that resistance of *P. acutifolius* to *E. kraemeri* is due to a combination of tolerance and ovipositional nonpreference mechanisms.

INTRODUCCION

Empoasca kraemeri Ross & Moore (Homoptera: Cicadellidae) es la plaga más importante del frijol en América Latina. Cuando se presentan condicio-

nes favorables para su desarrollo, las pérdidas en la producción, causadas por este insecto, pueden ser totales en ciertas zonas (Schwartz et al, 1980).

El mejoramiento del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) por resistencia a esta plaga ha sido difícil y, por esto, se hace necesaria la explotación de otras fuentes, utilizando especies de frijol con grados de resistencia superiores a los de éste. Tal es el caso del frijol tepari *P. acutifolius* A. Gray, reportado como resistente a *E. kraemeri* (CIAT, resultados no publicados). Se considera que el estudio de los mecanismos de dicha resistencia puede contribuir a la búsqueda de variedades promisorias.

El presente trabajo se fijó como objetivo general determinar el o los mecanismos de resistencia de *P. acutifolius* a *E. kraemeri*, y los objetivos específicos fueron los siguientes:

- Evaluar, por su tolerancia en campo, la resistencia de tres variedades de *P. acutifolius* a *E. kraemeri*.
- Determinar en pruebas de no escogencia y libre escogencia, bajo invernadero, posibles preferencias de alimentación y oviposición de *E. kraemeri* en tres variedades de *P. acutifolius*.
- Evaluar en condiciones de invernadero, los posibles efectos antibióticos de tres variedades de *P. acutifolius* sobre huevos, ninfas y adultos de *E. kraemeri*.

1 Estudiantes Facultad Agronomía, Universidad Nacional, A.A. 37268 Bogotá.
2 Programa de Entomología de Frijol, CIAT, A.A. 6713, Cali.
3 Facultad Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, A.A. 14490 Bogotá.

REVISION DE LITERATURA

Empoasca kraemeri Ross & Moore se multiplica en muchas plantas cultivadas, entre las cuales las más importantes son las especies de *Phaseolus*, a saber: *P. vulgaris*, *P. acutifolius*, *P. lunatus* y *P. filiformis* (Schoonhoven y Cardona, 1980).

Schoonhoven (1974) reporta pérdidas, para Colombia, causadas por este insecto, de 14-23% en estaciones lluviosas y del 73-95% en estaciones secas.

La biología y hábitos del insecto fueron estudiados por Wilde et al, 1976.

La naturaleza de las variedades resistentes a insectos está clasificada en tres amplias categorías: tolerancia, no preferencia y antibiosis (Painter, 1951).

Las plantas que presentan mecanismos de defensa que no afectan directamente al insecto se consideran como plantas tolerantes. Las plantas tienen capacidad para recuperarse del daño. Este no es un mecanismo defensivo eficiente, puesto que el costo metabólico sólo se realiza si existe un daño del insecto (Kogan, 1975).

Una planta puede poseer diferentes factores que no la hacen atractiva al insecto para oviposición, alimentación o refugio. Antixenosis fue el término propuesto por Kogan y Ortman (1978), para reemplazar la categoría de no preferencia de Painter.

Las defensas que afectan la fisiología del insecto después de la ingestión son los factores antibióticos. En la mayoría de los casos estudiados, la antibiosis parece que se debe a diferencia en los constituyentes químicos de la planta (Zúñiga, 1985a).

Con respecto al control genético, el CIAT ha evaluado hasta el momento 18.000 introducciones de *P. vulgaris* en la búsqueda de resistencia varietal. Aparentemente, el mecanismo de resistencia al lorito es de tolerancia (Kornegay et al, 1986; Kornegay y Temple, 1986).

Aunque el frijol común es el principal hospedante de *E. kraemeri*, el insecto

puede atacar otras especies de *Phaseolus*. Por lo tanto y siguiendo un orden lógico en la búsqueda de resistencia, los estudios se encaminan a las especies del mismo género, como es *P. acutifolius*.

El uso potencial de *P. acutifolius*, como fuente de germoplasma para el mejoramiento del frijol común, también, necesita ser investigado. Ya se han logrado cruces fértiles entre *P. vulgaris* y *P. acutifolius*, lo cual amplía las posibilidades de mejorar el frijol común para resistencia a varios factores, entre ellos, el lorito verde.

MATERIALES Y METODOS

Los trabajos se realizaron en la Estación Experimental del Centro Internacional de Agricultura Tropical, (CIAT), localizado en Palmira (Valle del Cauca), con temperatura promedio de 24°C y humedad relativa 67.5%.

Se evaluaron los tres posibles mecanismos de resistencia de *Phaseolus acutifolius* a *Empoasca kraemeri*, a saber: tolerancia, no preferencia o antixenosis y antibiosis.

Para tal efecto, fueron seleccionadas las variedades G40036, G40138 y G40128, clasificadas, en estudios previos, como resistente, intermedia y susceptible, respectivamente.

Tolerancia

Los estudios de tolerancia se realizaron en dos ensayos de campo, durante los semestres 1987B y 1988A, utilizando un diseño de parcelas divididas, con cuatro replicaciones, donde las parcelas principales fueron protección (insecticida sistémico monocrotofos) y no protección y las subparcelas fueron las variedades.

La tolerancia fue medida por el efecto del ataque del insecto en el rendimiento de cada material.

Simultáneamente, se evaluaron otros parámetros a los 25; 35 y 45 días después de la siembra, para determinar posibles preferencias por alimentación y oviposición a nivel de campo, así:

- Cantidad de ninfas por hoja en 20 trifolios tomados al azar por subparcela.
 - Cantidad de adultos colectados mediante una aspiradora de tipo D-Vac en los dos surcos centrales de cada subparcela.
 - Daño visual en cada suparcela, en escala de uno a nueve, donde uno es una planta totalmente sana y nueve una planta totalmente afectada (Wilde y Schoonhoven, 1976).
 - Población total de insectos (ninfas y adultos) en cinco plantas seleccionadas al azar en los cuatro surcos laterales de cada subparcela. Las plantas seleccionadas fueron aisladas de otras, con 24 horas de anticipación. Al momento del muestreo, cada planta se cubrió rápidamente con una bolsa plástica de 90 x 90 cm. y se procedió a cortar el tallo a nivel del suelo. Las bolsas fueron llevadas al laboratorio para efectuar el respectivo conteo.
 - Cantidad de huevos en 20 pecioloos tomados al azar por subparcela a los 45 D.D.S. para el primer ensayo (1987B) y a los 12, 25, 35 y 45 D.D.S. para el segundo ensayo (1988A). Estos pecioloos fueron hervidos en agua durante 20 minutos y, luego, colocados en lactofenol (preparado como lo describe Carlson y Hibbs, 1962), durante 15 días, para aclarar los tejidos y, al cabo de los cuales, con ayuda de un estereoscopio, se contó la cantidad de huevos.
 - Cantidad de tricomas por centímetro cuadrado en diez folíolos centrales tomados al azar en cada subparcela a los 25 D.D.S. en el primer ensayo (1987B).
- A la cosecha, se evaluaron los siguientes componentes de rendimiento en 10,80 m² (parcela efectiva de cada subparcela):
- Vainas por planta en 20 plantas tomadas al azar.
 - Granos por vaina en 100 vainas.
 - Peso de 100 semillas.

- Porcentaje de humedad del grano.
- Rendimiento de la parcela efectiva.

Para el segundo ensayo (1988A) sólo se midió el rendimiento de la parcela efectiva (10,80 m²).

Antixenosis

La preferencia para alimentación y oviposición se determinó en condiciones de invernadero (77.2 ± 9% H.R. y 24.2 ± 5°C), mediante pruebas de libre escogencia (combinaciones binarias y combinación de todas las variedades) y no escogencia, a dos edades de la planta: 10 y 20 días, utilizando un diseño completamente al azar con 4 repeticiones.

Los ensayos se realizaron en jaulas de 2.5 x 0.65 x 0.60 m. y cada jaula dividida en seis compartimientos mediante tabiques verticales removibles. En cada compartimento se colocaron seis plantas infestadas con 15 adultos por planta, durante un período variable de exposición, según el ensayo.

Para evaluar la preferencia por alimentación, se tomaron plantas de 10 días de edad y se hicieron evaluaciones a las 72 horas después de infestación, con recuentos de adultos por variedad a las 8 A.M., 12 M. y 5 P.M. En cada oportunidad, se bajaban, según el ensayo, las divisiones de los compartimientos con el fin de aislar los adultos de cada material. Terminado el conteo, las divisiones se levantaban y la población se disturbaba para permitir su redistribución hasta el próximo conteo.

La preferencia para oviposición se midió a los cinco días después de infestar, mediante recuentos de huevos en las dos hojas cotiledonales y en la primera hoja verdadera de cada planta, usando el mismo método ya descrito para conteos oviposiconales a nivel de campo.

Con plantas de 20 días de edad se siguió el mismo proceso de infestación, pero sólo se evaluó preferencia para oviposición.

Antibiosis

Esta prueba se realizó en invernadero (77.2 ± 9% H.R. y 24.2 ± 5°C).

Para medir el efecto antibiótico de las variedades en la eclosión de huevos, se montaron dos ensayos: En uno se contó la cantidad de huevos y en el otro, la cantidad de ninfas emergidas. Para cada una de las pruebas se utilizaron seis plantas de 12 días de edad, infestadas con 15 adultos por planta y sometidas a cinco días de exposición.

Para determinar el efecto antibiótico de las variedades sobre las ninfas, se establecieron crías sobre cada una de ellas y las plantas de cada material fueron infestadas con 1.500 adultos, durante cinco días de exposición y se dejaron emerger las ninfas. A partir de la emergencia de ellas, diariamente se retiraron 30, para medir su tamaño y duración hasta el momento de la emergencia de los adultos.

El efecto antibiótico de las variedades sobre los adultos fue medido bajo los parámetros de fecundidad y longevidad de 40 parejas de insectos recién emergidos y provenientes de crías de la respectiva variedad. Los adultos fueron sexados y confinados por parejas en jaulas pinza, las cuales están conformadas por dos cilindros de tres centímetros de diámetro y uno de altura, sostenidos por una pinza de cablelo y cubiertos con tela de nylon.

Para obtener la curva de oviposición de cada hembra, diariamente, se removió de la hoja el tejido comprendido por la jaula pinza, el cual fue aclarado con lactofenol para contar los huevos colocados por hembra y por día. La jaula con los adultos se trasladó cada día a un nuevo tejido. La longevidad fue medida por el tiempo de duración de los adultos.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los datos de los diferentes ensayos fueron sometidos a análisis de varianza y, en los casos en que las F fueron significativas, a separación de medias, por medio de la prueba de rangos múltiples de Duncan.

Tolerancia

En el primer ensayo de campo (1987B), no se encontraron diferencias significativas entre variedades en cuanto a rendimiento, lo cual sugiere un potencial de rendimiento similar en ausencia de infestación (Tabla 1).

Estadísticamente no se detectaron diferencias respecto a las otras variedades dado el alto coeficiente de variación causado por problemas de tipo agronómico en el ensayo, tales como exceso de humedad y pudrición de vainas, condiciones a las cuales las variedades de *P. acutifolius* son muy susceptibles (Tabla 1).

Entre los dos ambientes se encontraron diferencias significativas en rendimiento, siendo mayor en promedio para el ambiente de protección (Tabla 1).

Los niveles de tolerancia se ven reflejados en los porcentajes de pérdida y en los índices de susceptibilidad, calculados por la fórmula:

Índice de susceptibilidad =

$$\left(1 - \frac{\frac{RNP\bar{x}}{RP\bar{x}}}{\frac{RNPi}{RPI}} \right) \times 100$$

Donde:

- RNP $\bar{x}$: Rendimiento sin protección. Media del ensayo.
- RP $\bar{x}$: Rendimiento bajo protección. Media del ensayo.
- RNPi : Rendimiento sin protección de la variedad.
- RPI : Rendimiento bajo protección de la variedad.

Con respecto a la variedad resistente G40036, la variedad intermedia G40138 fue 3.6 veces más susceptible, mientras que la susceptible G40128 fue 3.2 veces más susceptible que la resistente.

En el segundo ensayo de campo (1988A), se mantuvieron las tendencias encontradas en el primero, aunque, bajo condiciones de protección,

se encontraron diferencias significativas entre variedades. La variedad susceptible G40128, de igual forma que en el semestre anterior, presentó el mayor rendimiento bajo estas condiciones (Tabla 2).

En respuesta al daño causado por el insecto, la variedad G40128 clasificada como susceptible fue la más afectada, presentando un porcentaje de pérdida del 40%. En cuanto al índice de susceptibilidad, se observa una marcada diferencia entre la variedad resistente G40036 y las demás (Tabla 2).

Los componentes de rendimiento, (vainas llenas, semillas por vaina y peso de 100 semillas) no mostraron diferencias significativas entre variedades.

Los ensayos de tolerancia y las diferencias en rendimiento, expresados en términos de porcentaje de pérdida e índice de susceptibilidad, sugieren que el mecanismo de tolerancia es importante para explicar la resistencia varietal de *P. acutifolius* a *E. kraemeri*.

Al contar la cantidad de tricomas por centímetro cuadrado, se encontró que la variedad resistente, G40036, fue la que menor densidad presentó, mostrando resultados contradictorios a los reportados por otros autores, donde la variedad resistente presenta una mayor densidad de tricomas (Pillemer y Tingey, 1978; Zúñiga, 1985B). Teniendo en cuenta lo anterior, se concluyó que este mecanismo de defensa no forma parte de la resistencia varietal de *P. acutifolius*.

Los recuentos de poblaciones, hechos en los ensayos anteriormente descritos, permitieron encontrar diferencias significativas en poblaciones de insectos entre las variedades.

En el primer ensayo de campo se encontró que, independientemente de la edad de la planta, la variedad resistente G40036 mostró significativamente menor cantidad de adultos. La significancia se mantuvo en el segundo ensayo a partir de los 35 días de edad (Figura 1).

En cuanto a adultos por metro lineal, ninfas por planta y ninfas por hoja, durante los dos ensayos, se mantuvo la tendencia de la variedad resistente G40036 a mostrar menores niveles de población.

Los anteriores resultados sugieren la presencia, en *P. acutifolius*, de un mecanismo de antixenosis por alimentación.

Las calificaciones visuales de daño reflejaron consistentemente, a través de los dos semestres, la mayor resistencia de G40036, el nivel intermedio de G40138 y la susceptibilidad de G40128. Esta variable, de un alto valor subjetivo, generalmente no refleja diferencias entre variedades.

Se encontraron correlaciones positivas entre los diferentes métodos de contar poblaciones, lo cual sugiere que cualquiera de ellos es confiable para medir y detectar diferencias entre variedades.

Dados los altos niveles de población en el primer ensayo y teniendo en cuenta las marcadas diferencias entre variedades, se determinó hacer un muestreo de oviposición a los 45 D.D.S., el cual mostró preferencia oviposicional hacia la variedad susceptible, G40128 (Figura 2).

Al hacer el muestreo de oviposición en el segundo ensayo, no hubo diferencias significativas entre variedades a los 12 D.D.S., pero, a los 25, 35 y 45 D.D.S., las diferencias fueron marcadas, pues la variedad resistente G40036, fue significativamente diferente de la intermedia, G40138 y de la susceptible, G40128 (Figura 2). A través de

TABLA 1. Efecto del ataque de *E. kraemeri* en el rendimiento de *P. acutifolius* bajo infestación natural (1987B). Promedios de cuatro repeticiones.

Variedad	Rendimiento (Kgr/Ha)		Porcentaje de pérdida	Índice de Susceptibilidad
	P	NP		
G40036 R	1311 a ^{1/}	1117 a	14.8	36.6
G40138 I	1616 a	744 a	54.0	133.0
G40128 S	1645 a	856 a	47.9	118.2
$\bar{X}$	1524 x ^{2/}	906 Y	34.7	
C.V.	26.7	34.7		

1/ Las medias, dentro de cada columna, seguidas de la misma letra no son significativamente diferentes al nivel del 5% (DUNCAN).

2/ Las medias, dentro de la misma línea, seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes al nivel del 5% (DUNCAN).

TABLA 2. Efecto del ataque de *E. kraemeri* en el rendimiento de *P. acutifolius* bajo infestación natural (1988A). Promedios de cuatro repeticiones.

Variedad	Rendimiento (Kgr/Ha)		Porcentaje de pérdida	Índice de Susceptibilidad
	P	NP		
G40036 R	1567 b ^{1/}	1604 a	0.0	-0.0
G40138 I	2108 a	1346 a	36.1	197.0
G40128 S	2115 a	1263 a	40.3	105.0
$\bar{X}$	1930 x ^{2/}	1404 Y		
C.V.	13.6	18.5		

1/ Las medias, dentro de cada columna, seguidas de la misma letra no son significativamente diferentes al nivel del 5% (DUNCAN).

2/ Las medias, dentro de la misma línea, seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes al nivel del 5% (DUNCAN).

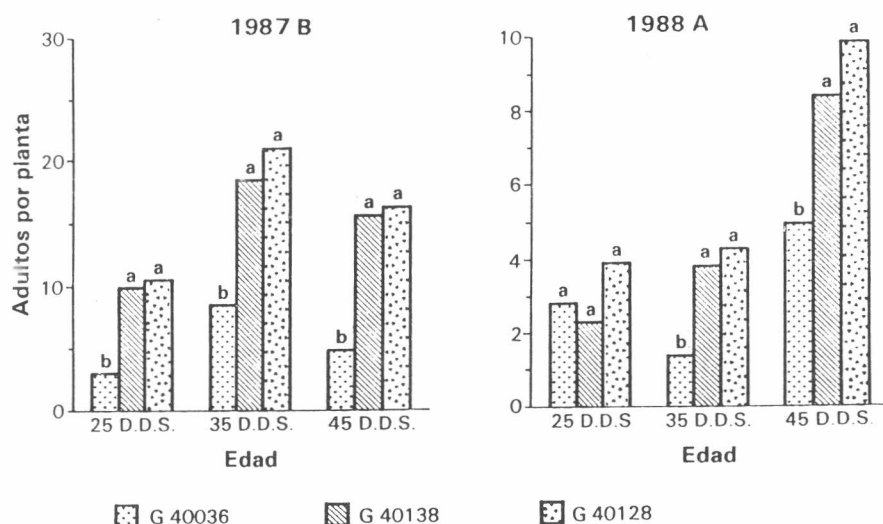


Figura 1. Adultos de *E. kraemeri* en tres variedades de *P. acutifolius* bajo infestación natural.

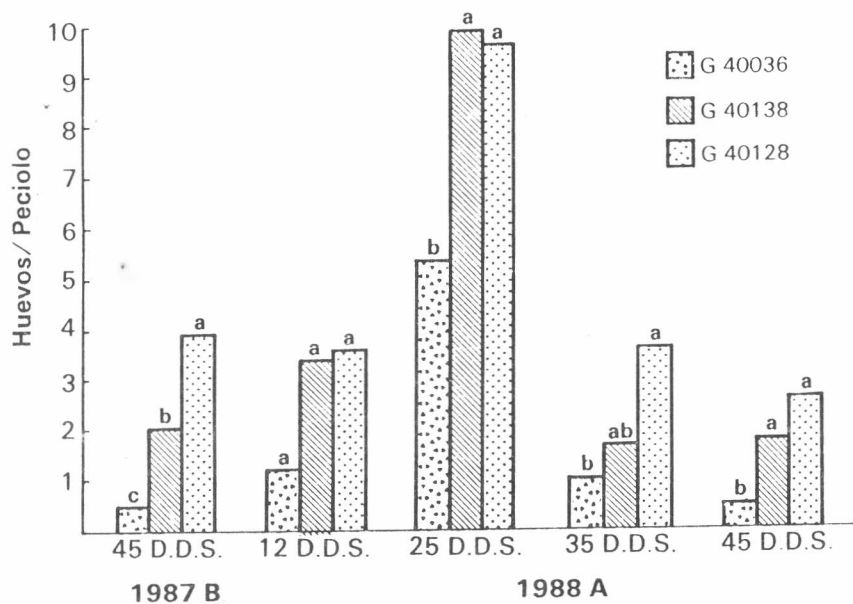


Figura 2. Oviposición de *E. kraemeri* en tres variedades de *P. acutifolius* a diferentes edades de la planta y bajo condiciones naturales.

las diferentes edades, la oviposición fue siempre menor en la variedad resistente.

No se encontró interacción entre variedad y edad, lo cual indica que la preferencia oviposicional se mantuvo a medida que la edad de la planta au-

mentó. Así se confirmó la presencia del mecanismo de antixenosis por oviposición.

Antixenosis

La preferencia por alimentación encontrada en los ensayos de campo no

fue ratificada por las pruebas de invernadero.

En ninguno de los ensayos de invernadero se encontraron diferencias entre variedades en la cantidad de huevos para la edad de 10 días. La variedad resistente G40036 fue la que mostró la menor cantidad de huevos con respecto a las otras variedades (Figura 3).

En los ensayos con plantas de 20 días de edad, se encontraron diferencias significativas entre variedades para la cantidad de huevos puestos en cada planta, siendo la variedad resistente G40036 la menos preferida para ovipositar (Figura 3).

Las variedades presentaron un comportamiento estable, sin importar, en sus dos edades, si se encontraban solas o asociadas. Así, se confirmaron los niveles de antixenosis para oviposición hallados a nivel de campo (Figura 2).

Antibiosis

El efecto antibiótico de *P. acutifolius* sobre la eclosión de huevos de *E. kraemeri* se midió con base en un análisis de covarianza, donde la variable dependiente fueron las ninfas emergidas y la variable independiente, huevos colocados. Con base en este análisis y la línea de regresión, el promedio de ninfas fue ajustado, para homogenizar los parámetros y poder someterlos, en igualdad de condiciones, a un análisis de covarianza.

En este análisis no se encontraron, en las tres variedades, diferencias significativas entre la cantidad de ninfas emergidas y la cantidad de huevos colocados. Al calcular el porcentaje de eclosión, se encontró que, para todas las variedades, fue superior al 90%, descartándose un efecto antibiótico de las variedades sobre la eclosión de huevos (Tabla 3).

Cuando las tres variedades fueron probadas para detectar su efecto antibiótico en duración sobre las ninfas de *E. kraemeri*, se encontró que la duración total de huevo a emergencia del adulto fue similar en las tres variedades y que el segundo instar tuvo el mayor tiempo de duración, mientras que el menor

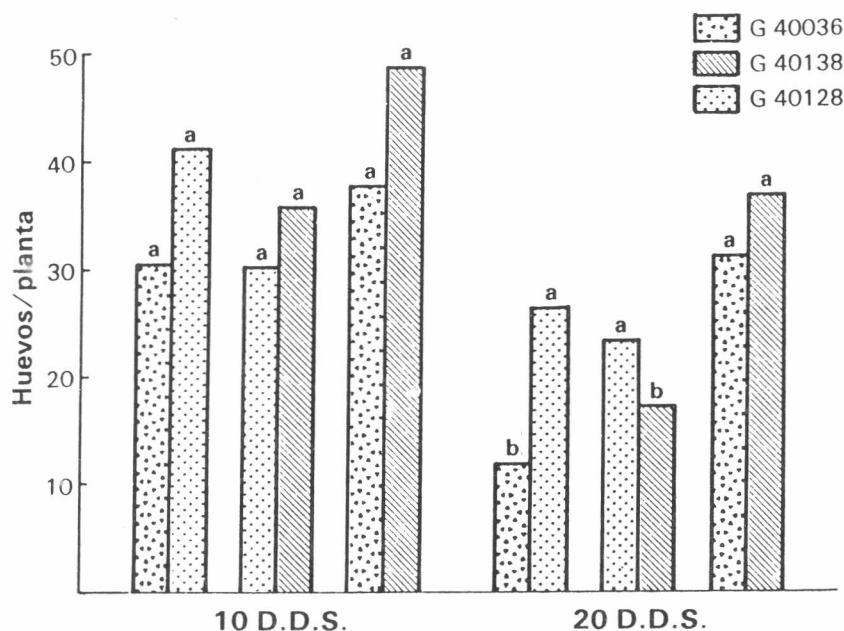


Figura 3. Oviposición de *E. kraemerii* en libre escogencia de tres variedades de *P. acutifolius* bajo condiciones de invernadero.

TABLA 3. Eclosión de huevos de *E. Kraemerii* en tres variedades de *P. acutifolius*. Promedios de cuatro repeticiones.

Variedad	Huevos	Ninfas	Porcentaje de Eclosión
G40036 R	20.1-----NS-----	18.6	92.7
G40138 I	22.9-----NS-----	24.0	100.0
G40128 S	25.2-----NS-----	23.0	91.4
C.V.	33.8	32.8	

NS: No significativo.

fue el cuarto instar (Tabla 4). Los resultados anteriores descartan el efecto antibiótico de *P. acutifolius* en los estados ninfales de *E. kraemerii*.

No se encontraron diferencias significativas en la longevidad de hembras y machos (Tabla 5), lo cual sugiere que no hubo efecto antibiótico de las variedades en la longevidad del adulto. La interacción variedad por sexo no fue significativa, lo cual indica que hembras y machos se comportaron de igual manera en las tres variedades.

En la supervivencia de adultos no se encontró diferencia entre variedades,

por cuanto las curvas de supervivencia fueron semejantes en forma a través del tiempo, lo cual indica que la mortalidad no es causada por efecto varietal (Figura 4).

En los ensayos de fecundidad no se encontraron diferencias significativas en cuanto a los días de oviposición, lo cual descarta el efecto de las variedades en el período de oviposición (Tabla 5).

La cantidad de huevos por hembra de *E. kraemerii* fue significativamente diferente entre variedades, ya que la mayor se presentó en la variedad susceptible G40128 y la menor, en la resistente G40036 (Tabla 5). Por tanto, la tasa de oviposición medida en huevos por hembra y por día fue menor para la variedad resistente G40036, pues en la gráfica que muestra la cantidad de huevos acumulados por hembra y por variedad, se observa claramente la menor oviposición en la variedad resistente (Figura 5).

Recopilando la información anterior y teniendo en cuenta que no se encontró efecto antibiótico de las variedades en la eclosión de huevos, se reconfirma que la variedad resistente G40036 posee carácter antixenótica para la oviposición y la ausencia de factores antibióticos como mecanismo responsable de la resistencia.

TABLA 4. Duración de los instares ninfales de *E. kraemerii* en tres variedades de *P. acutifolius* en prueba de antibiosis.

Estado	Variedad G40036 (R)	G40138 (I)	G40128 (S)
Huevo	7.98	8.22	7.68
1er. Instar	2.26	2.45	2.92
2do. Instar	3.56	3.80	3.92
3er. Instar	2.85	3.00	2.94
4to. Instar	1.37	1.30	1.34
5to. Instar	3.56	3.70	3.68
Dur. Total	21.48	22.47	22.48

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en que se realizaron los diferentes ensayos de esta investigación, se pueden obtener las siguientes conclusiones:

- Que la resistencia de *Phaseolus acutifolius* a *Empoasca kraemeri* se debe a una combinación de los mecanismos de tolerancia y antixenosis por oviposición.
- Que se encontró un nivel de tolerancia en campo, reflejado en un menor índice de susceptibilidad y un menor porcentaje de pérdidas para la variedad resistente G40036.
- Que se encontró preferencia por alimentación a nivel de campo, siendo la variedad resistente G40036 la que presentó los menores niveles de población. Dicha preferencia no fue confirmada en ninguna de las pruebas de invernadero.
- Que, en el campo, se encontró preferencia por oviposición en la variedad susceptible G40128. Esta preferencia se mantuvo a través de la edad de la planta. Esta preferencia por oviposición, encontrada en el campo, fue ratificada en todos los ensayos de invernadero. La variedad resistente G40036 fue la menos preferida para ovipositar.
- Que no se encontró efecto antibiótico de las variedades de *P. acutifolius* en la eclosión de huevos, longevidad y duración de los instares ninfales, longevidad y fecundidad de los adultos de *E. kraemeri*.

BIBLIOGRAFIA

- CARLSON, O.V. and E.T. HIBBS. 1962. Direct counts of potato leafhopper *Empoasca fabae* eggs in *Solanum* leaves. Ann. Entomol. Soc. Amer. 56:512-515.
- KOGAN, Marcos. 1975. Plant resistance in pest management. p. 103-146. In: Robert L. Metclaf; William H. Luckmann. (Eds.). Introduction to insect pest management. A. Wiley-Interscience publication. New York.

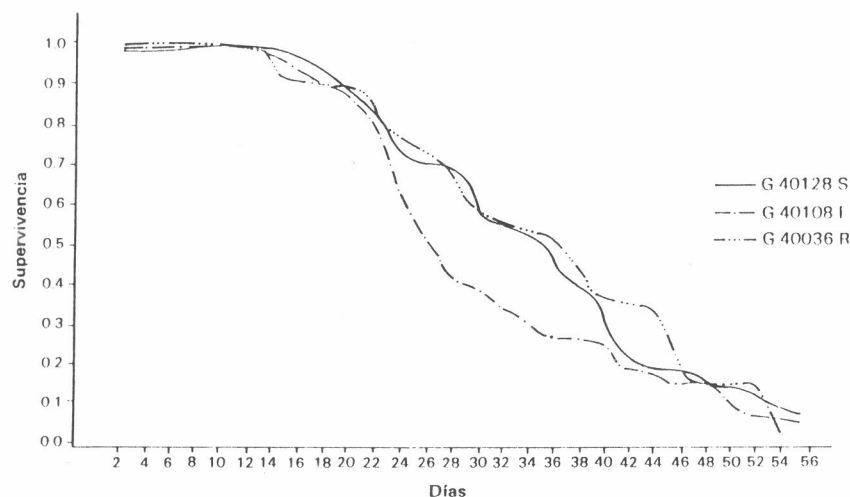


Figura 4. Supervivencia de adultos de *E. kraemeri* en tres variedades de *P. acutifolius*.

TABLA 5. Fecundidad y longevidad de adultos de *E. kraemeri* en tres variedades de *P. acutifolius* en pruebas de antibiosis. Promedio de 40 individuos por variedad.

Variedad	Longevidad		Días de Oviposición	Huevos por Hembras
	Hemobras	Machos		
G40036 R	27.2 a ^{1/}	26.6 a	18.8 a	29.8 b
G40138 I	26.3 a	24.5 a	19.4 a	31.6 b
G40128 S	28.0 a	27.0 a	21.4 a	44.4 a
C.V.	12.2	3.7	27.9	32.4

1/ Medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes al nivel del 5% (Duncan).

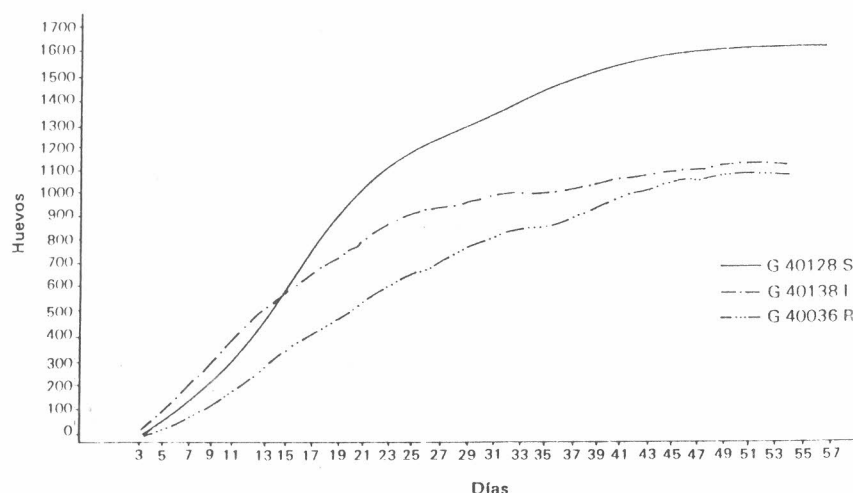


Figura 5. Oviposición acumulada de *E. kraemeri* en tres variedades de *P. acutifolius*.

- KOGAN, M. and E.F. Ortman. 1978. Antixenosis, new term proposed to define Painter's "nonpreference" modality of resistance. *Bull. Soc. Amer.* 24:175-176.
- KORNEGAY, J.; C. Cardona; A.V. Schoonhoven, 1986. Mechanisms of resistance in common beans to the leafhopper *Empoasca kraemer*. *Entomol. Exp. et Appl.* 40:273-279.
- KORNEGAY, J. and J.R. TEMPLE. 1986. Inheritance and combining ability of leafhopper defense mechanisms in common bean. *Crop Sci.* 26:1153-1158.
- PAINTER, R.H. 1951. Insect resistance in crop plants. The University Press of Kansas. Lawrence and London. 520 pp.
- PILLEMER, E.A. and W.A. Tingey, 1978. Hooked trichomes and resistance of *Phaseolus vulgaris* to *Empoasca fabae* (Harris). *Entomol. Exper. et Appl.* 24: 83-94.
- SCHOONHOVEN, A.v. 1974. Influencia de la época, de la fecha de siembra y variedad sobre poblaciones de *E. kraemer* en frijol en el Valle, Colombia. IX Reunión Latinoamericana de Fitotecnia. Panamá. Resumen Vol. 1, 108 pp.
- SCHOONHOVEN, A.v. y C. Cardona. 1980. Insectos y otras plagas de frijol en América Latina. In: Schwartz, H.; Galvez, G. (Eds.). Problemas de producción de frijol. Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT. Cali, Colombia.
- SCHWARTZ, H.I.; G. Galvez; A.v. Schoonhoven, R. Howeler; P. Graham and C. Flor. 1980. Field problems of beans in Latin America. Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT. Cali, Colombia. 136 pp.
- WILDE, G. and A.V. Schoonhoven. 1976. Mechanism of resistance to *Empoasca kraemer* on *Phaseolus vulgaris*. *Environ. Entomol.* 5:251-255.
- WILDE, G.; A.v. Schoonhoven and L. Gómez-Laverde. 1976. The biology of *Empoasca kraemer* on *Phaseolus vulgaris*. *Ann. Entomol. Soc. Amer.* 69:442-444.
- ZUÑIGA, T. 1985a. Conceptos básicos de Entomología y manejo de plagas. p. 231-239. In: López, M.; Fernández, F.; Schoonhoven, A.v. (Eds.). Frijol: Investigación y Producción. Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT. Cali, Colombia.
- ZUÑIGA, T. 1985b. Caracterización y efecto de los tricomas del *Phaseolus vulgaris* L. como mecanismo de resistencia al *Empoasca kraemer* Ross and Moore. p. 94. In: Resúmenes XII Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología (Socolen). Medellín, Colombia.

EFFECTO DE LA TEMPERATURA Y LA HUMEDAD RELATIVA SOBRE EL ALMACENAMIENTO DE HUEVOS DE *Zulia colombiana* Lallemand (HOMOPTERA: CERCOPIDAE) BAJO CONDICIONES DE LABORATORIO

Socorro Amparo Chávez¹
Stephen L. Lapointe²
José Iván Zuluaga³

RESUMEN

La investigación sobre resistencia varietal a cercópidos de pastos tropicales requiere una disponibilidad constante de huevos del "salivazo" *Zulia colombiana* Lallemand. (Homoptera: Cercopidae), para ensayos de infestación artificial a nivel de laboratorio y de campo. Estos estudios se realizaron en invernaderos y laboratorios del Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, Palmira, Valle del Cauca.

Se buscaron temperaturas y humedades relativas óptimas para el almacenamiento de huevos de *Z. colombiana*. Se realizaron 2 experimentos: en el primero se determinó el efecto de la desecación sobre la viabilidad de los huevos, el porcentaje de pérdida de peso y el grado de desarrollo de los huevos.

En el segundo se realizaron 24 ensayos, consistentes en combinaciones de temperaturas y humedades relativas, utilizando huevos de 2 y 6 días de edad. Los mejores tratamientos, con huevos de 2 días de desarrollo, fueron a 20 ó 25°C con 90% de H.R., donde se obtuvo viabilidad superior al 60% con almacenamiento hasta 70 días. A

25°C y 70% de H.R., se almacenaron huevos hasta 60 días con una viabilidad $\geq 50\%$.

Utilizando huevos de 6 días, el mejor tratamiento fue 25°C y 90% de H.R., en el cual se obtuvo una viabilidad superior al 65% con almacenamiento hasta 60 días. Se encontró una relación positiva entre el tiempo que tardan los huevos en romper su latencia y la continuación de su desarrollo hasta la eclosión, pues, a mayor tiempo de almacenamiento, mayor es el período de incubación.

SUMMARY

Research about varietal resistance to cercopids on tropical pastures requires a permanent availability of eggs. This is the case for "salivazo" (spittlebug) *Zulia colombiana*, Lallemand (Homoptera: Cercopidae), which was used for artificial infestation trials, both at laboratory and field conditions. These trials were carried out in CIAT's greenhouses and fields in Palmira, Colombia (1000 m.a.s.l. and 24°).

Adequate temperature and relative humidity conditions were established for an optimum storage of eggs of *Z. colombiana*.

In order to know the biology and development of eggs, two experiments were carried out: the first one studies the effect of dissipation on the egg viability, as well as on the loss of weight and egg development. In the second

experiment, 24 trials were done in several combinations of temperature and relative humidity and using eggs of 2 and 6 days old. The best egg response with eggs of 2 days were found with the combination of 20°C or 25°C with 90% of relative humidity; under these conditions a viability higher than 60% was maintained during a period of 70 days of storage. On the other hand, the combination of 25°C and 70% of R.H., a viability higher than 50% was maintained during 60 days of storage.

With eggs of 6 days old, the best treatment was found with the combination of 25°C and 90% R.H., with such treatment the viability was higher than 65% during a period of 60 days. A positive relationship was found between the period of storage and the subsequent time for uncubation: the longer the storage period, the longer time needed for incubation.

INTRODUCCION

En Colombia, la ganadería constituye un renglón muy importante como fuente de trabajo, alimento e ingreso. En los Llanos Orientales, la producción animal es baja, debido a la pobre calidad de sus pastos nativos (CIAT, 1987). Ultimamente, se ha logrado aumentar la capacidad de carga por hectárea en esta zona, con la siembra de pastos mejorados, de los géneros *Andropogon* y *Brachiaria*. Este último es utilizado ampliamente, por su adaptación a las condiciones edáficas de los Llanos y su persistencia durante la

1 Estudiante de Grado. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. Calle 50 No. 34B-58 Palmira.
2 Entomólogo, Programa de Pastos Tropicales, CIAT. A.A. 6713. Cali, Colombia.
3 Profesor Asociado, Universidad Nacional de Colombia, A.A. 237, Palmira.

época seca. La producción y persistencia de estas gramíneas están afectadas por el ataque de cercópodos, llamados comúnmente "Salivazos".

La resistencia varietal es uno de los métodos más adecuados y rentables para el control de insectos plaga. En un programa de manejo integrado de una plaga a largo plazo, dicho control es básico (Huffaker y Smith, 1980; Maxwell, 1984).

Las poblaciones de *Zulia Colombiana* (Lallemand) (Homoptera; Cercopidae) son abundantes durante los meses lluviosos del año y disminuyen notablemente durante los meses secos. La investigación sobre resistencia varietal a cercópodos de pastos tropicales requiere disponibilidad constante de huevos de salivazo, para ser utilizados en experimentos de infestación artificial a nivel de laboratorio y de campo. Para tener continuidad en los ensayos, particularmente durante las épocas secas, es necesario desarrollar un método de almacenamiento y, por ésto, es importante el estudio sobre la latencia de los huevos de salivazo y los factores que puedan inducirla y mantenerla, ya que permite crear alternativas para su almacenamiento.

Se requiere conocer el comportamiento de los huevos en sus diferentes estados de desarrollo, lo cual puede condicionar la respuesta a los diferentes tratamientos. En la búsqueda de condiciones ambientales, se deben utilizar, también, amplias oscilaciones de temperatura y humedad relativa.

En este trabajo, se consignan los resultados obtenidos en diferentes ensayos, tendientes a buscar condiciones ambientales de temperatura y humedad relativa para almacenamiento de huevos de *Z. colombiana*.

REVISION DE LITERATURA

En América tropical, el "Salivazo" ó "Mión de los Pastos" es una de las plagas de más amplia distribución que afecta la producción de gramíneas, especialmente *Brachiaria* spp. Las condiciones climáticas, la adaptación del insecto a diferentes especies de gramíneas y el establecimiento de extensas

áreas susceptibles al ataque de esta plaga son factores que han contribuido a su proliferación (Calderón *et al.*, 1982; Calderón y Varela 1982). Arango y Calderón (1981), en sus estudios sobre el ciclo de vida de *Z. colombiana* bajo condiciones de laboratorio, obtuvieron los siguientes resultados: período promedio de incubación del huevo, 15-16 días, período promedio ninfal, 45 días y longevidad promedio del adulto 12 días. Tanto las ninfas como los adultos ocasionan daño a los cultivos de pastos (Jiménez y Ochoa, 1971).

Sotelo *et al.* (1986), para obtener una colonia de salivazo, establecieron una técnica de cría masiva, con la cual se obtienen grandes cantidades de huevos y de adultos (CIAT, 1986) y, con el fin de asegurar la continuidad en los ensayos, particularmente durante las épocas secas, es necesario crear un método de almacenamiento de huevos.

Los principales factores climáticos que inciden sobre el desarrollo de los estados inmaduros de los insectos son la temperatura y la humedad relativa (Postali, 1979) y la diapausa permite a los huevos sobrepasar las condiciones ambientales adversas, sobre todo la falta de humedad (Borror y Delong, 1970; Metcalf y Flint, 1962). Jiménez (1973) considera que el principal factor climático que afecta la diapausa de los huevos de *Aeneolamia varia* (F) en los Llanos Orientales de Colombia es la humedad relativa, la cual, al aumentar, favorece la eclosión.

Según Evans (1972), la quiescencia es un estado de interrupción en el desarrollo o actividad que es directamente inducido por condiciones ambientales adversas y terminado inmediatamente, por la reanudación de condiciones favorables, mientras que la diapausa es un estado de interrupción en el desarrollo que no es inducido directamente por condiciones ambientales adversas y que puede no finalizar cuando las condiciones favorables prevalezcan.

Evans (1984) señala que la diapausa difiere de la simple quiescencia en que es más prolongada y requiere un estímulo particular antes que pueda ser iniciada o terminada y tiende a anti-

parse a las condiciones climáticas desfavorables. En contraste, Delinger (1986) utiliza el término general "Latencia" para incluir ambas posibilidades y, paralelamente, Bursell (1970) emplea el término "Quiescencia" como sinónimo de diapausa.

En este trabajo se usará la terminología de Evans (1972) para diapausa y latencia como sinónimo de "Quiescencia".

MATERIALES Y METODOS

La investigación se realizó en el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Palmira, Colombia, situado en el Departamento del Valle del Cauca, con una altitud de 1006 m.s.n.m. y coordenadas geográficas de 3° 32' de Latitud Norte y 76° 18' de Longitud Oeste, con un promedio de temperatura de 24°C y de humedad relativa de 72%. Este estudio tuvo una duración de 16 meses y se extendió desde Febrero de 1987 hasta Junio de 1988.

OBTENCION DE ADULTOS

Adultos de *Z. colombiana* se obtuvieron en la Estación Experimental del CIAT en Santander de Quilichao, Departamento del Cauca. Fueron recolectados manualmente en cultivos de especies de *Brachiaria* y transportados en jamas y, posteriormente, se colocaron en jaulas para oviposición, a las cuales se les introdujeron, previamente plantas de *Brachiaria* para alimentación del insecto y, en el fondo, se colocó un tendido de barro, utilizado como substrato para la oviposición y, para aumentar los sitios de ovoposición, a los tendidos se les hicieron incisiones en forma cuadrangular.

OBTENCION DE HUEVOS

Mediante sucesivos tamizados y flotación en una solución saturada de cloruro de sodio al 30%, se retiraron los huevos de los tendidos, los cuales fueron desinfectados con una solución de hipoclorito de sodio al 0.3%.

EXPERIMENTOS

Se realizaron 2 experimentos, así:

1o. Se estudió el efecto de la desecación sobre:

- a) La pérdida de peso;
- b) La viabilidad (porcentaje de eclosión); y
- c) El grado de desarrollo de los huevos.

2o. Se buscaron condiciones ambientales de temperatura y humedad relativa para el almacenamiento de huevos de 2 y 6 días de desarrollo y se midieron:

- a) La viabilidad (% de eclosión);
- b) El período de incubación: tiempo comprendido desde el momento en que los huevos son retirados del almacenamiento y puestos a incubar hasta la emergencia de ninfas; y
- c) El tiempo de almacenamiento.

Efecto de la desecación a 45°C sobre la pérdida de peso.

Se utilizaron 500 huevos (5 grupos de 100), colocados en cajas petri con papel filtro. Se tomó el peso húmedo y, luego, se pusieron en un horno a 45°C, durante 21 horas. Para obtener el peso seco los huevos fueron pesados cada hora.

Efecto de la desecación a 25°C sobre la viabilidad de los huevos.

Se utilizaron 3600 huevos (12 grupos de 50 huevos cada uno, para 6 repeticiones), a los cuales se les tomó peso húmedo. Dos grupos se utilizaron como testigo y fueron colocados a incubar a 23°C en cajas petri sobre papel filtro humedecido. Los 10 grupos restantes fueron colocados, durante 10 horas, en una incubadora a 25°C y 0% de H.R., utilizando sílica gel como deshidratante y, cada hora, se sacó una muestra, que fue pesada y puesta a incubar bajo las mismas condiciones del testigo.

Efecto de la desecación a 45°C sobre el grado de desarrollo de los huevos.

Se utilizaron 900 huevos, (3 grupos de 100 huevos cada uno, para 3 repeticiones). El primer grupo correspondió a huevos de 2 días de desarrollo (estado

inicial); el segundo, a huevos de 8 días (estado intermedio) y el tercero, a huevos de 12 días (estado final). Los huevos fueron colocados en un horno a 45°C durante 21 horas, al cabo de las cuales fueron pesados. Los resultados obtenidos en los ensayos anteriores fueron útiles para el montaje del segundo experimento, en el cual se requería tener el máximo de homogeneidad, para que la respuesta a los tratamientos fuera lo suficientemente confiable.

CONDICIONES AMBIENTALES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA PARA ALMACENAMIENTO DE HUEVOS DE *Z. colombiana* DE 2 Y 6 DÍAS DE DESARROLLO

En el segundo experimento, se buscaron condiciones ambientales de temperatura y humedad relativa para el almacenamiento de los huevos y, para ello, se utilizaron huevos de 2 y 6 días de desarrollo, en un diseño completamente al azar. Las temperaturas se controlaron utilizando incubadoras y la humedad relativa, con soluciones saturadas de sal, según el método de Winston y Bates (1960) y complementado con las técnicas de O' Brien (1948), Postali (1979) y Dean (1973).

Se trabajó con 4 temperaturas (20, 25, 30 y 35°C) y cada una se combinó con 3 humedades (30, 70 y 90% $\pm$ 5%). Cada tratamiento constó de 400 huevos divididos en 10 grupos, con 4 repeticiones por grupo y la cuarta repetición correspondió al testigo, el cual fue puesto a incubar a 23°C sobre papel filtro humedecido. Cada 10 días se extrajo un grupo, consistente en 3 repeticiones de 10 huevos, que se pusieron a incubar bajo las condiciones del testigo, para medir el porcentaje de eclosión (viabilidad) y el período de incubación.

RESULTADOS Y DISCUSION

Efecto de la desecación a 45°C sobre la pérdida de peso.

El peso seco de los cinco grupos de huevos se redujo durante las seis primeras horas a 3.1 mg. El mayor porcentaje de pérdida de peso (humedad)

se obtuvo en la hora 15 y correspondió a 40% del peso total y permaneció constante hasta la hora 21 (Figura 1).

Los huevos colocados a incubar no presentaron desarrollo. Bodegas y Enkerlin (1973) encontraron que temperaturas de 40°C inhiben el desarrollo y Evans (1972) afirma que exposiciones a temperaturas iguales o superiores a 45°C fueron, en su mayoría, letales para huevos de *Aeneolamia varia saccharina* (Dist).

Efecto de la desecación a 25°C sobre la viabilidad de los huevos.

Las horas de exposición al tratamiento causaron un descenso en el porcentaje de eclosión. Mientras el testigo tuvo 92% de eclosión, el grupo que recibió 10 horas tuvo un porcentaje de eclosión de 27%. Por cada hora de almacenamiento, los huevos pierden peso y se disminuye su viabilidad. La relación entre pérdida de peso y tiempo de exposición al tratamiento tuvo un coeficiente de correlación de 0.50, mientras que la relación entre porcentaje de eclosión y tiempo de exposición al tratamiento presentó un coeficiente de correlación negativo de 0.92 (Figura 2). Estos resultados no concuerdan con los obtenidos por Jiménez (1972), quien afirma haber almacenado huevos de *Aeneolamia varia* (F) durante 32 días con 60% de viabilidad, bajo condiciones de sequía y una oscilación de temperatura entre 18 a 28°C.

Efecto de la desecación a 45°C sobre el grado de desarrollo de los huevos.

La pérdida de peso varió de acuerdo con el grado de desarrollo de los huevos. Existe una relación directamente proporcional entre el peso inicial de los huevos y el porcentaje de pérdida de peso que se obtuvo después de someterlos a condiciones de secado. Se estableció la siguiente situación: el porcentaje de pérdida de peso de huevos en estado final fue mayor que en estado intermedio y éste a su vez mayor que en estado inicial de desarrollo (Figura 3). En este ensayo se encontró que la cifra más alta de porcentaje de pérdida de peso fue 66% y correspondió a huevos en estado final (12 días)

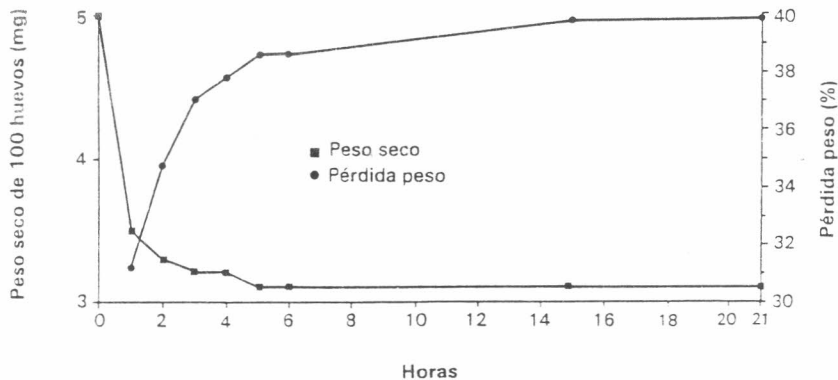


Figura 1. Peso seco y porcentaje de peso perdido de 100 huevos de *Z. colombiana* a 45°C.

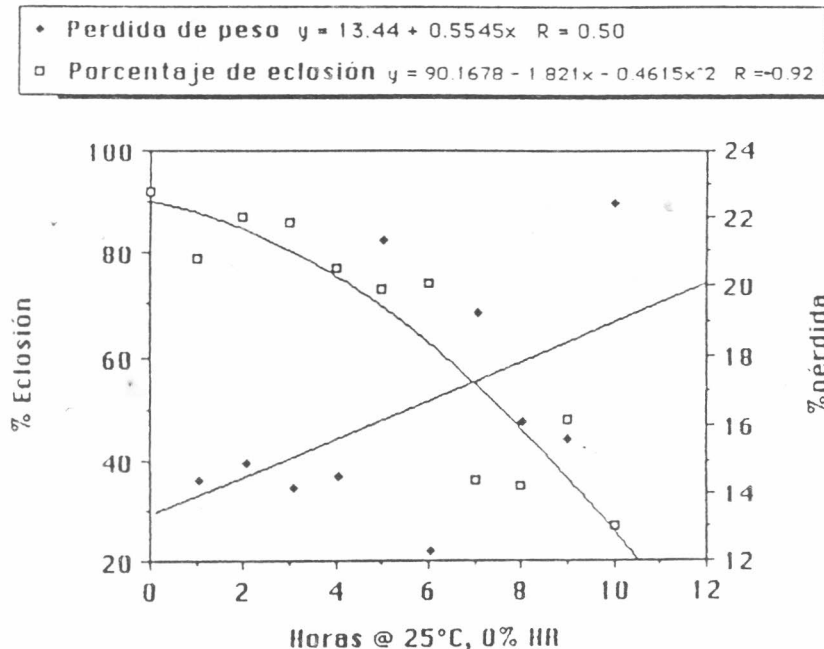


Figura 2. Relación entre la pérdida de peso y el porcentaje de eclosión en huevos de *Z. colombiana* (Lallemand), después de ser sometidos a 25°C y 0% H.R. durante 10 horas.

de desarrollo. Esto significa que los huevos de *Z. colombiana*, en estado final de desarrollo, alcanzan su máximo incremento de peso. El 66% del peso total corresponde a agua que pierden al someterlos a condiciones de secado.

CONDICIONES AMBIENTALES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA PARA ALMACENAMIENTO

La temperatura y humedad relativa tuvieron un efecto marcado sobre el almacenamiento de los huevos y éste, a

su vez, afectó la viabilidad y longitud del período de incubación.

1. Huevos de dos días de desarrollo

Los mejores tratamientos fueron a 20°C y 25°C (Tabla 1) de temperatura, combinada con humedades relativas de 90%, en almacenamiento por 70 días y a 25°C y con humedad relativa de 70% en almacenamiento durante 60 días. Cuando se trabajó con humedades relativas de 30% y temperatura de 35°C los huevos murieron durante el período de almacenamiento. A

30°C y 90% de H.R. no hubo latencia, pues los huevos eclosionaron durante el período de almacenamiento. A temperaturas de 20°C y 30°C combinadas con 70% de H.R. se obtuvo un almacenamiento por 10 días y, a partir de este tiempo, los huevos murieron durante el período de almacenamiento (Tabla 1).

2. Huevos de seis días de desarrollo

Cuando se trabajó con huevos de seis días de desarrollo, los mejores tratamientos fueron a 20°C y 90% de H.R., (Tabla 2), donde se obtuvo almacenamiento por 40 días, y a 25°C y 90% de H.R., con almacenamiento durante 60 días. Cuando se utilizaron humedades relativas de 30% y temperaturas de 35°C, los huevos murieron durante el período de almacenamiento. A 30°C y 90% de H.R. no hubo latencia, ya que los huevos eclosionaron durante el período de almacenamiento. A 20°C y 30°C combinados con humedades relativas de 70%, los huevos murieron durante el período de almacenamiento (Tabla 2).

En todos los casos donde hubo latencia, tanto con huevos de 2 días como de 6 días de desarrollo, éstos tuvieron una viabilidad superior al 50%. A temperaturas de 20°C y 25°C, combinadas con humedad relativa de 90%, a 25°C y 70% de humedad, se induce un estado de latencia o "quiescencia", que permite almacenar los huevos hasta 70 y 60 días, respectivamente, mientras que a 30°C y 90% de H.R. los huevos continúan su desarrollo y eclosionan en un período promedio de 12-14 días. Los demás tratamientos afectaron el desarrollo de los huevos, destruyendo su viabilidad.

3. Efecto de almacenamiento por viabilidad

En ambos casos, con huevos de dos y seis días de desarrollo a 25°C y 90% de H.R., el porcentaje de eclosión disminuye con el tiempo de almacenamiento.

Con huevos de dos días, se obtiene almacenamiento hasta 70 días con una viabilidad superior al 60% y, a partir de este tiempo, el porcentaje de eclo-

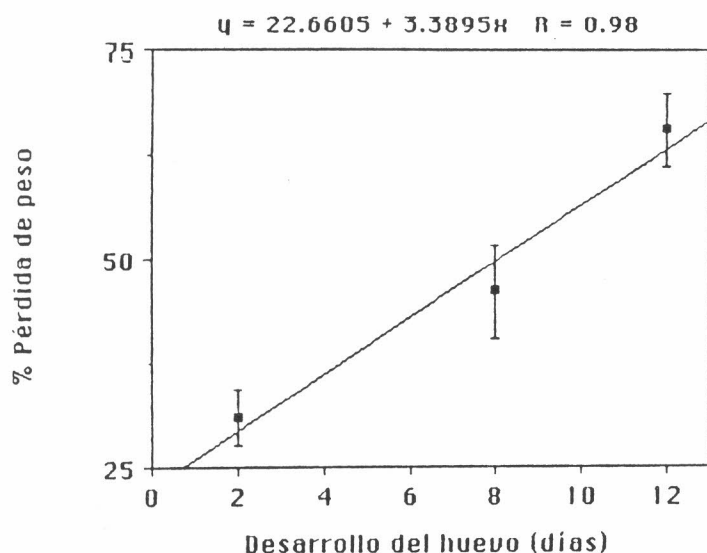


Figura 3. Relación entre el porcentaje de pérdida de peso y el desarrollo de huevos de *Z. colombiana* Lall.

TABLA 1. Efecto de la temperatura y la humedad relativa sobre el porcentaje de eclosión después del almacenamiento de huevos de *Zulia colombiana* de dos días de desarrollo.

Humedad relativa (%)	Temperatura (°C)			
	20	25	30	35
30	100 ¹	100 ¹	100 ¹	100 ¹
70	10*	60*	10*	100 ¹
90	70*	70*	100 ²	100 ¹

* Tiempo (días) máximo de almacenamiento con una viabilidad superior al 50%.

1/ Porcentaje de huevos que murieron durante el período de almacenamiento.

2/ Porcentaje de huevos que eclosionaron durante el período de almacenamiento.

TABLA 2. Efecto de la temperatura y la humedad relativa sobre el porcentaje de eclosión después del almacenamiento de huevos de *Z. colombiana* de seis días de desarrollo.

Humedad relativa (%)	Temperatura (°C)			
	20	25	30	35
30	100 ¹	100 ¹	100 ¹	100 ¹
70	100 ¹	100 ¹	100 ¹	100 ¹
90	40*	60*	100 ²	100 ¹

* Tiempo (días) máximo de almacenamiento con una viabilidad superior al 50%.

1/ Porcentaje de huevos que murieron durante el período de almacenamiento.

2/ Porcentaje de huevos que eclosionaron durante el período de almacenamiento.

sión disminuye hasta llegar, en el día 100, a niveles inferiores al 10%. Con respecto a huevos de seis días, donde hubo almacenamiento hasta 60 días con una viabilidad superior al 65%, a partir de este tiempo, el porcentaje de eclosión, en el día 100, disminuye a niveles inferiores del 25% (Figura 4).

A 25°C y 70% de H.R., con huevos de 2 días de desarrollo, se obtuvo almacenamiento por 60 días con una viabilidad superior al 50%, mientras que los huevos de seis días murieron durante el período de almacenamiento (Figura 5).

Los resultados de este ensayo no concuerdan con los obtenidos por Sotelo *et al.*, (1986), quienes afirman haber almacenado huevos de *Z. colombiana* hasta 27 días a 25°C y 75% de H.R. con una viabilidad del 65%. A 20°C y 90% de H.R. con huevos de dos días de desarrollo, se obtuvo almacenamiento por 70 días con viabilidad superior al 60% y, a partir de este tiempo, el porcentaje de eclosión disminuyó hasta llegar a niveles cercanos al 5% en el día 100.

Con huevos de seis días, sólo, hubo almacenamiento hasta el día 40, con viabilidad superior al 80% y, a partir de este tiempo, los huevos eclosionaron durante el período de almacenamiento (Figura 6). A medida que transcurre el tiempo de almacenamiento, los huevos pierden humedad interna, disminuyendo su porcentaje de eclosión.

Los huevos de seis días de desarrollo, bajo condiciones ambientales (23°C en cajas petri sobre papel filtro humedecido) eclosionan en un período promedio de 9 días, mientras que, al ser almacenados a 25°C y 90% de H.R. durante 60 días con una viabilidad superior al 60%, después de ser retirados del almacenamiento y colocados a incubar, tardaron 19 días en eclosionar, o sea, que el período de incubación se aumentó en 10 días.

Los huevos de 2 días, bajo condiciones ambientales óptimas, eclosionaron en un período promedio de 12-14 días, pero, después de que fueron almacena-

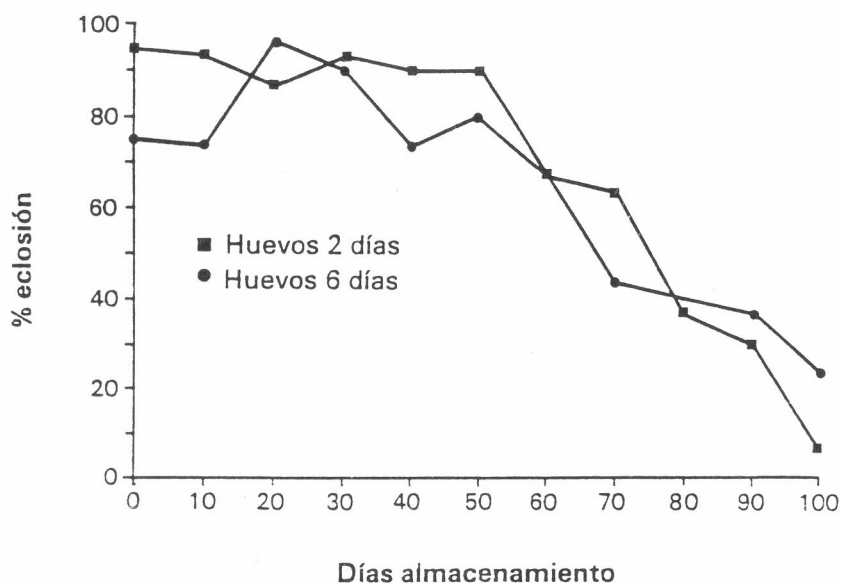


Figura 4. Efecto del almacenamiento sobre el porcentaje de eclosión de huevos de *Z. colombiana* de dos y seis días de desarrollo a 25°C y 90% H.R.

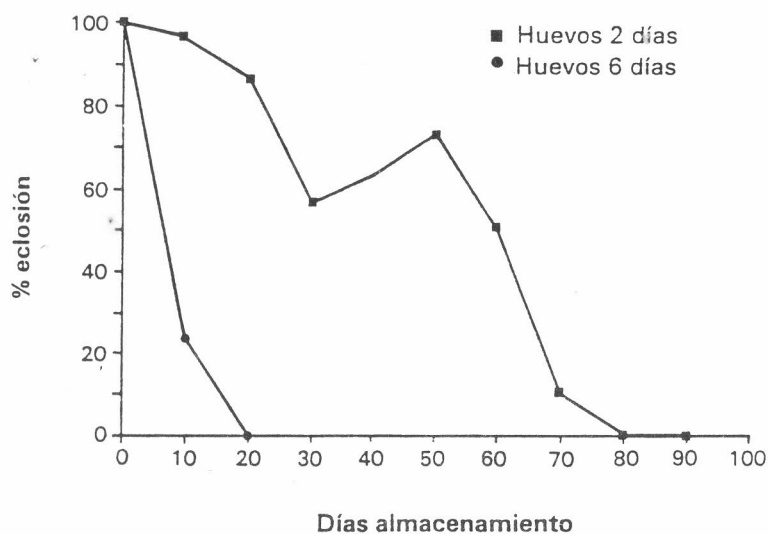


Figura 5. Efecto del almacenamiento sobre el porcentaje de eclosión de huevos de *Z. colombiana* de dos y seis días de desarrollo a 25°C y 70% H.R.

dos a 25°C y 90% de H.R. durante 70 días y posteriormente colocados a incubar, ocurrió un incremento de seis días en el período de incubación (Figura 7). Un comportamiento similar se presentó con huevos de dos y seis días de desarrollo, después de que fueron almacenados a 20°C y 90% de H.R. (Figura 8).

Los huevos, después de que son retirados del almacenamiento y colocados a incubar, absorben humedad del medio hasta completar su desarrollo embrión-

nico. La longitud del período de incubación tiene una estrecha relación con el tiempo de almacenamiento.

Evans (1972) señala que la temperatura y la humedad relativa pueden actuar directa o indirectamente en un organismo. Los huevos del insecto pudieron ser almacenados por un período máximo de 70 días con una viabilidad superior al 60% después de inducirlos a un estado de "latencia" o "quiescencia" lo cual ocurrió cuando fueron sometidos

a condiciones de temperatura y humedad relativa específicas.

Después de utilizar durante 14 meses huevos de *Z. colombiana* provenientes de hembras recolectadas en el campo y obtener porcentajes promedios de eclosión superiores al 80%, se puede afirmar que, en los huevos de este insecto, no se presentó el fenómeno de diapausa. No hay evidencias para sugerir que la diapausa es inducida y que termina por estímulos ambientales.

CONCLUSIONES

- El mayor porcentaje de pérdida de peso, en huevos sometidos a desecación a 45°C, se obtuvo en huevos con estado final de desarrollo y correspondió a un promedio de 66%.
- La desecación a 25°C y 0% de H. R. agota la humedad interna de los huevos, disminuyendo drásticamente la viabilidad.
- En huevos sometidos a condiciones de secado, a mayor grado de desarrollo fue mayor la pérdida de peso.
- Humedades bajas (30%) inhiben el desarrollo de los huevos, al igual que temperaturas altas (mayores de 35°C) combinadas con cualquier humedad (30, 70, 90%) destruyen la viabilidad de los mismos.
- Utilizando huevos de dos días de desarrollo, los mejores tratamientos fueron a 20°C y 25°C combinados con 90% de humedad relativa, donde se obtuvo almacenamiento durante 70 días con un porcentaje de eclosión superior al 60%, seguido por el tratamiento de 25°C y 70% de humedad relativa, donde se obtuvo almacenamiento por 60 días con un porcentaje de eclosión $\geq 50\%$.
- Utilizando huevos de seis días de desarrollo, el mejor tratamiento fue a 25°C y 90% de H.R., donde se pudo obtener almacenamiento durante 60 días con un porcentaje de eclosión superior al 65%.

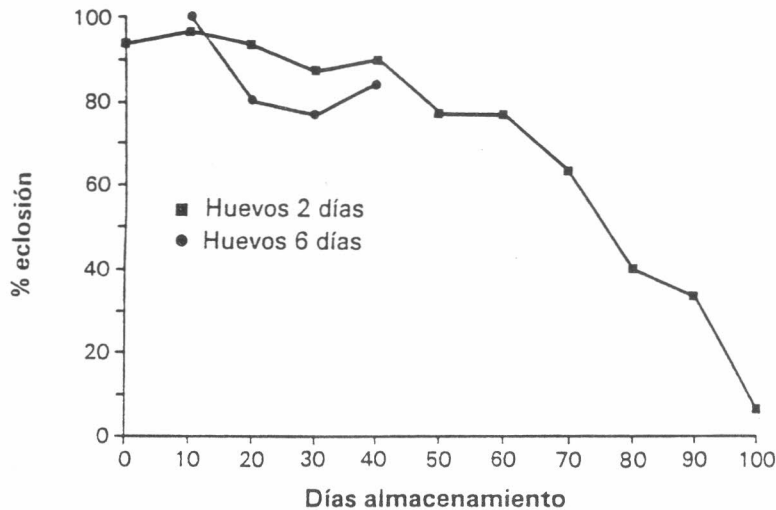


Figura 6. Efecto del almacenamiento sobre el porcentaje de eclosión de huevos de *Z. colombiana* de dos y seis días de desarrollo a 20°C y 90% de H.R.

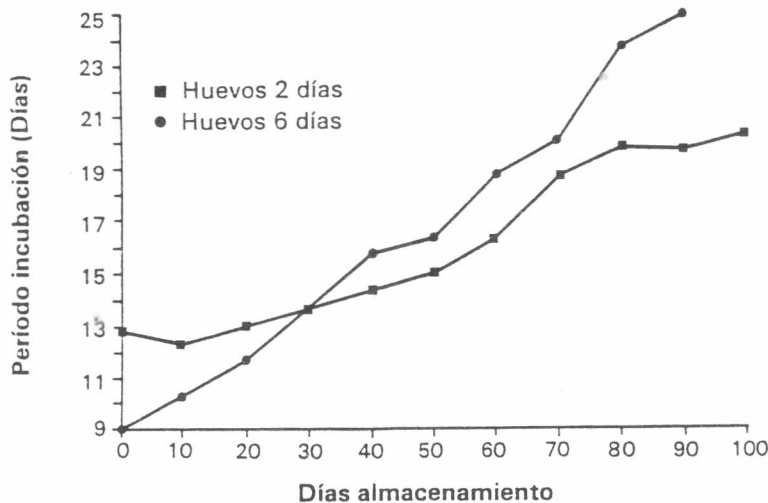


Figura 7. Efecto del almacenamiento sobre el período de incubación de huevos de *Z. colombiana* de dos y seis días de desarrollo a 25°C y 90% de H.R.

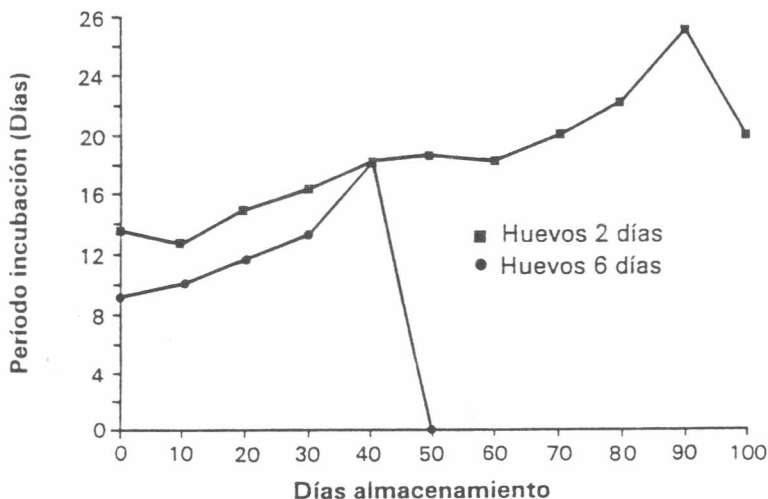


Figura 8. Efecto del almacenamiento sobre el período de incubación de huevos de *Z. colombiana* de dos y seis días de desarrollo a 20°C y 90% de H.R.

— En los huevos que fueron retirados del almacenamiento y colocados a incubar (sobre papel filtro humedecido), el período de incubación se incrementó.

BIBLIOGRAFIA

- ARANGO, G. y M. CALDERON, 1981. Biología y hábitos de *Zulia colombiana* (Lallemand) plaga del pasto *Brachiaria* spp. *Revista Colombiana de Entomología* (Col) 7 (1-2): 3-11.
- BODEGAS, PR. R., S.D. ENKERLIN, 1973. Aspectos biológicos sobre la mosca pinta de los pastos, con énfasis en el período de incubación de los huevecillos de *Aeneolamia occidentalis* (Fennah). *Folia Entomológica Mexicana* (Num. 25-26, Mayo 1973), México.
- BORROR, D.J. y D.M. DELONG, 1970. An introduction to the study of insects Columbus, Ohio. Holt, Rinehart and Winston, Inc. p. 72.
- BURSELL, E. 1970. An introduction to insect physiology. Londres, pp. 204-207.
- CALDERON, M. y G. ARANGO, y F. VARELA, 1982. Cercópidos plagas de los pastos en América Tropical, biología y control. CIAT. Guía de estudio para ser usada como complemento de la unidad audiotutorial sobre el tema. Cali, Colombia. 51p.
- CALDERON, M., G. ARANGO, y F. VARELA, 1982. Descripción de las plagas que atacan los pastos tropicales y características de sus daños; CIAT. Guía de estudio para ser usada como complemento de la unidad audiotutorial sobre el tema. Cali, Colombia. 52p.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT). 1986. Informe anual del Programa de Pastos Tropicales 1985. Documento de Trabajo No. 17. Cali, Colombia. pp. 135-173.
- , 1987. CIAT Report 1987. Informe CIAT 1987. Cali, Colombia. 140p.
- DELINGER, D.L. 1986. Dormancy in tropical insects. *Annual Review of Entomology*, 31: 239-64.
- EVANS, D.E. 1972. Studies of eggs diapause in *Aeneolamia varia saccharina* Dist. (Homoptera: Cercopidae). (Thesis submitted for Ph. D. Degree of London University) Caroni Research Station, Waterloo State, Carapichaima, Trinidad, W.I. September, 1972.

- EVANS, H.E. 1984. Insect biology: a text book of entomology. Addison Wesley Publishing. p. 107.
- HUFFAKER, C.B. y R.F. SMITH, 1980. Rotational organization and development of a national integrated pest management project. *In*: New technology of pest control. Ed. by C. B. Huffaker, New York, Wiley. pp. 1-24.
- JIMENEZ, J.A. 1978. Estudios tendientes a establecer el control integrado de las salivitas de los pastos. *Revista Colombiana de Entomología* (Col.) 4 (1-2): 19-33.
- JIMENEZ OCHOA, O.D. 1971. Fluctuación de la población de *Aeneolamia varia*, en *Brachiaria decumbens*. Programa de Entomología ICA, Regional N.º. 8. Exp. 1-14 (Libro de campo-Datos no publicados).
- , 1973. Control químico y cultural de *Aeneolamia varia* (F). Programa de Entomología ICA, Regional No. 8 Exp. 1-36. Libro de campo (Datos no publicados).
- MAXWELL, F.G. 1984. Utilization of host plant resistance in pest management. *In*: Planning conference on integrated pest management (22., 1984, Lima, Perú). CIP Report. Lima. pp. 91-102.
- METCALF, C.L., FLINT, W.P. y R.L. METCALF. 1962. Destructive and useful insects, their habits and control. 4o. Edition. Mc.Graw-Hill Book Company Inc., New York. p. 168.
- ORTMAN, E.E. y PETERS, D.C. 1984. Mejoramiento de plantas resistentes a insectos, introducción. *In*: Mejoramiento de plantas resistentes a insectos. Ed. por F.G. Maxwell, P.R. Jennings. México, Limusa. pp. 21-32.
- POSTALI, P.J.R. 1979. Producao e controle de umidade. *Biologia dos insetos*. ESALQ-USP, Piracicaba-SP, Brasil. pp. 166-170.
- SOTELO, G. y G. ARANGO, 1986. Técnicas para el establecimiento de una colonia de salivazo de los pastos *Zulia colombiana* Lall. a nivel de laboratorio. *In*: Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología (13, 1986, Cali, Col.). Resúmenes. Cali, Colombia. p. 54.
- TOLEDO, J.M. y G.A.S. SERRAO, 1984. Proyecto de investigación en pasturas y ganadería. Lima, Perú, REDINAA. 71p.

**DESARROLLO EMBRIOLOGICO DE *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval)
(ACARI: TETRANYCHIDAE), PLAGA DEL CLAVEL (*Dianthus caryophyllus* L.)**

Liliana Rosero L.¹
Mariela Torres T.¹
Alfredo Acosta G.²

RESUMEN

El seguimiento de las diferentes etapas del desarrollo embriológico de *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval) (Acari: Tetranychidae) se realizó, utilizando microscopía óptica y electrónica.

El huevo es de tipo centrolecítico, de forma esférica, superficie externa suave y consistencia blanda. Su cubierta consta de tres capas o estratos de ultraestructura diferente. Su tamaño varía de 125 a 150 μ de diámetro.

La etapa inicial del desarrollo es el clivaje de combinación, al final del cual, 12 horas, se forma la blástula, constituida por una capa uniestratificada. Luego, entre las 24 y 34 horas, sigue la formación de la banda germinativa por proliferación celular del blastodermo. La metamerización de la banda germinativa comienza a las 36 horas y, a las 60 horas, da, como resultado, la formación de seis segmentos prosomáticos. Estos segmentos, a las 96 horas, dan origen a los apéndices definitivos de la larva. El sistema nervioso central se forma hacia las 72 horas, durante el retraimiento de la banda germinativa. A partir de las 96 horas del desarrollo, se pudo visualizar el sistema respiratorio embrionario. En la formación del sistema digestivo y excretor participan células endodérmicas, de la proliferación posterior y vitelófagas. En la for-

mación de las partes bucales intervienen los dos primeros pares de apéndices.

A las 144 horas, la musculatura está completamente formada, diferenciándose en tres grupos principales de músculos. Estructuras con manchas oculares y el tegumento, de origen ectodérmico, sólo se observaron hasta las 144 horas. La etapa completa de huevo tiene una duración de 168 horas.

SUMMARY

Pursuit of several stages in the embryology of carmine spider mite *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval) (Acari: Tetranychidae) was realized on sectioned eggs by optic and electronic microscopy.

The egg of this species is the centrolecithal type, spheric in form, its surface is soft and its consistence smooth and flexible. Its envelope results of three layers or strata ultrastructurally well differentiated each one. The egg-diameter varies from 125 to 150 μ . The initial development stage is the combination cleavage, at last of which, it is formed, the blastoderm, a single layer of cells covering completely the yolk, is formed. The development process continues then in the 24-34 hours egg with the germ band formation by cell proliferation of blastoderm. The segmentation (metamerization) of germ band begins at 36 hours and results in the formation of six prosomatic segments at 60 hours. These prosomatic segments give origin to the definitive larval appendages, at 96

hours. The central nervous system is totally formed about 72 hours meanwhile the germ band retirement. In the 96 hours developing egg it is possible to observe the embryonic respiratory system through the egg envelope. The digestive and excretory system formation is shared by endodermic cells of the posterior proliferation and vitelophags cells. In the mouth parts formation intervins the two former appendages pairs. The musculature is completely formed in the 144 hours egg, with main muscle groups well differentiate. The structures as ocular spots and tegument, of endodermic origin, were only observed to 144 hours. The total egg stadium takes 168 hours to be completed.

INTRODUCCION

Los principios fundamentales de la morfogénesis de los tejidos, los mecanismos que operan a nivel subcelular, la coordinación hormonal del desarrollo de los tejidos, las causas de la diversidad en el desarrollo de los órganos y las alteraciones de la forma total del cuerpo son, entre otros, algunos de los interrogantes que la embriología ayuda a dilucidar. Una parte importante del estudio de la embriología, como es el análisis causal del desarrollo, ha proporcionado algún conocimiento sobre los mecanismos por los cuales los diferentes eventos del desarrollo dan origen a una organización estructural nueva (Counce, 1961). El conocimiento detallado de las estructuras externas e internas ha proporcionado antecedentes para la identificación de especies, así como para el establecimiento

1 Estudiantes de Biología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

2 Profesor, Facultad de Agronomía, Universidad Nal. de Colombia, Bogotá.

de los diferentes taxa y para consideraciones sobre la filogenia de algún grupo en particular (Sehnal, 1985).

Al parecer existe confusión en la filogenia y homología de las partes bucales acarinas, al igual que en la sistemática, debido a escasos o inadecuados estudios del desarrollo de este grupo tan complejo (Burns, 1963).

Las investigaciones sobre embriología de la clase Arachnida y, en especial de la subclase Acari, son escasas, debido, en parte, a la necesidad de técnicas y equipos especiales, además, de que los métodos de cría y manipulación de especímenes exigen gran cuidado e ingenio por parte del investigador.

Con la presente investigación se pretende contribuir al conocimiento de la embriología de los Tetranychidae, conocimiento que eventualmente ayudará, en parte, a aclarar las dudas filogenéticas en este grupo.

A través de observaciones, bajo estereoscopia, de huevos completos en desarrollo y la obtención de cortes seriados de huevos de diferentes edades, los cuales fueron observados bajo microscopios óptico y electrónico, se logró delimitar y caracterizar morfológicamente y, a la vez, fotografiar las diversas etapas del desarrollo embriológico del ácaro *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval). Se detectaron, claramente, las primeras 6 divisiones del clivaje, la formación de la banda germinativa y su segmentación y se identificaron los distintos órganos del sistema digestivo y excretor, el sistema nervioso central y, entre otras, las partes bucales y los apéndices larvales y algunas estructuras tegumentarias.

REVISION DE LITERATURA

Aunque el estudio del desarrollo embriológico de Acari se inició desde mediados del siglo pasado con Claparede en 1868 y, posteriormente, se continuó con Siche en 1890 y Supino en 1895 y, a principios de este siglo, con Reuter en 1909, casi todas las investigaciones datan de antes de 1920 (Krantz, 1978).

Burns (1963), en su estudio sobre el

desarrollo embriológico temprano de *Tetranychus telarius* L., hace un recuento de la historia de los estudios embriológicos de las subclases Araneae y Acari. Entre los aportes más importantes al estudio del desarrollo embriológico que cita Burns, se encuentran los siguientes:

Weber, en 1856, descubrió algunos aspectos morfológicos del huevo de *T. telarius* L. Claparede, en 1868, publica las primeras referencias sobre el desarrollo embriológico de Acari. Donnadieu, en 1875, hace observaciones sobre el huevo entero de varios ácaros tetránquidos. Balfour, en 1880, publica sus notas sobre el desarrollo de Araneae. Reuter, en 1909, publica acerca de la morfología y ontogenia de los ácaros. Dawydoff, en 1928, escribe un volumen completo sobre embriología comparada de artrópodos. Hafiz, en 1935, publica el estudio embriológico de *Cheyletus eruditus*. Korchelt y Heider, en 1939, publican un volumen, que a juicio de Burns, es bastante amplio en algunos aspectos del desarrollo y cubre desde la postura hasta la formación del embrión. Vitzthom, en 1943, parece ser quien hasta 1941, trata mejor el desarrollo de la embriología de ácaros. Solkolov, en 1952, y Klumpp, en 1954, estudiaron la embriología de *Tyrophagus noxius* A.Z. y *Acarapis woodii* Rennie. Diez años más tarde, Wahhab, en 1953, considera que aún hay vacíos conceptuales que causan controversia en la embriología de las clases Insecta y Arachnida.

Aunque Hughes, en 1959, publicó un volumen sobre ácaros, no incluyó capítulo alguno sobre el desarrollo embriológico. Jeppson, et al (1975) parecen desconocer la mayoría de las referencias dadas por Burns y dedican muy poca atención al tema embriológico. Krantz (1978) da unas pocas referencias sobre el tema, presentando un reducido capítulo sobre reproducción y embriogénesis. Crooker (1985), en lo que parece ser la recopilación más reciente sobre embriología de ácaros, también, desconoce la mayoría de las referencias anteriores y considera que el conocimiento de la embriología de Acari se deriva, principalmente, de las investigaciones realizadas por Dittich durante finales de los años 60 y hasta

1971. De acuerdo con las anteriores referencias, la presente investigación es la primera que se emprende en el estudio del desarrollo embriológico completo de un ácaro Tetránquido a nivel histológico.

MATERIALES Y METODOS

Inicialmente, se recolectaron e identificaron ácaros de la especie, a partir de focos de infestación en cultivos de clavel bajo invernadero de la empresa FLORAMERICA S.A. (Madrid - Cundinamarca). Las hojas infestadas con ácaros sirvieron para mantener una población permanente bajo condiciones de laboratorio.

La obtención de la colonia se hizo utilizando la técnica del rectángulo de hoja (Figura 1A), descrita por Suárez y Ortiz (1981) y dentro de cámara climática de cría ($T = 24 \pm 2,5^{\circ}\text{C}$ y $\text{HR} = 66 \pm 12\%$), según metodología de Luna (1985) y las modificaciones de Sánchez y Páramo (1987) (Figura 1B).

El estudio embriológico se realizó, tomando entre 10 y 20 huevos de cada una de las siguientes edades: 0; 3,5; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 18; 24; 30; 36; 42; 48; 60; 72; 96; 120; 144; y 156 horas de desarrollo, los cuales se obtuvieron sobre segmentos de hoja de clavel o en cámaras de postura (Figuras 1C, 1D) y seleccionados a partir de la colonia ya establecida. Luego, se procesaron para microscopía de luz y electrónica, utilizando las técnicas de fijación, deshidratación, inclusión, tinción, corte y observación de Hayat (1972) y Técnicas de microscopía electrónica (1982).

La determinación de las etapas embriológicas se efectuó por observación directa y fotografías de los huevos completos y de secciones seriadas de los huevos procesados. Dado que se trataba de un estudio morfológico descriptivo, no se tuvieron en cuenta parámetros estadísticos, sino los resultados de investigaciones similares.

RESULTADOS Y DISCUSION

1. El Huevo

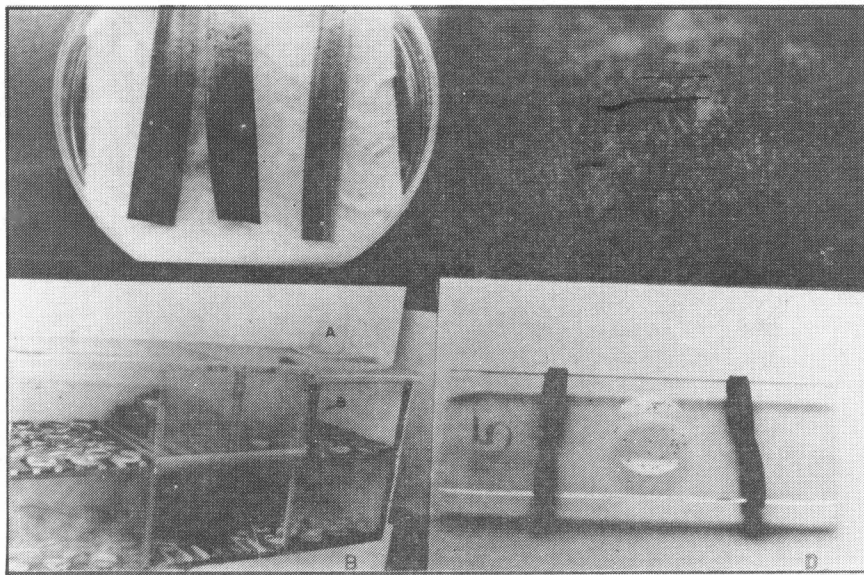


Figura 1. A. Técnica del rectángulo de hoja para el establecimiento de la colonia de *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval). B. Cámara bioclimática de cría. C. Hembra de *T. cinnabarinus* ovipositando sobre la hoja de clavel. D. Cámara de postura. Nótese las hembras del ácaro reclusas dentro de la cavidad de la lámina excavada. Fotos: Liliana Rosero L.

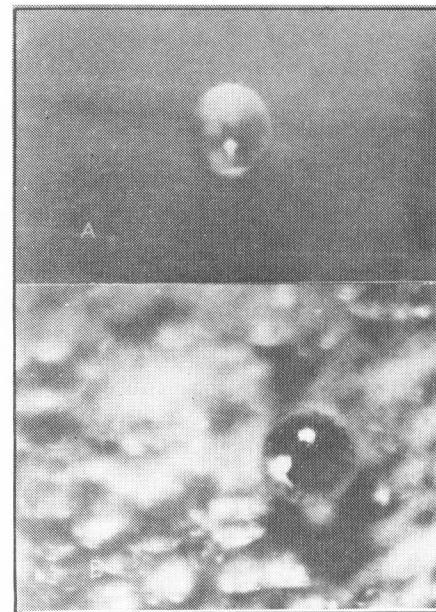


Figura 2. A. Huevo de *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval) de forma esférica, puesto sobre la telaraña de y forma subesférica, puesto sobre la hoja.

El huevo de *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval) tiene forma esférica o subesférica (Figuras 2A y 2B), lo cual depende del sitio donde fue depositado, pues la primera se observó sobre la telaraña y la segunda, sobre la hoja y su diámetro varía entre 125 y 140 μ , lo cual coincide con la descripción del huevo de *T. telarius* hecha por Burns (1963) y está dentro del rango de 110-150 μ de diámetro, establecido por Dittrich y Streibert (1969), para diferentes especies de ácaros.

En *T. cinnabarinus*, los huevos recién ovipositados tienen una coloración que va desde rosado y muy tenue y transparente a ámbar. Sin embargo, durante el desarrollo, los huevos varían su coloración, siendo ámbar o rosados al comienzo, luego, cafés y, al final del desarrollo, amarillo-rojizos. El huevo, en su superficie, es liso, suave y carente de escultura y micropilo y su consistencia es blanda y su cubierta, al iniciar el desarrollo es transparente y se torna nacarada, cuando se aproxima la eclosión.

La estructura de la cubierta del huevo está formada por tres capas bien definidas (Figura 3). La más externa de 0,18 μ de grosor es homogénea y, se-

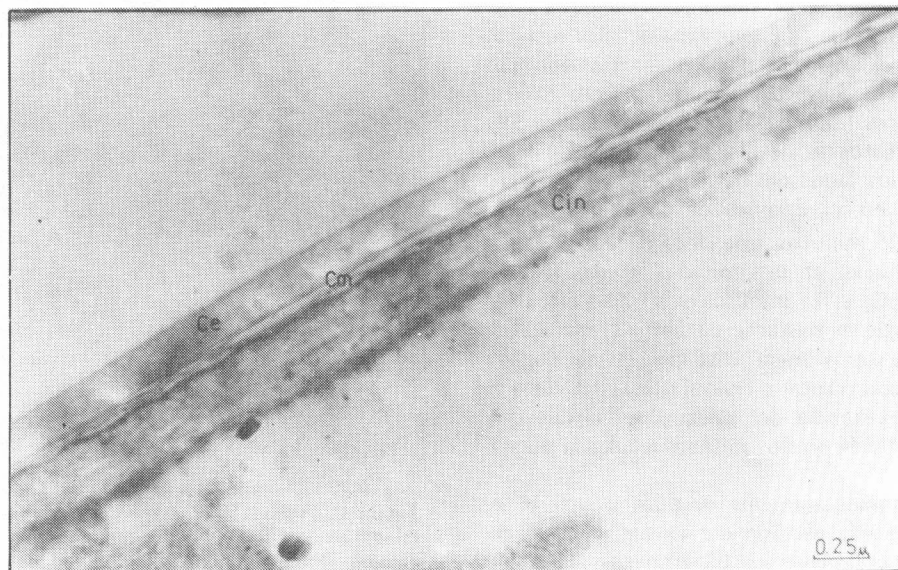


Figura 3. Micrografía electrónica de la cubierta del huevo de *T. cinnabarinus*. (Ce) capa externa. (Cm) capa media. (Cin) capa interna. Fotos: Liliana Rosero - Mariela Torres.

gún Dittrich (1971), tiene una subestructura finamente granular, constituida de un único material básico y, según Beament (1951), es de naturaleza cerosa, con propiedades químicas típicas de un material lipóide inerte. La capa intermedia, mucho más delgada, con un grosor de 0,08 μ y de material no

estructurado, parece estar uniendo la capa externa ya descrita con la más interna y, por sus propiedades químicas y colorimétricas, Beament (1951) concluye que esta capa intermedia está compuesta de una solución física muy íntima de proteína en aceite. La capa más interna, algunas veces llamada la-

mela intermedia, tiene un grosor de casi el doble de la capa más externa y su ultraestructura consiste de fibrillas arqueadas parabólicamente (Dittrich, 1971).

En cortes del huevo de 0-1 hora de desarrollo, se puede apreciar que las esférulas de vitelo, de 10 μ de diámetro aproximadamente, ocupan la totalidad del área del mismo y, en conjunto, están rodeadas por una capa de citoplasma cortical (Figura 4). También, entre las esférulas, hay citoplasma, el cual constituye la red citoplasmática. Esta descripción en relación con la cantidad de vitelo, corresponde a la de un huevo de tipo centrolecítico, característico de los insectos (Chapman, 1976; Balinsky, 1983).

2. Clivaje

En el huevo de 3 1/2 horas (Figura 5A), se observa un área oscura diferencial en el centro. Esta es la fase de roseta previa a la iniciación del clivaje. En una fase temprana de la primera división, ya se pueden apreciar dos manchas que corresponden a los blastómeros hijos de esta división (Figura 5B). Estos se desplazan rápidamente hacia los lados del huevo a medida que crecen y, después de aproximadamente 15 minutos, una línea oscura divide el huevo en dos mitades iguales (Figura 5C) y, 15 minutos más tarde, este pliegue es bastante evidente (Figura 5D). Esta primera división es catalogada como total u holoblástica, debido a la existencia del pliegue del clivaje que divide en dos mitades iguales al huevo.

Inmediatamente después, ocurre la segunda división del clivaje, cuando generalmente los blastómeros se alargan y constriñen por el centro. Frecuentemente, se observa una figura con tres blastómeros (Figura 5E) y el otro blastómero se divide inmediatamente después. En el huevo de 5 horas, se distinguen claramente los cuatro blastómeros y, poco después, el pliegue de esta segunda división es evidente y es perpendicular al de la primera (Figura 5F). Por la presencia de estos pliegues, se califica, también, a esta división de total u holoblástica. El clivaje total ya había sido descrito para *T. telarius* L.

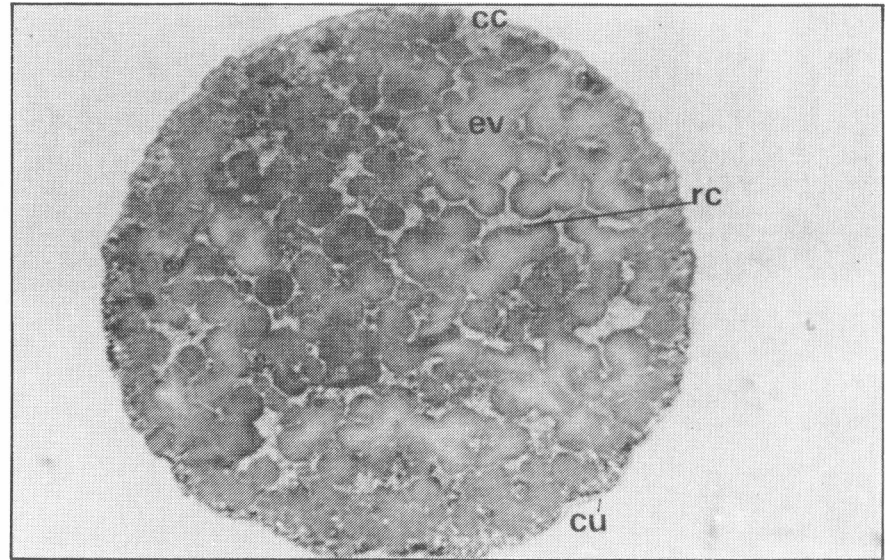


Figura 4. Corte transversal del huevo de *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval) de 0-1 hora de desarrollo. (Cu) cubierta del huevo. (cc) citoplasma cortical (ev) esférulas vitelinas. (rc) red citoplasmática.

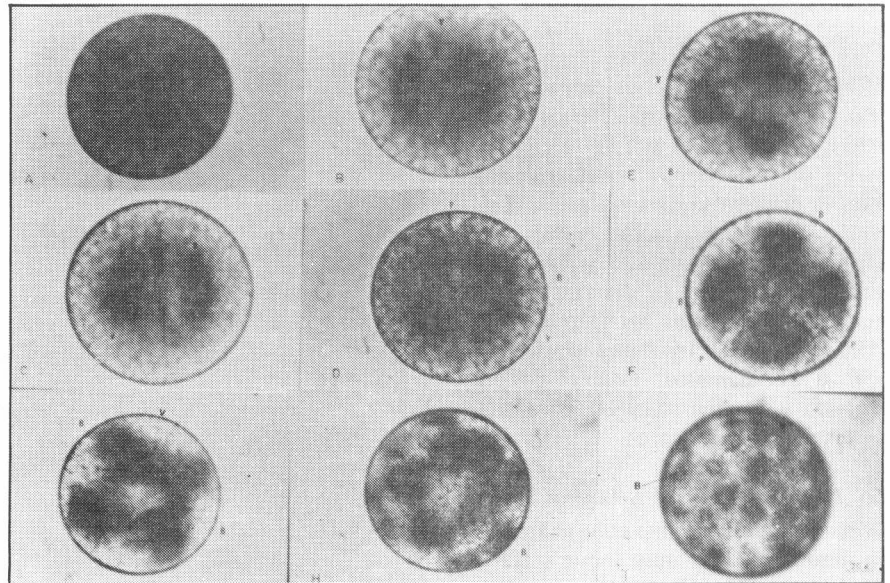


Figura 5. Observación microscópica de la serie de la etapa del clivaje de *T. cinnabarinus*. A: estadio de roseta. B, C y D: diferentes fases de la primera división. E y F: fases de la segunda división. G: tercera división. H: cuarta división. I: quinta división. (B) blastómeros. (V) esférulas vitelinas. (R) roseta. (P) pliegues del clivaje. Fotos: Liliana Rosero L.

por Burns (1963) y *T. urticae* (Koch), *Panonychus ulmi* (Koch) y *Eotetranychus tiliaurum* por Dittrich (1965, 1968), pero aún no para *T. cinnabarinus* (Boisduval).

Aproximadamente a las seis horas, los cuatro blastómeros comienzan a dividirse nuevamente y, poco después, se ubican los ocho blastómeros resultantes en la periferia del huevo (Figura 5G). En un corte transversal, se pue-

den contar seis blastómeros en la periferia rodeando el vitelo que se observa en el centro (Figura 6A). Como en esta división no existe pliegue de clivaje y como los blastómeros se ubican en la periferia, se la califica de superficial (Burns, 1963; Dittrich, 1965 y 1968).

La cuarta división ocurre inmediatamente después y la evidencia de ella, puede apreciarse a las siete horas, por la disminución en el tamaño de cada

uno de los blastómeros que se pueden contar en cantidad mayor de ocho (Figura 5H). Un corte transversal muestra la posición periférica que asumen los blastómeros (Figura 6B).

Las divisiones quinta a décima del clivaje son difíciles de seguir, pues el tamaño de los blastómeros es cada vez más pequeño, al igual que su ubicación superficial no permiten un conteo acertado (Figura 5I). Se calcula que después de la décima división, aproximadamente a las 12 horas después de la postura, se alcanza la etapa de blastodermo, cuando ya no existe espacio entre los 1024 blastómeros, producto de las diez divisiones del clivaje.

Se establece discordancia con Burns (1963) en cuanto a la cantidad de divisiones que se efectúan antes que el blastodermo esté formado, pues él plantea que, para *T. telarius*, son seis y, en el presente estudio, se comprobó que son diez, estando de acuerdo con lo establecido por Dittrich (1968) para *T. urticae*.

Como, a partir de la tercera, todas las divisiones del clivaje hasta la forma-

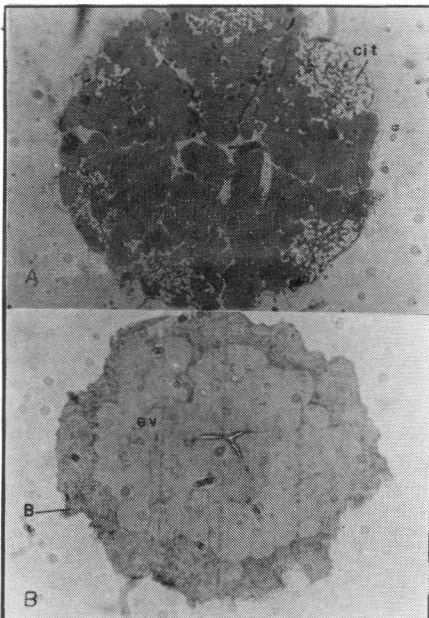


Figura 6. A. Corte transversal del huevo de *T. cinnabarinus* después de la tercera división del clivaje. Se destacan las pirámides de vitelo (ev) en cuyas bases se aprecia el citoplasma (cit). B. Corte transversal del huevo de *T. cinnabarinus* después de la cuarta división del clivaje. Nótese los blastómeros rodeando al vitelo (ev) en el centro.

ción del blastodermo son superficiales y que las dos primeras son de tipo holoblástico, este clivaje se califica de combinación y que Burns (1963) ya había descrito para *T. telarius* y que Dittrich en 1968 reporta como típico entre la familia Tetranychidae.

El blastodermo es una capa unicelular que está bien diferenciada, porque se tiñe más densamente (Figura 7A).

3. Formación de la Banda Germinativa y Metamerización.

Una vez establecido el blastodermo, en una zona de su superficie o región ventral, se empieza a observar un engrosamiento o región más oscura, que corresponde a la banda germinativa, la cual, a las 30 horas, se ha elongado, alcanzando la mitad del perímetro del huevo (Figura 8A).

En un huevo seccionado, se nota que, además de elongarse, se ha engrosado, formando varias capas hacia el interior del vitelo y, a la vez, lo invaden algunas células (Figura 7B). Estas células son denominadas vitelófagas y su función está relacionada con la licuefacción del vitelo (Counce, 1961).

Hacia las 36 horas, la banda germinativa pluriestratificada empieza rápidamente a metamerizarse en un punto extremo de su longitud o extremo anterior. El primer segmento en constituirse es el queliceral, a las 42 horas (Figura 8B). A medida que la metamerización avanza, se forman el segmento pedipalpal y los dos pedales (Figuras 8C y 9). Luego, los dos segmentos pedales se dividen en dos y, a las 60 horas, se observan seis segmentos prosomáticos, los cuales ocupan casi la mitad de la periferia del huevo (Figura 8D).

Por otra parte, hacia las 60 horas, sobre la banda germinativa empiezan a diferenciarse masas granulares (Figura 10). Estas constituirán los ganglios del cerebro. Sólo hasta este momento del desarrollo se pudieron distinguir las tres capas germinativas: el ectodermo, antes blastodermo, constituido por una única capa de células aplanadas que rodea, además a cada uno de los

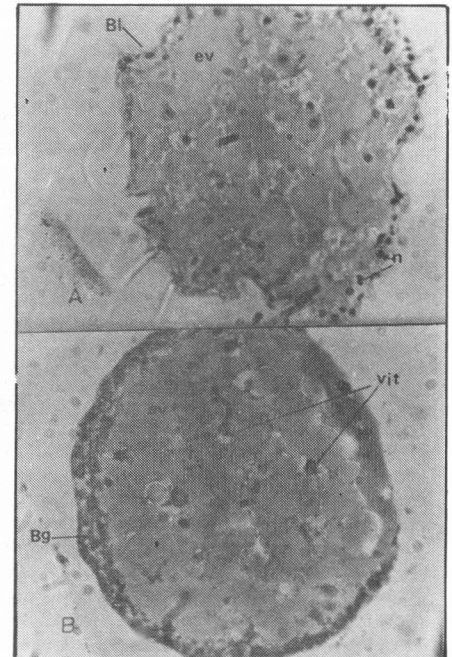


Figura 7. A. Corte transversal del huevo de *T. cinnabarinus* en etapa deblastodermo (B1). (n) núcleos celulares, (ev) esférulas vitelinas. B. Corte transversal de *T. cinnabarinus* al inicio de la formación de la banda germinativa (Bg). Ya se encuentran células vitelófagas (vit) entre el vitelo (ev).

apéndices prosomáticos, el mesodermo, que está distribuido entre la masa ganglionar y el vitelo y, también, hace parte de los apéndices y el endodermo, que, por una parte, corresponde a las células vitelófagas y, por otra, constituye la proliferación posterior, que permanece como tal hasta la formación del intestino. La diferenciación de las capas germinativas debe haber ocurrido antes de la formación de la banda germinativa, como lo anota Aeschlimann (1958).

4. Apéndices

Hacia las 60 horas, los segmentos prosomáticos empiezan a elongarse y a separarse de la banda germinativa y, a las 96 horas, ya se encuentran los apéndices prosomáticos definitivos (Figura 11). En un huevo seccionado de 120 horas, se observan algunos segmentos de los pedipalpos. En posición posterior, se encuentran tres apéndices pedales y el cuarto apéndice pedal se encuentra dentro de la cavidad del cuerpo (Figura 12). Aeschlimann (1958) señala que, durante el retraimiento de la banda germinativa, el

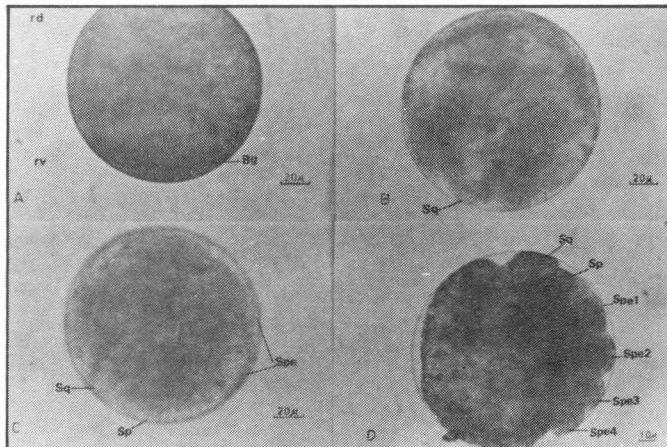


Figura 8. Observaciones microscópicas del huevo completo de *T. cinnabarinus*. A. Inicio de la formación de la banda germinativa (Bg) con diferenciación en región ventral (rv) y región dorsal (rd). B. Inicio de la metamerización de la banda germinativa. Nótese el primer segmento quelicer (Sq). C. Fase de la metamerización donde ya ha ocurrido la formación de los segmentos quelicer (Sq), pedipalpal (Sp) y de dos pedales (Spe) hacia las 48 horas. D. Etapa final de la metamerización donde se observan los seis segmentos prosomáticos definitivos. (Spe 1 a 4) segmentos del primero al cuarto par de patas.

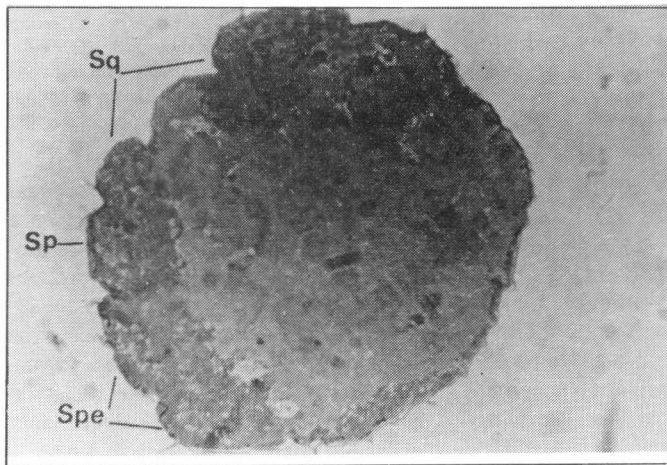


Figura 9. Corte longitudinal de la banda germinativa de *T. cinnabarinus* hacia las 48 horas. Se aprecian los surcos divisorios de los segmentos quelicer (Sq), pedipalpal (SP) y de los segmentos pedales (Spe). Fotos: Liliana Rosero L.

cuarto apéndice es halado hacia el interior del cuerpo, donde permanecerá hasta la primera muda.

5. Sistema Nervioso

Anteriormente se había anotado cómo hacia el interior de la banda germinativa se encontraban las masas granulares que iban a constituir los ganglios del cerebro. En la figura 13, se observa que el sistema nervioso central ya está constituido por el cerebro, en el cual se diferencian dos tipos básicos de tejidos. El externo, que tiñe profundamente, está compuesto de células gan-

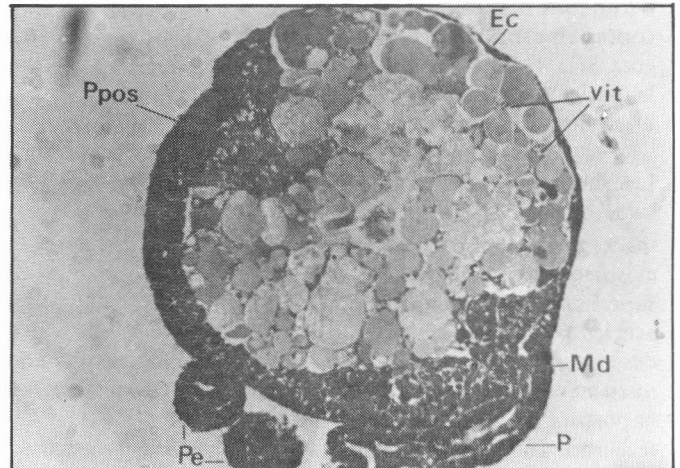


Figura 10. Corte longitudinal del embrión de *T. cinnabarinus* al inicio de la formación del sistema nervioso central. (Ppos) proliferación posterior de células endodérmicas. (Ppos) proliferación posterior de células endodérmicas (P) pedipalpo. (Pe) apéndices pedales. (vit) células vitelógenas. (Ec) ectodermo. (Md) mesodermo en diferenciación.

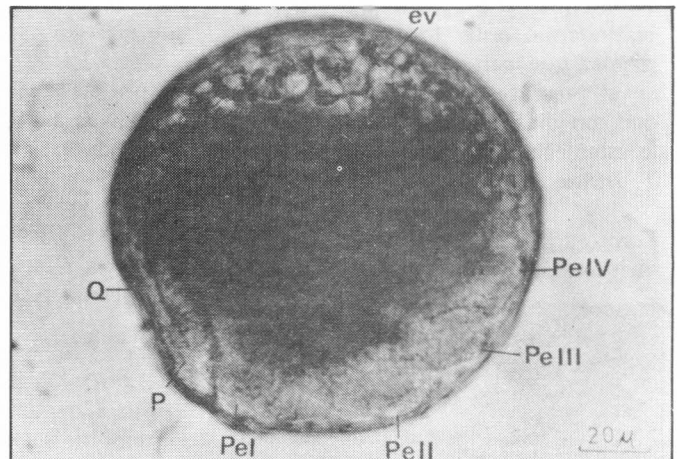


Figura 11. Observación microscópica del embrión de *T. cinnabarinus* durante la formación de los apéndices quelicerales (Q), pedipalpaes (P) y las patas (Pel, PelII, PelIII, PelIV). Nótese que el vitelo (ev) se ha desplazado hacia la región dorsal. Fotos: Liliana Rosero L.

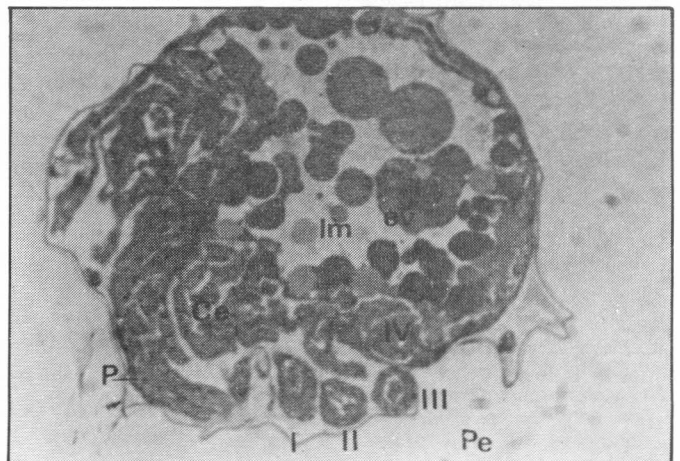


Figura 12. Corte longitudinal del embrión de *T. cinnabarinus* de aproximadamente 120 horas. Nótese la ubicación dentro de la cavidad corporal del cuarto apéndice pedal (PelIV). (Ce) cerebro. (Im) intestino medio. (P) pedipalpo. (ev) vitelo.

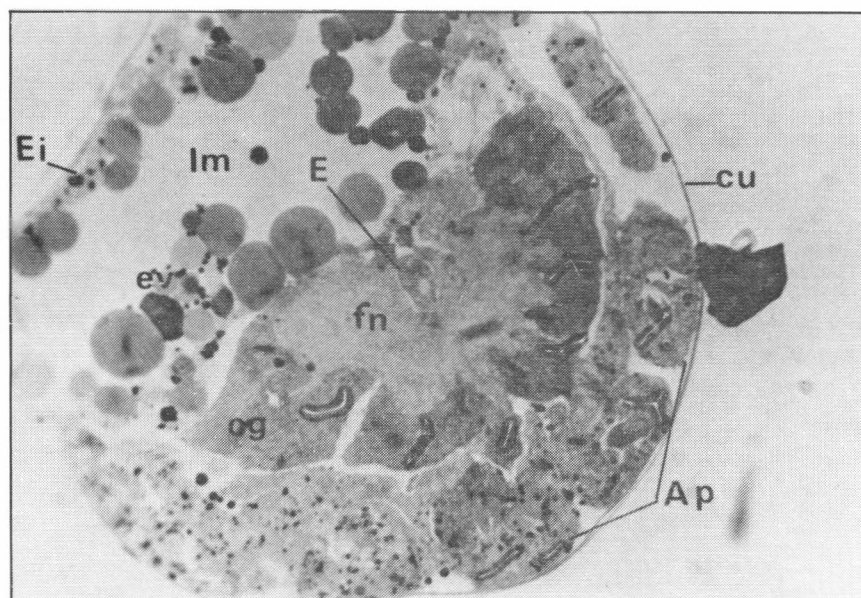


Figura 13. Sección transversal de un embrión de *T. cinnabarinus* de 72 horas. Se observa el cerebro completamente formado con sus células ganglionares (cg) y fibras nerviosas (fn). Se encuentran el intestino medio (Im) y su epitelio intestinal (Ei). (E) esófago, (Ap) apéndices, (ev) vitelo, (Cu) cubierta del huevo. Fotos: Liliana Rosero L.

glionares que rodean las fibras nerviosas entrelazadas en el centro. Es probable que el fenómeno de retraimiento de la banda germinativa contribuya a la formación del sistema nervioso central.

6. Sistema Digestivo y Excretor

En una etapa avanzada del desarrollo embrionario, aproximadamente 120 horas (Figura 14A), el vitelo se encuentra dentro de una gran cavidad limitada por una pared de células grandes con núcleos prominentes. Esta cavidad corresponde al ventrículo o Intestino medio y su formación se atribuye al desarrollo hacia adelante y hacia los lados de la masa endodérmica original, según Aeschlimann (1958) y, por desarrollo únicamente de la parte superior de la proliferación posterior, según Hughes (1950). Estos dos investigadores coinciden con Counce (1961) en que las vitelófagas migran desde el interior del vitelo, para conformar el epitelio del intestino medio.

También, hacia las 120 horas del desarrollo, se distingue una cavidad alargada, cuya ubicación es posterior al intestino medio (Figura 14B). Se trata del intestino posterior, el cual está

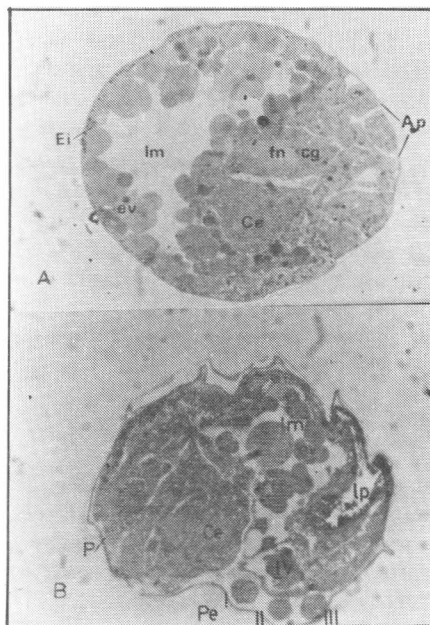


Figura 14. A. Corte transversal del embrión de *T. cinnabarinus* en el cual se observa el sistema nervioso central con el tejido ganglionar (cg) y las fibras nerviosas (fn) hacia el centro del cerebro (Ce). Se encuentran algunos apéndices (Ap), el intestino medio (Im), (Ei) epitelio intestinal, (ev) vitelo. B. Sección longitudinal de un embrión de *T. cinnabarinus* en el cual se distinguen el intestino medio (Im), el intestino posterior (Ip) con su lumen. (PeI, PeII, PeIII) apéndices pedales. (P) pedipalpo, (Ce) cerebro, (ev) esferulas vitelinas.

conformado por dos estratos celulares de origen endodérmico.

En un huevo seccionado de 72 horas, se nota claramente que a través del cerebro pasa un delgado esófago (Figura 13). En el extremo anterior del esófago desemboca la faringe (Figura 15). El origen de estos dos órganos es diverso entre sí. El esófago resulta de la proliferación de la parte anterior del intestino medio y la faringe debe su formación al estomodeo. Durante la formación del cerebro, el esófago dirige su crecimiento hacia adelante, atravesando el cerebro y entrando en contacto con la faringe. El estomodeo, también, da origen a la cavidad bucal (Aeschlimann, 1958).

Otra estructura importante del sistema digestivo y excretor es la válvula esofageal (Figura 16), que se presenta como un fuerte estrechamiento de grandes células de forma triangular hacia el extremo del esófago y que entra en contacto con el intestino medio. Según Blauvelt (1945), su función es impedir el retorno de los fluidos alimenticios.

7. Evolución del Mesodermo

El mesodermo parece originarse entre la proliferación posterior de células endodérmicas y el ectodermo. Pequeñas masas aisladas de células mesodérmicas se extienden a los lados de la superficie ventral, quedando incluidas en la banda germinativa. Durante la metamorfosis de ésta, cada segmento va a tener una parte de estas masas mesodérmicas (Aeschlimann, 1958).

En el embrión casi completamente desarrollado, se pueden distinguir tres grupos de músculos: los grandes y poderosos músculos de la faringe (Figura 15), los de la superficie del cuerpo, más delgados (Figura 17A) y los que articulan cada uno de los apéndices (Figura 17B). Posiblemente, el mesodermo evoluciona simultáneamente con los segmentos de la banda germinativa y, posteriormente, con los apéndices que de ellos resultan, para dar origen a las fibras musculares respectivas. La musculatura corporal y farín-

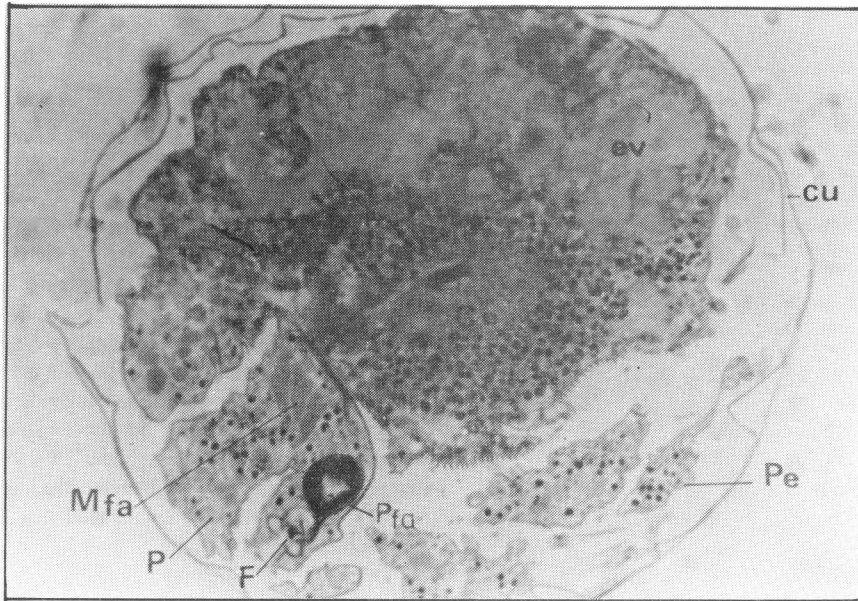


Figura 15. Sección longitudinal de un embrión de *T. cinnabarinus* de 156 horas de desarrollo, en el cual se resalta la faringe (F) con sus músculos faringiales (Mfa) y el plunger faringeal (Pfa). (P) pedipalpo, (Pe) patas, (Ce) cerebro, (cu) cubierta del huevo, (ev) vitelo. Fotos: Liliana Rosero L.

geal evolucionaría del mesodermo localizado en los extremos de la banda germinativa, como lo sugiere Aeschlimann (1958).

8. Formación de Partes Bucales

En un corte hacia la región gnatosomal de una larva prácticamente formada, se

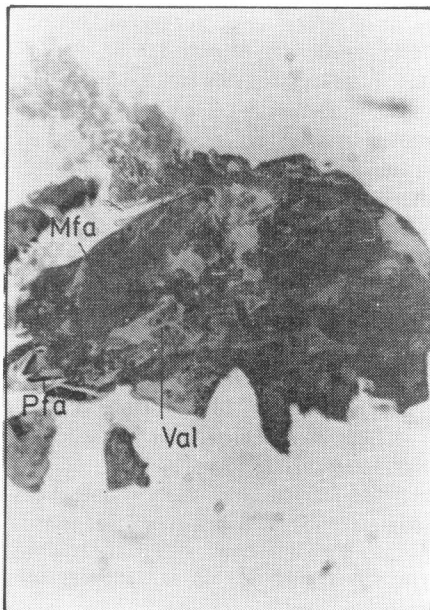


Figura 16. Sección transversal de la larva de *T. cinnabarinus*. Se destaca el plunger de la faringe (Pfa), los músculos faringiales (Mfa) y la válvula esofageal (Val).

pueden distinguir los pedipalpos y, en medio de ellos, las proyecciones de los estiletes (Figura 18A). En un corte hacia la superficie ventral del gnatosoma, se aprecia el rostrum, en el cual se distingue la apertura oral, la faringe y algunos músculos dilatores faringiales (Figura 18B). Al parecer, la formación de las partes bucales tiene lugar durante la diferenciación de los apéndices, por un desplazamiento hacia adelante de los primordios de los dos primeros pares de apéndices (Aeschlimann, 1958).

9. Sistema Respiratorio Embrionario

Hacia las 96 horas del desarrollo, se transluce, a través de la cubierta del huevo, una de las dos ramas laterales y parte de la rama frontal del sistema de ductos (Figura 19A). A un lado de la rama frontal se encuentra uno de los dos órganos de perforación o estigma embrionario. Hacia las 120 horas, los estigmas embrionarios, posiblemente originados dentro del embrión, perforan la cubierta del huevo y establecen contacto con la atmósfera exterior (Figura 19B). La perforación es efectuada por un cono delgado de aproximadamente $5\ \mu$ de longitud y $1,8\ \mu$ de an-

El sistema de ductos y los estigmas embrionarios fueron descritos en detalle

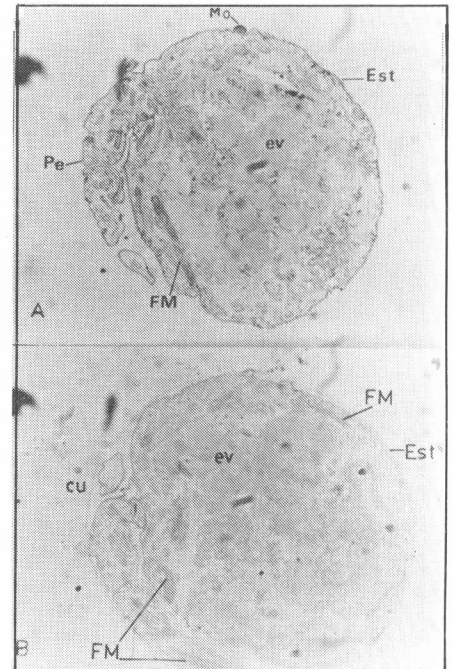


Figura 17. A. Sección longitudinal de un embrión de *T. cinnabarinus* en el cual se distingue un apéndice pedal (Pe), fibras musculares (FM), mancha ocular (Mo), vitelo (ev), estriación del tegumento (Est). B. sección longitudinal de un embrión de *T. cinnabarinus* en el cual se distinguen algunas fibras musculares (FM) de una pata y algunas hacia la pared del cuerpo. Se nota claramente la estriación de la cutícula (Est), (ev) vitelo, (cu) cubierta del huevo. Fotos: Liliana Rosero L.

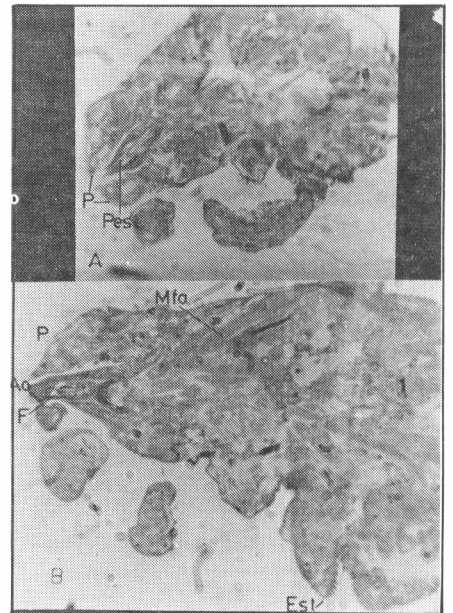


Figura 18. A. corte transversal de la larva de *T. cinnabarinus* en el cual se distinguen pedipalpos (P) y parte de las proyecciones de los estiletes (Pest). B. Sección transversal de la misma larva de A pero hacia la superficie ventral. Se aprecia el rostrum con la apertura oral (Ao), faringe (F), músculos faringiales (Mfa), pedipalpo (P) y estriación del tegumento (Est).

por Dittrich en 1968 y Dittrich y Streibert en 1969, como partes constituyentes del sistema respiratorio embrionario de los huevos de Tetranychidae. Estos ductos se mantienen abiertos con la ayuda de gran cantidad de microcapilares, los cuales se expanden entre la capa externa y la lamela intermedia de la cubierta del huevo (Figura 20B).

10. Exoesqueleto

En el embrión de *T. cinnabarinus*, el tegumento bien diferenciado se observó a las 144 horas y está constituido por una cutícula delgada y una capa de Schmidt (Jeppson, et al, 1975). La cutícula presenta un patrón de estriación definido, con ornamentaciones en forma de lóbulos. Este tipo de estriación concuerda con el reportado por Dupont (1979) para *T. cinnabarinus* (Figura 17A). Otras estructuras que sobresalen del tegumento de la larva en desarrollo son las manchas oculares que están completamente formadas a las 144 horas. Aunque, en un corte transversal, aparece un ojo como una protuberancia en el tegumento del propodosoma (Figura 17A), cada mancha ocular tiene un par de ojos no facetados (Jeppson, et al, 1975).

La diferenciación del ectodermo es difícil de seguir, sin embargo, se sabe que el tegumento y las manchas oculares, como también las setas y el sistema traqueal no observado en el presente estudio, en la mayoría de los artrópodos, son de origen ectodérmico (Chapman, 1976).

11. Eclosión

Cuando el embrión ha completado su organización interna, aproximadamente a las 168 horas, observan ligeros movimientos de las patas de la larva, a través de la cubierta del huevo. Por la presión de estos movimientos, la cubierta se rompe en el plano sagital y la larva eclosiona.

La larva de forma esférica es de tamaño aproximadamente igual al del huevo y posee tres pares de patas. Sobre

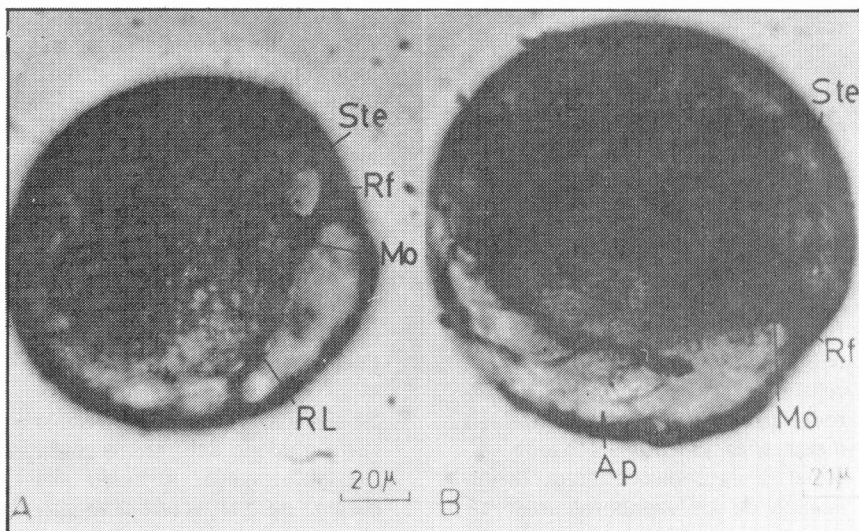


Figura 19. Vistas microscópicas del embrión de *T. cinnabarinus*. En A se evidencia una de las dos ramas laterales (RL) y parte de la rama frontal (Rf) del sistema de ductos del sistema respiratorio embrionario. También se visualiza uno de los dos estigmas embrionarios (Ste) y el esbozo de la mancha ocular (Mo). En B el estigmanembrionario ha perforado la cubierta del huevo. La mancha ocular está más desarrollada, lo mismo que los apéndices (Ap). (ev) vitelo.

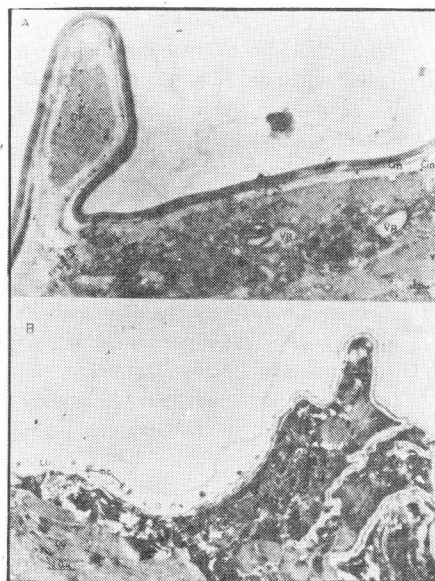


Figura 20. Micrografías electrónicas del embrión de *T. cinnabarinus*. A. Toma que corresponde a un corte longitudinal a nivel del epitelio subcuticular en una zona donde no se observa formación de cutícula. Nótese la figura prominente en la parte izquierda de la foto que corresponde al órgano de perforación (OP) del sistema respiratorio embrionario. Se observan las tres capas de la cubierta del huevo. (Ce) capa externa, (Cm) capa media, (Cin) capa interna. Se aprecian unos núcleos (N) con vesículas del retículo endoplásmico rugoso. (Vi) esférulas vitelinas, (mn) membrana del núcleo. B. La toma corresponde a distintos tejidos embrionarios y la cubierta del huevo, en cuya lamela intermedia son notorios los microcapilares (mc). Se aprecian algunos núcleos (N) y depósitos de tejido graso (DG).

su coloración amarilla resaltan dos manchas oculares rojo bermellón (Figura 21).



Figura 21. Larva de *Tetranych cinnabarinus* (Boisduval), recién eclosionada.

CONCLUSIONES

1. El clivaje del huevo de *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval) es de combinación, pues las dos primeras divisiones son holoblásticas y las siguientes son superficiales. Al final de la décima división se forma el blastodermo.
2. La formación de la banda germinativa es producto de la proliferación celular activa de una zona del blastodermo ó futura región ventral. La metamerización de esta banda germinativa da como resultado la formación de los segmentos prosomáticos, cuyo orden de aparición es: primero el quelicerol, segundo el pedipalpal, tercero y cuarto dos segmentos pedales, que, posteriormente, se dividen para formar los cuatro segmentos pedales definitivos.
3. La formación de las capas germinativas precede poco antes a la formación de la banda germinativa. El endodermo se origina por proliferación celular del blastodermo en un punto extremo de su longitud, donde, una vez diferenciado, permanece así hasta la formación del intestino posterior y medio. El mesodermo, probablemente, tiene su origen en las células que se desprenden entre el endodermo y el blastodermo. Este último pasará a ser el ectodermo una vez formadas las otras dos capas germinativas, éste último pasará a ser el ectodermo.
4. Uno de los eventos que tiene más trascendencia durante el desarrollo embriológico es el retraimiento de la banda germinativa. Por este fenómeno, o sea, la contracción de los tejidos embrionarios tiene lugar la compactación de las masas ganglionares, para conformar el sistema nervioso central. Este fenómeno, también, interviene en el desplazamiento hacia adelante de los apéndices, determinando su ubicación definitiva y la formación de las partes bucales de la larva.

Finalmente, este retraimiento influiría, también, sobre la masa endodérmica (proliferación posterior)

a través de fuerzas físicas, aún no muy bien determinadas, produciendo la delaminación de la masa endodérmica, lo cual da como resultado la formación del sistema digestivo (Intestino posterior, Intestino medio y esófago).

5. Durante el desarrollo embrionario de *T. cinnabarinus*, no se registró ninguna evidencia de la formación del aparato genital.
6. Se pudo comprobar la existencia y conformación del sistema respiratorio embrionario, formado por un sistema de ductos que se mantienen abiertos, gracias a una gran cantidad de microcapilares originados en la capa interna de la cubierta del huevo, que permite el intercambio gaseoso entre el embrión y el medio externo.
7. A $24,31 \pm 2,5^{\circ}\text{C}$ de temperatura y $66,36 \pm 12\%$ de humedad relativa, la duración del período de huevo de *T. cinnabarinus* fue de 168 horas, aproximadamente.

RECOMENDACIONES

1. Empezar nuevos estudios embriológicos de otras especies de ácaros, para, así, corroborar, ampliar y mejorar el conocimiento de la ontogenia, filogenia y taxonomía de la subclase Acari.
2. Realizar dichas investigaciones delimitando previamente etapas de desarrollo de corta duración, para establecer, con mayor precisión, los distintos eventos durante el desarrollo embriológico de los ácaros.

AGRADECIMIENTOS

A la Fundación Instituto Neurológico de Colombia, a la Bióloga y Microscopista Vianney Castañeda M., al investigador Volker Dittrich, al profesor Orlando Rangel y al Centro de Equipos Interfacultades de la Universidad Nacional de Bogotá.

BIBLIOGRAFIA

- AESCHLIMANN, A. 1958. Development embryonnaire d'*Ornithodoros moubata* (Murray) et transmission transovarienne de *Borrelia duttoni*. Act. Trop. Parasitologie. XV. 1: 16-44.
- BALINSKY, B. I. 1983. Introducción a la embriología. 5a. ed. Omega. Ed. Barcelona. 727 pp.
- BEAMENT, J.W.L. 1951. The structure and formation of the egg of fruit tree red spider mite *Metatetranychus ulmi* Koch. Ann. of App. Biol. 38(1): 1-24.
- BLAUVELT, W.E. 1945. The internal morphology of common red spider mite (*Tetranychus telarius* Linn.) Memor. Cornell Univ. Agric. Exp. Sta. Ithaca. NY. 270: 1-35.
- BURNS, R.H. 1963. Early embryology of the two spotted spider mite *Tetranychus telarius* (L.) (Acarina: Tetranychidae). Thesis Ph. D. University of California. Davis. 76 pp.
- CHAPMAN, R.F. 1976. The insect structure and function. 2nd ed. American Elsevier Publis. Co. New York. 819 pp.
- COUNCE, S.J. 1961. The analysis of insect embryogenesis. Ann. Rev. Entomol. 6: 295-312.
- CROOKER, A.R. 1985. Embryonic and juvenile development. In: Spider mites, their biology, natural enemies and control. Vol. 1A. Edited by W. HELLE and M.W. SABELIS. Elsevier Sci. Publis. Amsterdam. pp. 149-163.
- DITTRICH, V. 1965. Embryonic development of tetranychids. Boll. zool. agr. Bachtic. s. II, v. 7. (Atti del 5o. simposio europeo d'Acarologia. Milano. 23-25. IX).
- , 1968. Die embryonalentwicklung von *Tetranychus urticae* Koch in der Auflichtmikroskopie. Zeitsch. angew. Entomol. 61: 142-153.
- , y P. STREIBERT. 1969. The respiratory mechanism of spider mite eggs. Zeits. angew. Entomol. 63: 200-211.
- , 1971. Electron microscopic studies of respiration mechanism of spider mite egg. Ann. Entomol. Soc. Am. 64 (5): 1134-1143.
- DUPONT, L.M. 1979. On gene flow between *Tetranychus urticae* Koch 1836 and *Tetranychus cinnabarinus* Boisduval-Boudreaux, 1956. (Acar: Tetranychidae): synonymy between the two species. Entomol. Exp. et Appl. Amsterdam. 25: 297-303.

- HAYAT, M.A. 1972. Basic electron microscopy Techniques. Van Nostrand Reinhold Co. New York. 119 pp.
- JEPPSON, L.R., BAKER, E.W. y H.H. KEIFER. 1975. Mites injurious to economic plants. University of California Press. 614 pp.
- KRANTZ, G.W. 1978. A manual of Acarology. 2nd. ed. Oregon State University. Book Stores, Inc. Corvallis, Oregon. 509 pp.
- LUNA, D.M. 1985. Evaluación de la distribución de la araña roja carmín (*Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval) en plantas de claves (*Dianthus caryophyllus* L.) y el efecto de tres plaguicidas para su control en la Sabana de Bogotá. Tesis Universidad Nacional. Facultad de Agronomía. Bogotá. 103 pp.
- SANCHEZ, M. y G.E. PARAMO. 1987. Algunos aspectos sobre el control natural y la biología de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) sobre *Rosa* sp. bajo condiciones de laboratorio. Tesis. Biología. Universidad Nacional. Bogotá. 207 pp.
- SEHNAL, F. 1985. Morphology of insect development. Ann. Rev. Entomol. 30: 89-109.
- SUAREZ, J.R. y R. ORTIZ. 1981. Biología, reconocimiento e identificación de la araña roja (*Tetranychus* sp.) en clavel (*Dianthus caryophyllus* L.). Tesis. Universidad Nacional. Facultad de Agronomía. Bogotá. 69 pp.
- TECNICAS DE MICROSCOPIA ELECTRONICA. 1982. Instituto Oswaldo Cruz; Institut Pasteur. Rio de Janeiro. Art. Graf. Fiocruz. 168 pp.