

REVISTA COLOMBIANA DE ENTOMOLOGIA

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

PUBLICACION OFICIAL DE LA SOCIEDAD COLOMBIANA DE ENTOMOLOGIA

Volumen 13

Número 2

Julio-Diciembre de 1987



REVISTA COLOMBIANA DE ENTOMOLOGIA

PUBLICACION OFICIAL DE LA SOCIEDAD
COLOMBIANA DE ENTOMOLOGIA

Volumen 13 Número 2 Julio - Diciembre 1987

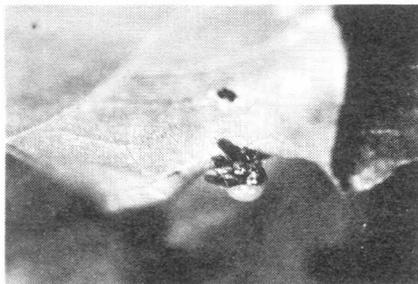
Licencia Mingobierno 002274/81

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: Mudando.

Foto: Alberto Murillo López
(Hoechst Colombiana).

Portada anterior: Mantis rezandera o Ponemesa (Orthoptera: mantidae).
Foto: Argenis Bonilla (Universidad Nacional, Biología).

Edición:

LUIS ARMANDO BERMUDEZ GARCIA

Comité de Publicaciones:

HUGO CALVACHE
DARIO CORREDOR
LIGIA MONCADA

JUNTA DIRECTIVA

Presidente:

GERMAN VALENZUELA VERA

Vicepresidente:

MIGUEL SANTIAGO SERRANO

Tesorero:

HERNAN RAMIREZ ADARVE

Secretaria:

RUBY LONDOÑO URIBE

Revisor Fiscal:

ALFREDO ACOSTA GOMEZ

VOCALES

Principales:

LIGIA INES MONCADA ALVAREZ
LIGIA NUÑEZ BUENO
MARCO F. SUAREZ AGUDELO

Suplentes:

DORA ALBA RODRIGUEZ SIERRA
ALBERTO MURILLO LOPEZ
ARMANDO BELLINI VICTORIA

SOCIEDAD COLOMBIANA DE ENTOMOLOGIA

Apartado Aéreo No. 43672 Bogotá - Colombia.

- ✓ EFECTO DEL ALMACENAMIENTO A BAJAS TEMPERATURAS DE HUEVOS DE *Oxydia trychiata* (GUENEE) SIN PARASITAR Y PARASITADOS POR *Telenomus alsophilae* VIERECK.
Gonzalo A. Mejía M.
Alex E. Bustillo P. **3**
-
- ✓ TABLAS DE VIDA DE *Mononychellus progesivus* DORESTE Y *Tetranychus urticae* (KOCH) (ACARINA: TETRANYCHIDAE) EN YUCA.
Nora Cristina Mesa C.
Anthony Bellotti
Myriam Cristina Duque **11**
-
- ✓ NIVELES DE DAÑO ECONOMICO DE *Antigastra catalaunalis* (Duponchel) EN AJONJOLI.
Gildardo Rodríguez C.
J. Alonso Alvarez R.
Eloína Mesa F.
Ariel Gómez G.
Guillermo Sánchez G. **23**
-
- ✓ CONTROL DE *Erinnyis ello* (L) (Lep: Sphingidae) GUSANO CACHON DE LA YUCA *Manihot esculenta* (Crantz) CON *Baculovirus erinnyis* NGV.
Bernardo Arias V.
Anthony C. Bellotti **28**
-
- ✓ CARACTERIZACION BIOQUIMICA DEL GUSANO BLANCO DE LA PAPA *Premmotrypes vorax* POR MEDIO DE SEPARACION ELECTROFORETICA
Alfora S. González C.
Pedro L. Gómez C. **35**
-

EFEECTO DEL ALMACENAMIENTO A BAJAS TEMPERATURAS DE HUEVOS DE *Oxydia trychiata* (GUENEE) SIN PARASITAR Y PARASITADOS POR *Telenomus alsophilae* VIERECK

Gonzalo A. Mejía M.
y Alex E. Bustillo P.¹

1. RESUMEN

El almacenamiento de huevos no parasitados y parasitados a bajas temperaturas se realiza para interrumpir el desarrollo, bien sea del huésped o del parásito, con el fin de sincronizar labores de crías masivas y/o de liberaciones de parasitoides en el campo.

Los objetivos de esta investigación fueron: 1) Estudiar el efecto del almacenamiento a -6.76°C de huevos de *Oxydia trychiata* (Guenée) sin parasitar, guardados en bolsas plásticas a las cuales se les succionó el aire ("vacío") y en frascos de vidrio tapados herméticamente. Los huevos se mantuvieron bajo congelación durante un número variable de días (15, 30, 45, 60, 80 y 100) antes de exponerlos al parásito *Telenomus alsophilae* Viereck. 2) Estudiar el almacenamiento, bajo condiciones de congelamiento (-6.76°C), de huevos de *O. trychiata* parasitados por *T. alsophilae* en diversas edades de desarrollo del parasitoide (1, 2, 3, 4, 7, 15, 20 y 23 días), los cuales se mantuvieron en bolsas plásticas al vacío durante 15 días. También, en huevos de 23 días de parasitados, se observó el efecto de esta congelación durante 15, 30 y 45 días. 3) Observar el efecto del enfriamiento a 4.15°C de huevos de 23 días de parasitados almacenados en un desecador de cristal (70%HR) durante 15, 30 y 45 días. Todos los experimentos se arreglaron en un di-

seño completamente al azar con cuatro repeticiones. El ensayo de los huevos sin parasitar tuvo un arreglo factorial 2×6 .

El deterioro de algunas posturas sin parasitar, almacenadas a -6.76°C , se manifestó por la contracción del corión, porque algunos huevos presentaron una sustancia grumosa y por el cambio de color de amarillo a pardo, durante y después del congelamiento. Estos daños fueron más frecuentes en las posturas almacenadas en frascos herméticos, especialmente después de los 45 días de congelación. El parasitoide, sólo, se desarrolló en los huevos que conservaron su color natural y consistencia.

Los datos registrados fueron: parasitismo total, parásitos emergidos y no emergidos y aquéllos que murieron en el estado de larva. A excepción de la no emergencia, ($P < 0.01$), entre los tratamientos de los huevos con congelamiento previo a la acción parasítica en los diversos estados en que se dividió el parasitismo se presentaron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$). El parasitismo total varió en 91,85% a los 15 días a 20,22% a los 100 días; para la emergencia, de 74,51% a 16,48% a los 15 y 100 días, respectivamente; para la no emergencia, entre 19,80% para 30 días y 3,74% para 100 días y en los huevos en que el parásito sólo se desarrolló hasta larva de 8,15% (15 días) a 79,78% (100 días). En general, el parasitismo disminuyó a medida que se incrementó el tiempo y los análisis de regresión fueron altamente significativos ($P < 0.01$) y mostraron tendencias lineales para todos los estados de desarrollo del parásito y sólo fue ascendente para los huevos de *O. trychiata* en donde *T. Alsophilae* murió en estado de larva. La

relación sexual de los parasitoides emergidos y no emergidos favoreció siempre las hembras y no fue afectada significativamente por tratamientos.

En cuanto a los huevos de *O. trychiata* parasitados y almacenados en un congelador, se encontró que los estados inmaduros de *T. alsophilae* ensayados son altamente susceptibles al congelamiento (-6.76°C), ya que ningún adulto emergió. Cuando los huevos parasitados de 23 días de desarrollo se sometieron a enfriamiento a 4.15°C , sólo emergieron parasitoides (25,62%) machos en el tratamiento de 15 días (25,62%).

Los resultados de este estudio permiten concluir que es factible someter a congelamiento huevos de *O. trychiata* para someterlos, posteriormente, al parasitismo de *T. alsophilae* y el método de almacenamiento en bostas plásticas es más eficiente y económico. El congelamiento se debería ensayar con otras especies de insectos, para los cuales se requiera establecer crías masivas de parásitos de huevos.

Palabras claves adicionales: Control biológico, parásito de huevos, crías de insectos, congelamiento de huevos, insectos forestales.

2. SUMMARY

EFFECT OF STORING AT LOW TEMPERATURES *Oxydia trychiata* (Guenée) EGGS UNPARASITIZED AND PARASITIZED BY *Telenomus alsophilae* VIERECK

Storing insect eggs at low temperatures for use in rearing egg parasites is done to interrupt the insect development

¹ Respectivamente, Ingeniero Agrónomo Apartado Aéreo 4222 e Ingeniero Agrónomo Ph.D. Estación Experimental "Tulio Ospina", ICA. Apartado Aéreo 51764 Medellín, Colombia. Contribución de la Sección de Entomología del ICA.

and, when parasitized, to stop the parasitoid development. This technique facilitates synchronization of insect rearing and field parasite releases. The objectives of this research were: 1) to study the effect of cold storage (-6.76°C) on unparasitized *Oxydia trychiata* eggs placed in double plastic bags, the air was removed from each bag, and the necks of the bags were twisted and tied. Eggs were also stored in glass containers tightly sealed. Eggs were maintained under freezing during a variable number of days (15, 30, 45, 60, 80 and 100) before being exposed to *Telenomus alsophilae*. 2) to study the effect of cold storage (-6.76°C) on parasitized *O. trychiata* eggs with different development ages of parasitization (1, 2, 3, 4, 7, 15, 20 and 23 days); these eggs were kept in plastic bags during 15 days in a freezer. Also 23-days old immature parasitoids were tested using different freezing times (15, 30 and 45 days). Another experiment was conducted to find out the effect of refrigeration conditions (4.15°C) using 23-days old parasitized eggs stored in a dessicator (70%RH) during 15, 30 and 45 days. All the experiments were set up in a complete randomized design with four replications. The experiment with unparasitized eggs was set up in a factorial array 2 x 6.

The deleterious effect of cold storage (-6.76°C) on the unparasitized eggs was manifested by the shrinking of eggs, granules inside the eggs and the change in color from yellow to brown. These signs were more frequent in eggs stored in glass containers than those stored in plastic bags, specially after 45 days of cold treatment. Parasitoids developed only in eggs that remained normal in appearance.

Data recorded were total parasitism, emerged parasites, unemerged parasites and those that died in the larval stage. With the exception of the unemerged category there were significant differences ($P < 0.01$) among treatments when unparasitized eggs were exposed to cold storage. Total parasitism varied from 91.85% at 15 days to 20.22 at 100 days. The emerged parasites varied from 74.51% to 16.48% for the same days; the unemerged-parasite

category varied from 19.8% at 30 days to 3.74% at 100 days and for those eggs where the parasite died in the larval stage varied from 8.15% at 15 days to 79.78% at 100 days. In general parasitism decreased as storing time increased, a regression analysis showed a linear trend for all the categories. The *T. alsophilae* sex ratio favored females and was not significantly affected by the treatments.

Parasitized eggs of *O. trychiata* were highly susceptible to cold treatment in the freezer (-6.76°C) and in the refrigerator (4.15°C). None emerged from those stored in the freezer but when stored in the refrigerator only a proportion (25.62%) of immature parasites emerged as males in the 15-day cold treatment.

Results of this study indicate that *O. trychiata* eggs can be stored at -6.76°C for long period of time (one to two months) and remain viable for *T. alsophilae* development. The storage method using double plastic bags is more efficient and economic. Cold treatments should be tested against other insect species which need to be used for egg parasite rearings.

Additional index words: Biological control, eggs parasites, insect rearing, egg freezing, forest insects.

3. INTRODUCCION

Oxydia trychiata (Guenée) (Geometridae) es un defoliador de coníferas en Colombia, que causa severos daños en bosques de pino pátula y ciprés. El control de este insecto es bastante difícil, por la limitación en el uso de insecticidas los cuales producen un desequilibrio biológico, riesgos de contaminación, son difíciles de aplicar y, además, son relativamente costosos. Por lo tanto, el manejo de sus poblaciones se enfoca a preservar la fauna benéfica y al uso del control biológico. Actualmente, esta plaga se ha mantenido regulada, en parte, con la introducción y adaptación del parasitoide de huevos *Telenomus alsophilae* Viereck (Scelionidae). La ventaja de estos parasitoides es que destruyen la plaga antes que haga daño.

Estos programas de control biológico requieren el mantenimiento de colonias de parasitoides, con el fin de liberarlos periódicamente en el campo. En Colombia, la cría de *T. alsophilae*, a menudo, se ve limitada por la falta de huevos de su huésped *O. trychiata*. Una forma de remediar esta situación puede ser el almacenamiento a bajas temperaturas de estos huevos, para detener su desarrollo y sincronizar las labores de cría. El enfriamiento puede, además, inducir a que ciertos parasitoides ataquen huéspedes que normalmente no atacan. En algunos casos, es deseable, también, almacenar a bajas temperaturas huevos parasitados con distintas edades de desarrollo.

La detención en el desarrollo de los huevos, mediante enfriamiento, puede, además, ser un método ventajoso en programas de control biológico en que se requiera el envío de huevos parasitados bajo cuarentena y que de aquellos no parasitados no emerja el insecto plaga.

El propósito de este estudio fue el de determinar el efecto de bajas temperaturas sobre huevos de *O. trychiata* sin parasitar y parasitados por *T. alsophilae*, con el fin de hacer más eficiente la cría masiva y el mantenimiento de las colonias de este importante parasitoide. También, comparar dos métodos de almacenamiento de los huevos, usando bolsas plásticas a las cuales se les extrae el aire y frascos de vidrio tapados herméticamente.

4. REVISION DE LITERATURA

El parasitoide de huevos *T. alsophilae* es el factor más importante de control natural, para regular las poblaciones del geometrido *Alsophila pomataria* (Harris), defoliador de bosques moderables en Norteamérica (Furniss y Carolin 1977, Fedde et al. 1973). Este parasitoide es de gran valor en programas de control biológico, ya que se ha demostrado que posee un amplio rango de huéspedes Fedde (1977), en un ensayo de laboratorio, encontró que de 22 especies de lepidópteros, *T. alsophilae* se desarrolló normalmente en huevos de 12 especies de geometridos y en dos de noctuidos.

Telenomus alsophilae se introdujo a Colombia en 1975 para ensayarlo contra *O. trychiata*. El parasitoide se desarrolló en los huevos de este geometrído y se logró criarlo masivamente para liberarlo en una plantación de 230 ha. de pino pátula, en donde controló un brote. (Bustillo y Drooz 1977, 1978; Drooz et al. 1977). Desde esa época, se han mantenido colonias de *T. alsophilae*, siguiendo procedimientos esbozados por Bustillo y Drooz (1979), para liberarlo en las zonas donde se requiere el control de *O. trychiata*. Sin embargo, el suministro continuo de huevos ha sido uno de los mayores limitantes.

En entomología se ha evaluado muy poco el efecto del enfriamiento de insectos huéspedes y, también, de sus parásitos. Los estudios han sido orientados principalmente a aspectos fisiológicos y de diapausa (Andrewartha y Birch 1974; Wigglesworth 1972). Sólo algunos himenópteros, con posibilidades de utilizarlos en programas de control biológico, han recibido alguna atención. Los parásitos de huevos más investigados pertenecen a géneros de las familias Encyrtidae, Scelionidae y Trichogrammatidae.

El almacenamiento a temperaturas inferiores a 0°C se ha hecho para mantener colonias del parásito de huevos *Oocyrtus ennomophagus* Yoshimoto (Encyrtidae) en huevos de *Eutrapela elementaria* (J.E. Smith) (Geometridae), *Lambdina pellucidaria* (Grote y Robinson) (Geometridae) y *Clostera inclusa* (Hubner) (Notodontidae) (Drooz y Solomon 1980, 1984; Drooz y Weems 1982; Drooz 1981). Este encírtido sólo ataca y se desarrolla en huevos no embrionados de su huésped *E. clemataria* (Drooz y Solomon 1980). Sin embargo, aunque *O. ennomophagus* sólo se desarrolla en huevos no embrionados, se encontró que, también, puede desarrollarse en huevos de *E. clemataria* que han iniciado la embriogénesis y al parasitismo (Drooz y Weems 1982). Igualmente, los huevos de *L. pellucidaria* que, en condiciones naturales, no son atacados por *O. ennomophagus*, cuando se los somete a congelamiento (-10°C) son parasitados debido, probablemente, a que ocurre un detenimiento en algún cambio fi-

siológico el cual inicialmente no permitía el desarrollo del parásito (Drooz 1981).

El tiempo de almacenamiento a temperaturas de congelación afecta la viabilidad de los huevos para que se desarrollen los parásitos. Drooz y Solomon (1984) encontraron que huevos de *C. inclusa*, almacenados a -10°C en bolsas dobles de plástico a las cuales se les succionó el aire, permanecieron viables para *O. ennomophagus* hasta 24 meses después de iniciado el tratamiento. Sin embargo, su viabilidad declinó notoriamente con el transcurso del tiempo.

En el interior de congeladores y refrigeradores, la humedad relativa es baja y deshidrata los huevos que allí se almacenan. La dureza del corión y el tamaño de los huevos interviene en este proceso. Landeuer, citado por Drooz y Schreuder (1972) menciona que en la incubación los huevos pequeños pierden de peso más rápidamente en agua que en los huevos grandes, porque estos tienen mayor volumen y relativamente, menor superficie de exposición. Además, el vacío creado dentro de bolsas plásticas evita el contacto del aire seco de refrigeradores y congeladores con el corión de los huevos. Este método se considera sencillo, viable, económico y con cierta seguridad para evitar deshidratación y deformación de huevos de diferentes insectos (Drooz 1981; Drooz y Barham 1985; Drooz y Solomon 1980, 1984; Drooz y Weems 1982)

Otra manera como se protegen los insectos de la desecación provocada por el congelamiento es mediante sustancias contenidas intra y extracelularmente, como el glicerol, que dan resistencia y protección contra el daño causado por las bajas temperaturas (Wigglesworth 1972). Esto podría aprovecharse conjuntamente, al usar recipientes adecuados para conservar, durante la congelación la viabilidad de los huevos utilizados en las crías masivas de parásitos.

El grado de resistencia a bajas temperaturas es característico de cada especie en particular (Andrewartha y Birch 1974); ésto se debe tener presente en

la conservación de huevos para parasitismo. A temperaturas muy bajas se ha logrado preservarlos por mayor tiempo, Gendusco (1978), al buscar la posibilidad de almacenar durante largo tiempo huevos de hemípteros poco prolíficos para reproducir algunas especies del parásito *Gryon* spp. (Scelionidae), logró conservarlos viables hasta por tres años, cuando los almacenó con nitrógeno líquido (-196°C) Gennadiev y Khlistcvsky (1980) lograron con este enfriamiento conservar hasta por cinco años huevos de insectos para la cría de parásitos. Mejía y Vélez (1983b), en la cría de *Gryon* spp. en huevos de *Leptoglossus* sp. (Coreidae), encontraron que el congelamiento a -150°C con nitrógeno líquido deterioró menor número de huevos de la chinche que el realizado a 0°C en frascos herméticos. Sin embargo, el nitrógeno líquido no es fácil de manejar y es costoso y de difícil consecución en la mayoría de los laboratorios (Drooz y Solomon 1984).

Algunos parásitos no se desarrollan en huevos cuyo embrión muere a causa del congelamiento. Egwuatu y Taylor (1977) encontraron que *Gryon gnidus* (Nixon) no parasitó los huevos de *Acanthomia tomentosicollis* (Stal) (Coreidae) muertos por congelación a -4°C, pero en los huevos no congelados se desarrolló el parásito normalmente. Sin embargo, Mejía y Vélez (1983a, 1983b) comprobaron que dos especies de *Gryon* no requerían de embriones vivos para su desarrollo. Ellos almacenaron los huevos de *Leptoglossus* sp. a 0°C durante siete días en un congelador de nevera dentro de frascos herméticos y a -150°C con nitrógeno líquido durante 4 días obteniendo un desarrollo normal de los parásitos.

Otro aspecto para estudiar con los enfriamientos es el almacenamiento a bajas temperaturas de los huevos parasitados. Algunos parásitos de huevos son afectados por los enfriamientos hechos para su conservación. Esto debido a que el desarrollo de los organismos vivos depende de la temperatura, tiempo y condiciones a las que se han mantenido durante su desarrollo (Andrewartha y Birch 1974; Bustillo y Drooz 1979; Drooz y Schreuder 1972;

Herrera 1959; Ruiz y García 1977; Yergan 1980). Aspectos reproductivos, relación de sexos, longevidad, movilidad, eficiencia y deformaciones de adultos son alterados e inducidos por los almacenamientos a bajas temperaturas de huevos parasitados (Andrewartha y Birch 1974; Herrera 1959; Ruiz y García 1977; Saldarriaga y Bustillo 1975). Mejía y Vélez (1983b), al enfriar (5°C) durante cinco días huevos de *Leptoglossus* sp. parasitados por *Gryon* spp., lograron detener el desarrollo del parásito sin afectar la emergencia, relación de sexos y apariencia del parásito. El ciclo de vida continuó su desarrollo normalmente una vez que se expusieron al ambiente.

5. MATERIALES Y METODOS

Los especímenes de *O. trychiata* utilizados en este estudio fueron colectados en estado de pupa en una plantación de pino pátula localizada en La Ceja (Antioquia), en donde se estaba desarrollando un brote de la plaga. Las pupas se llevaron a un insectario de campo (19.3°C, 90% HR) en la Estación Experimental "Tulio Ospina" del ICA, en donde se confinaron en jaulas de marcos de madera con anejo para la emergencia de los adultos. Posteriormente, machos y hembras en igual relación se confinaron en jaulas más pequeñas de 7000 cc para la oviposición. Las masas de huevos seleccionadas para el enfriamiento fueron aquellas compactas y con una sola capa de huevos.

Los adultos de *T. alsophilae* se obtuvieron de una colonia mantenida en Manizales, usando huevos del defoliador del cerezo *Oxydia olivata* (Dognin). El parásito se mantuvo en el laboratorio en frascos de vidrio de 200 cc tapados con una tela, la cual se impregnó con una solución de miel de abejas al 60%. Los huevos de *O. trychiata* y de los parásitos adultos de *T. alsophilae* así obtenidos se utilizaron para los diversos ensayos de enfriamiento, usando huevos sin parasitar y parasitados.

5.1. Congelamiento de Huevos de *O. trychiata* No Parasitados.

La congelación de las masas de huevos

se llevó a cabo en un congelador de nevera (-6.76 ± 1.04°C). Los huevos usados tenían menos de 24 horas de haber sido ovipositados. El almacenamiento se hizo en dos formas: 1) usando bolsas dobles de plástico a las cuales se les succionó el aire oralmente para crear un vacío y cerrando su parte superior con un alambre y 2) utilizando frascos pequeños de vidrio tapados herméticamente.

Las masas de huevos se mantuvieron bajo estas condiciones durante un número variable de días (15, 30, 45, 60, 80 y 100) y, al cabo de estos días, se sacaron al ambiente cuatro masas de huevos de cada método de almacenamiento y se sometieron al parasitismo por *T. alsophilae* permaneciendo el tiempo necesario para obtener que todos fuesen parasitados.

Las posturas se seleccionaron antes del parasitismo y sólo se usaron en el experimento aquéllas que conservaron la apariencia normal dentro de las bolsas y frascos durante el congelamiento.

El ensayo se organizó en un diseño experimental completamente al azar con dos métodos de almacenamiento, seis tratamientos y cuatro repeticiones en un arreglo factorial de 2 x 6. Los datos registrados fueron: número total de huevos por tratamiento, número de parásitos emergidos, número de parásitos no emergidos (parásito desarrollado hasta pupa), número de huevos donde no se desarrolló el parasitoide y la relación de sexos. El sexo de estos insectos se diferencia fácilmente por la morfología de las antenas (Masner 1976).

Los datos sobre parasitismo, en porcentaje del número total de huevos, fueron normalizados para el análisis usando la transformación $\text{Sen}^{-1} \sqrt{n/100}$. Los datos se correlacionaron a través de análisis de regresión. Además, se hicieron observaciones sobre la apariencia externa e interna de los huevos sometidos a congelamiento.

5.2. Congelamiento de Huevos de *O. trychiata* Parasitados y Almacenados en Bolsas Plásticas.

Este ensayo sólo se hizo en bolsas

plásticas dobles al "vacío", usando distintas edades de desarrollo del *T. alsophilae* dentro del huevo (1, 2, 3, 4, 7, 15, 20 y 23 días) antes de someterlos al congelamiento. Una vez transcurridos estos tiempos, los huevos parasitados a condiciones de laboratorio se confinaron en las bolsas de plástico en el congelador (-6.76°C) durante 15 días. Los huevos parasitados con 23 días de desarrollo del *T. alsophilae* fueron los únicos que se evaluaron, almacenándolos durante 15, 30 y 45 días en el congelador.

El diseño experimental utilizado para el ensayo con diversas edades de desarrollo fue completamente al azar, con 8 tratamientos y 4 repeticiones y, también, completamente al azar con tres tratamientos y cuatro repeticiones, para el experimento en que sólo se evaluaron los huevos con 23 días de parasitismo.

5.3. Refrigeración de Huevos de *O. trychiata* Parasitados.

Huevos de *O. trychiata* que llevaban 23 días de haber sido parasitados (próximos a emerger el adulto) fueron sometidos a enfriamiento en una nevera a 4.15 ± 0.72°C durante 15, 30 y 45 días. El almacenamiento de éstos se realizó en un desecador de cristal, con una humedad aproximada del 70% y sin usar recipiente alguno o bolsa para proteger los huevos. El ensayo estuvo conformado con tres tratamientos y cuatro repeticiones, en un diseño completamente al azar.

6. RESULTADOS Y DISCUSION

6.1. Congelamiento de Huevos de *O. trychiata* no Parasitados.

Algunas de las posturas sin parasitar, almacenadas en frascos herméticos y bolsas plásticas al "vacío" presentaron huevos que se contraían durante el congelamiento (-6.76°C), posiblemente, a causa de la infertilidad, debilidad física o consistencia de los coriones. Otras se tornaron total o parcialmente pardas dentro de las bolsas y frascos. Posturas con estos daños no fueron expuestas a los parásitos.

Otras posturas conservaron su color amarillo, pero, al sacarlas al ambiente

para que fueran parasitadas, a las pocas horas de descongelamiento, se tornaron parcialmente o por completo pardas. En todas éstas se observó acción parasítica, pero no se desarrolló el parásito, posiblemente, porque la composición, que normalmente tienen los huevos en el interior, es alterada por el congelamiento, lo cual se manifiesta con el pardeamiento y la presencia dentro de los huevos de una sustancia grumosa diferente a la normal.

La presencia de grumos y pardeamiento se manifestó en los tratamientos con más de 45 días de congelación y en el almacenamiento en frascos herméticos, donde se observó un mayor número no cuantificado de huevos deteriorados. Sólo en los huevos amarillos que conservaron su color natural y consistencia se desarrolló el parasitoide.

Entre las causas que pudieron intervenir en la viabilidad de los huevos pre-congelados para el desarrollo posterior del parasitoide *T. alsophilae* y en la

resistencia de las posturas al congelamiento a través del tiempo y forma de almacenamiento, se podrían considerar el vigor del insecto, la edad, el tipo de alimentación y las condiciones de desarrollo y confinamiento de *O. trychiata*. La diferencia entre y dentro de las posturas con igual tiempo y modo de almacenamiento se manifiesta por los altos coeficientes de variación obtenidos en el experimento en todos los parámetros analizados (Tablas 1 y 2), lo cual demuestra una alta variabilidad biológica.

No se encontraron diferencias significativas entre las dos formas de almacenamiento (Tabla 1). Por lo tanto, los datos para el análisis se agruparon sin tener en cuenta estos dos métodos de almacenamiento (Tabla 2). Esto se debió, probablemente, a la selección de las posturas antes del parasitismo, lo cual fue favorable para el almacenamiento en frascos herméticos, puesto que este método presentó un número mayor de huevos deteriorados durante el congelamiento y, a pesar de ello, se

observó un parasitismo superior en los huevos almacenados en bolsas plásticas (Tabla 1).

El parasitismo total lo constituyó el número de huevos en los cuales se desarrolló el parasitoide, teniendo en cuenta, tanto los que emergieron y como los que murieron en estado inmaduro (pupas). Entre los diversos tratamientos hubo diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) y, en la ecuación de regresión, el coeficiente de correlación resultó negativo y altamente significativo ($r = -0.9853$)** (Tabla 3), lo cual indica que existió una disminución del parasitismo a medida que se incrementó el tiempo de almacenamiento, pues, a los 15 días, el parasitismo total fue de 91.85% y disminuyó hasta 20.22% al cabo de 100 días (Tabla 2).

En relación con la emergencia de adultos de *T. alsophilae*, los datos guardaron similitud con los obtenidos para el parasitismo total, ya que a medida que aumentó el tiempo de almacenamiento

TABLA 1. Número (N), porcentaje (%) y relación de sexos (RS) de huevos de *Oxydia trychiata* parasitados por *Teleonomus alsophilae*. Huevos sometidos a dos tipos de almacenamiento en bolsas plásticas al "vacío" y frascos herméticos en un congelador a -6.76°C durante un número variable de días.

| Días de congelamiento | Forma de almacenamiento | Total de huevos | | Huevos parásito desarrollado | | Huevos parásito no emergido | | | Huevos parásito emergido | | | Total huevos parasitados | |
|---------------------------|-------------------------|-----------------|---|------------------------------|-------|-----------------------------|-------|-------|--------------------------|-------|-------|--------------------------|-------|
| | | N | % | N | % | N | % | RS | N | % | RS | N | % |
| 15 | Bolsas | 597 | | 44 | 7.37 | 131 | 21.94 | 0.596 | 422 | 70.69 | 0.673 | 553 | 92.63 |
| | Frascos | 372 | | 35 | 9.41 | 37 | 9.95 | 0.506 | 300 | 80.65 | 0.649 | 337 | 90.59 |
| 30 | Bolsas | 574 | | 63 | 10.98 | 116 | 20.21 | 0.672 | 395 | 68.82 | 0.732 | 511 | 89.02 |
| | Frascos | 608 | | 127 | 20.89 | 118 | 19.41 | 0.619 | 363 | 59.70 | 0.745 | 481 | 79.11 |
| 45 | Bolsas | 391 | | 108 | 27.62 | 44 | 11.25 | 0.536 | 239 | 61.13 | 0.723 | 283 | 72.38 |
| | Frascos | 474 | | 229 | 48.31 | 48 | 10.13 | 0.516 | 197 | 41.56 | 0.751 | 245 | 51.69 |
| 60 | Bolsas | 361 | | 33 | 9.14 | 23 | 6.37 | 0.280 | 305 | 84.49 | 0.745 | 328 | 98.86 |
| | Frascos | 317 | | 202 | 63.72 | 34 | 10.73 | 0.443 | 81 | 25.55 | 0.556 | 115 | 36.28 |
| 80 | Bolsas | 336 | | 203 | 60.42 | 49 | 14.58 | 0.344 | 84 | 25.00 | 0.857 | 133 | 39.58 |
| | Frascos | 524 | | 272 | 51.91 | 63 | 12.02 | 0.477 | 189 | 36.07 | 0.634 | 252 | 48.09 |
| 100 | Bolsas | 200 | | 139 | 69.50 | 7 | 3.50 | 0.354 | 54 | 27.00 | 0.486 | 61 | 30.50 |
| | Frascos | 255 | | 224 | 87.84 | 10 | 3.92 | 0.313 | 21 | 8.24 | 0.472 | 31 | 12.16 |
| Coeficientes de variación | Bolsas | | | | 61.92 | | 71.02 | 63.35 | | 40.65 | 37.52 | | 36.59 |
| | Frascos | | | | 53.61 | | 58.43 | 57.49 | | 48.73 | 44.96 | | 51.35 |

TABLA 2. Número (N), porcentaje (%) y relación de sexos (RS) de huevos de *Oxydia trychiata* parasitados por *Telenomus alsophilae*. Huevos mantenidos en un congelador a -6.76°C durante un número variable de días. Los datos corresponden al agrupamiento de los tratamientos de bolsas plásticas al "vacío" y de frascos herméticos.

| Días de congelamiento | Total de huevos | | Huevos parásito no desarrollado | | | Huevos parásito no emergido | | | Huevos parásito emergido | | | Total huevos parasitados | |
|---------------------------|-----------------|-----|---------------------------------|-------|-----------|-----------------------------|-------|-----------|--------------------------|-----|-----------|--------------------------|--|
| | N | N | %** | N | %* | RS* | N | %** | RS* | N | %** | | |
| 15 | 969 | 79 | 8.15 a1) | 168 | 17.34 a1) | 0.601 a1) | 722 | 74.51 a1) | 0.662 a1) | 890 | 91.85 a1) | | |
| 30 | 1182 | 190 | 16.07 a | 234 | 19.80 a | 0.594 a | 758 | 64.13 a | 0.739 a | 992 | 83.93 a | | |
| 45 | 865 | 337 | 38.96 ab | 92 | 10.64 a | 0.663 a | 436 | 50.40 ab | 0.736 a | 528 | 61.04 ab | | |
| 60 | 678 | 235 | 34.66 ab | 57 | 8.41 a | 0.509 a | 386 | 56.93 ab | 0.775 a | 443 | 65.34 ab | | |
| 80 | 860 | 475 | 55.23 ab | 112 | 13.02 a | 0.500 a | 273 | 31.75 ab | 0.725 a | 385 | 44.77 ab | | |
| 100 | 455 | 363 | 79.78 b | 17 | 3.74 a | 0.706 a | 75 | 16.48 b | 0.933 a | 92 | 20.22 b | | |
| Coeficientes de variación | | | 57.31 | 65.11 | 60.52 | 45.82 | 41.06 | 43.30 | | | | | |

1) Tratamientos seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes de acuerdo a la prueba de Duncan al nivel del 1% (**) y del 5% (*).

TABLA 3. Parámetros obtenidos mediante un análisis de regresión ($Y = a + bx$) a los diferentes estados en que se dividió el parasitismo del *Telenomus alsophilae* sobre huevos de *Oxydia trychiata*. Análisis hecho a los datos transformados para normalizarlos ($\text{Sen}^{-1} \sqrt{n/100}$).

| Estados | P a r á m e t r o s | | |
|---------------------------------|---------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| | Intercepción (a) | Coefficiente de regresión (b) | Coefficiente de correlación (r) |
| Huevos parásito no desarrollado | 2.012 | 0.670** | 0.985** |
| Huevos parásito no emergido | 26.748 | - 0.180** | - 0.950** |
| Huevos parásito emergido | 72.069 | - 0.546** | - 0.982** |
| Total huevos parasitados | 88.235 | - 0.674** | - 0.985** |

** Significancia estadística al 0.01 de probabilidad.

disminuyó el porcentaje de emergencia de adultos. A los 15 días fue de 74.51% y descendió hasta 16.48% al cabo de los 100 días (Tabla 2). El coeficiente de correlación fue negativo y altamente significativo ($r = -0.9816$)** (Tabla 3).

En cuanto a los parásitos que se desarrollaron, pero que no emergieron de los huevos de *O. trychiata*, el análisis de regresión mostró un coeficiente de correlación negativo y altamente significativo ($r = -0.950$)** (Tabla 3), ya

que, a medida que aumentan los días de congelamiento, disminuye el número de parásitos que logran desarrollarse hasta el estado de pupa.

Respecto a los huevos que fueron atacados por *T. alsophilae* en que el parasitoide sólo se desarrolló hasta el estado de larva, se encontraron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre los tratamientos (Tabla 2). El coeficiente de correlación fue positivo ($r = 0.985$)** (Tabla 3), lo cual demuestra el deterioro de los huevos para

el desarrollo del parasitoide a través del tiempo de congelación. El porcentaje de parásitos que no llegó al estado de pupa varió desde 8.15% para el tratamiento de 15 días de congelamiento hasta 79.78% a los 100 días.

La relación de sexos de parasitoides emergidos (Tabla 2) se obtuvo agrupando todos los individuos emergidos, sin tener en cuenta aquellas unidades experimentales en que no hubo emergencia del *T. alsophilae*. En la Tabla 1, la relación de sexos se calculó prome-

diando las repeticiones de cada tratamiento. Esta información tuvo una gran variación, debido a que en algunas unidades experimentales no hubo emergencia de adultos y, por este motivo, la discusión se basó en los datos de la Tabla 2. Igual tratamiento se dio a los datos de los parásitos no emergidos, ya que hubo posturas en donde *T. alsophilae* no se desarrolló hasta pupa.

En la relación de sexos de *T. alsophilae* emergidos no se encontraron diferencias significativas y, en todos los tratamientos (Tabla 2), la relación de sexos favoreció a las hembras, pues ésta varió desde 0.662 a los 15 días hasta 0.933 a los 100 días. Esto tiene su explicación en que, naturalmente, los himenópteros poseen una proporción sexual superior para hembras. En la relación de sexos de los especímenes que llegaron a pupa, que fue menor, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos y varió de 0.500 para los 80 días hasta 0.706 a los 100 días (Tabla 2).

6.2. Congelamiento de Huevos de *O. trychiata* Parasitados y Almacenados en Bolsas Plásticas.

De un total de 5289 huevos de *O. trychiata* parasitados y con distintas edades de desarrollo del *T. alsophilae* que se sometieron a congelamiento (-6.76°C) durante 15 días, ninguno reasumió su desarrollo al retornarlos al ambiente. Lo mismo sucedió para los huevos en que los parasitoides estaban próximos a emerger (23 días de edad) que permanecieron 15 días (N= 240), 30 días (N= 164) y 45 días (N= 214).

Lo anterior demuestra que las diversas edades de desarrollo ensayadas de *T. alsophilae* no soportan este congelamiento, lo cual, posiblemente, se debe al rompimiento de las membranas celulares por efecto de la congelación del agua contenida intra y extracelularmente en los tejidos de los insectos, o sea, una consecuencia del deterioro de algunos organelos de su células.

Es posible que haciendo uso de otras temperaturas bajo cero y de sustancias crioprotectoras, como el glicerol, se

logre preservar vivos los estados inmaduros de *T. alsophilae* durante el congelamiento a través del tiempo.

6.3. Enfriamiento de Huevos de *O. trychiata* Parasitados.

En las posturas parasitadas por *T. alsophilae* que se almacenaron en desecador en una nevera a 4.15°C, durante 15, 30 y 45 días y que tenían 23 días de desarrollo del parasitoide sólo emergieron adultos las correspondientes al tratamiento de 15 días y en éste (N = 203) resultaron, únicamente, 52 machos (25.62%). En los tratamientos de 30 días (N= 263) y 45 días (N= 345) no se presentó ninguna emergencia de parasitoides. Al realizar las disecciones de huevos en todos estos tratamientos, se encontró que tanto hembras como machos, habían quedado sin emerger. Por lo tanto, se puede deducir que las hembras pueden ser más susceptibles al enfriamiento 4.15°C que los machos, ya que ninguna emergió en el tratamiento de 15 días y que, además, existe una proporción de machos que soporta mejor este enfriamiento.

Posiblemente, otras edades de desarrollo del parasitoide soporten mejor y por más tiempo el enfriamiento a 4°C, sin que lo afecte tan letalmente, lo mismo que a otros parásitos de huevos. Elevando un poco más la temperatura de almacenamiento de huevos parasitados, se podrían lograr mejores resultados en la conservación y emergencia de parásitos de huevos, ya que las fluctuaciones térmicas en los alrededores de 4°C pueden ser letales para muchos organismos poikilotérmicos, como los insectos, por lesionar sus células u organelos, si no están protegidos y/o almacenados correctamente.

CONCLUSIONES

Los resultados de los estudios anteriores permiten concluir que:

Los huevos recién depositados de *O. trychiata* se pueden almacenar bajo condiciones de congelamiento, ya que el embrión del huevo se muere y, por consiguiente, no emergen larvas, lo cual facilita su movilización hacia lugares en cuarentena. El *T. alsophilae* es capaz de parasitar estos huevos,

aunque su eficiencia disminuye a medida que se incrementa el tiempo de congelamiento del huésped.

El almacenamiento de huevos en bolsas plásticas al vacío es más eficiente y económico que en frascos herméticos, por lo cual se recomienda utilizarlo en la práctica.

El almacenamiento de huevos parasitados bajo condiciones de enfriamiento (4.15°C) y congelamiento (-6.76°C) no es recomendable, debido a que casi la totalidad de los estados inmaduros del parasitoide mueren durante el proceso.

Es posible que, con éste u otro huésped y/o parasitoide de huevos, se logre mejor preservación, a igual o distinta temperatura y forma de almacenamiento.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la colaboración de los Drs. Carlos Díaz, Alfredo Saldarriaga y Francisco Posada, por las críticas y correcciones hechas al manuscrito. Al Sr. Gabriel Franco por la ayuda en la recolección de datos y a la Srta. Amantina Osorio por la labor de mecanografía.

7. LITERATURA CITADA

- ANDREWARTHA, H.G.; L.C. BIRCH. 1974. The distribution and abundance of animals. The University of Chicago Press, London, 782 p.
- BUSTILLO, A.E.; A.T. DROOZ. 1979. Método para la cría masiva del parásito de huevos *Telenomus alsophilae*. Seminario plagas forestales. Medellín, Septiembre 6-7, 1979, 149 p.
- , 1978. Control biológico del gusano medidor gigante del ciprés. Plegable de divulgación No. 127. ICA, Regional 4.
- , 1977. Cooperative establishment of a Virginia (USA) strain of *Telenomus alsophilae* on *Oxydia trychiata* in Colombia. J. Econ. Entomol. 70(6): 767-770.
- DROOZ, A.T. 1981. Subfreezing eggs of *Lambdina pellucidaria* (Lepidoptera: Geometridae) alters status as factitious host for *Ooencyrtus ennemophagus* (Hymenoptera: Encyrtidae). Can. Entomol. 113:775-776.

- ; R.W. BARHAM. 1985. *Ooencyrtus ennemophagus* (Hymenoptera: Encyrtidae) development in chilled vs. unchilled unfertilized eggs of *Eutrapela clemataria* (Lepidoptera: Geometridae). USDA. Forest Service. Res. Note SE-334, 2 p.
- ; A.E. BUSTILLO; G.F. FEDDE; V.H. FEDDE. 1977. North American egg parasite successfully controls a different host genus in South America. Science 197 (July): 390-391.
- ; H.T. SCHREUDER. 1972. Elm spanworm: models of eclosion as related to temperature and relative humidity in the laboratory. Environ. Entomol. 1(5): 582-588.
- ; J.D. SOLOMON. 1984. Temporal cold storage of eggs of the poplar tent maker, *Clostera inclusa* prior to use in rearing the egg parasite, *Ooencyrtus ennemophagus*. USDA Forest Service. Res. Note S0-304, 2 p.
- ; J.D. SOLOMON. 1980. Rearing the egg parasite *Ooencyrtus ennemophagus* (Hymenoptera: Encyrtidae) on eggs of *Clostera inclusa* (Lepidoptera: Notodontidae) kept below freezing. Can. Entomol. 112:739-740.
- ; M.L. WEEMS. 1982. Cooling eggs of *Eutrapela clemataria* (Lepidoptera: Geometridae) to -10°C forestalls decline in parasite production with *Ooencyrtus ennemophagus* (Hymenoptera: Encyrtidae). Can. Entomol. 114: 1195-1196.
- EGWUATU, R.I.; T.A. TAYLOR. 1977. Development of *Gryon gnidus* (Hymenoptera: Scelionidae) in eggs of *Acanthomia tomentosicollis* (Hemiptera: Coreidae) killed either by gamma irradiation or by freezing. Bull. Entomol. Res. 67: 31-33.
- FEDDE, G.F. 1977. A laboratory study of egg parasitization capabilities of *Telenomus alsephila*. Environ. Entomol. 6(6): 773-776.
- ; C.L. MORRIS; A.T. DROOZ. 1973. Delayed parasitism of fall cankerworm eggs in Virginia. Environ. Entomol. 6(6):1123-1125.
- FURNISS, R.L.; V.M. CAROLIN. 1977. Western forest insects. U.S. Dep. Agric. For. Serv., Misc. Publ. No. 1339, 654 p.
- GENDUSCO, P. 1978. Cryopreservation of eggs of Heteroptera in liquid nitrogen for rearing of oophagous parasitoids. ATTI XI Italian Natn. Congr. Ent. 365-370 p.
- GENNADIEV, V.G.; E.D. KHLISTOVSKY. 1980. Long-Term cold storage of host eggs for reproduction of egg parasites of pest insects. Zhur. Obschei Biol. 41: 314-319.
- HERRERA, J.M. 1959. Nuevo equipo y técnica para la crianza masiva de avispas del género *Trichogramma*. Rev. Peruana de Entomol. Agric. 2(1): 30-35.
- MASNER, L. 1976. Revisionary notes and keys to world genera of Scelionidae (Hymenoptera—Proctotrupoidea). Mem. Entomol. Soc. Canada No. 97. 87 p.
- MEJIA, G.A.; R. VELEZ. 1983a. Parasitismo y cría masiva de *Gryon spp.* (Hymenoptera: Scelionidae) en huevos de *Leptoglossus sp.* (Hemiptera: Coreidae). Resúmenes X Congreso Socolen, Bogotá, p. 34.
- ; R. VELEZ. 1983b. Parasitismo y cría masiva de *Gryon spp.* (Hymenoptera: Scelionidae) en huevos de *Leptoglossus sp.* (Hemiptera: Coreidae). Seminario en biblioteca Facultad Nacional de Agronomía, Medellín, 66 p.
- RUIZ, D.L.; J.E. GARCIA. 1977. Niveles de parasitismo en posturas de *Diatraea saccharalis* por *Trichogramma spp.* en el cultivo de la caña de azúcar y su relación con algunos factores climáticos. Rev. Col. Entomol. 3(3-4): 71-78.
- SALDARRIAGA, A.; A.E. BUSTILLO. 1975. Del *Trichogramma* se sabe que... y otras observaciones sobre su parasitismo en huevos de *Oxydia sp.* cerca *trychiata* (Guenée) (Lepidoptera: Geometridae). Rev. Col. Entomol. 1(2-3): 39-54.
- WIGGLESWORTH, V.B. 1972. The principles of insect physiology. Chapman and Hall Ltd., London. 7th edition. 827p.
- YERGAN, K.V. 1980. Effects of temperature on developmental rate of *Telenomus podisi* (Hymenoptera: Scelionidae). Ann. Entomol. Soc. Am. 83(3): 339-342.

TABLAS DE VIDA DE *Mononychellus progresivus* DORESTE Y *Tetranychus urticae* (KOCH) (ACARINA: TETRANYCHIDAE) EN YUCA

Nora Cristina Mesa C.*
Anthony Bellotti*
Myriam Cristina Duque*

RESUMEN

En diferentes regiones del mundo, especialmente durante las épocas secas, los ácaros Tetranychidae se consideran plagas importantes de la yuca, *Manihot esculenta* Crantz. *M. progresivus* Doreste tiene preferencias alimenticias por las plantas del género *Manihot*, mientras que *T. urticae* (Koch) es una especie cosmopolita que ataca un gran número de hospedantes vegetales.

Con el objeto de conocer algunos aspectos básicos del ciclo de vida y biología de ambos Tetranychidae, se realizó el presente estudio en condiciones de laboratorio en cabinas controladas a 15, 20, 25 y 30°C y 70 ± 5% de HR y, tomando como base de las observaciones, el tiempo y velocidad de desarrollo, el umbral mínimo de temperatura y el tiempo fisiológico.

En cuanto a la hembra adulta, se procedió a determinar su capacidad reproductiva a 20, 25 y 30°C, así como la longevidad y duración de los períodos reproductivos.

La duración de huevo a adulto, a los 15°, 20°, 25° y 30°C, fue de 41.4, 19.05, 10.26 y 7.82 días para *M. progresivus* y de 29.7, 15.9, 9.05 y 6.56 días para *T. urticae*, respectivamente. Para alcanzar su desarrollo total *M. progresivus* requiere 140 grados-día, mientras que *T. urticae* necesita 123.6 grados-día.

Se construyó la curva de supervivencia para todos los estados y se calcularon algunos parámetros poblacionales como: tasa neta reproductiva (R_0), tiempo generacional y tasa intrínseca de incremento natural (r).

SUMMARY

Tetranychid mites are considered important pests of casava, *Manihot esculenta* Crantz in different regions of the world, especially during the dry season. *M. progresivus* Doreste prefers the genus *Manihot* as food source while *T. urticae* (Koch) is a generalist that attack a number of crops.

The objective in this study was to know some aspects of the biology of the two species such as the developmental time, minimum developmental threshold and physiological time. Experiments were carried out in environmentally controlled chambers at 15, 20, 25 and 30°C and 75 ± 5% R.H.

For adult females, longevity, and reproductive periods duration as well as reproductive capacity was studied at 20, 25 and 30°C. Egg-to-adult developmental time was 41.4, 19.05, 10.26 and 7.82 days for *M. progresivus* and 29.7, 15.9, 9.05, and 6.56 days for *T. urticae* at 15, 20, 25 and 30°C respectively. For total development *M. progresivus* required 140 degree-days while *T. urticae* required 123.6 degree-days. A survivorship curve was constructed for all stages and life table statistics as net reproductive rate (R_0), generation time and intrinsic rate of natural increase were estimate.

1. INTRODUCCION

Los ácaros fitófagos son plagas importantes en diferentes cultivos, entre ellos la yuca, *Manihot esculenta* Crantz. Por poseer un alto potencial reproductivo y un rápido desarrollo, sus poblaciones muestran una apreciable capacidad de incremento y, por consiguiente, sus daños adquieren gran importancia, especialmente en determinados períodos climáticos y en ciertas zonas.

Dichos ácaros, además de poseer tales atributos que les permiten alcanzar altas poblaciones, tienen la capacidad de adquirir, en un tiempo relativamente corto, resistencia a los pesticidas, debido a su sistema genético haplo-diploide que resulta en una rápida eliminación de los machos susceptibles. Presentan, también, una alta tasa de mutación y se distribuyen en el campo en colonias, lo cual reduce el flujo genético entre ellos y dificulta la dilución de los genes resistentes. Lo anterior lo corroboran los estudios de Saito et al. (1983) y Helle & Overmeer (1973), citados por De Moraes (1986).

De acuerdo con Byrne et al. (1983), a nivel mundial, se han registrado sobre yuca cerca de 50 especies de ácaros fitófagos y los complejos de ácaros más frecuentes son los formados por las especies de los géneros *Tetranychus* y *Mononychellus*, así: *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval) y *T. urticae* (Koch) y *Mononychellus tanajoa* (Bondar), *M. caribbeanae* (McGregor) y *M. progresivus* Doreste.

Las especies del género *Tetranychus* tienen un amplio rango de hospedantes y se hallan distribuidas en todo el mundo, mientras que el complejo

* Asociada de Investigación y Entomólogo, respectivamente. Programa de Entomología de Yuca-CIAT. Proyecto Control Biológico de Acaros Fitófagos. Asociada de Investigación. Programa de Biometría-CIAT, Palmira.

Mononychellus tiene una alimentación más restringida, como en plantas del género *Manihot* y otras. Nyiira (1979) indica que, además de *M. esculenta*, dicho género de Tetranychidae se registra en *M. glaxiovii*, *M. dichotoma*, *M. piauhensis*, *M. heptaphylla* y *M. carthagenensis*.

A través de inventarios taxonómicos realizados en Colombia en el cultivo de la yuca, se ha podido comprobar que *T. urticae*, se presenta en el departamento del Valle del Cauca. De acuerdo con Guerrero et al. (1983), la especie se localiza en el envés de las hojas y tiene preferencia por la parte media de la planta y se ubica a los lados de las nervaduras. Al aumentar las poblaciones, se distribuyen en toda la hoja, incluyendo el haz y forman colonias compactas asociadas con gran cantidad de telaraña.

Mononychellus progresivus, conocido comúnmente como "ácaro verde de la yuca", ha sido encontrado en cultivos de yuca de los departamentos del Valle del Cauca, Huila, Tolima, Meta, Guajira, Cesar, Magdalena, Atlántico, Bolívar, Córdoba, Sucre, Santander y Cauca (Figura 1). Según Guerrero et al. (1983), el ácaro prefiere la parte apical de la planta y su daño es notorio en el cogollo, yemas y hojas jóvenes. La especie ha sido registrada, igualmente, en diferentes países de América donde se cultiva yuca, como Venezuela, Ecuador, Perú, Brasil y Paraguay. Nyiira (1972) reporta por primera vez la presencia del "ácaro verde" en regiones yuqueras de Africa, cerca a Kampala (Uganda). En 1971, Yaninek & Herren (1985) presentan la historia detallada de la invasión, dispersión y daño de esta especie en Africa.

Con el fin de conocer algunos parámetros básicos de estas dos especies de Tetranychidae, se desarrolló el presente trabajo de acuerdo con los siguientes objetivos:

1. Determinar el efecto de la temperatura sobre el tiempo y la velocidad de desarrollo de los ácaros Tetranychidae *M. progresivus* y *T. urticae*.
2. Establecer el umbral mínimo de temperatura para cada estado biológico

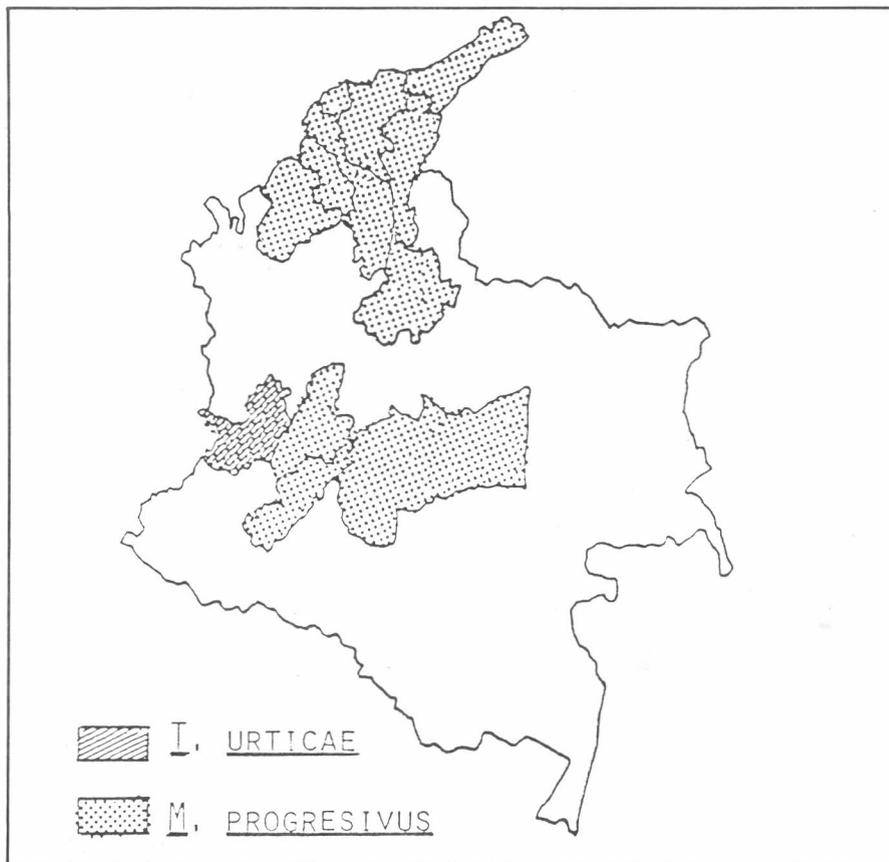


Figura 1. Distribución geográfica de *T. urticae* y *M. progresivus* en cultivos de yuca en Colombia.

gico y la constante térmica (grados-día) requerida para el desarrollo de cada una de dichas especies.

3. Elaborar la tabla de vida de cada una de las especies de Tetranychidae, a tres temperaturas, en función de la tasa intrínseca de incremento natural (R_m) y tasa finita de incremento (λ).
4. Conocer, para ambas especies, el efecto de la temperatura sobre la hembra adulta, en lo referente a su fecundidad, longevidad y duración de los períodos reproductivos.

2. MATERIALES Y METODOS

2.1. Establecimiento de Colonias y Clase de Observaciones

Con el propósito de disponer de crías masivas de las especies *T. urticae* y *M. progresivus* por separado, se utilizaron plantas de yuca de la variedad CMC-40, las cuales se sembraron en pots den-

tro de casas de malla a $30 \pm 5^\circ\text{C}$ y $70 \pm 5\%$ de HR (Figura 2). Las plantas, de ocho semanas de edad y con abundante follaje, se expusieron a hojas infestadas con las citadas especies de Tetranychidae provenientes de lotes experimentales del CIAT.

Los estudios de ciclo de vida y desarrollo se realizaron a cuatro temperaturas constantes (15° , 20° , 25° y 30°C y $70 \pm 5\%$ de HR) y 12 horas de fotoperíodo. Estas observaciones se realizaron en cajas petri de 15 cm de diámetro por 2 cm de alto, dentro de las cuales se colocó una espuma de 1 cm de espesor saturada de agua y sobre ésta, pedazos rectangulares de lóbulos de hojas de yuca. Conviene anotar que con este sistema, que reemplaza el disco de hoja, se observó mayor duración del sustrato vegetal (Figura 3). Para iniciar el estudio, se tomaron de las colonias, hembras grávidas de cada especie, y se colocaron en cada unidad de estudio, retirándolas al cabo de seis horas, asegurándose, para evitar la ma-

nipulación y la transferencia de huevos que, en cada unidad, las hembras hubiesen ovipositado.

Las observaciones se realizaron cada cuatro horas, hasta cuando cada ácaro completó su desarrollo y se registraron el momento de emergencia y muda de cada estado.

Cuando los individuos alcanzaron el estado telioicrísida, se colocó, en cada repetición, un macho para favorecer el proceso de apareamiento.

Los experimentos sobre fecundidad y longevidad de las hembras se realizaron a tres temperaturas constantes (20°, 25° y 30°C y 65 ± 5% de HR). Para ésto, las hembras fecundadas se individualizaron en unidades de cría similares a las usadas para el desarrollo de huevo-adulto, contando diariamente el número de huevos puestos. Con base en ésto, se determinó la duración de los períodos reproductivos y la longevidad de cada individuo.

2.2. Cálculo de la Velocidad de Desarrollo, Umbral Mínimo y Constante Térmica

El cálculo de estos parámetros vitales se hizo de acuerdo a Zalon et al. (1983). Para cada estado biológico se calculó la velocidad de desarrollo (VD) a cada temperatura (T), multiplicando por 100 el inverso del tiempo de desarrollo (Y).

Con la ecuación que ajusta la recta $VD = -b_0 + b_1 T$, se calculó la temperatura a la cual la velocidad de desarrollo sería cero, temperatura conocida como umbral mínimo (UM) y, luego, se procedió de la siguiente manera:

$$0 = -b_0 + b_1 (UM)$$

es decir, $\frac{-b_0}{b_1} = UM$

A partir del conocimiento del umbral mínimo, es posible estimar el valor de la constante térmica o tiempo fisiológico (K), con base en la fórmula propuesta:

$$K = Y (T - UM)$$

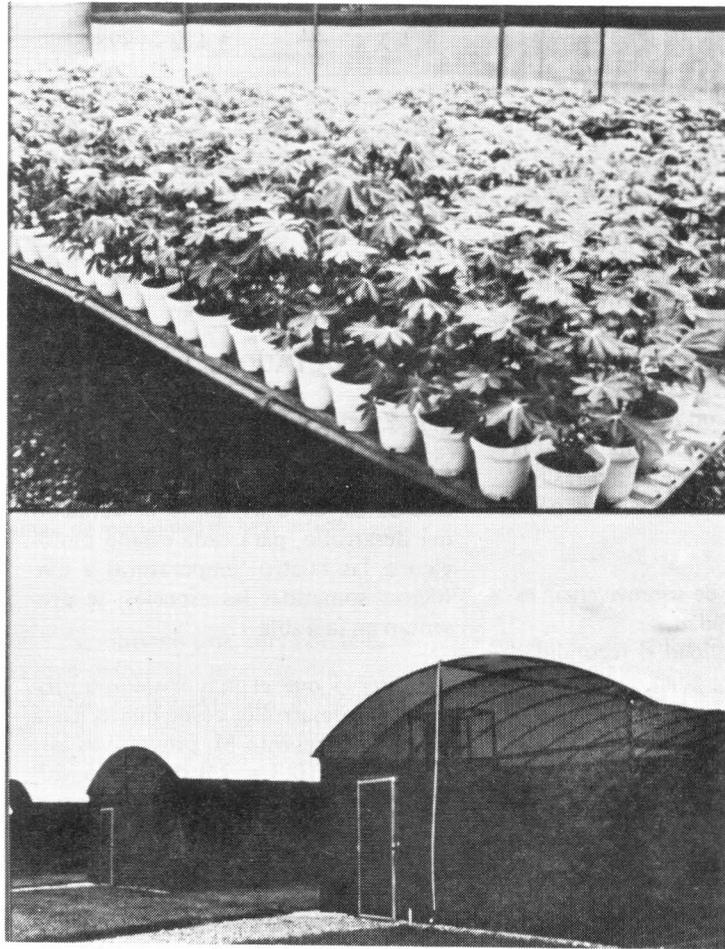


Figura 2. Potes en casa de malla para establecimiento de colonias de *T. urticae* y *M. progresivus*.

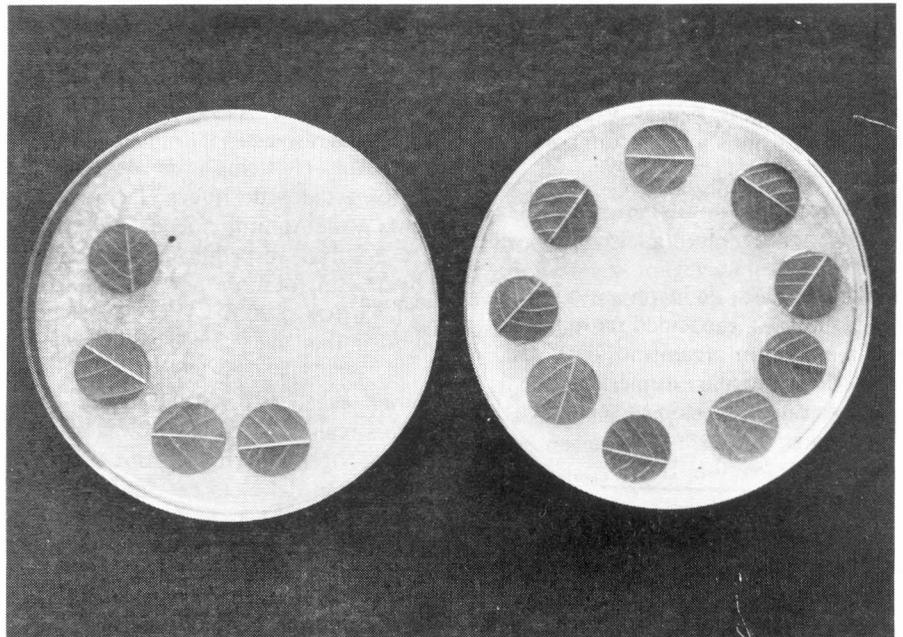


Figura 3. Cajas depetri con lóbulos de hojas de yuca para estudios de ciclos de vida y desarrollo.

Donde: Y = tiempo de desarrollo a la temperatura T .
 T = Temperatura
 UM = Umbral mínimo

2.3. Tablas de Vida

Las tablas de vida fueron construidas de acuerdo con los principios establecidos por Andrewartha y Birch (1954).

Los cálculos para cada edad específica se realizaron a partir de los datos de sobrevivencia y fecundidad. La información se organizó en forma de tabla de vida, teniendo en cuenta, en las respectivas columnas, los siguientes parámetros:

L_x = Probabilidad de sobrevivencia específica por edad.
 M_x = Tasa de natalidad o fecundidad específica por edad.

La sumatoria del producto $L_x M_x$ sobre todos los grupos proporciona el valor de R_0 o tasa reproductiva neta, conocida como tasa de reemplazo. Esta refleja el número promedio de progenie-hembra que es capaz de producir, durante toda la vida, cada hembra de la población, es decir, la capacidad de multiplicación en el lapso de una generación.

El tiempo promedio de generación T es el tiempo que transcurre entre el nacimiento de los padres y el nacimiento de los hijos y se calculó como:

$$T = \frac{\sum L_x M_x X}{\sum L_x M_x}$$

La tasa intrínseca de incremento natural R_m indica la capacidad reproductiva máxima de un organismo, o sea, su poder de aumentar numéricamente. Esta fue calculada con la ecuación:

$$R_m = \frac{L_n (R_0)}{T}$$

Otros parámetros básicos que se estimaron fueron: la tasa finita de incremento (λ), es decir, el número de hembras adicionadas a la población por hebra por día. Se calculó con la ecuación:

$$\lambda = \frac{R_m}{e}, \quad 3 = 2.71828$$

El tiempo de duplicación, es decir, el tiempo necesario para que la población de cada especie estudiada se duplique, se calculó con la fórmula:

$$TD = \frac{L_n^2}{R_m}$$

3. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1. Efecto de la Temperatura sobre el Tiempo de Desarrollo

Los datos, en días, sobre la duración del desarrollo, para cada estado biológico a las cuatro temperaturas a que fueron sometidas las especies, se presentan en la Tabla 1.

Se observó que el mayor tiempo promedio de desarrollo, desde huevo hasta adulto, lo presentó *M. progresivus* así: 41.4, 19.0, 10.3 y 7.8 días a 15, 20, 25 y 30°C, respectivamente, mientras que para *T. urticae* esta duración fue de 29.7, 15.9, 9.0 y 6.7 días, a las mismas temperaturas. Como se puede apreciar, todos los estados de desarrollo, para cualquiera de las dos especies, requieren mayor duración a 15°C, que es la menor temperatura y que este tiempo decrece al aumentar la temperatura (Tabla 2).

Yaseen y Bennet (1977), trabajando con *M. progresivus* en Trinidad, encontraron que el tiempo de desarrollo para los estados de huevo, larva, protoninfa y deutoinfa fue de 3-4, 1-2, 1-2 y 2-3 días, respectivamente, y que su desarrollo total, de huevo a adulto, de 11-13 días, a 26.8 ± 2°C y 82% de HR en la mañana y 55% en la tarde.

Yaninek et al. (s.p.) indican que, en estudios realizados con la misma especie en Nigeria (Africa), obtuvieron una duración del ciclo de vida de huevo a adulto de 21.3, 15.5, 12.3, 7.7 y 6.9 días a 20, 24, 27, 31 y 34°C.

Con respecto a *T. urticae*, se indicó, en términos comparativos, que dicha especie, en otro hospedante (algodón), tuvo un desarrollo de 25.3, 16.5, 15.0, 10.3 y 5.9 días a 15°, 18.3°, 21.1°, 23.8° y 29.4°C, respectivamente (Carey & Bradley, 1982).

23.8° y 29.4°C, respectivamente (Carey & Bradley, 1982).

En general, se puede afirmar, que el tiempo de desarrollo de las especies se afecta en forma inversamente proporcional a la temperatura, lo cual es confirmado con los resultados de los trabajos de otros autores en diferentes regiones.

En cuanto al porcentaje de mortalidad para cada estado y a cada temperatura, se pudo observar que el mayor porcentaje de mortalidad para *M. progresivus* se presentó a 15°C (24%) y que éste decreció a medida que la temperatura se elevó, mientras que para *T. urticae* el mayor porcentaje se apreció a 25°C (10%).

Sabelis (1981) expresa que *T. urticae* criado sobre rosa, en condiciones de Holanda, presenta un porcentaje de mortalidad que permanece constante a un nivel bajo (cerca del 10% de huevo-adulto) en un rango de 15 a 30°C y que, por fuera de éstas temperaturas, el porcentaje de mortalidad se incrementa.

Para todas las temperaturas, en la duración del desarrollo de la hembra y el macho, fue posible observar diferencia significativa ($P = 0.05$). Por ejemplo, que, para las hembras de *M. progresivus*, a 15°, 20°, 25° y 30°C, la duración fue de 41.8, 19.2, 10.4 y 7.9 días, respectivamente y, para la especie *T. urticae*, de 30.3, 16.4, 9.3 y 6.7 días, mientras que, para los machos de *M. progresivus*, tal duración fue de 40.6, 18.5, 9.8 y 7.3 días y para los de *T. urticae*, de 28.6, 14.7, 8.3 y 6.1 días (Figura 4).

Al respecto, Sabelis (1981), en trabajos efectuados en Europa, halló que la duración del ciclo de vida fue de 36.2, 16.6, 10.8, 7.8 y 6.4 días para las hembras y de 31.9, 14.4, 9.3, 6.2 y 5.5 días para los machos, a 15, 20, 25, 30 y 35°C, respectivamente.

Los resultados indican, además, que, en cuanto a la duración del desarrollo total desde huevo hasta adulto entre las dos especies estudiadas, hay diferencia significativa ($P = 0.05$), obser-

TABLA 1. Duración de los estados de desarrollo y porcentaje de mortalidad de *M. progresivus* y *T. urticae* a 15, 20, 25 y 30°C.

| Estados de Desarrollo | <i>M. progresivus</i> | | | | <i>T. urticae</i> | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|-----------------------|---|-----------|---|-------------------|---|-----------|---|-----------|--|-----------|--|-----------|--|----------|--|
| | 15 | | 20 | | 25 | | 30 | | | | | | | | | |
| | \bar{X} | % | \bar{X} | % | \bar{X} | % | \bar{X} | % | | | | | | | | |
| Huevo (1) | 16.5(9.3) | | 9.7(0) | | 4.8(0) | | 3.8(5.0) | | 11.1(2.0) | | 6.9(6.0) | | 3.8(6.0) | | 2.7(2.0) | |
| Larva | 3.9(11.7) | | 1.6(0) | | 1.1(2.1) | | 0.7(0) | | 4.7(3.1) | | 1.9(1.0) | | 1.1(0) | | 0.6(0) | |
| Protocrisálida | 4.6(3.3) | | 1.5(1.0) | | 0.4(0) | | 0.8(0) | | 2.8(0) | | 1.3(1.0) | | 0.9(0) | | 0.8(0) | |
| Protoninfa | 3.6(1.7) | | 1.5(1.0) | | 0.9(0) | | 0.6(0) | | 2.9(1.0) | | 1.7(0) | | 0.6(2.0) | | 0.6(0) | |
| Deutocrisálida | 3.8(0) | | 1.2(0) | | 0.8(3.2) | | 0.6(0) | | 2.3(0) | | 1.1(0) | | 0.7(0) | | 0.5(0) | |
| Deutoninfa | 3.8(0) | | 2.1(0) | | 1.1(0) | | 0.6(1.0) | | 2.7(0) | | 1.5(1.0) | | 0.8(2.0) | | 0.5(0) | |
| Teliocrisálida | 5.1(0) | | 1.4(0) | | 1.0(0) | | 0.7(0) | | 2.9(0) | | 1.4(0) | | 1.0(0) | | 0.6(0) | |
| Desarrollo Total | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Huevo-Adulto | 41.4(24.0) | | 19.5(2.0) | | 10.3(5.3) | | 7.8(6.0) | | 29.7(8.1) | | 15.9(9.0) | | 9.0(10.0) | | 6.6(2.0) | |

El número entre paréntesis corresponde al porcentaje de mortalidad de cada estado.

(1) Porcentaje de no eclosión.

vándose, para *M. progresivus*, duración mayor a cualquiera de las temperaturas (Tabla 3 y Figura 4).

La relación entre el tiempo de desarrollo (desde huevo hasta adulto) y la temperatura se expresa gráficamente, para *M. progresivus* en las figuras 5 y 7 y, para *T. urticae*, en las 6 y 7. En ellas, la temperatura se presenta en el eje X y el desarrollo, en el eje Y y, en todos los casos, resulta una curva de tendencia exponencial en forma de J invertida. En las Tablas 4 y 5, se presentan, para cada estado y especie, los datos transformados de tiempo de desarrollo.

3.2. Velocidad de Desarrollo

Para las especies estudiadas y para cada estadio, el porcentaje de desarrollo por día a cada temperatura se presenta en la Tabla 4, para *M. progresivus* y, en la Tabla 5, para *T. urticae*.

Al respecto, se observa que este parámetro depende de la temperatura, pues, para *M. progresivus* se incrementa desde 2.2 a 15°C hasta 12.9 a 30°C y, para *T. urticae*, de 2.9 a 15°C, a 15.1 a 30°C, es decir, se presenta una relación directamente proporcional entre velocidad de desarrollo y temperatura.

Al representar gráficamente esta relación, colocando la temperatura en el eje X y la velocidad de desarrollo en el

eje Y, se obtiene una curva de tendencia sigmoidea, que muestra que, a medida que la temperatura aumenta, la velocidad de desarrollo es directamente proporcional a ésta (Figuras 5, 6 y 7).

Se puede apreciar que el estado de huevo de las dos especies presenta el mayor tiempo de desarrollo a las diferentes temperaturas y muestra los valores más bajos de velocidad de desarrollo (Tablas 4 y 5).

3.3. Umbral Mínimo de Temperatura

En cuanto al límite térmico por debajo del cual un organismo suspende su desarrollo, en las Tablas 4 y 5 se presentan los valores obtenidos para cada estadio.

Se puede observar que este valor fluctuó entre 10.8°C (protocrisálida) y 13.8°C (deutoninfa) para *M. progresivus* y entre 7.6°C (protocrisálida) y 13.7°C (larva) para *T. urticae*, comprobándose que la deutoninfa de *M. progresivus* y la larva de *T. urticae* necesitan mayor de calor para completar su desarrollo.

Al respecto, Herbert (1981) encontró que el umbral mínimo de *T. urticae*, criado en hojas de manzano, varió desde 9.14°C a 10.96°C y de 8.51 a 11.22°C para estados activos y quiescentes de la hembra y el macho, respectivamente.

Yaninek et al. (s.p.) estimaron que el umbral mínimo de temperatura de *M. progresivus* fue de 14.4°C, asumiendo un modelo lineal para el desarrollo.

3.4. Tiempo Fisiológico o Constante Térmica

Los grandos-día (°D) acumulados que requirió cada estado biológico para completar su desarrollo se presentan en las Tablas 4 y 5 para cada especie. Los resultados para el estado de huevo, evidencian que dicho valor fue de 70°D en *M. progresivus* y de 52.3°D en *T. urticae*.

3.5. Duración de los Períodos Reproductivos

La duración, en días, de los períodos de preoviposición, oviposición, postoviposición y longevidad de las hembras de ambas especies se presentan en la Figura 8.

En cuanto a la duración del período de preoviposición, se observó entre las dos especies a las distintas temperaturas señaladas, una diferencia apreciable (Figura 8). En todos los casos, *M. progresivus* presentó mayor duración para este período. Carey & Bradley (1982) indican que la duración de este período para *T. urticae*, criado sobre plantas de algodón, fue de 1.08 y 0.71 días a 23.8 y 29.4°C, respectivamente. Los trabajos de Sabelis (1981) en Ho-

TABLA 2. Efecto de la temperatura sobre el tiempo de desarrollo de *M. progresivus* y *T. urticae*.

| Temperatura | Huevo | Larva | Proto crisalida | Proto ninfa | Deuto crisalida | Deuto ninfa | Teljo crisalida | Desarrollo Total Huevo-Adulto |
|-------------|--------|-------|-----------------|-------------|-----------------|-------------|-----------------|-------------------------------|
| 15 | 13.2 A | 4.4 A | 3.6 A | 3.2 A | 2.9 A | 3.2 A | 3.8 A | 34.2 A (822.04) |
| 20 | 8.3 B | 1.8 B | 1.4 B | 1.6 B | 1.2 B | 1.8 B | 1.4 B | 17.53 B (420.81) |
| 25 | 4.3 C | 1.1 C | 0.7 D | 0.8 C | 0.7 C | 0.9 C | 1.0 C | 9.7 C (231.71) |
| 30 | 3.2 D | 0.7 D | 0.8 C | 0.6 D | 0.6 D | 0.6 D | 0.7 D | 7.17 D (172.22) |

(P= 0.05)

TABLA 3. Duración de los estados de desarrollo de *M. progresivus* y *T. urticae* a cuatro temperaturas.

| Especies | Huevo | Larva | Proto crisalida | Proto ninfa | Deuto crisalida | Deuto ninfa | Teljo crisalida | Desarrollo Total Huevo-Adulto |
|-----------------------|-------|-------|-----------------|-------------|-----------------|-------------|-----------------|-------------------------------|
| <i>M. progresivus</i> | 8.0 A | 1.7 B | 1.6 A | 1.5 A | 1.4 A | 1.6 A | 1.7 | 17.48 A (419.57) |
| <i>T. urticae</i> | 6.1 B | 2.0 A | 1.4 B | 1.5 A | 1.2 B | 1.4 B | 1.4 B | 15.02 B (360.52) |

(P= 0.05)

landa, sobre ácaros de rosas, señalan que la preoviposición tiene una duración de 3.49, 1.70, 0.89 y 60.61 días, a 15°, 20°, 25° y 30°C, respectivamente.

Nyíira (1979) encontró que *M. progresivus* empleó, en este período, de 1 a 3 días, a 22.9 ± 3.6°C.

M. progresivus presentó, en el período de oviposición, mayor duración a las temperaturas más altas, mientras que *T. urticae*, a las temperaturas más elevadas, el lapso de oviposición fue menor (Figura 8). De acuerdo con los estudios de Sabelis (1981), este tiempo fue de 39.3, 26.5, 21.8 y 11.6 días a 15, 20, 25 y 30°C, respectivamente. Yaseen & Bennett (1977) encontraron que las hembras de dicha especie ovipositaron durante un período de 8 a 14 días.

Referente al período de postoviposición se observó que la mayor duración de éste ocurre a la más baja temperatura, es decir, a 20°C en ambas especies (Figura 8).

3.6. Longevidad de Hembras

La Figura 9 ilustra la duración total, en días de las hembras. Los datos indican que ésta adquiere un mayor valor (27.4 días) a la temperatura de 20°C, para *T. urticae* y lo mismo ocurre, pero a 25°C, para *M. progresivus*.

Care y Bradley (1982) probaron en sus estudios que la longevidad de *T. urticae* fue de 14.71 y 9.71 días a 23.8° y 29.4°C, respectivamente. Yaninek et al. (s.p.) expresan que individuos de *M. progresivus* sobrevivieron un promedio de 11.6 días, de los cuales 1 día corresponde al período de preoviposición y 9.8 al período de oviposición y la longevidad total fue de 24.4 días.

3.7. Fecundidad

Los resultados sobre fecundidad promedio total y promedio diario de huevos producidos hembra, a tres de las temperaturas estudiadas se presenta en la Figura 10. Al comparar la fecundidad de las dos especies de Tetranychidae, se observa gran diferencia. En todos los casos, *T. urticae* presenta la mayor producción de huevos. Además, a las más altas temperaturas (25° y 30°C), se obtienen los promedios más altos. Carey y Bradley (1982), expresaron que *T. urticae*, criada sobre algodónero, presentó un promedio diario de 8 a 10 huevos por hembra y un promedio total de 103.3 y 64.3 huevos a 23.8° y 29.4°C, respectivamente.

Según Yaninek et al. (s.p.), la fecundidad de *M. progresivus* en yuca, en todas las temperaturas, tuvo una tendencia general, desde un rápido incremento hasta una producción máxima de huevos, seguida por una brusca

caída. Según tales autores, la mayor fecundidad se presentó después de los 3 a 5 días, con un promedio de huevos por hembra por día, de 1.0, 2.5, 4.0, 4.5 y 2.0 huevos a 20°, 24°, 27°, 31° y 34°C, respectivamente.

3.8. Tablas de Vida

Los parámetros estimados de las tablas de vida se muestran en la Tabla 6. Para las dos especies fitófagas la estimación de estos parámetros se efectuó a 20°, 25° y 30°C.

Para *T. urticae*, la tasa intrínseca de incremento natural R_m se vio afectada por la temperatura, aumentando desde 0.124 hasta 0.268 a 20 y 30°C, respectivamente, y desde 0.112 a 20°C hasta 0.231 a 30°C, para *M. progresivus*.

Yaninek et al. (s.p.) hallaron que el R_m de *M. progresivus* se elevó desde 0.196 a 20°C a 0.281 a 31°C, descendiendo a 0.119 a 34°C, mientras que Carey y Bradley (1982), encontraron que, para *T. urticae*, el R_m tuvo valores de 0.219 a 23.8°C y 0.293 a 29.4°C.

La tasa finita de incremento-lambda (λ), es decir, el número de hembras adicionadas a la población-por día, presentó valores fluctuantes entre 1.10 a 1.30 y desde 1.10 a 1.30 a 20° y

TABLA 4. Efecto de la temperatura sobre el desarrollo de *M. progresivus*.

| Temperatura (°C) | Tiempo de desarrollo (días) | Velocidad de desarrollo | Umbral mínimo (°C) | Tiempo fisiológico (°D) |
|------------------|-----------------------------|-------------------------|--------------------|-------------------------|
| HUEVO | | | | |
| 15 | 19.4 | 5.14 | 11.4 | 70.0 |
| 20 | 8.1 | 12.3 | | |
| 25 | 5.1 | 19.4 | | |
| 30 | 3.8 | 26.7 | | |
| LARVA | | | | |
| 15 | 3.9 | 25.4 | 11.3 | 14.6 |
| 20 | 1.7 | 59.9 | | |
| 25 | 1.1 | 94.3 | | |
| 30 | 0.8 | 128.2 | | |
| PROTOCRISALIDA | | | | |
| 15 | 2.7 | 37.7 | 10.8 | 11.0 |
| 20 | 1.2 | 83.3 | | |
| 25 | 0.8 | 128.2 | | |
| 30 | 0.6 | 175.4 | | |
| PROTONINFA | | | | |
| 15 | 4.2 | 23.6 | 12.4 | 11.0 |
| 20 | 1.4 | 69.4 | | |
| 25 | 0.9 | 114.9 | | |
| 30 | 0.6 | 161.3 | | |
| DEUTOCRISALIDA | | | | |
| 15 | 3.5 | 28.6 | 11.9 | 10.7 |
| 20 | 1.3 | 75.7 | | |
| 25 | 0.8 | 123.4 | | |
| 30 | 0.6 | 172.4 | | |
| DEUTONINFA | | | | |
| 15 | 8.4 | 11.9 | 13.8 | 10.0 |
| 20 | 1.6 | 75.8 | | |
| 25 | 0.9 | 111.6 | | |
| 30 | 0.6 | 163.9 | | |
| TELIOCRISALIDA | | | | |
| 15 | 4.3 | 23.0 | 12.1 | 12.5 |
| 20 | 1.6 | 63.1 | | |
| 25 | 1.0 | 103.0 | | |
| 30 | 0.7 | 144.9 | | |
| DESARROLLO TOTAL | | | | |
| 15 | 45.3 | 2.2 | 11.9 | 140.4 |
| 20 | 17.3 | 5.8 | | |
| 25 | 10.7 | 9.3 | | |
| 30 | 7.8 | 12.9 | | |

30°C para *T. urticae* y *M. progresivus*, respectivamente.

Con referencia a la tasa reproductiva neta R_0 , para las dos especies de Tetranychidae, se observó que este parámetro se incrementa a medida que se aumenta la temperatura, pero que la mayor progenie se presenta a 30°C, que en el caso de *M. progresivus* fue de 37,9 y de 38.7 para la especie *T. urticae*.

Yaninek et al. (s.p.) expresan que *M. progresivus*, para este parámetro, muestra valores de 44.4 y 43.2 a 24° y 27°C, respectivamente.

Yaninek et al. (s.p.), al estudiar este factor, mostraron que el tiempo de generación se incrementó notablemente desde 9.9 días a 34°C a 28.1 días a 20°C. Este mismo parámetro, calculado sobre la base de grados-día, presentó un promedio cerca de 211 grados-día entre 24 y 27°C, mientras que, a las dos temperaturas extremas, el tiempo de generación fue considerablemente más corto, es decir 157 y 194 grados-día a 20° y 34°C, respectivamente.

Según los mismos autores, R_0 y R_m se relacionaron positivamente con la

temperatura hasta 31°C, pero, por encima de este nivel, estos valores declinaron, sugiriendo un umbral máximo para el crecimiento de la población.

Herbert (1981) calculó los parámetros de la tabla de vida de *T. urticae* en plantas de manzano a 15°, 18° y 21°C y pudo verificar que R_m , λ , R_0 presentan valores menores a temperaturas bajas, los cuales se incrementan a medida que aumenta este factor, mientras que el tiempo generacional y el tiempo de duplicación decrecen con el incremento de la temperatura.

TABLA 5. Efecto de la temperatura sobre el desarrollo de *T. urticae*.

| Temperatura (°C) | Tiempo de desarrollo (días) | Velocidad de desarrollo | Umbral mínimo (°C) | Tiempo fisiológico (°D) |
|------------------|-----------------------------|-------------------------|--------------------|-------------------------|
| HUEVO | | | | |
| 15 | 19.4 | 5.14 | 11.4 | 70.0 |
| 20 | 8.1 | 12.3 | | |
| 25 | 5.1 | 19.4 | | |
| 30 | 3.8 | 26.7 | | |
| LARVA | | | | |
| 15 | 3.9 | 25.4 | 11.3 | 14.6 |
| 20 | 1.7 | 59.9 | | |
| 25 | 1.1 | 94.3 | | |
| 30 | 0.8 | 128.2 | | |
| PROTOCRISALIDA | | | | |
| 15 | 2.7 | 37.7 | 10.8 | 11.0 |
| 20 | 1.2 | 83.3 | | |
| 25 | 0.8 | 128.2 | | |
| 30 | 0.6 | 175.4 | | |
| PROTONINFA | | | | |
| 15 | 4.2 | 23.6 | 12.4 | 11.0 |
| 20 | 1.4 | 69.4 | | |
| 25 | 0.9 | 114.9 | | |
| 30 | 0.6 | 161.3 | | |
| DEUTOCRISALIDA | | | | |
| 15 | 3.5 | 28.6 | 11.9 | 10.7 |
| 20 | 1.3 | 75.7 | | |
| 25 | 0.8 | 123.4 | | |
| 30 | 0.6 | 172.4 | | |
| DEUTONINFA | | | | |
| 15 | 8.4 | 11.9 | 13.8 | 10.0 |
| 20 | 1.6 | 75.8 | | |
| 25 | 0.9 | 111.6 | | |
| 30 | 0.6 | 163.9 | | |
| TELIOCRISALIDA | | | | |
| 15 | 4.3 | 23.0 | 12.1 | 12.5 |
| 20 | 1.6 | 63.1 | | |
| 25 | 1.0 | 103.0 | | |
| 30 | 0.7 | 144.9 | | |
| DESARROLLO TOTAL | | | | |
| 15 | 45.3 | 2.2 | 11.9 | 140.4 |
| 20 | 17.3 | 5.8 | | |
| 25 | 10.7 | 9.3 | | |
| 30 | 7.8 | 12.9 | | |

TABLA 6. Efecto de la temperatura sobre los parámetros de la tabla de vida de *T. urticae* y *M. progresivus*.

| Temperatura | R_o | T | R_M | λ | Días Dupl. |
|----------------------------------|-------|------|-------|-----------|------------|
| Tetranychus urticae | | | | | |
| 20 | 27.1 | 26.5 | 0.124 | 1.1 | 5.6 |
| 25 | 34.5 | 15.2 | 0.234 | 1.3 | 3.0 |
| 30 | 38.7 | 13.6 | 0.268 | 1.3 | 2.6 |
| Mononychellus progresivus | | | | | |
| 20 | 23.6 | 28.1 | 0.112 | 1.1 | 6.2 |
| 25 | 36.5 | 19.1 | 0.187 | 1.2 | 3.7 |
| 30 | 37.9 | 15.7 | 0.231 | 1.3 | 3.0 |

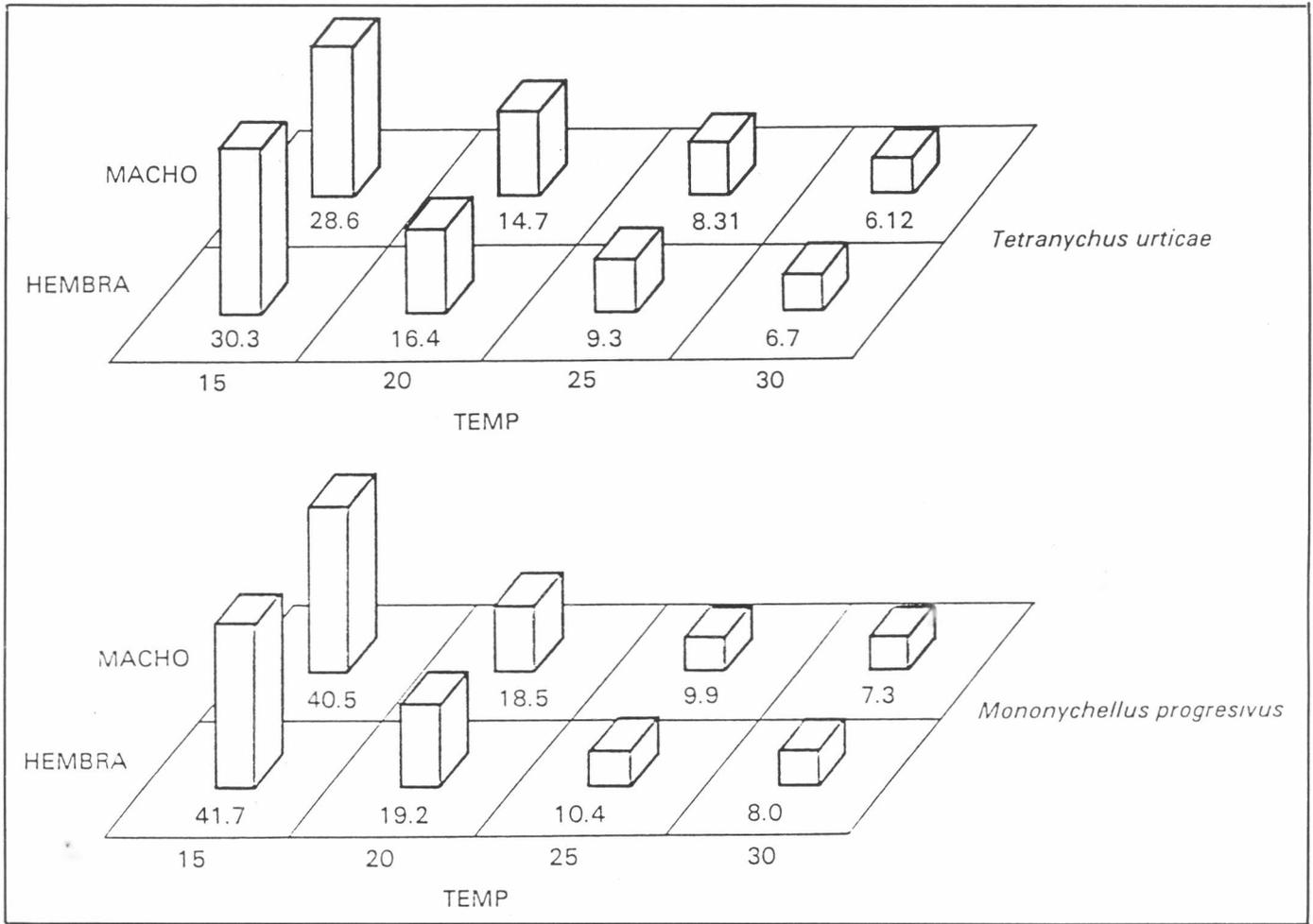


Figura 4. Efecto de la temperatura sobre el desarrollo de huevo a adulto de *T. urticae* y *M. progresivus*.

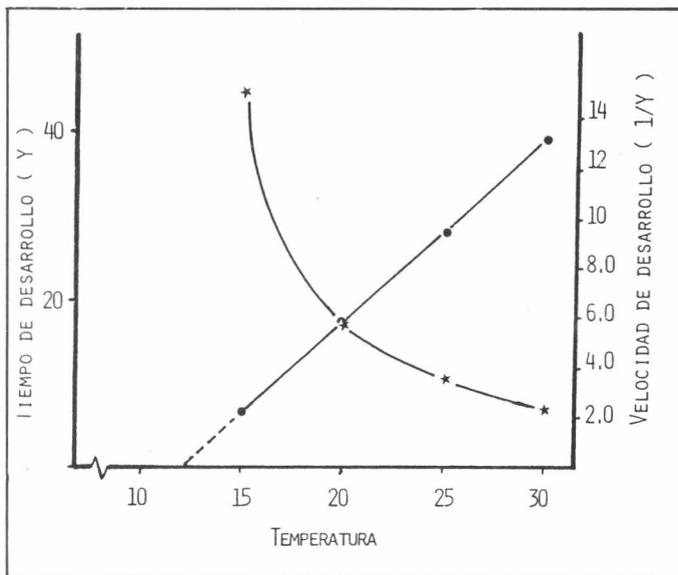


Figura 5. Efecto de la temperatura sobre el tiempo y la velocidad de desarrollo de huevo a adulto de *M. progresivus*.

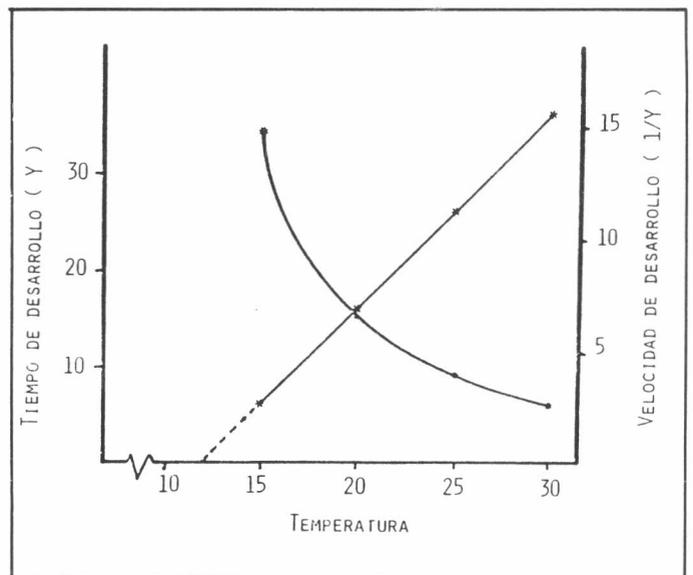


Figura 6. Efecto de la temperatura sobre el tiempo y la velocidad de desarrollo de huevo a adulto de *T. urticae*.

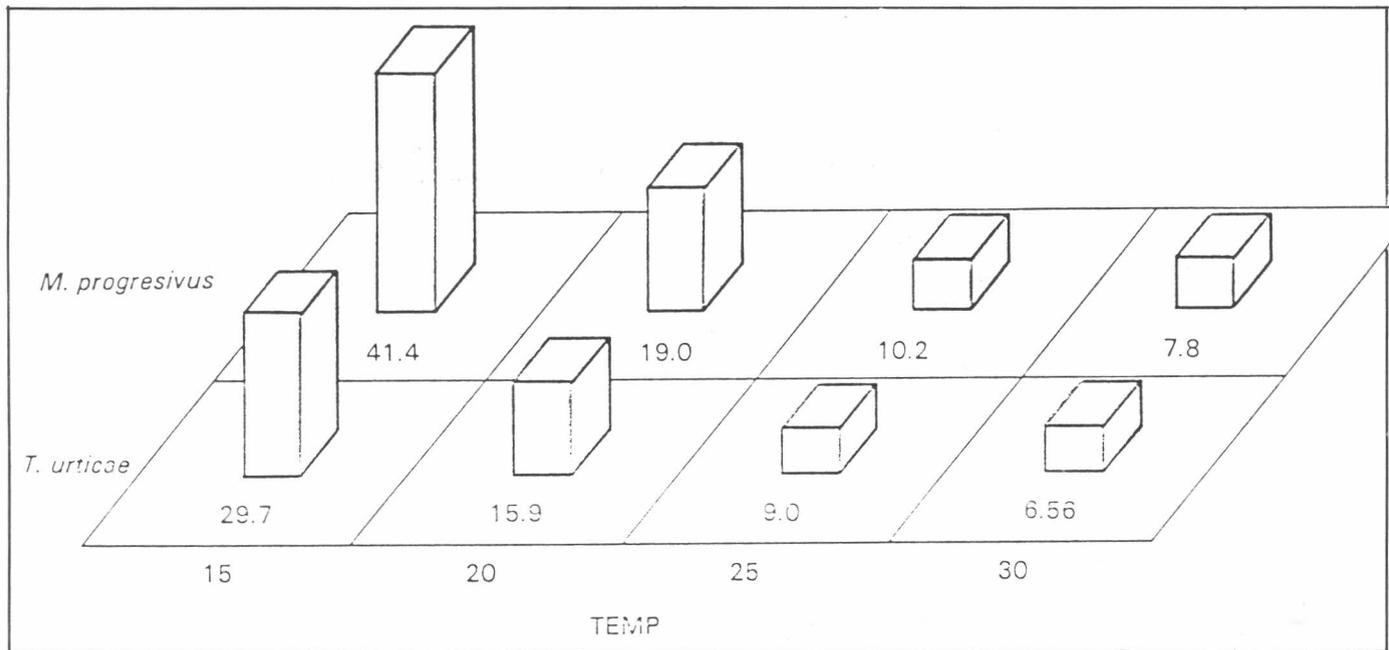


Figura 7. Efecto de la temperatura sobre el desarrollo de huevo a adulto de *M. progresivus* y *T. urticae* (En días).

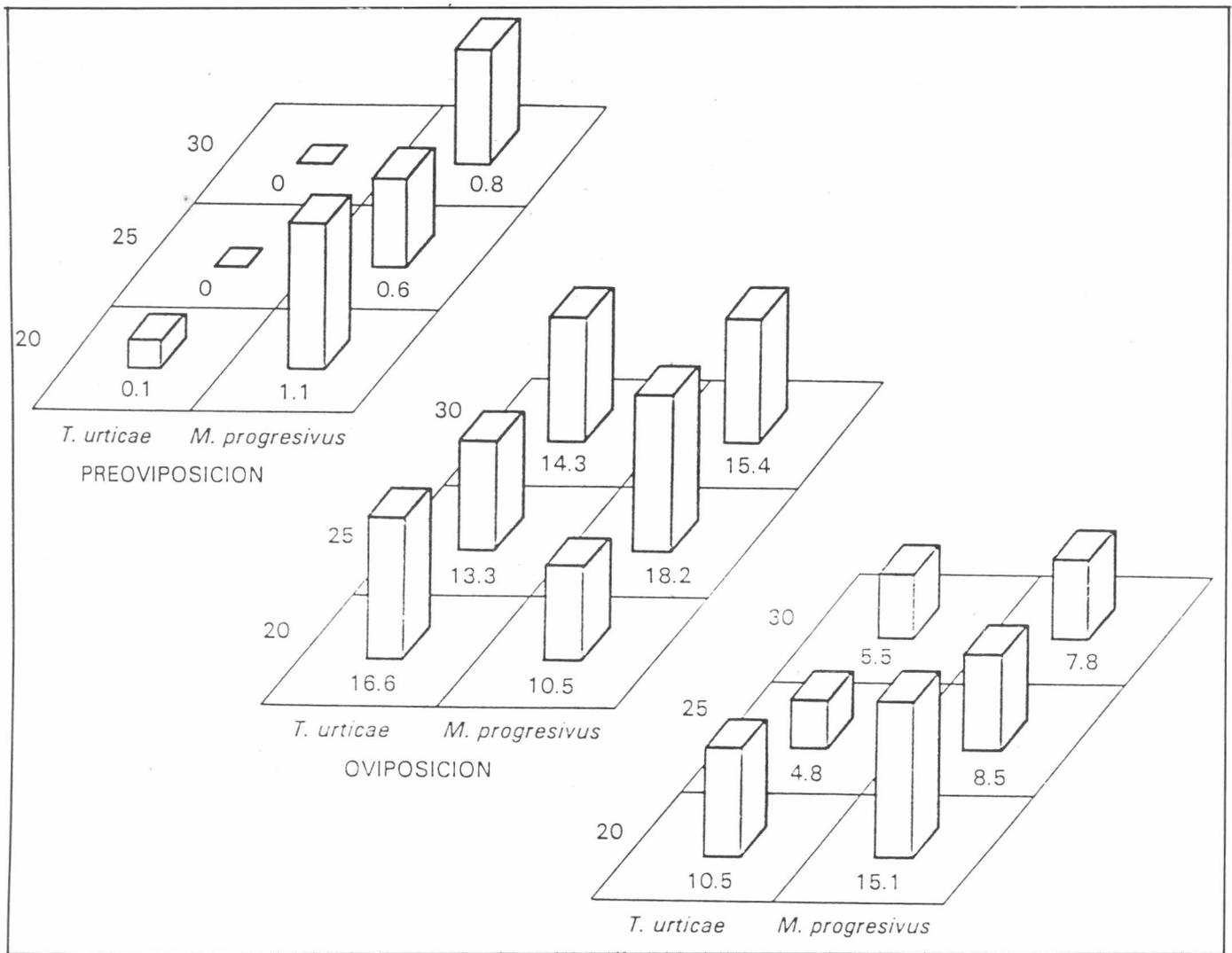


Figura 8. Duración de los períodos de preoviposición, oviposición y post-oviposición de *T. urticae* y *M. progresivus*.

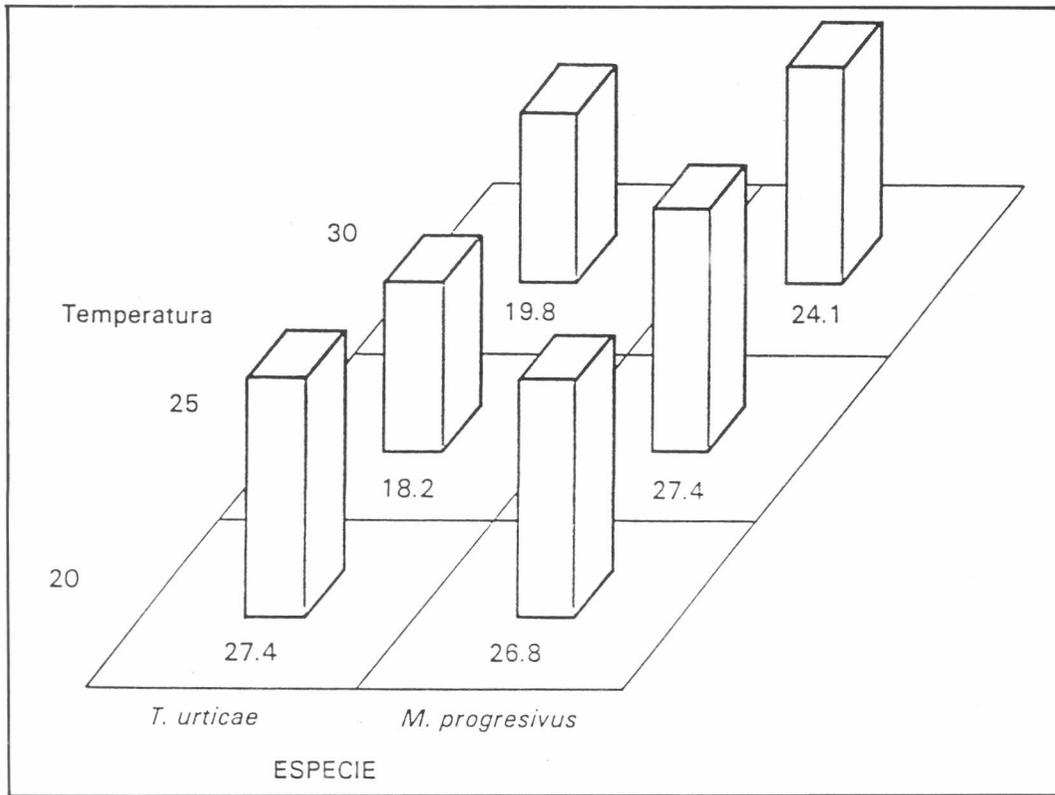


Figura 9. Longevidad de la hembra de *T. urticae* y *M. progresivus*.

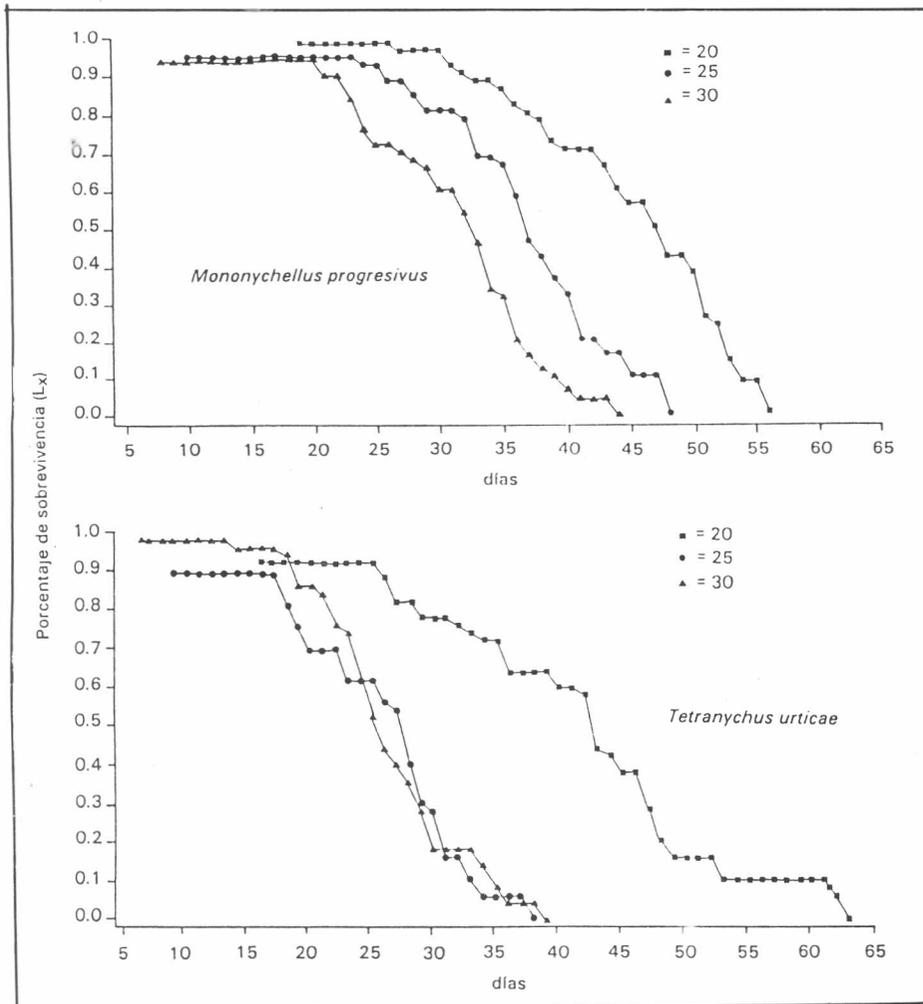


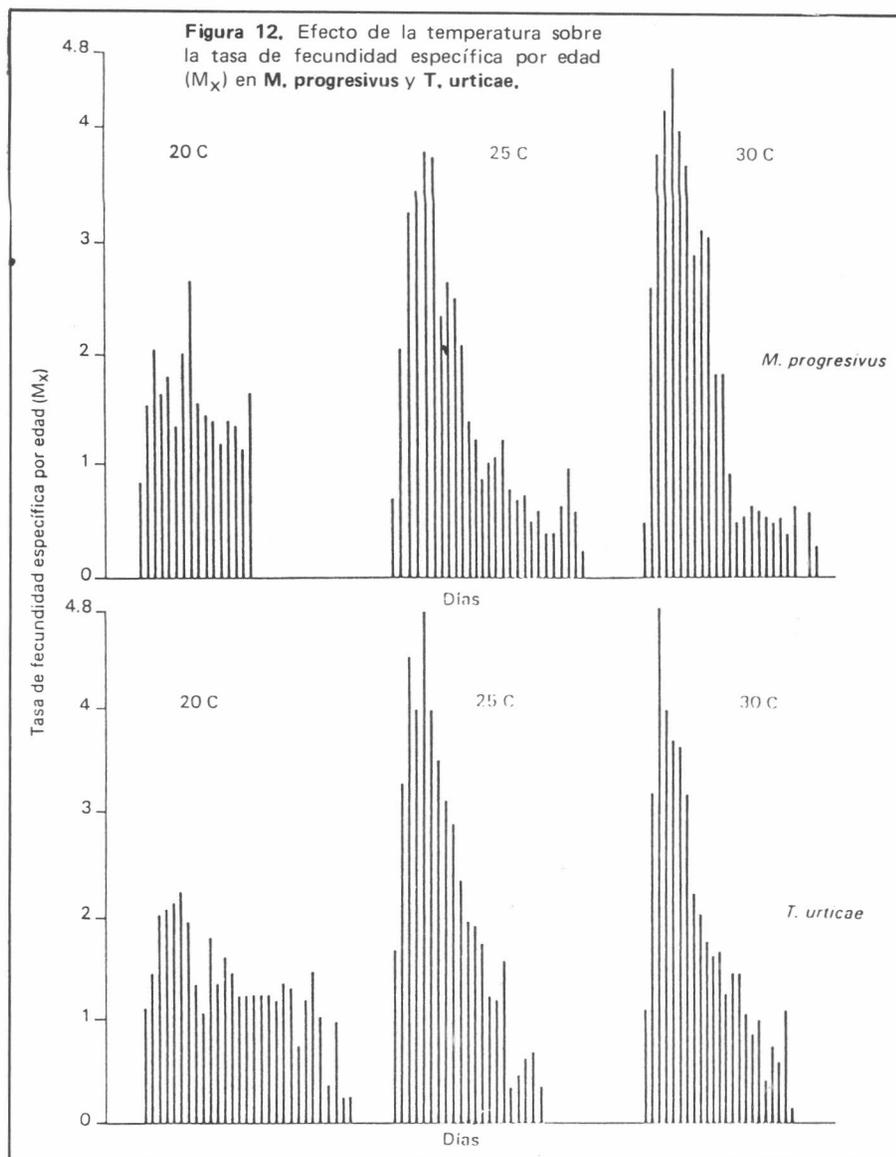
Figura 10. Efecto de la temperatura sobre la fecundidad de *T. urticae* y *M. progresivus*.

Para ambas especies bajo estudio, las curvas de sobrevivencia (L_x) y la tasa de fecundidad específica por edad (M_x) se presentan en las figuras 11 y 12. Se observa que el índice de sobrevivencia de la población permanece alto, hasta cuando los individuos llegan a adultos, lo que concuerda, también, con una alta sobrevivencia para los estados inmaduros.

En cuanto a la curva de fecundidad específica (M_x) (Figura 12), se observó que la mayor producción de hembras se presenta en los primeros días de edad de ésta y decrece al aumentar la edad.

4. CONCLUSIONES

1. Para los Tetranychidae *T. urticae* y *M. progresivus*, el tiempo de desarrollo (de huevo a adulto) decrece con el aumento de la temperatura desde 34.2 y 45.3 días a 15°C hasta 6.6 y 7.8 días, respectivamente.
2. A 30°C, se presenta la mayor velocidad de desarrollo, a saber: 15.0 para *T. urticae* y 12.9 para *M. progresivus*.
3. El umbral mínimo de temperatura es de 11.4 y 11.9°C y la constante térmica necesaria para completar el desarrollo de huevo a adulto, equivale a 123.7 y 140.4 para *T. urticae* y *M. progresivus*, respectivamente.
4. Al incrementarse la temperatura ocurre un aumento en la fecundidad desde 48.3 a 73.7 huevos para *T. urticae* y desde 33.4 a 67.6 huevos para *M. progresivus* y se observa una disminución en la longevidad y la duración de los períodos reproductivos de las dos especies.
5. La tasa reproductiva neta R_0 , la tasa de incremento natural R_m y la tasa finita de incremento λ presentan mayor valor a las temperaturas más elevadas.
6. En ambas especies de Tetranychidae, el tiempo de generación T y el tiempo de duplicación, es menor a 25 y 30°C.



5. LITERATURA CITADA

- ANDREWARTHA, H.G. & L.C. BIRCH. 1954. The distribution and abundance of animals. Univ. of Chicago Press, Chicago. pp. 31-54.
- BYRNE, D.; A.C. BELLOTTI, & J.M. GUERRERO, J.M. 1983. The cassava mites. Tropical Pest management 29(4): 378-394.
- CAREY, J.R. & J.W. BRADLEY. 1982. Developmental rates, vital schedules, sex ratios, and life tables for *Tetranychus urticae*, *T. turkestanii* and *T. pacificus* (Acarina: Tetranychidae) on cotton. Acarologia, 23: 333-345.
- DE MORAES, G.J. 1986. Control biológico de ácaros fitófagos. Conferencias especiales. XIII Congreso de la sociedad colombiana de entomología. Misceláneas. Cali pp. 29-63.
- GUERRERO, J.M., A.C. BELLOTTI & J.A. REYES. Control de los ácaros en yuca mediante la utilización de sus enemigos naturales. En: REYES, J.A. Comp. Yuca: Control integrado de plagas. Cali, XYZ, 1983. pp. 221-223.
- HELLE, W. & W.P.J. OVERMERR. 1973. Variability in tetranychid mites. Ann. Rev. Entomol. 18: 97-120.
- HERBERT, H.J. 1981. Biology, life tables, and innate capacity for increase of the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acarina: Tetranychidae). Can Entomol. 113: 371-378.
- NYIIRA, A.M. 1972. Report of investigation on cassava mite, *Mononychellus tanajoa* (Bondar). Dep. of Agu. Kawanda Research Station, Kampala, Uganda (Mimeo).
- SABELIS, M.W. 1981. Biological control of

two-spotted spider mites using phyto-seiid predators. Part I. Agricultura Research repts. 910, Pudoc, Wageningen (Netherlands) 242 pp.

YANINEK, J.S. and H.R. HERREN, (S.P.). History of Cassava Green Mites, *Mononychellus* spp., in Africa: Invasión, Spread and Damage.

YASSEN, M. & F.D. BENNET, 1977. Distribution, biology and population dynamics of the green cassava mite in the neotropics. pp. 197-902. In Proceedings of the Forth Simposuym of the International Society for Tropical Root Crops, 1976. Ed. J. Cock, R. Mac Intyre and M. Graham. International Development Research Centre, Ottawa.

SAITO, T.; K. TABATA & S. KOHNO. 1983. Mechanisms of acaride resistance with emphasis on dicofol. In: Pest resistance to pesticides, ed. G.P. GEORGHIOU & T. SAITO. Plenum Publ. Corporation, U.S.A. pp. 429-444.

-----; A.P. GUTIERREZ and H.R. (S.P.) HERREN. The Influence of Temperature and Host Plant Quality on the Biotic Potential of the Cassava Green Mite, *Mononychellus progresivus* Doreste.

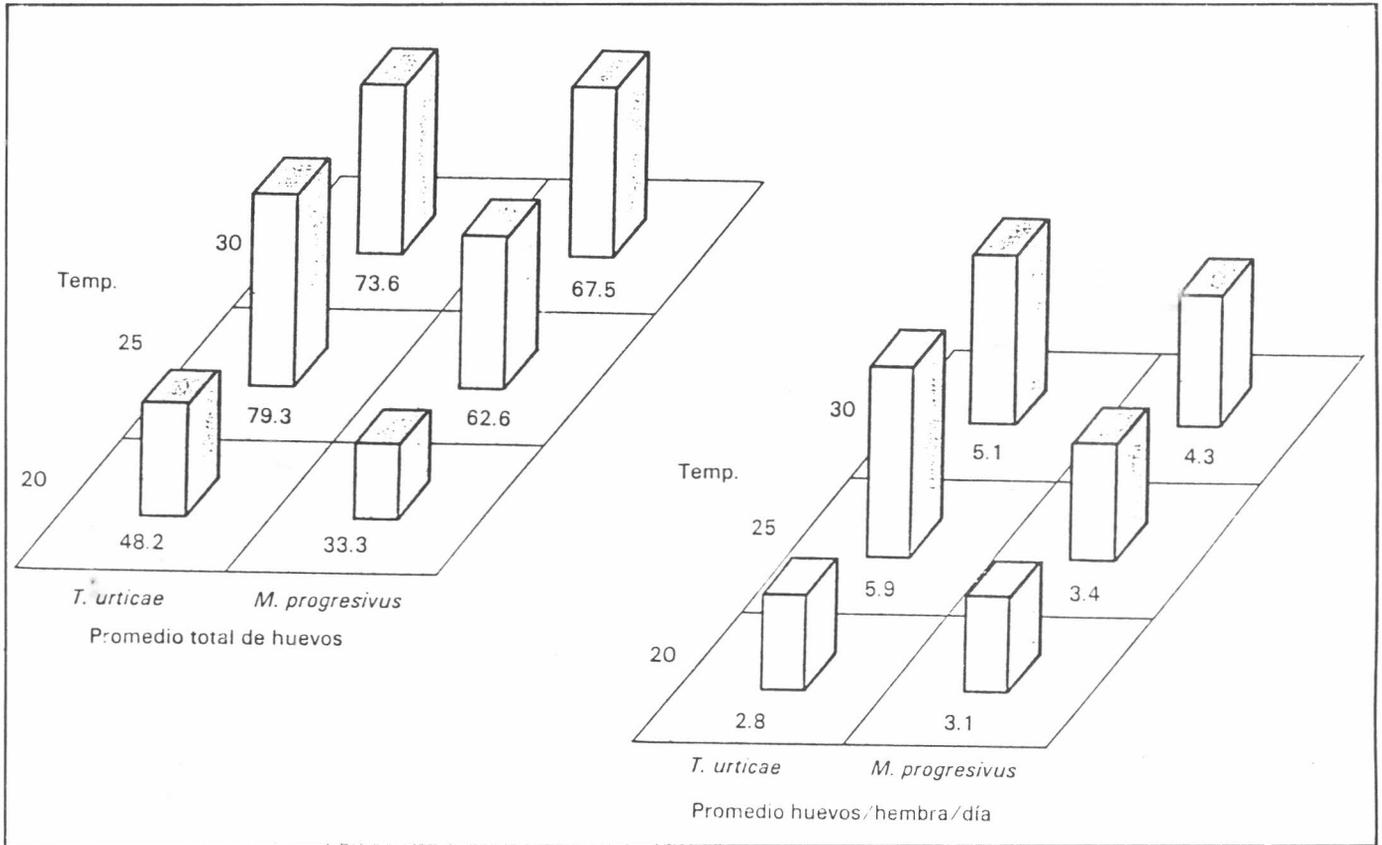


Figura 11. Tasa de sobrevivencia de *M. progresivus* y *T. urticae*.

NIVELES DE DAÑO ECONOMICO DE *Antigastra catalaunalis* (Duponchel) EN AJONJOLI

Gildardo Rodríguez C.**
J. Alonso Alvarez R.
Eloína Mesa F.
Ariel Gómez G.
Guillermo Sánchez G.

RESUMEN

El enrollador del ajonjolí *Antigastra catalaunalis* (Duponchel) (Lepidoptera: Pyralidae) es la plaga de mayor importancia en este cultivo y su control químico representa el más alto porcentaje en los costos de producción. Por esta razón, se realizó el presente estudio, con el objeto de determinar el nivel de daño económico de este insecto en tres estados de desarrollo del cultivo.

El trabajo se realizó durante 1982, en el Centro Regional de Investigaciones Nataima del ICA en El Espinal, Tolima, a 431 m.s.n.m., con temperatura promedio de 27,5°C, precipitación promedio de 1.374,5 mm y 70% de humedad relativa.

El análisis económico (método de Kolodny-Hirsch) permitió establecer para el primer semestre, niveles de daño económico: 34; 118 y 98 larvas por 100 plantas para las épocas de 20, 40 y 55 días después de la germinación (DDG), respectivamente y, para el segundo semestre, 17; 26 y 37 larvas por

100 plantas, respectivamente, para las mismas épocas. Los resultados mostraron que, a los 40 DDG, puede presentarse una mayor infestación de la plaga. También, se aprecia que los niveles de daño económico son más altos durante el primer semestre del año.

Palabras Claves Adicionales: Manejo de plagas, ajonjolí, niveles de daño, gusano enrollador.

ABSTRACT

The sesame leafroller *Antigastra catalaunalis* (Duponchel) (Lepidoptera: Pyralidae) is the pest of major economic importance and its chemical control occupies the highest percentage of pest control in this crop. For this reason, the main goal of this study was to find out the level of economic damage in three stages of the crop in order to reduce the amount of insecticide used.

The research was carried out during 1982 at Nataima Regional Research Center of the Colombian Agricultural Institute (ICA), located in El Espinal, Tolima, at 431 m.s.s.l, average temperature of 27,5°C, average rainfall of 1374,5 mm and 70% relative humidity.

An economic analysis was made by the Kolodny-Hirsch method, which allowed the establishment of the following economic damage levels: first semester (march to july) at 25 DAG, 34 larvae per 100 plants; at 40 DAG, 118 larvae per 100 plants and at 55 DAG, 98 larvae per 100 plants. Second semester (september-january) at 25 DAG, 17 larvae per 100 plants; at 40 DAG, 26 larvae per 100 plants and at 55 DAG, 37 larvae per 100 plants. In both

semesters, the results showed that plants support larger infestations at 40 DAG.

On the other hand, the economical losses in the second term are half than that in the first, being this very much related to the yield obtained in both semesters.

Additional Index Words. Pest management, Sesame, Injury levels, Sesame leafroller.

INTRODUCCION

En Colombia, el ajonjolí es un cultivo relativamente nuevo y de gran importancia para su economía, por aportar materia prima para la elaboración de aceites comestibles y tortas para la preparación de concentrados, además de generar divisas por sus exportaciones. Su área de siembra no se ha incrementado apreciablemente debido a factores fitosanitarios, climáticos o de mercadeo.

En la actualidad, el ajonjolí es un cultivo de minifundio relegado a zonas de escasa precipitación y poca fertilidad, donde no se pueden esperar mayores rendimientos. En 1971, apareció una nueva plaga del ajonjolí, el *Antigastra catalaunalis* (Duponchel) (Lepidoptera: Pyralidae), denominada el "enrollador del cogollo", la cual pasó a ser la de mayor importancia económica en el cultivo. Ataca durante casi todas las etapas de su ciclo vegetativo y reproductivo, merma los rendimientos y es el principal objetivo de los controles químicos aplicados a esta planta.

La falta de un sistema adecuado de manejo de plagas ha incrementado los costos de producción, lo cual hace

* Resumen y adaptación del trabajo de tesis presentado por el primer autor para optar al título de M.Sc. Universidad Nacional, ICA, Bogotá.

** Respectivamente: Ingeniero agrónomo M.Sc. Certificación de Semillas, ICA Apartado Aéreo 527, Ibagué; Ingeniero agrónomo Ph.D. Programa de Entomología, ICA Nataima, Apartado postal 40 El Espinal; Estadística M.C. Sección Estadística y Biometría ICA Tibaitatá, Apartado Aéreo 151123 El Dorado, Bogotá; Ingeniero agrónomo M.Sc. Asistencia Técnica ICA, Apartado Aéreo 3984, Bogotá; Ingeniero agrónomo Ph.D. Programa de Entomología ICA Nataima, Apartado Postal 40, El Espinal.

poco rentable su siembra. La falta de conocimientos sobre la relación rendimiento/densidad de la plaga ha llevado a cometer frecuentes errores, al aplicar medidas de control químico innecesarias. La adopción de niveles de daño económico en los programas de manejo de plagas ayuda a optimizar el uso de insecticidas (Calvert, 1).

Los objetivos del presente estudio fueron:

1. Determinar la época del cultivo del ajonjolí, variedad ICA Pacandé, en la cual el *A. catalaunalis* ocasiona mayores pérdidas en el rendimiento.
2. Determinar el nivel de población de *A. catalaunalis* en el cual causa daño económico a la variedad ICA Pacandé.
3. Establecer una metodología de trabajo para hallar niveles de daño en plagas que presenten comportamiento similar a *A. catalaunalis*.

REVISION DE LITERATURA

En Colombia, se han reportado, entre insectos y ácaros que se comportan como plagas del ajonjolí, 21 especies que pertenecen a 13 familias y cinco órdenes. Desde que, en 1971, apareció el *Antigastra catalaunalis* (Duponchel) (Lepidoptera: Pyralidae) se mostró como plaga de mayor importancia económica en Colombia. Esta especie ha sido reportada en Africa, Asia e Indonesia (Khan, 5). En América, sólo ha sido registrada en Colombia donde se detectó, por primera vez, en el departamento del Tolima.

Según Rodríguez (9), *A. catalaunalis* pasa por cinco instares larvales que duran, en promedio, 8,5 días. Tan pronto emergen las larvas del corión, empiezan su actividad minadora, formando pequeñas zonas claras que se aprecian externamente. En el segundo instar, las larvas unen las hojas del cogollo y brotes tiernos mediante hilos de seda que secretan y se alimentan dentro de este cartucho raspando la superficie foliar. El estado de prepupa tiene duración promedio de un día y las pupas, 4,6 días. Los adultos con

alimento pueden durar 5,5 días y sin él, 3,0 días.

Antigastra ataca la planta de ajonjolí en todos sus estados, desde plántula hasta su fructificación y se alimenta de yemas terminales, hojas, flores y cápsulas y, también, puede barrenar tallos y cápsulas. Cuando se alimenta de yemas terminales provoca la muerte del tejido y la emisión de brotes, lo cual causa retardo en el crecimiento y alargamiento del período vegetativo. Khan (5) informa que encontró de 10 a 12 larvas de *Antigastra* por planta.

En cuanto a la relación entre la cantidad de larvas de la plaga y el daño que éstas causan a la planta, Smith (10) considera que, en raras ocasiones, es una simple función lineal, porque algunos niveles tienen efectos difíciles de medir sobre el rendimiento del cultivo y otros niveles pueden tener efectos benéficos, a pesar del daño significativo ocasionado a la planta. De otra parte, el impacto de la cantidad de larvas sobre las plantas está, en gran parte, condicionado por la duración del ataque. Quizás la planta sea capaz de compensar el daño de una pequeña cantidad de larvas por un período largo, pero no por una cantidad equivalente de daño causado en un período corto. También, se deben tener en cuenta las condiciones de la planta, es decir, la habilidad para compensar el ataque, la capacidad fructificar y su etapa fenológica de desarrollo. Todos estos factores influyen en el daño potencial de la plaga al cultivo y, por esto, es frecuentemente difícil de establecer la correlación entre los niveles de la población y la reducción del rendimiento (Smith, 10; Irwin, 3; Stern, 11).

La infestación artificial es una técnica usada comúnmente por muchos investigadores para establecer los niveles de daño económico. Consiste en colocar cierta densidad de una plaga específica sobre una planta, para causar daño (Pietre et al., 18). Estos autores dicen que diferentes niveles de infestación producen diferentes niveles de daño a la planta, que son medidos después de un período específico durante el cual la plaga se ha alimentado, comparando la producción de las

plantas infestadas con una plaga conocida con la producción de las plantas que no han sido infestadas. El ensayo debe ubicarse en los sitios donde ocurren normalmente los ataques de la plaga, incluyendo el tratamiento cero daño, que debe proteger y, si es necesario, regular la plaga con agroquímicos. Le Clerg, citado por Pietre et al. (8), considera que, en la práctica, no se pueden establecer valores absolutos para los niveles de daño, pero con diseños apropiados y experimentos bien conducidos, se pueden obtener resultados útiles.

Los niveles de daño económico (NDE) han recibido mucha atención. Sin embargo, su definición no es exactamente rigurosa, pues, en algunos casos, puede ser ambigua. El NDE es definido, por Judenko (4), Calvert (1) y Stern (11 y 12) como la más baja densidad de población que puede causar daño económico, que es aquel que justifica los costos de las medidas de control, es decir, cuando el valor del daño causado es igual al costo del control practicado. Calvert (1) enfatiza el concepto dado por la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos, que considera el NDE como la densidad en la cual la pérdida causada por la plaga es igual, en valor, al costo de las medidas de control utilizadas. Por tanto, el NDE puede variar de acuerdo con el cultivo, el área sembrada y período de siembra o con los cambios en cuanto a la escala de valores del cultivo.

Headley (2) definió el NDE con base en las variables como: daño, población de la plaga y tiempo. Considera el daño como una función de la población de la plaga y a ésta, como una función del tiempo.

Kolodny-Hirsch et al. (7) dicen que el nivel de daño económico está basado en aquel nivel de infestación en el cual el costo del control es igual a la pérdida evitada (beneficio).

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se realizó durante los dos semestres de 1982 en el CRI Nataima del ICA, ubicado en el municipio de El Espinal, departamento del Tolima, con clasificación ecológica

Bosque Seco Tropical, cuyas características principales son 431 m.s.n.m.; 27,5°C de temperatura media anual; 1374,5 mm de precipitación anual y 70,24% de humedad relativa.

Se utilizó la variedad de ajonjolí ICA Pacandé, debido a su buena adaptación y comportamiento en las principales zonas productoras del país.

Se seleccionaron tres épocas de infestación, a saber: 25, 40 y 55 días después de germinado el cultivo (DDG). Para la primera época (25 DDG) se utilizaron cinco niveles de infestación: 0, 1, 2, 4 y 6 L/P. Para la segunda y tercera época (40 y 55 DDG) los niveles fueron: 0, 3, 6, 9 y 12 L/P.

Se trabajó en parcelas de campo de cuatro surcos de dos metros de largo, en las cuales se seleccionaron y marcaron, en los dos surcos centrales, diez plantas que constituyeron la unidad experimental. Estas plantas se infestaron artificialmente, colocando manualmente en el cogollo, mediante la ayuda de un pincel, larvas del primer instar provenientes de cría del laboratorio.

Después de las infestaciones, se revisaron diariamente las plantas, con el fin de mantener constante el nivel de larvas pre-establecido, reponiendo o destruyendo según el caso. Las plantas que no recibieron infestación para la época en cuestión se trataron con un insecticida.

La cosecha se hizo manualmente. La variable medida para cada unidad experimental fue producción en kilogramos por hectárea.

Para la primera época (25 DDG), se empleó el diseño de bloques al azar con cinco tratamientos en tres bloques. Los tratamientos los constituyeron los niveles de infestación. En la segunda y tercera época (40 - 55 DDG), se utilizó el diseño de parcelas divididas con tres replicaciones, donde las parcelas principales fueron las edades y las subparcelas los niveles de infestación.

Los datos, de acuerdo con el diseño, fueron sometidos a análisis de varianza. Los promedios fueron sometidos

a comparación mediante la prueba de Duncan (5%).

Para el cálculo de los niveles de daño económico, se siguió la metodología propuesta por Kolodny Hirsch (7). Como el nivel de daño económico está basado en aquel nivel de infestación en el cual el costo del control es igual a la pérdida evitada, se puede expresar por la ecuación:

$$C_2 = B = C_1 \cdot V_{X_1} \times X_i$$

Donde:

- C_2 = Es el costo del control.
 B = Es el beneficio o pérdida evitada.
 C_1 = Es el valor promedio en el mercado de la producción de una hectárea (\$/ha).
 $V_{X_1} \cdot X_i$ = Porcentaje de pérdida del valor de la producción (PV TP) en el estado de crecimiento X_1 y en el nivel de infestación X_i .

Para calcular $V_{X_1} \cdot X_i$, se utilizó un modelo de regresión lineal simple de la forma $y = b_1 X_i$. Reemplazando este valor en la ecuación, se tiene:

$$C_2 = C_1 (b_1 X_i)$$

Para el cálculo del nivel de daño económico, el valor C_1 se halló multiplicando el precio de un kilogramo de ajonjolí (\$38,20) por el rendimiento de cada unidad experimental. C_2 se estimó con base en dos aplicaciones para control de *Antigastra* (dos litros de insecticida a \$700,00 por hectárea) más la aplicación aérea del producto (\$500,00).

RESULTADOS

Experimento 1. El análisis de varianza para la producción de ajonjolí infestado artificialmente a los 25 DDG (Tabla 1) mostró que, tanto para el primer semestre como para el segundo, existen diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) entre los diferentes niveles utilizados.

La comparación de promedios (Tabla 2) muestra, para el primer semestre, los niveles estadísticamente iguales de 0, 1 y 2 L/P (Prueba de Duncan). Al comparar los promedios para el segundo semestre, se observa que el nivel 0 L/P es diferente ($P < 0,05$) al resto de niveles. Con los demás niveles se establecen grupos estadísticamente iguales: 1 y 2 L/P; 2 y 4 L/P. La prueba de Duncan mostró que el nivel que más afectó la producción en ambos semestres fue 6 L/P, que ocasiona mermas del 55% y 40%, respectivamente. La producción de ajonjolí fue mayor para el testigo en 130% en el segundo semestre.

Los niveles de infestación encontrados, para el primero y segundo semestre, fueron 34 y 17 larvas por 100 plantas, respectivamente (Tabla 5).

Experimento 2. El análisis de varianza (Tabla 3), para las épocas 40 y 55 DDG, muestra que no existe diferencia significativa para la interacción época de infestación por niveles de larvas y entre épocas de infestación. Entre los niveles de infestación existen diferencias altamente significativas ($P < 0,01$). La comparación de promedios (Tabla 4) establece, para el primer semestre,

TABLA 1. Análisis de varianza para la producción de ajonjolí (kg/ha) infestado artificialmente a los 25 DDG. El Espinal. 1982.

| F. de V. | GL | Semestre A | | Semestre B | |
|----------|----|------------|---------|------------|---------|
| | | C.M. | Prob. F | C.M. | Prob. F |
| Bloques | 2 | 5 962,28 | 0,7126 | 117 374,44 | 0,0120 |
| Nivel | 4 | 172 410,72 | 0,0031 | 446 701,55 | 0,0001 |
| Error | 8 | 16 862,98 | | 14 532,40 | |
| Total | 14 | 59 747,95 | | 152 701,02 | |
| C.V. (%) | | | 14,6 | | 5,8 |

que los niveles 0,3 y 6 L/P son estadísticamente iguales entre sí (Prueba de Duncan), pero diferentes ($P < 0,05$) del segundo grupo 9 y 12 L/P.

Para el segundo semestre, se observa que los niveles 0 y 3 L/P son estadísticamente iguales. En ambos semestres, los niveles 9 y 12 L/P fueron los que más afectaron la producción.

La Tabla 5 presenta los niveles de daño económico, mostrando, para el primer semestre, 118 y 98 larvas por 100 plantas para 40 y 55 DDG, respectivamente y, para el segundo semestre, 56 y 37 larvas por 100 plantas para 40 y 55 DDG.

En los dos semestres estudiados, se puede apreciar que, a los 40 DDG, el número de larvas por 100 plantas es mayor que a los 55 DDG.

DISCUSION

La diferencia altamente significativa encontrada para los diferentes niveles de infestación era la esperada, ya que diferentes niveles de infestación suelen producir diferentes grados de daño a la planta que se refleja en los rendimientos, como lo plantea Pitre et al. (8).

Para la primera época, se pudo apreciar cómo un nivel alto de larvas (6 L/P) puede ocasionar mermas considerables en los rendimientos los cuales varían del 40% al 55%.

El NDE es diferente entre semestres. Esta tendencia es similar a la observada al comparar los promedios de producción. La buena producción obtenida en el segundo semestre, el daño ocasionado por una larva (13%) y el bajo valor relativo del control químico hacen que, en el segundo semestre, el NDE sea más bajo que en el primero.

Para el segundo experimento (40 y 55 DDG) los resultados mostraron que no existen diferencias significativas entre las dos épocas de infestación, es decir, que ambas épocas son igualmente afectadas por el *Antigastra* y que se les debe prestar toda la atención para

TABLA 2. Comparación de los promedios de producción de ajonjolí (kg/ha) infestado artificialmente a los 25 DDG. El Espinal. 1982.

| Nivel 1/ | Semestre A | | Semestre B | |
|----------|-------------|---------|-------------|---------|
| | Promedio | P.R. 2/ | Promedio | P.R. 2/ |
| 0 | 1 125,53 a | 100,00 | 2 597,83 a | 100,00 |
| 1 | 1 041,36 ab | 92,52 | 2 259,36 b | 86,97 |
| 2 | 943,96 ab | 83,87 | 2 057,74 bc | 79,21 |
| 4 | 823,95 b | 73,20 | 1 895,93 c | 72,98 |
| 6 | 510,23 c | 45,33 | 1 569,13 d | 60,40 |

TABLA 3. Análisis de varianza para la producción de ajonjolí (Kg/ha) infestado artificialmente a los 40 y 55 DDG. El Espinal. 1982.

| F. de V. | GL | Semestre A | | Semestre B | |
|--------------|----------------|------------|---------|------------|---------|
| | | C.M. | Prob. F | C.M. | Prob. F |
| Repeticiones | 2 | 5 250,83 | | 190 595,2 | |
| Epoocas | 1 | 553 071,43 | 0,1546 | 3 016,71 | 0,9054 |
| Error "a" | 2 | 110 422,33 | | 167 105,10 | |
| Niveles | 4 | 124 814,20 | 0,0001 | 766 467,2 | 0,0008 |
| Epoca* Nivel | 4 | 4 671,39 | 0,7798 | 81 844,72 | 0,4934 |
| Error "b" | 16 | 10 681,14 | | 92 638,82 | |
| TOTAL | 29 | 50 802,01 | | 192 638,83 | |
| | C.V. Epoca (%) | | 21,25 | | 12,83 |
| | C.V. Nivel (%) | | 11,45 | | 16,50 |

TABLA 4. Comparación de los promedios de producción de ajonjolí (kg/ha) infestado artificialmente a los 40 y 55 DDG. El Espinal. 1982.

| Niveles 1/ | Semestre A | | | Semestre B | | |
|------------|------------|---------|----------------|-------------|--------|--|
| | Promedio | P.R. 2/ | Tratamiento 1/ | Promedio | P.R. | |
| 0 | 1 078,65 a | 100,00 | 0 | 2 305,21 a | 100,00 | |
| 6 | 964,57 a | 89,42 | 3 | 2 091,06 ab | 90,71 | |
| 3 | 963,50 a | 89,32 | 6 | 1 745,49 bc | 75,72 | |
| 12 | 763,01 b | 70,74 | 9 | 1 645,07 c | 71,36 | |
| 9 | 743,91 b | 68,97 | 12 | 1 410,35 c | 61,18 | |

1/ Larvas/planta

2/ Posición relativa (%)

Promedios con la misma letra no son diferentes entre sí (Duncan 5%).

evitar las mermas que se presentan. Sin embargo, el daño causado a la planta por el mismo nivel de infestación produce mermas en los rendimientos que son estadísticamente iguales para las dos épocas.

Los niveles de daño económico para el segundo semestre son diferentes a los encontrados para el primero, tal como se presentó para la primera época (25 DDG). Lo anterior está relacionado con la producción obtenida en cada semestre y con las mermas oca-

TABLA 5. Nivel de daño económico para *Antigastra catalaunalis* en diferentes épocas de cultivo de ajonjolí. El Espinal. 1982.

| Edad | Semestre | |
|--------|----------|-------|
| | A | B |
| 25 DDG | 34 1/ | 17 1/ |
| 40 DDG | 118 | 56 |
| 55 DDG | 98 | 37 |

1/ Larvas/100 plantas

sionadas por la plaga. Cuando la producción es más alta, el NDE está situado en un punto más bajo, ya que el valor comercial potencial de la cosecha justifica iniciar medidas de control con niveles más bajos.

Los resultados del presente trabajo confirman lo anotado por Smith (10), Irwin (3), Stern (11, 12), Headley (2) y Carvert (1), quienes indican que el nivel de daño económico del *Antigastra* en el ajonjolí puede variar debido a diferentes factores, tales como época y nivel de infestación, valor comercial de la cosecha, costo relativo de las medidas de control químico e, inclusive,, las condiciones climáticas imperantes en el semestre en el cual se cultiva la planta.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente estudio permiten concluir que:

1. Todas las épocas sobre las cuales se realizaron las infestaciones son igualmente susceptibles a los daños del *Antigastra catalaunalis* (Duponchel), de modo que no existe una época de mayor o menor tolerancia.
2. Infestaciones en diferentes épocas fenológicas con un mismo nivel de infestación no presentan rendimientos con diferencias estadísticamente significativas.
3. Existen diferencias significativas ($P < 0,01$) entre los diferentes niveles de infestación evaluados.
4. Los rendimientos se reducen hasta el 40%, cuando aparecen infestaciones altas de *Antigastra* a los 40 o 55 DDG.
5. La metodología empleada permite calcular, con base en los costos del control, el valor de producción y el rendimiento por hectárea, lo mismo que los niveles de daño económico en una forma sencilla, sin tener que apelar a fórmulas complejas.

BIBLIOGRAFIA

1. CALVERT, D.J. Niveles de límite y daño económico. **En:** Curso sobre principios generales de control integrado de plagas y enfermedades con énfasis en maíz y soya. Lima, abril 17 - mayo 26, 1978. Lima Comité Coordinador del Ministerio de Agricultura Universidad Nacional Agraria, La Molina - Universidad de California, AID, 1978. v.1 p.
2. HEADLEY, S.C. Defining the economic threshold. **En:** Pest control strategies for the future, Washington, National Academy of Sciences, 1972. p. 100-108.
3. IRWIN, M.E. Evaluación de la densidad de poblaciones de insectos. **En:** Curso sobre principios generales de control integrado de plagas y enfermedades con énfasis en maíz y soya. Lima, abril 17 - mayo 26, 1978. Lima, Comité Coordinador del Ministerio de Agricultura, Universidad Nacional Agraria La Molina, Universidad de California AID, 1978. v. 1 p.
4. JUDENKO, E. 1972. The assessment of economic losses in yield of annual crops caused by pests, and the problem of the economic threshold. *Pans (Estados Unidos)* v.18 no. 2, p. 185-191.
5. KHAN, H. Preliminary observations on *sesamum* leafroller *Antigastra catalaunalis* (Dup.). *Pakistan Journal of Science*. v. 3 no. 1, 1951. p. 10-12.
6. KOGAN, M. Evaluación de daños causados por insectos a cultivos de campo: Aplicaciones en manejo integrado de plagas. **En:** Reyes, J.A. Yuca: control integrado de plagas. Cali, CIAT 1983. p. 45-66.
7. KOLODNY-HIRSCH, D.M.; F.P. HARRISON. Foliar loss assessment and economic decision making for the tobacco budworm on Maryland tobacco. *Journal of Economic Entomology (Estados Unidos)*. v.73.
8. PITRE, H.N.; MISTRIC, W.J.; LINCOLN, C.G. Economic threshold: concepts and techniques. **En:** Sterling, W. L. Economic threshold making and sampling of *Heliothis* species on cotton, corn, soybean and other host plants. Texas, 1979. p. 12-30 (Southern Cooperative, Series, Bulletin, no. 231).
9. RODRIGUEZ D., Gi. Ciclo de vida y hábitos de *Antigastra catalaunalis* (Dup.). Espinal, ICA, 1982. 24p. (sin publicar.)
10. SMITH, R.F. El control integrado de plagas y su implementación práctica. **En:** Curso sobre principios generales de control integrado de plagas y enfermedades con énfasis en maíz y soya. Lima, Abril 17 - mayo 26, 1978. Lima, Comité Coordinador del Ministerio de Agricultura, Universidad Nacional Agraria, La Molina, Universidad de California, AID. 1978. v.1 p.
11. STERN, V.M. Significance of the economic threshold in integrated pest control. **En:** Proceeding of the FAO integrated pest control. Roma, october 11 - 15, 1965. Roma, FAO, 1966. p. 41-56.
12. ————. Economic threshold. *Annual review of Entomology (Estados Unidos)*. v. 18, p. 259-280. 1973.

CONTROL DE *Erinnyis ello* (L) (Lep: Sphingidae) GUSANO CACHON DE LA YUCA *Manihot esculenta* (Crantz) CON *Baculovirus erinnyis* NGV.

Bernardo Arias V.*
Anthony C. Bellotti

RESUMEN

Erinnyis ello (L), gusano cachón o coya de la yuca, es una plaga que puede reducir la producción de raíces hasta un 64%, según la edad de las plantas, el número de ataques y las condiciones agro-ecológicas en que se desarrolla el cultivo.

Existen más de 30 agentes naturales de control de esta plaga, entre los cuales está *Baculovirus erinnyis*, virus de la granulosis, el cual constituye una fuente potencial de control, ya que puede reducir sus poblaciones a niveles por debajo del umbral de daño económico.

Para esta investigación, se realizaron trabajos en el CIAT con el objeto de determinar el efecto de *B. erinnyis* usado fresco, refrigerado durante 4 años y en polvo con 2 años de almacenamiento al ambiente. El virus fue aplicado en el campo sobre parcelas experimentales y en hojas bajo condiciones de laboratorio en concentraciones de 30.0, 6.0 y 0.26%, usándose dosis de 5 y 10 cc/litro de agua. Se estudiaron métodos de separación, purificación y almacenamiento que permitieran el uso práctico de este agente de control por parte de los agricultores.

De acuerdo con los resultados, *B. erinnyis* puede ser obtenido a partir de larvas infestadas por métodos sencillos y prácticos, para ser aplicado en la forma convencional, con controles significativos entre las 72 y 161 horas después de su aplicación.

SUMMARY

The cassava hornworm *Erinnyis ello* can cause yield reduction up to 64% depending upon plant age, number of attacks and agroecological conditions.

The virus *Baculovirus erinnyis* is one of 30 natural enemies reported for cassava hornworm. *B. erinnyis* constitutes a potential control agent since it can reduce pest populations below the economic threshold.

Experiments were conducted at CIAT to determine the effect of *B. erinnyis* when used fresh, refrigerated during 4 years and stored in powder form during 2 years at room temperature. The virus was applied in the field on experimental plots and under laboratory conditions on cassava leaves at 30.0, 6.0 and 0.26% concentrations.

Isolation, purification and storage methods were studied to facilitate the virus practical use by farmers.

Results show that *B. erinnyis* can be obtained from infested larvae by easy methods and can be applied by conventional methods to obtain significant control at 72 and 161 hours after application.

INTRODUCCION

Erinnyis ello (L), gusano cachón de la yuca, puede causar pérdidas hasta de un 64% en la producción de raíces (Arias, Bellotti, 1984), dependiendo de la edad de las plantas, el número de ataques del insecto y las condiciones agro-ecológicas en que se desarrolla el cultivo.

Existen más de 30 agentes naturales de esta plaga, los cuales permiten mantener un equilibrio durante períodos que pueden variar entre 3 y 7 años. Un agente promisorio de control del gusano cachón es el *Baculovirus erinnyis*, virus de la granulosis nuclear, el cual puede reducir las poblaciones de esta plaga a niveles inferiores al umbral de daño económico.

Bajo condiciones de campo y de laboratorio, se han realizado en el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) varias investigaciones, con el objeto de determinar la efectividad del virus en el control de *E. ello*, así: 1. Utilizando *Baculovirus* impuro recién colectado, con menos de 2 meses de almacenamiento en frío (3-4°C); 2. *Baculovirus* impuro, con 4 años de almacenamiento en frío y 3. *Baculovirus* puro (liofilizado), almacenado dos años en ambiente seco y fresco.

REVISION DE LITERATURA

Los virus que causan enfermedades en insectos juegan un papel muy importante en la regulación de sus poblaciones, tanto en condiciones naturales como cuando se los usa en programas de control (Bustillo, 1984).

Desde el punto de vista de las investigaciones básicas, quizás la de los virus ha sido el área más activa de investigación en la patología de insectos. Actualmente, se conocen cerca de 250 infecciones virales en aproximadamente 175 insectos y arácnidos. De esta cantidad, 170 son poliedrosis nucleares, 30 poliedrosis citoplasmáticas, 35 granulosis y se conocen 8 que parece no están asociados con inclusiones

* Asistente de Investigación y Entomólogo respectivamente. Programa Entomología Yuca, CIAT, Apartado Aéreo No. 6713, Cali, Colombia.

de ninguna clase (De Bach, 1964). Los **Baculovirus** comprenden los virus de la poliedrosis nuclear y granulosis. El virión de este virus está formado típicamente por ADN y es de forma cilíndrica. Los virus de la granulosis (VG) está formado, también, por un cuerpo de inclusión (0.2-0.5 micras) semejante a gránulos de forma oval o elipsoidal, ocasionalmente, sólo contienen 2 viriones (Bustillo, 1984).

En Colombia, hasta la fecha, no existen estudios relacionados con **Baculovirus erinnivis**, virus de la granulosis en gusano cachón de la yuca (**Erinnys ello**) y, por ésto, el presente trabajo constituye el primer aporte al conocimiento de este importante agente entomopatógeno. Cuno et al (1981) mencionan que, posiblemente, el virus aislado en Colombia de **E. ello** sea uno de los de la granulosis de la familia **Baculoviridae**. De Bach (1964) y Cuno et al (1981) manifiestan, también, que los virus de la granulosis, en su patología, infectan principalmente el cuerpo graso del insecto y, en algunos casos, el epitelio del intestino. A veces, la infección se manifiesta por cambio de color de la cutícula del insecto, como sucede en **Pieris rapae** en el cual la superficie ventral aparece blanca durante el desarrollo de la enfermedad. El insecto suspende su alimentación y presenta diarrea y su movimiento es lento. A pesar de que la mayoría de los hospederos de estos virus son lepidópteros, se han encontrado algunos hemípteros de los géneros **Melolontha** y posiblemente **Oryctes**. Sólo los estados de larva y pupa son altamente susceptibles y los adultos pueden llevar el virus, pero, por lo general, sobreviven al ataque (De Bach, 1964).

ESPECIFICIDAD

Los **Baculovirus** que pueden reproducirse en más de un hospedero tienen una ventaja considerable sobre aquellos que son monoespecíficos. Estas ventajas están relacionadas con un mayor número de hospederos disponibles para la multiplicación del virus, resultando un incremento del inóculo, lo mismo que una mayor distribución espacial, teniendo un efecto significativo sobre la dinámica de población del virus (Granados, 1986). A pesar de

que la especificidad de **Baculovirus** no ha sido estudiada en detalle, Ignoffo (1968 y 1975) señaló que virus que producen cuerpos ocluidos tienden a ser más específicos con sus hospederos que los que no producen cuerpos ocluidos.

ALMACENAMIENTO

Aunque los virus no ocluidos no son estables en largos períodos de almacenamiento, los poliedros son relativamente estables cuando son almacenados, refrigerados, o congelados. Esto lo comprobaron Aizawa (1963) y Jaques (1977) con la significativa actividad de preparaciones de poliedros después de haber estado en refrigeración durante 20 años. Los **Baculovirus** son menos estables a la temperatura ambiente, pero la mayoría de los poliedros permanecen infectivos por varios años a dicha temperatura (Huger, 1963). David (1975), citado por Granados y Federici (1986), revisó estudios sobre estabilidad y reportó que GV de **Pieris brassicae** y **P. rapae** mantuvieron una pequeña actividad después de 1 a 5 años de almacenamiento. Temperaturas por encima de la ambiental dieron como resultado un decrecimiento rápido de la estabilidad del **Baculovirus**. En general, para los virus de insectos, existen pocas pautas sobre la temperatura óptima de almacenamiento y ésta varía de un investigador a otro. A temperaturas entre 38 y 42°C, perdieron significativamente su actividad en pocos meses o semanas (Lewis et al, 1978; David et al, 1967; Hunter et al, 1973) y a 50°C, la actividad del virus se pierde en término de horas o minutos. Cunningham (1971) adoptó el congelamiento en seco y el material fue almacenado a 4°C, obteniendo pequeñas pérdidas en la actividad del virus. Chauthani y Clausen (1968), Martignoni (1978) liofilizaron suspensiones de virus que fueron molidas y obtuvieron polvo de finas partículas que empacaron al vacío y almacenaron en sitio seco y fresco y, con ello, su actividad no tuvo pérdidas (por los últimos 5 años). Cualquiera de estas condiciones de almacenamiento mantuvo la actividad de la preparación viral y los niveles de contaminación no se incrementaron.

Pocos estudios se han realizado sobre el efecto de la humedad en la actividad de **Baculovirus**. Couch e Ignoffo (1981) y Jaques (1977), reportados por Granados (1986), resumieron unos hallazgos e indicaron que la estabilidad de preparaciones virales se incrementa a medida que el contenido de humedad disminuye. Sin embargo, se presenta una excepción notable sobre esta generalización, pues David (1975) registró que **P. brassicae** y **P. rapae** GV, fueron más estables cuando se almacenaron en ambiente húmedo.

En cuanto a la luz, los **Baculovirus** son rápidamente inactivados por las ondas cortas y largas de luz ultravioleta (254-310 nanómetros) y las preparaciones no deben ser expuestas a ésta durante ni después de la formulación (Jaques, 1977; Aizawa, 1954; McLeod et al, 1977). David (1975) reportó que **P. brassicae** GV fue más estable en película húmeda cuando fue expuesta a luz ultravioleta.

ESTABILIDAD EN EL CAMPO

Los **Baculovirus** son rápidamente inactivados por el espectro de la luz ultravioleta de los rayos solares, llegando a tener una vida de 2 o varias horas.

La pérdida de la actividad no es debida a la acción germicida de las ondas cortas del espectro de la luz ultravioleta, ya que en la luz natural del sol existen ondas largas superiores a 290 nm. David (1969), citado por Granados (1986), encontró que la luz ultravioleta de 290 a 320 nm. reduce rápidamente la actividad de **P. brassicae** GV. Similares resultados han sido reportados con el NPV del **H. zea** y el NPV de **Galeria melonela** (Witt y Stairs, 1975). Exposición de **Baculovirus** a radiación con ondas más largas (cerca de 360 nm) tuvieron un pequeño efecto sobre la actividad viral (Witt y Stairs, 1975); Morris, 1971; Bullock et al, 1970.

APLICACION DE INSECTICIDAS VIRALES

La aplicación de los insecticidas virales ha sido a través de los métodos con

vencionales de los pesticidas químicos. (Ignoffo, 1970; Yearian y Young, 1978).

Es bien reconocido que la eficacia de los insecticidas virales puede ser incrementada a través del mejoramiento de los métodos de aplicación, pero se han realizado pocos estudios tendientes a mejorar estos métodos. La forma de infección por virus es por la vía oral, por lo cual las aplicaciones deben realizarse de tal manera que se provea una óptima cantidad de virus en los sitios de alimentación y estos sitios pueden diferir de acuerdo con el insecto plaga, la especie de planta hospedera, el estado de desarrollo del insecto huésped, etc. Además, se debe tener en cuenta que, cuando los virus son aplicados a plantas de rápido desarrollo, el nuevo crecimiento quedará libre de virus depositado y, por consiguiente, se requiere repetir las aplicaciones en cortos intervalos de tiempo, con el fin de mantener una cobertura adecuada de la planta (Gránados, 1986).

MATERIALES Y METODOS

El **Baculovirus** constituyó el material fundamental para la realización de los diferentes estudios presentados en este trabajo y se obtuvo a través del tiempo, desde cuando apareció en colonias de **E. ello** en 1976 y de él se hicieron renovaciones permanentes. Para la disponibilidad permanente del virus fue necesario mantener una colonia de gusano cachón, la cual se pudo lograr mediante la utilización de jaulas de 1.5 x 1.5 x 1.5 m cubiertas por malla, donde se confinan adultos con plantas de yuca y, así, se obtuvieron huevos y larvas disponibles todo el tiempo. Los adultos, para introducir en las jaulas, se capturaron mediante trampas de luz negra, tipo T20T12BLB.

En otras jaulas iguales a las citadas anteriormente, se aplica el **Baculovirus** a larvas que están entre tercero y cuarto instar. El virus fue colectado de larvas enfermas y se almacenó en frío entre 3 y 4°C, para su futura utilización. Se prepararon soluciones madres que fueron diluidas, para ser aplicadas en dosis diferentes y evaluar su efectividad en el control de gusano cachón, **E. ello**.

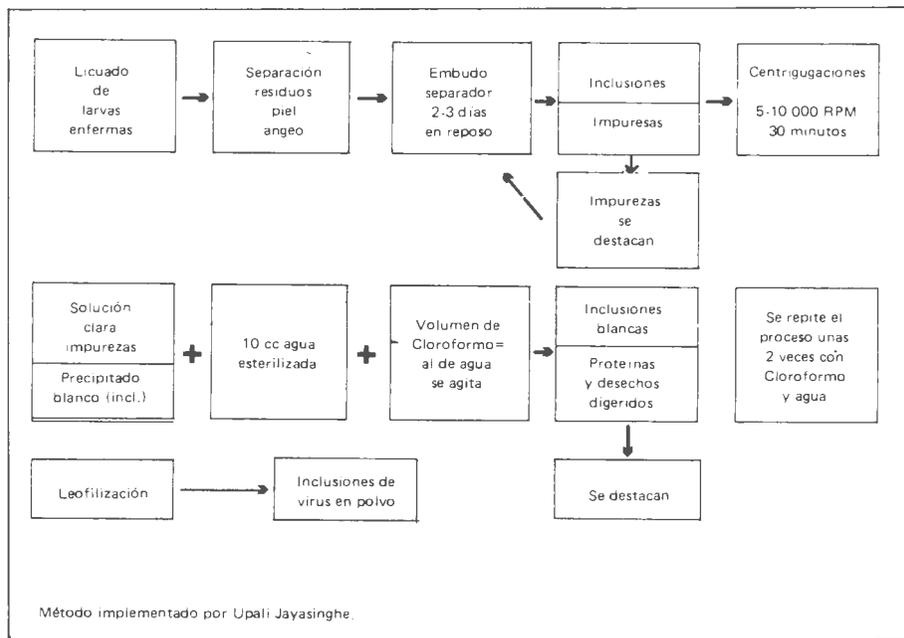


Figura 1. Proceso* para la obtención de **Baculovirus** en polvo (purificado).

El material viral utilizado en forma impura se extrajo de larvas procedentes del campo y parte de él se purificó y se transformó en polvo.

Preparación de Soluciones Madres

1. Pesada de larvas muertas por virus.
2. Macerado o licuado.
3. Separación de residuos de piel, mediante un tamiz o malla.
4. El material filtrado, se mezcla con una cantidad de agua conocida, según la concentración que se desea obtener de la solución madre.

Cuando se agregó agua en el tamizado, se tuvo en cuenta la cantidad usada.

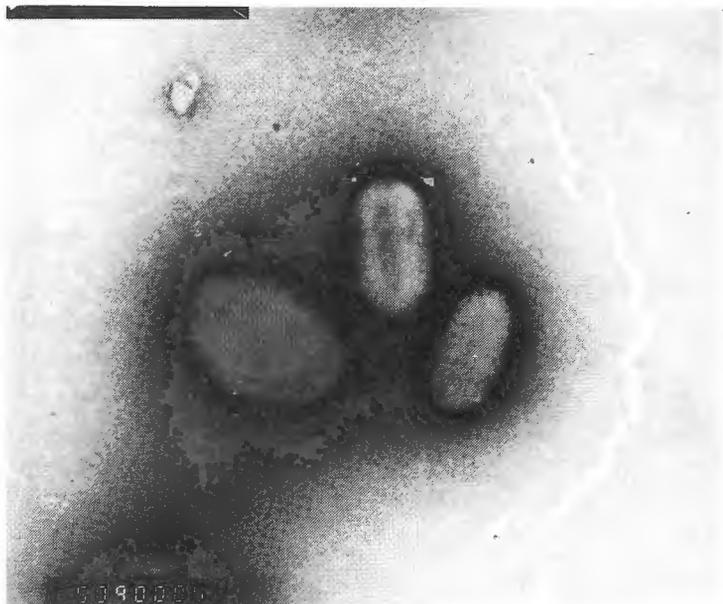
Cuando la solución madre se preparó con **Baculovirus** en polvo (purificado), el procedimiento se redujo a hacer una dilución de éste en la cantidad de agua requerida, para llegar a la concentración deseada. A partir de estas concentraciones, se pueden usar las dosis que se deseaban evaluar para determinar el efecto del patógeno sobre la plaga.

En la Figura 1, se puede apreciar el esquema de uno de los métodos utilizados para la purificación del **Baculovirus**. El método implementado por

Upali Jayasinghe se basa principalmente en un proceso de centrifugación y digestión de proteínas con cloroformo. En la fotografía 1, se puede apreciar al microscopio electrónico un cuerpo ocluido aumentado 50.000 X, obtenido después de la purificación.

Varios ensayos fueron realizados para determinar la eficiencia del **Baculovirus erinnyis** en el control de **E. ello**. El primero se realizó en 1980, en Santander de Quilichao en la granja del CIAT, aprovechando una alta incidencia de la plaga en varios lotes (promedio de 32 larvas/planta). Se marcaron parcelas de 36 plantas con 4 repeticiones y 2 tratamientos o dosis para evaluar: 5 cc de **Baculovirus** 30% por litro de agua y 10 cc de la misma solución. Después de 72 horas de aplicado el patógeno, se hizo una recolección al azar de 20 larvas por parcela y tratamiento. Se llevaron al laboratorio, donde se les suministró alimento y se observó sintomatología y mortalidad.

Otro ensayo, a nivel de laboratorio (25°C HR), se realizó con el mismo objetivo, ofreciendo follaje aplicado de **Baculovirus** a larvas en bandejas plásticas de 35 cm x 20 cm x 15 cm. En cada bandeja se introdujeron 10 larvas de primer instar, con 5 repeti-



Fotografía 1. Cuerpo viral ocuido de *Baculovirus erinnyis*, aumentada 50.000 X al microscopio electrónico. CIAT 1984.

ciones para un total de 50 larvas evaluadas por tratamiento. En cada ensayo se colocó su correspondiente testigo.

Un tercer ensayo se llevó a cabo en los campos de CIAT-Palmira en 1985, con el fin de evaluar el control de *E. ello* con *Baculovirus* después de haber sido almacenado por períodos de 2-4 años, en diferentes condiciones físicas: puro e impuro. En la Tabla 1, se pueden apreciar las soluciones madres, preparaciones y dosis aplicadas en todos los ensayos.

Los diferentes tratamientos aplicados se hicieron a surcos de 40 m de longitud, donde se marcaron 15 plantas al azar para ser observadas en cada evaluación. Entre cada surco tratado se dejaron como barrera 20 surcos de por medio. Las evaluaciones se hicieron a las 0 - 41 - 89 - 113 y 161 horas.

RESULTADOS Y DISCUSION

En el primer ensayo realizado en Santander de Quilichao, con las dos dosis utilizadas, a las 72 horas después de la

aplicación y cuando se hizo la recolección de larvas se observó mortalidad en el campo y, a las 120 horas después de la aplicación, hubo mortalidad del 100%. En las bandejas donde se colocaron las larvas colectadas en las parcelas sin aplicación del virus, no se presentó mortalidad alguna.

Con estos resultados se obtuvieron los primeros indicios de la posibilidad de utilizar el *Baculovirus erinnyis* para el control de gusano cachón. También, se observó la facilidad con que se puede aplicar este patógeno utilizando los métodos convencionales. Es importante destacar que en la solución preparada no queden partículas (piel y residuos del insecto) que puedan obstruir las boquillas de las bombas de aplicación.

En el ensayo de laboratorio, cuando se ofreció follaje asperjado con el *Baculovirus* a las larvas en primer instar, cuyos resultados se pueden observar en la Tabla 2, se aprecia la diferencia en el porcentaje de mortalidad entre el testigo y los dos tratamientos con *Baculovirus* después de 48 y 72 horas de la aplicación. Cuando se aplicaron 10 cc de *Baculovirus*, 30% por litro de agua, la mortalidad fue más rápida (100% a las 72 horas) que cuando se usaron 5 cc (100% de mortalidad a las 96 horas). A las 48 horas hubo diferencia significativa entre las dos dosis, pero a las 72 horas no. En la Figura 2 se puede apreciar que la cantidad de larvas sanas en estos períodos es 0. Al final, el testigo presentó un porcentaje de mortalidad del 30%, posiblemente, debido al manipuleo en el laboratorio.

En este ensayo comparado con el primero, la mortalidad ocurrió en un período menor (48-96 horas vs. 72-120 horas), debida, posiblemente, a que el follaje consumido por las larvas en confinamiento estuvo bien cubierto por el virus, mientras que, en el campo, no se presentó esta misma situación. Esto resalta la importancia de hacer un mayor cubrimiento con la solución viral a nivel de campo o realizar, según la situación, aplicaciones a intervalos más cortos, como indica Granados (1986).

TABLA 1. *Baculovirus erinnyis* soluciones madres y dosis usadas para el control de *E. ello*.

| Tipo de Virus | Solución Madre (%) | Preparación | Dosis Aplicada |
|---|--------------------|--------------------------------------|---------------------------|
| Recién colectado Impuro de 2 meses en frío | 30 | 300 gr. larvas en 700 cc. de agua | 5 y 10 cc/lit. de agua |
| | 6 | 30 gr. larvas en 470 cc. de agua | 10 cc/litro de agua |
| Liofilizado (Polvo) Puro 2 años al ambiente | 0.26 | 0.13 gr. polvo en 50 cc. de agua | 10 cc/litro de agua |
| Viejo - Impuro 4 años en frío | 6 | 30 gr. larvas en 470 cc. de agua | 10 cc/litro de agua |

TABLA 2. Control de *Erinnyis ello* con *Baculovirus* (NGV).

| Dosis por litro de agua | Tiempo horas | No. larvas sanas | No. larvas muertas por virus | % mortalidad acumulado |
|-------------------------|--------------|------------------|------------------------------|------------------------|
| 5 cc | 0 | 50 | 0 | 0 A |
| | 48 | 27 | 23 | 46 C |
| | 72 | 4 | 23 | 92 BB |
| | 96 | 0 | 4 | 100 BB |
| 10 cc | 0 | 50 | 0 | 0 A |
| | 48 | 9 | 41 | 82 BB |
| | 72 | 0 | 9 | 100 BB |
| Testigo 0 cc | 0 | 50 | 0 | 0 A |
| | 48 | 50 | 0 | 0 A |
| | 72 | 46 | 4 | 8 A |
| | 96 | 35 | 11 | 30 C |

Nivel de significancia al 005.

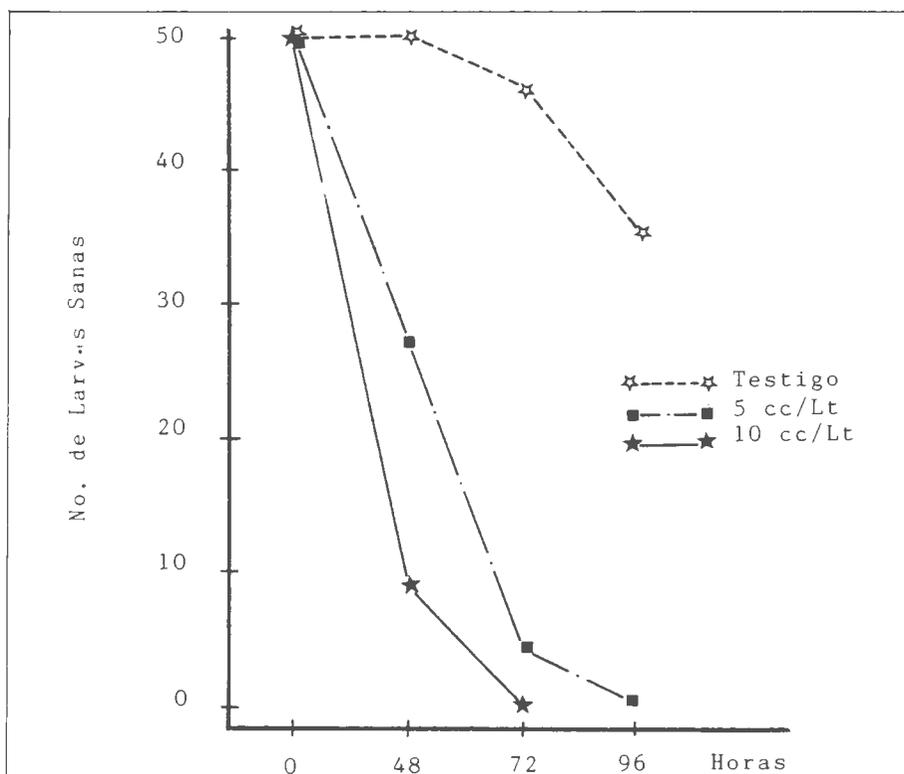


Figura 2. Control de *Erinnyis ello* con *Baculovirus* (NGV).

En el tercer ensayo se utilizaron: *Baculovirus* almacenado impuro (4 años) entre 3 y 4°C, puro (liofilizado) al ambiente durante 2 años e impuro recién colectado (menos de 2 meses de almacenamiento en frío) aplicados en el campo. La Figura 3 indica que los resultados más efectivos para el con-

trol de *E. ello*, aplicando *Baculovirus*, en todos los períodos evaluados, fueron cuando se utilizó material con menor tiempo de almacenamiento, seguido de aquel con 4 años (1-4A-F) e impuro. En el *Baculovirus* puro (P-2A-A), su efecto se empezó a notar a las 89 horas (0.4% mortalidad) y su virulen-

cia fue menor, pues, cuando en el impuro la mortalidad llegó al 100%, en éste, el máximo alcanzado fue 27.2%.

Esta situación pudo deberse a la concentración utilizada en la solución madre, 0.26% comparada con 6% para los otros dos tratamientos, aunque las dosis utilizadas fueron iguales (10 cc soluc./litro agua) Tabla 1. En el surco testigo, en ninguno de los períodos evaluados se presentó mortalidad de larvas.

Es importante resaltar en este ensayo, que todos los sistemas utilizados arrojaron resultados positivos en mayor o menor grado para el control de *E. ello*. Estos resultados de almacenamiento y control tienen concordancia con los obtenidos por Croninham (1971), Chauthani y Clausen (1968) y Martignoni (1978), reportados por Granados (1986).

En el tercer ensayo, fue evaluado, también, el parasitismo de huevos en las plantas y el comportamiento de éste puede verse en la Figura 4, donde se aprecia que las aplicaciones de *Baculovirus* tampoco tienen efecto negativo sobre el parasitismo de huevos, ya que la tendencia de éste en cada uno de los tratamientos fue el de aumentar y fluctuó entre 20 y 40% inicialmente (a las 0 horas) hasta 58 y 82% (a las 161 horas).

Es necesario anotar que, en Brasil, actualmente, se ha adoptado por parte de las entidades nacionales esta metodología sencilla para el control de *E. ello* y se ha logrado su objetivo con mucho éxito teniendo gran aceptación entre los cultivadores de yuca y se está implementando para ser utilizada en Colombia.

Síntomas característicos de larvas de *E. ello* atacadas por *Baculovirus erinnyis*.

1. Las larvas de color negro se tornan brillosas en su superficie dorsal y la cutícula pierde su apariencia oscura (textura como de pana) y se torna más lisa y clara.
2. Las larvas de color amarillo y verde

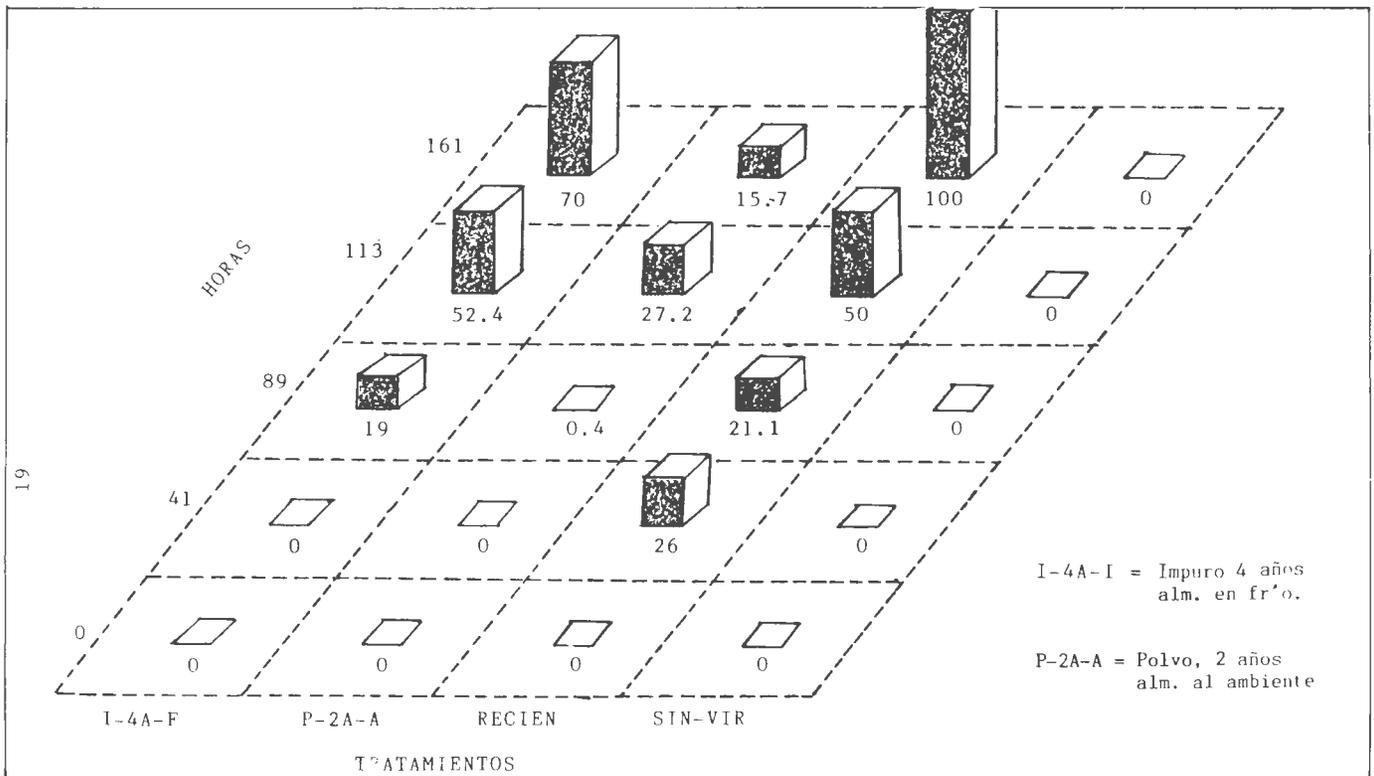


Figura 3. Porcentaje de larvas muertas por *Baculovirus erinnyis*.

se tornan más claras y, a través de la cutícula, se aprecia una coloración lechosa como coágulos, al mismo tiempo, aparecen manchas color marrón entre los pliegues de los segmentos. Al pincharlas con algún objeto punzante, las larvas emanan un líquido lechoso, semejante al latex.

- Las larvas se vuelven lentas en su actividad y dejan de alimentarse.
- Presentan diarrea y los últimos excrementos pueden quedarse adheridos al segmento anal.
- Las larvas se tornan rugosas y pueden colgarse de los pecíolos de las hojas o morir sobre la superficie de las mismas o sobre el tallo.

- Después de cierto tiempo, se produce descomposición por contaminación y las larvas se revientan produciéndose un olor desagradable.

CONCLUSIONES

- El virus *B. erinnyis*, que ataca al

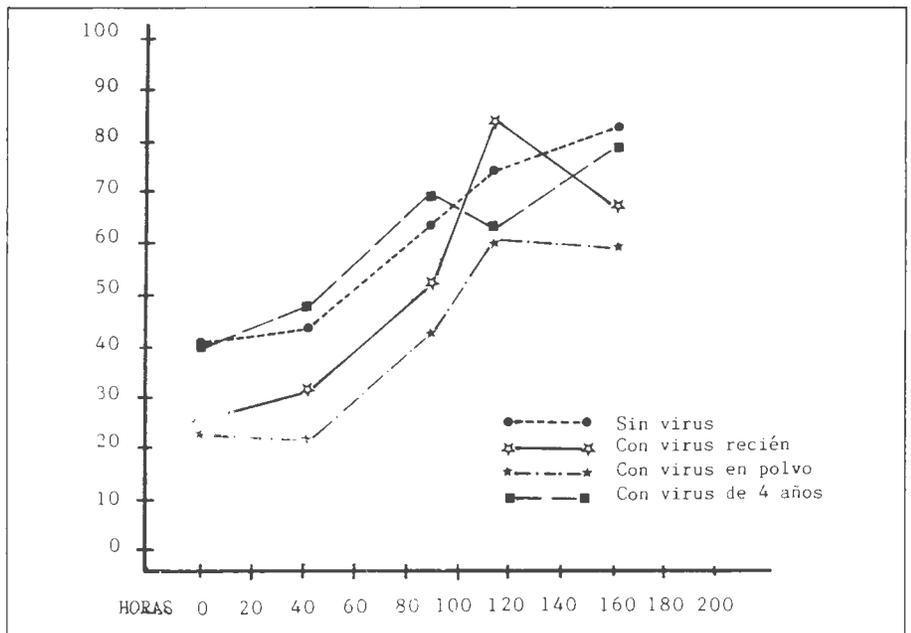


Figura 4. Comportamiento del parasitismo de huevos de *E. ello* en parcelas tratadas con *Baculovirus erinnyis*.

gusano cachón *E. ello*, puede ser obtenido de larvas enfermas y ser utilizado como insecticida biológico.

- Según la concentración de la solu-

ción madre, las condiciones de almacenamiento y la dosis aplicada, el *B. erinnyis* puede producir la muerte de las larvas de cachón entre las 41 y 160 horas después de aplicado.

3. *B. erinnyis* en estado impuro puede ser almacenado entre 2 y 4°C por más de 4 años sin perder su viabilidad.
4. De acuerdo con los resultados obtenidos, el virus es más eficaz cuando se aplica recién obtenido de larvas enfermas.
5. En esta investigación, el virus arrojó resultados positivos en todas las concentraciones, dosis y formas en que se usó.
6. *B. erinnyis* es un agente biológico, que puede ser extractado fácilmente por cualquier agricultor.
7. *B. erinnyis* no tiene un efecto negativo sobre los parásitos de huevo de *E. ello*.

BIBLIGRAFIA

1. AIZAWA, K. 1963. The nature of infections caused by nuclear polyhedrosis viruses, in insect pathology. An advance Treatise, Vol. 1, Steinhaus, E.A., Ed., Academic Press, New York, 383.
2. AIZAWA, K., 1954. Dissolving course and the virus activity of the polyhedral bodies of *Bombyx mori*, Sanshi Kenkyu. 8,52.
3. ARIAS, V.B., A.C. BELLOTTI. 1984. Pérdidas en rendimiento (daño simulados) causadas por *Erinnyis ello* (L) y niveles críticos de población en diferentes etapas de desarrollo en tres clones de yuca. Revista Colombiana de Entomología; 10, 3-4. pp 28-35.
4. BULLOCK, H.R., J.P. HOLLINGS WORTH and A.W. HARSTACK. 1970. Virulence of *Heliothis* nuclear polyhedrosis virus exposed to monocromatic ultraviolet irradiation, J. Invertebr. Pathol. 16, 419.
5. BUSTILLO, A.E.P. 1984. Micro-organismos patógenos a insectos: características y modo de acción. Seminario sobre patología de insectos. SOCOLEN, Comité Seccional de Antioquia. pp 7-55.
6. COCH, T.L. and C.M. IGNOFFO. 1981. Formulation of insect pathogens, in microbial control of pests and plant diseases, 1970-1980, Burges, H. D. Ed., Academic Press, New York, 621.
7. CUNNINGHAM, J.C. 1971. Polyhedrosis viruses infecting the eastern hemlock looper, *Lambdina fiscellaria* in Proc. 4th Int. Collq. insect Pathol., College Park, Md. 292.
8. CUNO, G., J.CH. MULET y A. De HERNANDEZ. 1981. Patología de insectos con énfasis en las enfermedades infecciosas y sus aplicaciones en el control biológico. Universidad del Valle, Cali, Colombia. 253 p.
9. CHAUTHANI, A.R. & D. CLAUSEN, DOUGLAS REARING. 1968. Fir tussock moth larvae on synthetic media for the production of nuclear polyhedrosis virus, J. Econ. Entomol., 61,101.
10. DAVID, W.A.L. 1969. The effect of ultraviolet irradiation of known wavelengths on a granulosis virus of *Pieris brassicae*, J. invertebr. Pathol. 14, 336.
11. DAVID, W. A.L. 1975. The granulosis virus of *Pieris brassicae* (L.) and relationship with its host, in advances in virus research, Lauffer, M.A., Bang, F.R., Mara Morosch, K., and Smith, K.M., Academic Press, New York, 111.
12. DE BACH, P. 1964. Control biológico de plagas de insectos y malas hierbas. Ed., CECSA, México. pp 619-633.
13. GRANADOS, R.R. & FEDERICI, B.A. 1986. The biology of Baculoviruses Practical application for insect control. Ed. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, Volume II. 276 p.
14. HUNTER, D.K., D.F. HOFFMAN and S.J.P. COLLIER. 1973. Pathogenicity of a nuclear polyhedrosis virus of the almond moth; *Cadra cautella*, J. Invertebr. Pathol., 21, 282.
15. IGNOFFO, C.M. 1968. Specificity of insect viruses, Bull. Entomol. Soc. Am., 14, 265.
16. IGNOFFO, C.M. 1975. Evaluation of in vivo specificity of insect viruses, in **Baculoviruses** for Insect Pest Control., Safety considerations, summers, M Engler, R. Falcon, L.A. and Vail, P. Eds. American Society of Microbiology, Washington, D.C. 52.
17. JAQUES, R.P. 1977. Stability of entomophogenic viruses, Misc. Pobl. Entomol. Soc. Am. 10, 99.
18. LEWIS, F.B. & W.D. ROLLINSON. Effect of storage on the virulence of gypsy moth nucleopolyhedrosis inclusion bodies, J. Econ. Entomol. 71, 719.
19. MARTIGNONI, M.E. 1978. Production, activity and safety of the Douglas fir tussock moth nucleopolyhedrosis virus, USDA for Serv. Tech. Bull., No. 1585, 140.
20. McLEOD, P.J., W.C. YEARIAN and S.Y. YOUNG. 1977. Inactivation of *Baculovirus heliothis* by ultraviolet irradiation, dew and temperature, J. Invertebr. Pathol. 30, 237.
21. MORRIS, O.N. 1971. The effect of sunlight, ultraviolet and gamma radiations and temperature on the infectivity of nuclear polyhedrosis virus, J. Invertebr. Pathol., 18, 292.
22. WITT, D.J. and G.R. STAIRST. 1975. The effects of ultraviolet irradiation on a *Baculovirus* infecting *Galleria mellonella*, J. Invert. Pathol., 26, 321.

CARACTERIZACION BIOQUIMICA DEL GUSANO BLANCO DE LA PAPA *Premnotrypes vorax* POR MEDIO DE SEPARACION ELECTROFORETICA

Alfora S. González C.*
Pedro L. Gómez C.**

RESUMEN

Una de las formas más económicas para el control de los insectos es mediante el uso de variedades resistentes. Sin embargo, antes de iniciar el proceso de obtención de estos materiales, es necesario conocer la variabilidad genética del insecto en condiciones naturales y artificiales. La principal plaga del cultivo de la papa en Colombia es el gusano blanco, *Premnotrypes vorax* (Hustache), sobre el cual se determinaron las condiciones de separación electroforética de proteínas totales y de esterasas. Se estudió el estado del insecto, las condiciones del gel, el buffer de corrimiento y el medio de extracción, con el objeto de establecer la variabilidad genética de las poblaciones de gusano blanco en el cultivo de la papa. Para hacer la determinación se debe utilizar el abdomen del macho adulto, eliminado el caparazón de quitina. Para la separación de esterasas debe utilizarse sucrosa al 20% y geles al 10% para las alfa esterasas y al 15% para las beta esterasas; el buffer en el gel es Tris 0.074M - ácido cítrico 0.009M, pH= 8.4; el buffer de los electrodos es una solución stock de hidróxido de litio 0.036M y ácido bórico 0.194M, pH = 8.25, la cual se diluye 1:3 para el cátodo y 1:4 para el ánodo.

Palabras claves adicionales: Variabilidad genética; Esterasas; proteínas; plaga de papa; Coleoptera: Curculionidae.

ABSTRACT

The use of resistance varieties is one of the most economical ways of insect control. Before starting the process of breeding, it is necessary to know the insect variability in natural and artificial conditions. The conditions of electrophoretic separation on total proteins and esterases were established for the most important insect of the potato crop in Colombia, *Premnotrypes vorax* (Hustache). Insect stages were analysed, also gel conditions, electrode buffer and extraction media, in order to establish the genetic variability of the andean weevil populations.

The abdomen of the male without the chitin cover was found to be the part of the insect most adequate to work with. For the separation of esterases 20% sucrose should be used and 10% gel with alpha esterase and 15% with beta esterase; the buffer of the gel is 0.074M Tris - 0.009M Citric acid, pH = 8.4; the buffer of the electrodes is a stock solution of 0.036M LiOH and 0.194M Boric acid, pH= 8.25 diluted 1:3 for the cathode and 1:4 for the anode.

Additional Index Words: Genetic variability; esterases. proteins; Insect pest of potato; Coleoptera: Curculionidae.

1. INTRODUCCION

Una de las plagas que afecta gravemente al cultivo de la papa en el país es el gusano blanco, *Premnotrypes vorax* (Hustache), presente en más del 75% de las zonas productoras del tubérculo, causando pérdidas que pueden llegar

al 100% (18). El agricultor ha intensificado la aplicación de insecticidas como un medio para asegurar la ausencia del insecto en la cosecha, con lo cual ha ocasionado un aumento significativo en los costos de producción.

Anualmente, los cultivadores gastan más de 25 millones de dólares en su control, constituyéndose así en uno de los problemas más graves para el cultivo de la papa. Se requiere investigar sobre aspectos que disminuyan o eliminen la aplicación de insecticidas, de tal manera que la producción del tubérculo económicamente sea más competitiva a nivel nacional e internacional.

Una de las formas más económicas de controlar el insecto es mediante el uso de variedades resistentes. El Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) ha venido trabajando en la evaluación de materiales en campo y en invernadero. En un programa de mejoramiento se hace necesario evaluar gran cantidad de individuos, para tener la probabilidad de encontrar uno o algunos más resistentes y para ello se requiere de metodologías que permitan identificar con cierta seguridad y rapidez los genotipos resistentes.

En todo plan de mejoramiento para resistencia a hongos o a insectos, el paso inicial, para justificar la búsqueda de dicha resistencia, es conocer la variabilidad del patógeno o del insecto. Si la variabilidad es muy grande, sería preferible utilizar otras medidas de control diferentes a las genéticas.

La caracterización bioquímica ha sido utilizada en otros cultivos para establecer la variabilidad genética del insecto o patógeno (1,7,9,11,13,14,15) y para

* Química Programa de papa. ICA-Tibaitá.

** Ing. Agr. Ph.D. Director División de Cultivos Múltiples del ICA. A.A. 151123 (El Dorado) Bogotá.

la identificación de genotipos resistentes (2,5,6,8,16,17). Como etapa inicial en la producción de variedades de papa resistentes a gusano blanco, se identificaron parámetros bioquímicos del insecto que puedan ser utilizados para la determinación de su variabilidad.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1. Aspectos del Insecto

En la región andina se reconocen varias especies de Curculiónidos como plagas de papa y sus nombres comunes son "Gusano de papa", "Gorgojo de la papa" o simplemente "Gusano blanco".

De la familia Curculionidae, para el cultivo de la papa, el género más importante es *Premnotrypes* y dentro de él se han registrado las siguientes especies: *P. latithorax* (Pierce), *P. pusillus* Kuschel, *P. solani* Pierce, *P. suturicallus* Kuschel, *P. vorax* (Hustache), *P. fractirostris* Marsh, *P. sanfordi* Pierce, *P. piercei* Alcala (EPPO 1984, citado por Calvache 1986).

El gusano blanco de la papa, *P. vorax*, se encuentra en las partes altas de la cordillera de los Andes, desde la zona central del Perú, en el Departamento de Junín, hasta el Estado del Táchira en Venezuela. En Colombia existen todas las zonas productoras de papa de los departamentos de Nariño, Cauca, Tolima, Cundinamarca, Boyacá, Santander, Norte de Santander y Antioquia, desde 2.100 msnm en adelante (4).

El ciclo de vida de este insecto varía considerablemente, de acuerdo con la temperatura ambiental, la humedad del suelo y la disponibilidad de alimento. Para el caso del CNI Tibaitatá, situado a 2620 msnm y con una temperatura promedio de 14°C, Zenner de Polanía (1986) observó el siguiente ciclo:

| ESTADO | DIAS |
|-----------------|-------|
| Huevo | 21.2 |
| Larva | 40.8 |
| Pupa | 16.4 |
| Adulto (hembra) | 126.5 |

2.2 Fundamentos de la electroforesis

La electroforesis es una técnica cromatográfica ampliamente utilizada para separar mezclas de compuestos iónicos, como, por ejemplo, proteínas, con base en el tamaño y la carga de las moléculas.

Las proteínas son los productos primarios de los genes estructurales y, por ello, son de principal interés en estudios genéticos. Si ocurren cambios en la secuencia básica que codifica las proteínas, sucederán cambios en la estructura primaria de las proteínas y, al realizar la electroforesis, la sustitución de un solo aminoácido tendrá efectos marcados en la migración (12). Si se desea hacer visible (colorear por formación de complejos) el gran número de proteínas que contiene el extracto crudo de un tejido animal o vegetal, se presentará una serie compleja de bandas que hace casi imposible distinguir proteínas (alélicas) homólogas y no homólogas. Esto se obvia trabajando con proteínas funcionales, conocidas como enzimas y, más específicamente, con isoenzimas que participan sólo en reacciones específicas, lo cual permite visualizar únicamente la isoenzima de interés. La palabra isoenzima es un término operacional, usado para describir varias moléculas distinguibles que se encuentran en el mismo organismo y que catalizan la misma reacción. La variación en los patrones de bandas permite clasificar genéticamente los individuos de manera similar a cualquier otro fenotipo (12).

La existencia de estas isoenzimas tiene varias causas, que se dividen en dos categorías (10):

- a) Causas primarias o genéticas, debidas a genes múltiples, cada uno de los cuales codifica un diferente tipo de subunidad enzimática.
- b) Causas secundarias o postranslacionales, en que las unidades de las enzimas homogéneas son modificadas diferencialmente, para producir un rango de subunidades a partir de un gen único.

Por esta la razón, existen muchas asociaciones oligoméricas de subunidades polipeptídicas, de las cuales las comu-

nes son las estructuras cuaternarias dimérica y tetramérica.

La existencia de más de un tipo de subunidad enzimática en la célula y de diferentes subunidades que se pueden unir en diferentes combinaciones, forman un conjunto de isoenzimas.

En cada conjunto hay una o más isoenzimas que contienen los mismos tipos de subunidades. Estos conjuntos se denominan **isoenzimas híbridas**, que poseen propiedades químicas y físicas intermedias y presentan velocidad de migración, también, intermedia, lo cual depende, de las subunidades que las componen.

En la molécula compleja, asumiendo que las subunidades se asocian al azar, el número total de las diferentes formas o isoenzimas que se pueda presentar, se expresa por:

$$i = \frac{(S+P-1)!}{P!(S-1)!}$$

- i = Número de isoenzimas.
- P = Tipo de polímero
- S = Número de subunidades diferentes
- P= 3: dímero
- P= 3: trímero
- P= 4: tetramero

Sin embargo, la complejidad del conjunto de isoenzimas está restringida, debido a que, en la naturaleza no se encuentran todos los posibles híbridos, ni todos los locus genéticos se expresan al mismo tiempo en la misma célula (12).

2.3. Importancia de las isoenzimas como marcadores genéticos

La utilidad de las isoenzimas como marcadores genéticos en la evaluación de la variabilidad ha sido bien demostrada y esta técnica puede usarse, entre otros, en la caracterización de insectos, identificación de genotipos, discriminación de mezclas genéticas y correlación de genotipos con su origen geográfico. (1,7,9,11,15).

Desde el punto de vista técnico, es im-

portante el hecho de que el análisis de isoenzimas por medio de electroforesis puede realizarse convenientemente, en forma simultánea, sobre un número grande de muestras, utilizando cantidades extremadamente pequeñas (10-50 ug).

Desde el punto de vista de la interpretación de los electroforegramas, se puede destacar que las isoenzimas alélicas se expresan codominantemente, o sea, que un alelo no se enmascara por la presencia de otro y, por lo tanto, en un heterocigoto, estarán presentes ambas subunidades de isoenzimas codificadas, mientras que, en el homocigoto, sólo se encuentra una subunidad. Así, el genotipo de un individuo se manifiesta a partir de su fenotipo enzimático (12).

Debido a la complejidad metabólica, las características morfológicas son el resultado de la interacción de muchos locus genéticos diferentes y, por esto, para seguir la actividad genética a nivel de producto polipeptídico, es necesario llevar a cabo un análisis genético preciso de los locus individuales y, así, abolir el problema de interferencia de otros locus.

Por este motivo, la separación electroforética de isoenzimas se convierte en una herramienta de gran utilidad para genetistas, bioquímicos, fitomejoradores y demás investigadores interesados en conocer aspectos genotípicos que, posteriormente, serán de utilidad para resolver problemas concretos de mejoramiento.

3. MATERIALES Y METODOS

El trabajo se realizó en el Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias Tibaitatá del ICA, localizado en el Municipio de Mosquera, Cundinamarca.

Se utilizó una unidad para electroforesis Protean II, diseñada para trabajar placas de poliacrilamida (PAA) de 1.5 mm de espesor y una fuente de poder Beckman. Durante el corrimiento, la unidad permaneció dentro de una nevera para facilitar el control de la temperatura.

Para el análisis, las muestras se colocaron en los orificios de una placa plástica, semejante a la utilizada para realizar pruebas de ELISA. Se adicionó el medio de extracción y se maceró con una pequeña varilla de vidrio.

Para el análisis de esterasas, la extracción se hizo sobre baño de hielo. Durante la tinción, los geles se mantuvieron en cubetas sobre un agitador orbital.

Para determinar el mejor medio de extracción, se observó su comportamiento utilizando medios de diferente composición, pH y polaridad. En el corrimiento, fue necesario determinar el valor óptimo de potencial y el tiempo durante el cual se debe aplicar.

Para buscar el marcador apropiado, se observaron patrones obtenidos para proteínas totales, cuando se coloreaba con Coomassie Blue y cuando se empleaban iones plata. Dentro del grupo de isoenzimas, se trabajó con alfa y beta esterasas.

La estandarización de la metodología se hizo con el fin de establecer las condiciones apropiadas para obtener patrones que permitan caracterizar las poblaciones, analizando los diferentes estados del insecto: huevo, pupa y adulto. No se trabajó con larva debido

a que, en este estado, el insecto se alimenta constantemente y, por lo tanto, las proteínas que se separen corresponderán no sólo al insecto sino, también, al alimento que permanece en el aparato digestivo.

3.1. Huevos

Se utilizaron huevos recién ovopositados y se probaron diversos medios de extracción (Tabla 1). Se abarcó rango de pH 6.3 - 8.8 y se varió la polaridad de los medios y se observaron los patrones obtenidos, al emplear detergentes y sustancias que desnaturalizan la proteína.

Para preparar el extracto, se maceró cada huevo con 7 ul del medio, se adicionó 7 ul de indicador (azul de bromofenol) y 7 ul de sucrosa al 20%, con el objeto de aumentar la densidad del extracto y facilitar el manejo posterior de la muestra al colocarla en el orificio del gel. De esta muestra, se tomaron 10 ul y se colocaron sobre el gel. Se ensayó coloración de proteínas totales con Coomassie Blue y con iones plata.

3.2. Pupas

Se trabajó con pupas próximas a emerger como adultos y con adultos recién emergidos. Se probaron diversos me-

TABLA 1. Medios de extracción para las diferentes muestras de huevos, pupas y adultos de Gusano Blanco.

| |
|---|
| Metanol al 70% |
| Etanol al 70% |
| Acido acético 0.1M |
| Agua |
| Urea 8M |
| SDS al 5% |
| SDS al 1% |
| Sucrosa al 20% |
| Cloruro de sodio 3M |
| Propanol |
| 2-Mercaptoetanol al 1% en ácido acético 0.1M |
| 2-Mercaptoetanol al 1% en Tris-HC1 0.5M, pH= 6.8 |
| Tris-HC 0.5M, pH= 6.8 |
| Tris-HC 0.05M, pH= 8.3 |
| Tris-HC 1.5, pH= 8.8 |
| Acido cítrico 0.009M - Tris 0.074M, pH= 8.4 |
| Tris-HC 0.05M, pH= 8.3 |
| Buffer de acetato pH= 5.8 |
| Buffer de fosfato pH= 6.8 - 7.3 |
| Buffer de fosfato pH= 6.8 - 8.3+ 1% de 2-mercaptoetanol |
| Lactato de Aluminio pH= 3.1 |
| Tris-Borato pH= 8.9 |
| Tris-Citrato pH= 8.5 |

TABLA 2. Sistemas de buffer para el gel y electrodos, ensayados con adultos de gusano blanco en la electroforesis de esterazas.

| EN EL GEL | | | EN LOS ELECTRODOS | | |
|--------------|-----------|-----|---|-----------|-----|
| Iones | Molaridad | pH | Iones | Molaridad | pH |
| TRIS | 0.070 | 8.7 | Igual que en el gel | | |
| EDTA | 0.007 | | | | |
| Borato | 0.010 | | | | |
| TRIS | 0.068 | 7.2 | Borato | 0.05 | 8.6 |
| Citrato | 0.025 | | | | |
| TRIS | 0.010 | 9.2 | TRIS | 0.04 | 9.2 |
| Glicina | 0.005 | | Glicina | 0.022 | |
| TRIS-Borato | 0.1 | 8.7 | Igual que en el gel | | |
| TRIS-Glicina | 0.37 | 9.5 | Igual que en el gel | | |
| TRIS-HCl | 0.083 | 8.9 | Igual que en el gel | | |
| TRIS-HCl | 0.062 | 7.6 | TRIS | 0.005 | 8.3 |
| | | | Glicina | 0.038 | |
| TRIS | 0.074 | 8.4 | LiOH | 0.036 | 8.3 |
| A. Cítrico | 0.009 | | A. Bórico | 0.194 | |
| | | | Diluido 1:3 en el cátodo Diluido 1:4 en el ánodo | | |

dios de extracción (Tabla 1). Cada ejemplar fue macerado con 200 ul del medio y se centrifugó a 10.000 r.p.m. durante 10 minutos. El material sobrenadante se retiró y se le adicionó 20 ul de sucrosa al 20% y 20 ul de indicador (azul de bromofenol). De la muestra así preparada, se colocaron 20 ul sobre el gel. La coloración se hizo en Coomassie Blue.

3.3. Adultos

En adultos, se experimentó con isoenzimas y, específicamente, con esterazas, por ser uno de los sistemas más ampliamente utilizados y que ha dado excelentes resultados en el caso de otros insectos (1,9,11,15).

Al igual que en los casos anteriores, el primer paso consistió en encontrar el medio de extracción apropiado.

Los ejemplares, en este caso machos adultos con cuarenta y ocho horas de ayuno, fueron colocados en una caja petri sobre baño de hielo y se les quitó el caparazón de quitina y se tomó solamente el abdomen (Figura 1). Este

abdomen se mecero con 50 ul de solución extractora (Tabla 1), 40 ul de sucrosa al 20% y 10 ul de indicador (Azul de Bromofenol). De este extracto, se aplicaron 20 ul en cada orificio del gel.

En la tabla 2 se encuentran consignados los diferentes sistemas analizados, tanto para el gel como para las soluciones de los electrodos.

El corrimiento se llevó a cabo a 20 mA en forma constante por 4 horas. El revelado de alfa y beta esterazas se hizo siguiendo la metodología de Belalcázar (3).

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Huevos

El método de coloración con Coomassie Blue fue insensible a la cantidad de proteína presente en un huevo. Con iones plata (método mucho más sensible), cuando se emplearon los siguientes medios de extracción, enunciados en su orden de eficiencia: etanol al

70%, ácido acético 0,1M, mercaptoetanol al 1% en Tris-HCl de 0,5 M. Tris-HCl 5% PH 6,8, etanol, agua, urea 8M, SDS al 5% y Tris-HCl 0,05M pH 8,3, se obtuvieron patrones de bandas intensas y bien definidas.

De los diversos medios estudiados, cuando se empleó como buffer del gel, un sistema Tris-HCl 0.5M, ph = 6.8 el cual contenía una concentración de SDS del 0.7%, se encontraron los mejores resultados. Para el buffer del electrodo, cuando se empleó un sistema Tris 0.025M glicina 0.192M, ph = 8.3 y una concentración de SDS de 0.1%, se obtuvieron buenos resultados.

Experimentalmente, se encontró que, para obtener patrones de proteínas totales bien definidos, tanto en huevos como en pupas se requiere colocar inicialmente la fuente a 22 mA y 50V por espacio de 150 minutos. Posteriormente, se eleva el potencial a 100 V, manteniendo la corriente constante a 22mA por espacio de 60 minutos y, finalmente, se lleva a 120 V y 32 mA por dos horas.

En la Figura 2 se observa la separación de proteínas totales de huevos recién ovipositados, cuando se realiza la electroforesis en las condiciones antes mencionadas. Se puede apreciar que, aunque las bandas están muy bien definidas, se tiene un espectro continuo lo cual no es deseable desde el punto de vista de interpretación y de análisis del electroforegrama.

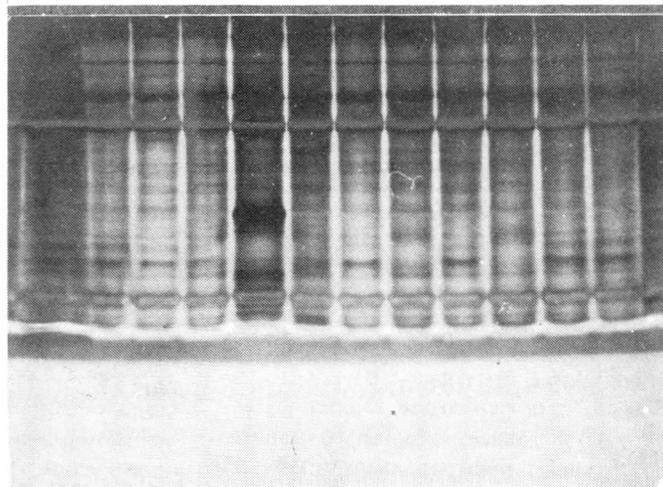
4.2. Pupas

De los diversos medios de extracción examinados, al emplear agua, urea 8M, ácido acético 0.1M, Tris-HCl 0.5M con pH=6.8, y mercaptoetanol al 1% en ácido acético 0.1M, se encontraron los mejores resultados, mencionados en forma decreciente de eficiencia. Esto se puede observar en la Figura 3 en las bandas correspondientes a las muestras Nos. 10; 2; 8; 1 y 5, respectivamente.

En este caso, el método de coloración con Coomassie Blue es sensible a la cantidad de proteína presente y se obtuvieron bandas bien definidas. Como



FIGURA 1. ADULTO DE TREMOTRYPES VORAX. ABDOMEN DEL MISMO, LIBRE DEL CAPARAZON DE QUITINA.



Figuras 1 y 2. Electroforegrama de proteínas totales de huevos de Gusano Blanco de la papa, recién ovipositados. La coloración se hizo con iones plata. Cada columna corresponde a un huevo.

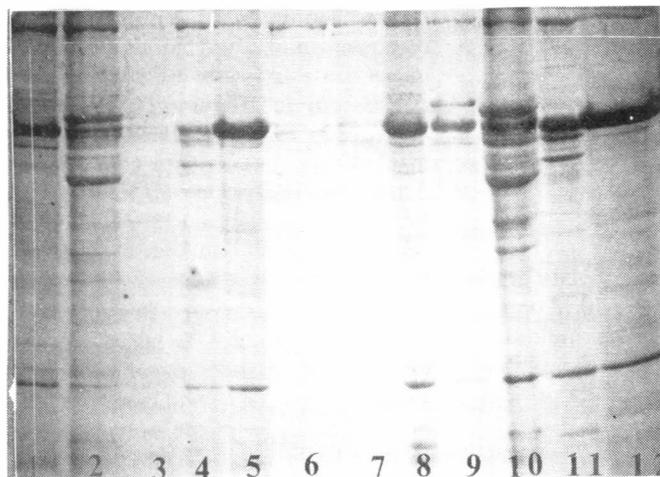


Figura 3. Electroforegrama de Proteínas totales de doce pupas empleando en la extracción de cada una diferente medio (Tabla 1).

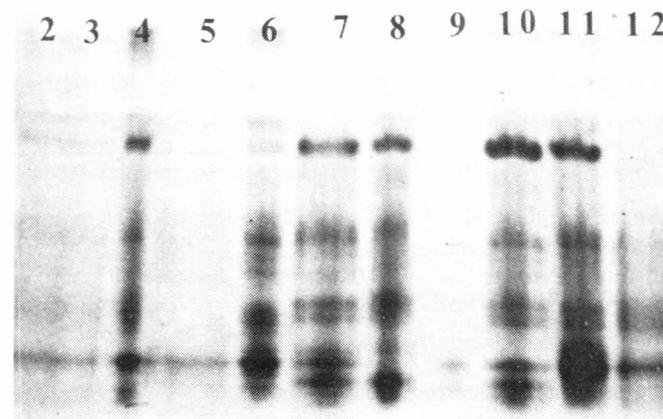


Figura 4. Electroforegrama de Alfa esterases de doce adultos. Para la extracción de cada uno se empleó un medio diferentes (Tabla 1).

en el caso de las observaciones en huevos, se presenta un espectro continuo que dificulta el análisis del resultado, lo cual se puede observar en la Figura 3. En esta figura se compara el efecto de diferentes medios de extracción (Tabla No. 1).

En pupas es difícil determinar con exactitud la edad del individuo que se utiliza como muestra y, por esto se obtiene un número alto de patrones diferentes y cada patrón corresponde a un estado de desarrollo.

4.3. Adultos

De los diversos medios de extracción probados (Tabla No. 1), se obtuvieron

los mejores resultados con úrea 8M (Figura 4, muestras Nos. 7 y 11) y con sucrosa al 20% (Figura 4, muestras 6 y 8) y se observan patrones de bandas intensas y muy bien definidas. Se presentaron seis tipos de patrones diferentes, debido a que los individuos que utilizamos eran adultos pero no todos tenían la misma edad.

Después de analizar un número alto de patrones de hembras y de machos, se estableció que, al utilizar hembras, aumentaba considerablemente el número de patrones diferentes, debido posiblemente a que, el patrón de los huevos fecundados que se encuentran en la hembra se superpone al patrón de ésta. Por lo tanto, es aconsejable trabajar

con hembras vírgenes o con machos.

Se encontró que, para trabajar con esterases en adultos de gusano blanco, el sistema más indicado es el siguiente: Buffer del gel: 0.074M Tris y 0.009M en ácido cítrico con pH=8.4.

Buffer del electrodo: Preparar un stock 0.036M en LiOH y 0.194M en ácido bórico con pH = 8.25. Esta solución se diluye 1:3 para el cátodo y 1:4 para el ánodo.

En la Figura No. 5b se observa un gel al 10% en poliacrilamida. Cada columna, cuando se revela para alfa y beta esterases, corresponde al patrón

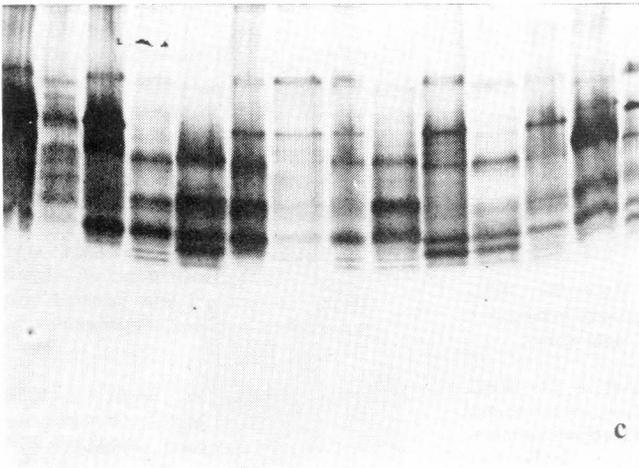
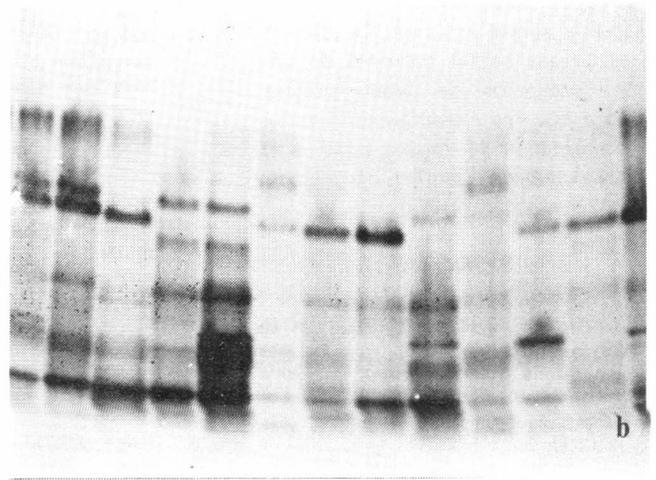
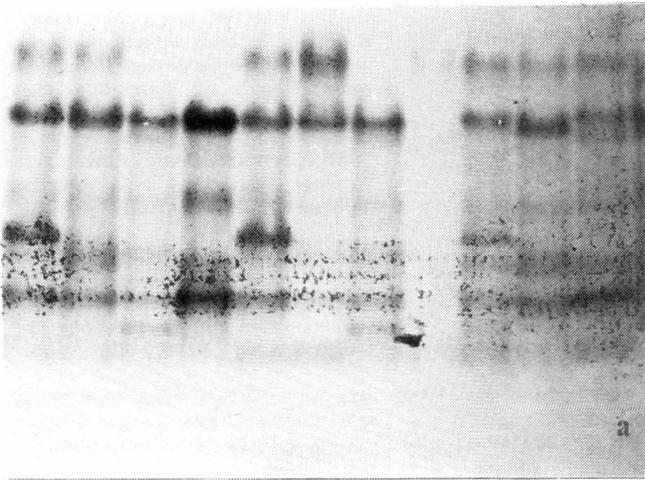


Figura 5. Electroforegrama de Alfa y Beta esterases de machos adultos de Gusano Blanco, obtenidos cuando se extrae con Sucrosa al 20% y se utiliza geles de PAA al 8% (a), al 10% (b) y al 15% (c).

obtenido de un individuo tratado con diferente medio de extracción.

Desde el punto de vista técnico, resultó ideal el hecho de que la sucrosa se comportara muy bien como medio de extracción, ya que éste se puede manejar con facilidad en el momento de colocar el extracto en el gel, lo cual permitió decidir utilizar sucrosa al 20% y observar los patrones obtenidos al variar la concentración de PAA y se trabajó con geles al 8%, 10% y 15%.

En geles al 8%, se obtiene buena separación, pero las bandas no son bien definidas y se aprecian difusas (Figura No. 5a). En geles al 10%, se obtiene buena resolución especialmente de alfa esterases. Se observaron tres zonas que, probablemente, permitirán caracte-

terizar las poblaciones de gusano blanco (Figura No. 5b).

Con geles al 15%, se obtiene mejor resolución de las beta esterases y bandas más definidas, pero se pierde separación de las alfa esterases (Figura No. 5c).

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Si se desea analizar, por medio de separación electroforética, el comportamiento de las esterases en gusano blanco, con la perspectiva de utilizarse como marcador genético para evaluar la variabilidad de este insecto, se recomienda lo siguiente:

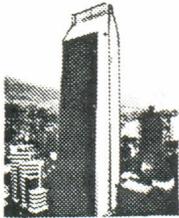
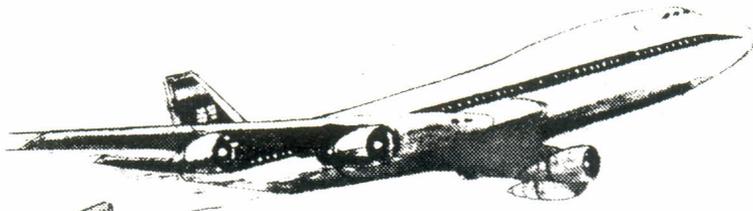
- Utilizar machos adultos (debe determinarse la edad) libres de capa de quitina.

- Extraer esterases a 4 grados centígrados con sucrosa al 20%.
- Utilizar geles de poliacrilamida al 10%, para análisis de alfa esterases y al 15%, para beta esterases.
- En el gel, deberá emplearse un buffer 0.074M en Tris y 0.009M en ácido cítrico, ajustando el pH a 8.4.
- Para los electrodos, deberá prepararse una solución stock 0.036M en hidróxido de litio y 0.194M en ácido bórico y ajustar el pH a 8.25, diluyendo posteriormente 1:3 para el cátodo y 1:4 para el ánodo.
- El corrimiento se debe realizar a 20mA durante 4 horas.

El siguiente paso de la investigación debe ser la determinación de la edad de adulto que se utilizará. La diferencia observada en los patrones de una misma población se deben precisamente a que los ejemplares utilizados no presentaban la misma edad y es necesario analizar, también otras isoenzimas.

6. BIBLIOGRAFIA

1. AYALA, F.J.; R.P. JEFFREY, et al. 1972. Enzyme variability in the *Drosophila willistoni* group. IV. Genic variation in natural populations of *Drosophila willistoni*. Genetics, 70: 113-139.
2. BARNA, B.; E. BALAZS; Z. KIRALY. 1975. Proteins and resistance of wheat to stem rust: non-involvement of some serologically and electrophoretically determined proteins. Physiol. plant pathol. 6:37-143.
3. BELALCAZAR, S. 1984. Untersuchungen zur differenzierung verschiedener rassen und formae speciales von fusarium oxysporum und anderen fusarium-arten anhand der muster multipler esterase-formen nach elektrophoretischer trennung. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Georg-August-Universität zu Göttingen Fachbereich Agrarwissenschaften.
4. CALVACHE, H. 1986. Aspectos biológicos y ecológicos del Gusano Blanco de la papa, *Premnotrypes vorax* (Hustache). p.18-23. In: Instituto Colombiano Agropecuario; Centro Internacional de la papa. Memorias del Curso Integrado de plagas de papa. Bogotá.
5. DIANO, M. 1982. Electrophoretic comparison of mitochondrial polypeptides from maize lines susceptible and resistant to *Helmithosporium maydis* race I. Plant Physiol. 69: 1217-1221.
6. FARKAS, G.L.; L. DEZSI, et al. 1964. Common pattern of enzymatic changes in detached leaves and tissue attacked by parasites. Phytopathologische Zeitschrift. 49:343-354.
7. HSIAO, T.H.; J.M. STUTZ. 1985. Discrimination of alfalfa weevil strains by allozyme analysis. Ent. Exp. Appl. 37:113-121.
8. HUNT, J.S.; M.F. BARNES. 1982. Molecular diversity and plant disease resistance: an electrophoretic comparison of near-isogenic lines of wilt-resistant or susceptible *Pisum sativum* L. cv. William Massey. Euphytica, 31: 341-348.
9. JACOBSON, J.W.; T.H. HSIAO. 1983. Isozyme variation between geographic populations of The Colorado Potato Beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae). Ann. Ent. Soc. Amer. 76:162-166.
10. RIDER, D.D.; C.B. TAYLOR. 1980. Isoenzymes (outline studies in biology). Chapman and Hall, New York.
11. RITZENGRUBER, V.O.; E. FUHRER. 1986. Isoenzymanalyse verschiedener populationen von *Pityogenes chalcographys* L. (Coleoptera, Scolytidae). J. Appl. Ent. 101:187-194.
12. SHAW, C.R. 1964. The use of Genetic Variation in the Analysis of Isozyme structure. Brookhaven National Laboratory. Biochemical and Genetic aspects. Report of Symposium held.
13. SOLYMOSY, F.; J. SZIRMAI, et al. 1967. Changes in peroxidase-isozyme patterns induced by virus infection. Virology. 32:117-121.
14. STAVELY, J.R.; E.W. HANSON. 1967. Electrophoretic comparison of resistant and susceptible *Trifolium pratense* noninoculated with *Erysiphe polygoni*. Phytopathology. 57:482-485.
15. STEINER, W.W.M.; D.J. VOEGTLIN, M.E. IRWIN. 1985. Genetic differentiation and its bearing on migration in North American Populations of The Corn Leaf Aphid, *Rhopalosiphum maidis* (Fich) (Homoptera: Aphididae). Ann. Ent. Soc. Amer. 78: 518-525.
16. WEBER, D.J.; B. CLARE; M.A. STAHMANN. 1967. Enzymic changes associated with induced and natural resistance of sweetpotato to *Ceratocystis fimbriata*. Phytopathology. 57:421-424.
17. WHEELER, H.; A. NOVACKY; H.H. LUKE. 1971. Isoenzymes of victoria blight-resistant oat lines selected from susceptible cultivars. Phytopathology. 61:1147-1148.
18. ZENNER DE POLANIA, I. 1986. Guía general de Manejo de plagas en el cultivo de la papa. PRACIPA-ICA. Bogotá. 36 pp.



¡A TODOS LOS LUGARES DE COLOMBIA!



CORREO DE COLOMBIA
LLEGA SEGURO Y A TIEMPO



Diseno:
EMILIO DUCHE L.