

**INSTITUTO SUPERIOR DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE SANIDAD VEGETAL**

Trabajo de Diploma

**Ecología del hongo entomopatógeno *Nemuraea rileyi* (Farlow)
Samson atacando el cogollero *Spodoptera frugiperda* J.E.
Smith (Lepidoptera, Noctuidae) en el cultivo de maíz
(Zea mays)**

Presentado por

Mirna Barrios Aguirre

Asesor

Dra. Sally Gladstone.

Managua, Nicaragua. 1988

El presente trabajo de diploma fue sometido a la consideración del Honorable Tribunal Examinador como requisito parcial para optar al título de: **Ingeniero Agrónomo.**

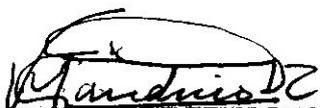
Fue revisado por el siguiente Tribunal Examinador:



Dr. Faiguny Goharay
Presidente



M.Sc. Allan Kruska
Secretario



Ing. Victor Sandino
Vocal



Mirna Barrios Aguirre
Diplomante

DEDICATORIA

A MIS PADRES:

Soila e Isaias Barrios.

AGRADECIMIENTO

Deseo manifestar mi agradecimiento a todas aquellas personas que contribuyeron de una u otra forma en la realización de este trabajo.

Mi especial agradecimiento a la Dra. Sally Gladstone por su excelente labor de asesoría. Agradesco a: Ing. Myriam Seledón por facilitarme parte del equipo de laboratorio utilizado; a mis compañeros de curso que me brindaron ayuda en la fase experimental del estudio; a los miembros del tribunal examinador por su contribución a mejorar el presente trabajo mediante su revisión y corrección; a Eulogio Póveda por haber proporcionado las larvas en los momentos adecuados.

Agradesco a la Escuela de Sanidad Vegetal por el apoyo brindado a este trabajo, así como al grupo NORAD de Noruega por haber aportado gran parte del financiamiento de este trabajo, al Centro Nacional de Investigación de Granos Básicos por facilitar el área, insumos y maquinaria necesarios para la realización del estudio.

CONTENIDO

Sección	Página
CONTENIDO	i
INDICE DE CUADROS	ii
INDICE DE FIGURAS	iii
RESUMEN	iv
I. INTRODUCCION	1
II. OBJETIVOS	7
III. MATERIALES Y METODOS	8
3.1 Ecología de <u>N. rileyi</u>	8
3.2 Viabilidad de conidias	11
3.2.1 Bio-ensayo 1	11
3.2.2 Bio-ensayo 2	14
IV. RESULTADOS	16
4.1 Ecología de <u>N. rileyi</u>	16
4.2 Viabilidad de conidias	21
4.2.1 Bio-ensayo 1	21
4.2.2 Bio-ensayo 2	27
4.3 Infectividad de las larvas de <u>S. frugiperda</u> recolectadas en los estigmas del chilote	35
V. DISCUSION	37
5.1 Permanencia en la planta	37
5.2 Esporulación y Diseminación	39
5.3 Instares afectados de <u>S. frugiperda</u> ...	43

Sección	Página:
5.4 Viabilidad de conidias	44
5.5 Infectividad en fase de estigma	47
VI. CONCLUSIONES	49
VII. RECOMENDACIONES	52
VIII. LITERATURA CITADA	53

INDICE DE CUADROS

Página:

- Cuadro 1. Porcentaje acumulativo (menos el 32% de contaminación del testigo) de larvas de S. frugiperda afectadas por N. rileyi con 1, 2 y 3 días de exposición al medio ambiente en dos posiciones relativas al estrato (alto y bajo) de la bóveda del cultivo 26
- Cuadro 2. Resultado de la prueba de independencia G del efecto de los factores número de días de exposición (D) y posición de conidias de N. rileyi en la planta de maíz (P) sobre la mortalidad de larvas de S. frugiperda (M) .. 26
- Cuadro 3. Porcentaje acumulativo de larvas de S. frugiperda afectadas por N. rileyi con 3, 6, 9 12 y 15 días de exposición al medio ambiente en dos posiciones relativas al estrato (alto y bajo) de la bóveda del cultivo 34
- Cuadro 4. Resultado de la prueba de independencia G del efecto de los factores número de días de exposición (D) y posición de conidias de N. rileyi en la planta de maíz (P) sobre la mortalidad de larvas S. frugiperda (M) 34

INDICE DE FIGURAS

Página:

- Figura 1. Distribución de tiempo que los cadáveres de S. frugiperda afectados por N. rileyi permanecen sobre las plantas de maíz (San Cristóbal, julio-agosto, 1987) 17
- Figura 2. Distribución de tiempo que los cadáveres de S. frugiperda afectadas por N. rileyi tardan para esporular sobre las plantas de maíz (San Cristóbal, julio-agosto, 1987) 18
- Figura 3. Distribución de tiempo que los cadáveres de S. frugiperda afectadas por N. rileyi permanecen esporulando sobre las plantas de maíz (San Cristóbal, julio-agosto, 1987) 19
- Figura 4. Instares de los cadáveres de S. frugiperda afectadas por N. rileyi en el cultivo de maíz (San Cristóbal, julio-agosto, 1987) 20
- Figura 5. Precipitaciones registradas en mm/día en el período julio-agosto, 1987 (Cofradía, Managua). Las flechas indican el comienzo y el fin del período de estudio 22

<p>Figura 6. Viento recorrido en km/día registrado en el período julio-agosto, 1987 (Cofradía, Managua). Las flechas indican el comienzo y el fin del período de estudio</p>	<p>23</p>
<p>Figura 7. Número de horas con humedad relativa mayor del 90% registrada diariamente en el período julio-agosto, 1987. (Cofradía, Managua). Las flechas indican el comienzo y el fin del período de estudio</p>	<p>24</p>
<p>Figura 8. Temperaturas máximas y mínimas en °C registradas diariamente en el período julio-agosto, 1987 (Cofradía, Managua). Las flechas indican el comienzo y el fin del período de estudio</p>	<p>25</p>
<p>Figura 9. Efecto de posición en la planta (estrato alto y bajo) de conidias de <u>N. rileyi</u> producidas en cadáveres de <u>S. frugiperda</u> expuestas por un día al medio ambiente sobre su viabilidad (San Cristóbal, agosto 1987). Los valores de mortalidad son acumulativos (se restó 32% de contaminación que presentó el testigo)</p>	<p>28</p>

Figura 10. Efecto de posición en la planta (estrato alto y bajo) de conidias de N. rileyi producidas en cadáveres de S. frugiperda expuestas por dos días al medio ambiente sobre su viabilidad (San Cristóbal, agosto 1987). Los valores de mortalidad son acumulativos (se restó 32% de contaminación que presentó el testigo) 29

Figura 11. Efecto de posición en la planta (estrato alto y bajo) de conidias de N. rileyi producidas en cadáveres de S. frugiperda expuestas por tres días al medio ambiente sobre su viabilidad (San Cristóbal, agosto 1987). Los valores de mortalidad son acumulativos (se restó 32% de contaminación que presentó el testigo) 30

Figura 12. Efecto de número de días de exposición al medio ambiente (1, 2 y 3) de conidias de N. rileyi producidas en cadáveres de S. frugiperda colocadas en la posición alta del estrato de la planta sobre su viabilidad. (San Cristóbal, agosto 1987). Los valores de mortalidad son acumulativos (se restó 32% de contaminación que presentó el testigo) 31

- Figura 13. Efecto de número de días de exposición al medio ambiente (1, 2 y 3) de conidias de N. rileyi producidas en cadáveres de S. frugiperda colocadas en la posición baja del estrato de la planta sobre su viabilidad. (San Cristóbal, agosto 1987). Los valores de mortalidad son acumulativos (se restó 32% de contaminación que presentó el testigo) 32
- Figura 14. Radiación solar global registrada diariamente durante el mes de agosto de 1987. (Cofradía, Managua). Las flechas indican el comienzo y el fin del período de estudio 33
- Figura 15. Radiación solar global registrada diariamente durante el período noviembre-diciembre de 1987. (Cofradía, Managua). Las flechas indican el comienzo y el fin del período de estudio 36

RESUMEN

El maíz, es uno de los cultivos más importantes para la alimentación del pueblo nicaraguense. El área de siembra en el ciclo 86/87 fue de 225,400 manzanas (MIDINRA, 1987).

El cogollero, Spodoptera frugiperda J.E. Smith (Lepidoptera, Noctuidae) es una de las plagas principales del maíz, es controlada con productos químicos y microbiales importados. Poblaciones de S. frugiperda son reducidas naturalmente (sin dañar al medio ambiente, ni al hombre) por el hongo entomopatógeno Nomuraea rileyi (Farlow) Sanson. Nomuraea rileyi causa epizootias de necrosis en el cogollero, pero su progresión depende de condiciones ambientales en particular.

En Nicaragua, se han realizado estudios sobre la incidencia natural de N. rileyi (G. Morales, comunicación personal) y aplicación de comedias de N. rileyi en el control del cogollero (Gladstone, 1987). No se ha estudiado detalladamente el comportamiento de N. rileyi durante una epizootia sobre S. frugiperda. El presente estudio, aporta esos conocimientos que, servirán de base para estudios posteriores de N. rileyi en las diferentes zonas productoras de maíz del país.

El estudio se realizó en maíz, en el Centro Nacional de Investigación de Granos Básicos, Managua. Se provocó una

epizootia por medio de una aspersión de conidias de N. rileyi. Se siguieron diariamente cadáveres de S. frugiperda matados por N. rileyi y se observó que; el 70% de los cadáveres permanecieron adheridos a la planta 3 ó menos días después de aparecer con micelio. Del total de cadáveres marcados esporuló el 66%; el 98% esporuló en los tres primeros días después de aparecer con micelio. El 59% de los cadáveres permaneció esporulado solo un día sobre la planta. El 96% de los cadáveres fueron encontrados en los instares 2 y 3.

El 74% de las larvas de cogollero encontradas en los estigmas del chilete, después de una epizootia fueron afectadas por N. rileyi protegiendo así a las mazorcas.

Se estudió la viabilidad de conidias de N. rileyi en cadáveres de S. frugiperda colocados por varios días en dos posiciones (estrato alto y bajo) en plantas de maíz. Las conidias se recolectaron y se aplicaron en solución a larvas L3 de S. frugiperda. Conidias de N. rileyi conservaron alguna viabilidad (68%) hasta 3 días de exposición al medio ambiente, cuando la tasa de inoculación fue alta. Cuando se ensayó una solución con menor concentración de conidias, solamente conservaron alguna viabilidad (6%) las del estrato bajo, las que al diseminarse podrán infectar nuevos hospedantes.

Se presenta un resumen de las condiciones ambientales bajo las que se desarrolló la epizootia, para entender que

condiciones favorecen el uso de N. rileyi como un eficiente control microbial. En el 69% del periodo de estudio se registraron lluvias con un mínimo de 0.5 mm/día y un máximo de 67 mm/día; en el 76% del periodo se registraron de 10-19 horas/día con humedad relativa mayor del 90%. Las temperaturas máximas en un 97% del periodo estuvieron entre 30-34°C y las temperaturas mínimas entre 20-25°C. Las distancias recorridas por el viento estuvieron entre 57-172 km/día.

INTRODUCCION

El maíz (Zea mays) representa uno de los alimentos de mayor consumo popular sobre todo en el continente americano de donde es originario, así como también es materia prima básica del sector agro-industrial. Debido a la gran demanda de este grano en Nicaragua, el área de siembra se ha aumentado con la puesta en marcha del Plan Contingente de Granos Básicos, alcanzando un área de siembra de 225,400 manzanas en el ciclo 86/87, lo que representa el 44% del área total cultivada en granos básicos (MIDINRA, 1987).

El mayor área de siembra se realiza en la época de primera siendo de 65.4% (R. Urbina, comunicación personal). Para el Pacífico se recomienda la época de siembra conocida como primera (mayo-junio) pues en ella se dan las condiciones ecológicas más favorables para la producción, especialmente a la menor incidencia del achaparramiento, enfermedad ampliamente difundida en el Pacífico (MIDINRA, 1985).

Los factores que limitan la producción de maíz en Nicaragua son: el mal manejo agronómico del cultivo y la alta incidencia de plagas y enfermedades (R. Urbina, comunicación personal). El cogollero Spodoptera frugiperda J.E. Smith (Lepidoptera, Noctuidae) es una de las dos plagas claves del maíz

en Nicaragua (Gladstone, 1987). Las larvas de cogollero atacan diferentes estados fenológicos del maíz. Al inicio las larvas se alimentan de las hojas dentro del cogollo, causando una disminución en el área foliar de la planta afectando así la producción. Puede perforar el tallo debajo del punto de crecimiento, causando primero un marchitamiento de las hojas del cogollo y luego la muerte (corazón muerto) en plantas pequeñas.

Actualmente el cogollero se controla con insecticidas químicos y microbiales los cuales todos son importados. Con un área de siembra de 250,000 manzanas de maíz se estima que cada aplicación de insecticidas para el control del cogollero costará 2 millones de dólares al país (Hruska y Gladstone, 1987). Como resultado de la reforma monetaria de febrero de 1988, los costos de los pesticidas serán más reales y los productores absorberán dichos costos y no el estado, esto contribuirá a incrementar los costos de producción del cultivo, siendo ésta otra razón para buscar nuevas alternativas de control para el cogollero.

En Nicaragua, el uso inadecuado de pesticidas baratos y altamente tóxicos ha causado envenenamientos mortales y graves, la evolución de plagas resistentes y daños a la fauna benéfica de los sistemas ecológicos (Hallpap, 1985). Debido a los problemas antes mencionados se están buscando nuevas

métodos de control del cogollero que sean efectivos, menos peligrosos a la salud y medio ambiente y que estén al alcance de todos los productores.

Una de las alternativas para resolver los problemas planteados, es el uso del control microbial para controlar el cogollero. Uno de los enemigos naturales más poderosos de S. frugiperda es el hongo entomopatógeno Nomuraea rileyi (Farlow) Sanson. Nomuraea rileyi se considera como agente de control microbial para varias plagas lepidópteras (Ignoffo, 1980). En Nicaragua en campos de maíz no tratados con N. rileyi, éste hongo mata un alto porcentaje de larvas de cogollero (Lacayo, 1977).

Nomuraea rileyi actúa sobre S. frugiperda causándole una muerte rígida. El cadáver se cubre con un micelio blanco y posteriormente la larva se pone de color verde lo cual, es debido a la presencia de conidias del hongo.

La etapa infectiva de N. rileyi son las conidias. La conidia, una vez alojada en el integumento de una larva susceptible, se hincha y entonces produce suficiente invasión de hifas (germinación). La germinación, altamente afectada por la temperatura, es óptima a 15-25°C (Ignoffo et al, 1976). La invasión de la hifa penetra el integumento antes de 24 horas después de iniciar la exposición a las conidias y un cre

cimiento grueso de micelio se desarrolla en el hemocel alrededor de 5 días después de la exposición (Kish, 1975). La muerte de la larva ocurre 5 ó 7 días después de la exposición dependiendo de la dosis, temperatura y estado de la larva (Mohamed et al, 1977).

Después de la muerte el cuerpo de la larva se cubre por un denso micelio felpado blanco, surgen los conidióforos que 1 ó 2 días más tarde producen conidias verde-pálido (esporulación) (Ignoffo et al, 1977). La esporulación de N. rileyi es afectada principalmente por la humedad relativa y la temperatura (Kish y Allen, 1978).

Los factores ambientales son parte fundamental en la efectividad de hongos entomopatógenos en general (National Academy of Science, 1985) y en este caso particular para N. rileyi en el control de S. frugiperda. Los brotes de necrosis causado por N. rileyi sobre S. frugiperda en forma masiva y generalizada, constituye una epizootia. Para que N. rileyi mantenga epizootias en el campo es necesario que los factores ambientales sean favorables a cada fase del ciclo de vida del hongo entomopatógeno.

Dentro del ciclo de desarrollo de una epizootia, una fase importante es la esporulación de cadáveres infectados, al darse la producción de conidias éstas son diseminadas por el viento, infectando a nuevos hospederos, logrando mantener una

epizootia constante. Los factores ambientales (humedad relativa y temperatura) pueden acelerar o retardar la esporulación, a altas temperaturas y humedad relativa baja no ocurre.

La viabilidad de las conidias es importante ya que son la etapa infectiva del hongo, constituyendo la fuente de inoculo para provocar y mantener una epizootia. Si las conidias de N. rileyi se conservan viables, éstas pueden afectar nuevas larvas de cogollero bajando en esta forma el número de aplicaciones de conidias necesarias para controlar una plaga.

La radiación solar es el factor ambiental que más afecta la viabilidad de las conidias, puede reducirla o anularla. El micro ambiente en el que se encuentran las conidias (estrato alto o bajo con relación a la bóveda del cultivo) afecta también la viabilidad de las conidias, las que se encuentran en el estrato bajo pueden conservar mayor viabilidad que las del estrato alto debido a la protección que les brinda el follaje del cultivo.

En Nicaragua, se han realizado estudios sobre la incidencia natural de N. rileyi (G.E. Morales, comunicación personal) y aplicación de conidias de N. rileyi en el control del cogollero S. frugiperda en el cultivo de maíz (Gladstone, 1987). Estos estudios cuentan con información limitada sobre el comportamiento del hongo durante el desarrollo de una epizootia y los factores ambientales que la favorecen.

En el presente estudio se observó el comportamiento de N. rileyi durante una epizootia provocada por una aplicación de conidias una vez que habia infectado a larvas de cogollero en un lote de maiz. Se estudió la relación que pueden tener los factores climáticos sobre cada fase de desarrollo de una epizootia. Se estudió la viabilidad de conidias producidas sobre cadáveres de S. frugiperda expuestas a condiciones de campo. También se estudió la susceptibilidad de los diferentes instares larvales afectados durante la epizootia.

Spodoptera frugiperda ataca varias fases fenológicas del cultivo de maiz, la fase de plántula, cogollo, espiga y estigma. Los estudios que hasta el presente se han hecho, se han concentrado sobre el efecto de N. rileyi al atacar larvas de cogollero que se encuentran en el cogollo. Observaciones de campo indican que las larvas de S. frugiperda encontradas en las espigas son afectadas de forma natural por N. rileyi (S. Gladstone, comunicación personal) pero, no se sabía si resultaban afectadas las larvas que se encontraban en los estigmas.

Al atacar los estigmas antes de que ocurra la fecundación no habrá formación del grano lo cual constituye una fuente de reducción en los rendimientos del cultivo. Debido a lo anterior, se estudió la mortalidad de larvas de cogollero encontradas en los estigmas del chilote después de una epizootia.

OBJETIVOS

Estudiar el comportamiento de N. rileyi para:

- Conocer el tiempo que el cadáver de la larva de S. frugiperda afectado por N. rileyi permanece adherido a la planta antes de caer al suelo por efecto de las condiciones ambientales en que se desarrolló una epizootia.
- Conocer el tiempo que tarda el cadáver de S. frugiperda afectado por N. rileyi para esporular sobre la planta antes de caer al suelo bajo las condiciones ambientales en que se desarrolló una epizootia.
- Conocer el tiempo que el cadáver de S. frugiperda afectado por N. rileyi permanece esporulado sobre la planta antes de caer al suelo por efecto de las condiciones ambientales que se presentaron en el transcurso de una epizootia.
- Conocer el tiempo durante el cual las conidias de N. rileyi producidas en cadáveres de larvas de S. frugiperda conservan su viabilidad bajo condiciones de campo.
- Conocer cuales instares larvales de S. frugiperda son susceptibles a la infección de N. rileyi en condiciones de campo.
- Conocer la susceptibilidad de las larvas de S. frugiperda encontradas en los estigmas del chilote al ataque de N. rileyi de forma natural después de una epizootia.

MATERIALES Y METODOS

3.1 Ecología de N. rileyi

El estudio se realizó en un lote de maíz ubicado en el Centro Nacional de Investigación de Granos Básicos (CNIGB) situado en el kilómetro 14 de la carretera norte, Managua. Este centro pertenece a la Dirección de Granos Básico del MIDINRA central.

El lote de maíz se sembró el 23 de junio de 1987 en el ciclo de primera. El estudio se realizó dentro de un ensayo de aplicaciones de conidias de N. rileyi con dos concentraciones para el control del cogollero (M. García, comunicación personal). El estudio de ecología se realizó en parcelas con aplicación de conidias y parcelas testigos sin aplicación de conidias pero, en las cuales aparecieron cadáveres de S. frugiperda muertos por el hongo. Para la realización del estudio fue necesario hacer aplicaciones previas de conidias de N. rileyi por aspesión. La producción de conidias de N. rileyi para la aplicación se realizó "in vivo" en larvas de S. frugiperda.

Se hicieron dos aplicaciones de conidias de N. rileyi en fechas diferentes, 18 de julio (21 días después de la germinación) y 6 de agosto de 1987 (35 días después de la

germinación). En la primera aplicación las concentraciones de conidias fueron 4.08×10^{12} conidias/0.4 ha. y 4.08×10^{11} conidias/0.4 ha. En la segunda aplicación las concentraciones fueron de 8.12×10^7 conidias/0.4 ha. y 8.12×10^6 conidias/0.4 ha.

El área de estudio fue de 132.48 m^2 . La variedad de maíz usada fue NB-6 que es de polinización libre y tiene un ciclo de 100 días. El manejo del cultivo se hizo según las recomendaciones de la guía técnica para la producción de maíz en secano (MIDINRA, 1985).

El seguimiento del comportamiento de la micosis causada por N. rileyi se inició el 22 de julio y finalizó el 16 de agosto, 29 días después de la primera aplicación.

Los cadáveres de S. frugiperda afectados por N. rileyi fueron encontradas en el cogollo y las dos hojas próximas a él y se marcaron con etiquetas enumeradas según aparecían los cadáveres. La etiqueta consistió en un círculo de hule donde se ponía la fecha en que fue encontrado el cadáver de la larva. Las larvas se marcaban cuando aparecían muertas rígidas o cubiertas con micelio. Las etiquetas se fijaron a la hoja de maíz con hilo y aguja.

Se marcó un total de 178 cadáveres. Los datos que se tomaron de cada uno fue:

- Número de días que el cadáver permaneció adherido a la planta.
- Número de días hasta que el cadáver esporuló.
- Número de días que el cadáver permaneció esporulando sobre la planta.
- Instar de las larvas afectadas.

El paso de la etapa de micelio a la de esporulación se distingue por el cambio de color blanco (micelio) a color verde (presencia de conidias).

Se tomaron datos meteorológicos que tienen relación directa con el estudio. Estos datos fueron proporcionados por la estación meteorológica del Instituto de Recursos Naturales y del Ambiente (IRENA) ubicado 4 Km. al sur aproximadamente del sitio donde se realizó el estudio. Las variables meteorológicas se midieron diariamente desde la fecha de la primer aplicación hasta finalizar el seguimiento de los cadáveres marcados.

Las variables meteorológicas medidas fueron:

- Precipitación en mm/día.
- Número de horas por día con humedad relativa mayor al 90%.
- Viento recorrido en km/día.
- Temperaturas máxima y mínima (°C).

3.2 Viabilidad de Conidias.

Para conocer el efecto de factores ambientales y micro ambientales sobre la viabilidad de las conidias de N. rileyi producidas en cadáveres de S. frugiperda en condiciones de campo, se realizaron dos bio-ensayos, cada uno con dos fases: una de campo y otra de laboratorio. La fase de campo se realizó en el lote de maíz donde se estudió la ecología de N. rileyi y la fase de laboratorio se realizó en el laboratorio del proyecto Manejo Integrado de Plagas de Maíz (MIPM) del Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias (ISCA), Managua.

3.2.1 Bio-ensayo 1.

El diseño del ensayo fue bifactorial con factores completamente cruzados. Los factores en estudio fueron:

- 1) Posición en la planta en relación al estrato de la h^oveda del cultivo del cadáver de S. frugiperda y 2) Número de días de exposición al medio ambiente del cadáver de S. frugiperda ya esporulado. El factor posición tuvo dos niveles, estrato alto y bajo. El factor número de días tuvo tres niveles, uno, dos y tres días de exposición. Cada combinación de factores contó con 5 repeticiones. Los niveles del factor días de exposición fueron asignados al azar.

Los cadáveres de las larvas usadas fueron recolectadas del campo en fase de micelio. Se escogieron 15 plantas seguidas en el lote de maíz y se colocaron 2 larvas por planta, una en el estrato alto (segunda hoja de la planta contada de arriba hacia abajo) y otra en el estrato bajo (séptima hoja contada de arriba hacia abajo). Cada larva se colocó encima de un pedazo de cinta adhesiva y fue fijado a la planta con hilo y aguja.

Los cadáveres de las larvas se observaron diariamente para observar el avance de la esporulación. En el estudio de ecología se observó que la mayoría de los cadáveres permaneció adherido a la planta 3 días y dentro de ese período la mayoría esporularon, debido a esas dos razones se decidió que era importante conocer la viabilidad de las conidias que desprendían los cadáveres que permanecían adheridos a la planta uno, dos y tres días. Los cadáveres de las larvas de otras plagas lepidópteras esporulan 1 ó 2 días después de aparecer con micelio (Ignoffo et al, 1977).

Además de las variables meteorológicas mencionadas en la parte de ecología se midió la radiación solar durante el tiempo que los cadáveres permanecieron en el campo. Los datos de radiación que se usaron fue la radiación solar global, debido a que en ella se registra la radiación de onda corta que es la que afecta los seres vivos (en este caso N. rileyi).

Los cadáveres se recolectaron según el tratamiento asignado y se colocaron en refrigeración a 6°C 7 horas después de haber sido recolectados. La refrigeración de tiene la esporulación y logra mantener el estado en que fue recolectado. Los cadáveres se colocaron en el campo el 16 de agosto y se hizo la última recolección de las larvas el 24 de agosto.

El bio-ensayo se realizó del 23 de octubre al 4 de noviembre. Se prepararon las soluciones de conidias con agua estéril y una gota de Tween-80. Para determinar la concentración de cada solución se usó un hematocímetro. La concentración de todas las soluciones fue de 1.2×10^6 conidias/ml.

Con una pipeta pasteur se aplicó 0.05 ml. de la solución de conidias (aproximadamente 36,060 conidias) directamente sobre 25 larvas de S. frugiperda por cada nivel de tratamiento. Las larvas fueron proporcionadas por la cría de insectos de la Escuela de Sanidad Vegetal. Se contó con un tratamiento testigo preparado con agua estéril y Tween-80.

Las larvas se alimentaron con hojas de maíz tierno provenientes de un invernadero. Las larvas se colocaron individualmente en vasos de una onza en cámara húmeda con 85% de humedad relativa. Se revisaron diariamente después

del cuarto día de la aplicación hasta el onceavo día y se anotó cada día, el número de larvas muertas por N. rileyi. Los datos fueron analizados mediante la prueba de independencia G.

3.2.2 Bio-ensayo 2.

El factor posición fue igual que en el primer bio-ensayo pero, el factor número de días de exposición al medio ambiente contó con 3, 6, 9, 12 y 15 días de exposición. Cada combinación de factores contó con 7 repeticiones. Los cadáveres fueron puestos en el campo el 20 de noviembre y la última recolección se hizo el 5 de diciembre. Los cadáveres fueron producidos en el laboratorio y se colocaron ya esporulados. Después de recolectados los cadáveres se pusieron en refrigeración a 6°C 3 horas después de haber sido recolectados.

La concentración de conidias en solución se redujo a la mitad (0.6×10^6 conidias/ml) de la que se usó en el primer bio-ensayo para tener mayor capacidad de describir efectos negativos en la viabilidad debido a factores ajenos a los tratamientos. Cada gota de solución (0.03 ml) contenía aproximadamente 18,000 conidias. Se contó con un tratamiento testigo al igual que en el primer bio-ensayo.

Se usaron 40 larvas 13 de S. frugiperda por cada nivel de tratamiento. Las larvas se revisaron cada 2 días y se anotó el número de larvas muertas por N. rileyi. Los datos fueron analizados mediante la prueba de independencia G.

Infeción de larvas de S. frugiperda recolectadas en los estigmas del chilote.

Se recolectaron 63 larvas de S. frugiperda que se encontraron alimentándose de los estigmas del chilote el 26 de agosto, para observar si éstas se infectaban con N. rileyi de forma natural después de una epizootia.

Se colocó cada larva individualmente en vasitos de una onza. Las larvas fueron alimentadas con estigmas del chilote obtenidas del lote de maíz donde se estudió la ecología. Las larvas fueron puestas en cámara húmeda hasta que aparecieran cubiertas de micelio o empuparon. Se revisó a las larvas cada dos días anotando en cada revisión el número de larvas matadas por N. rileyi.

RESULTADOS

4.1 Ecología de N. rileyi.

Los cadáveres de las larvas de S. frugiperda afectadas por N. rileyi permanecieron adheridas a la planta desde un día hasta un máximo de 13 días (figura 1). El 70% de los cadáveres de las larvas permanecieron adheridas a la planta 3 ó menos días después de aparecer cubiertas de micelio.

Del total de cadáveres marcados el 66% logró esporular. Del total de cadáveres que esporularon el 98% lo hizo en los 3 primeros días después de aparecer con micelio (figura 2).

Los cadáveres que lograron esporular permanecieron esporulando sobre la planta de uno a 10 días (figura 3). El 59% de los cadáveres permaneció esporulando solamente un día sobre la planta antes de caer al suelo. Se observó que larvas que murieron en las axilas y dentro del cogollo permanecieron esporulando por más días que las que murieron en los bordes y ápices de las hojas.

Se hallaron cadáveres de larvas de S. frugiperda afectados por N. rileyi pertenecientes a los 4 primeros instares (figura 4). El instar larval más afectado fue el L3 presentando un 62% de larvas afectadas.

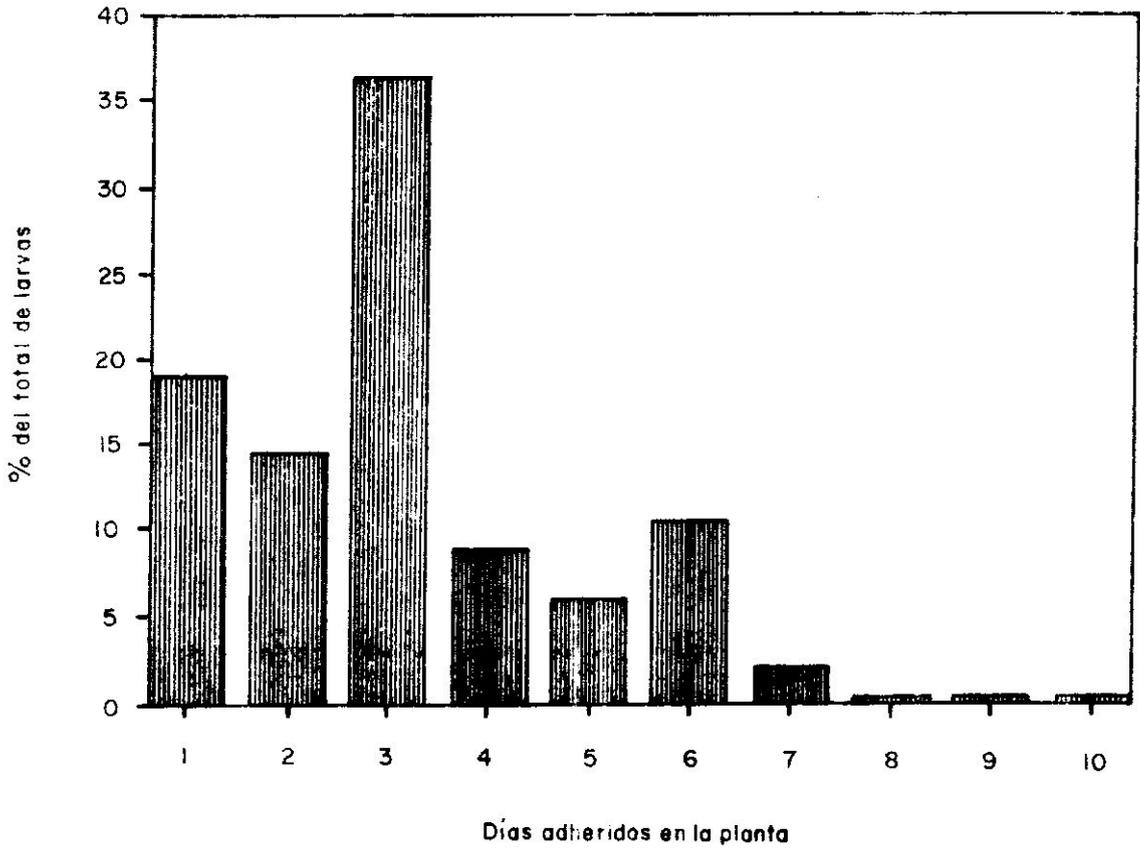


FIGURA 1. Distribución de tiempo que los cadáveres de *S. frugiperda* afectados por *N. rileyi* permanecen sobre las plantas de maíz (San Cristóbal, Julio-Agosto, 1987.).

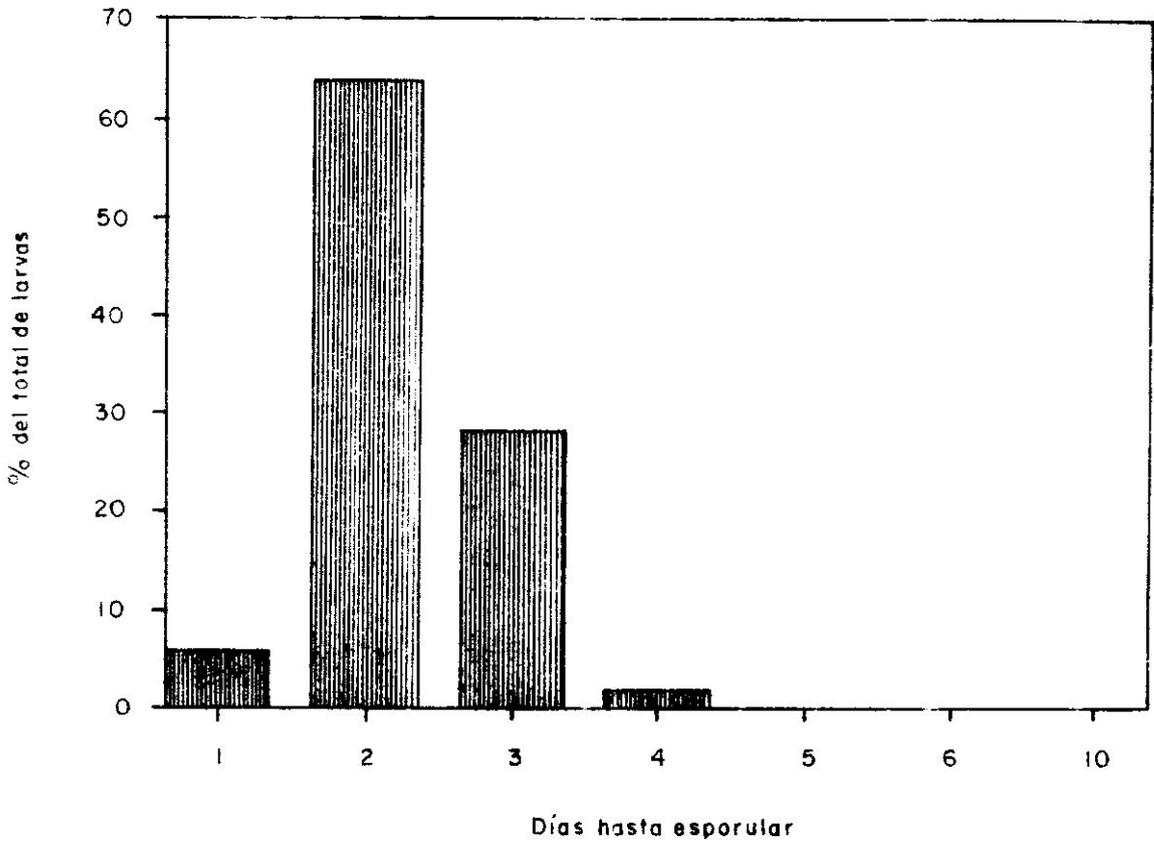


FIGURA : 2 . Distribución de tiempo que los cadáveres de *S. frugiperla* afectadas por *N. rileyi* tardan para esporular sobre las plantas de maíz. (San Cristóbal, Julio-Agosto, 1987.).

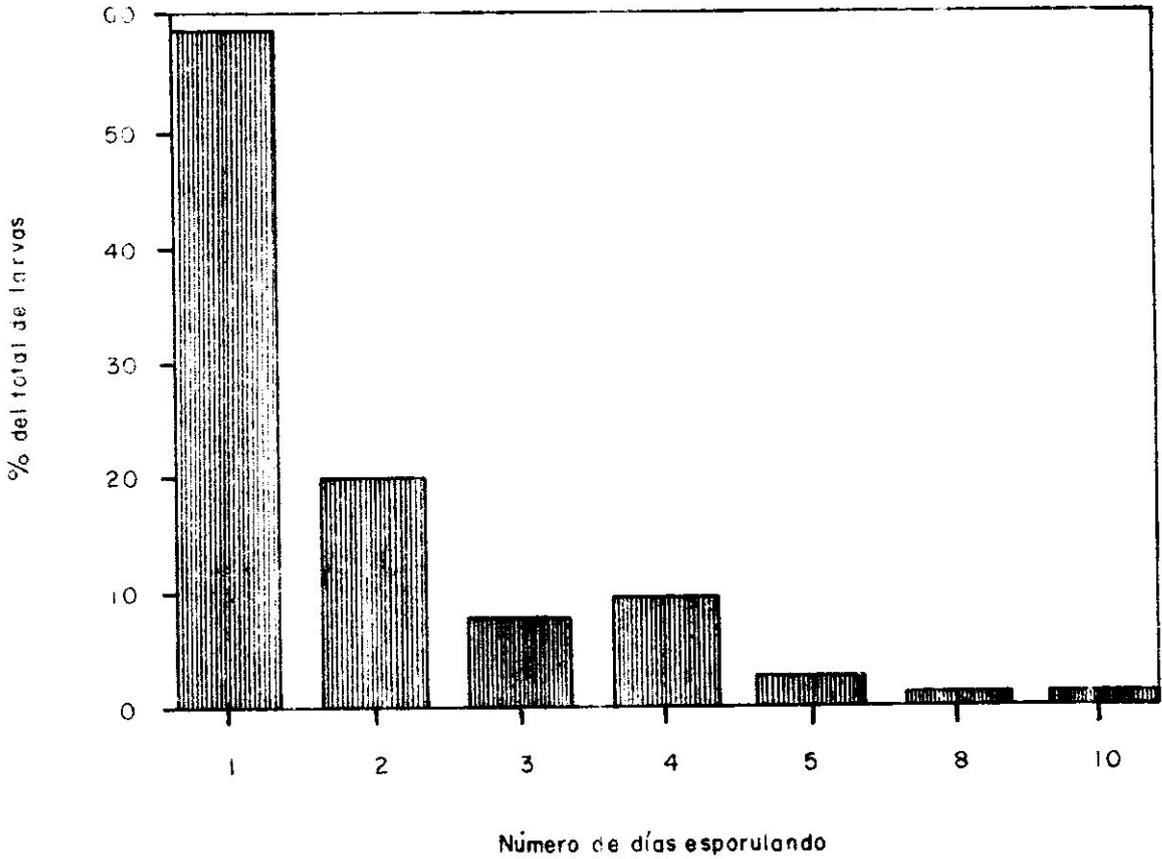


FIGURA 3. Distribución de tiempo que los cadáveres de *S. frugiperda* afectadas por *N. rileyi* permanecen esporulando sobre las plantas de maíz. (San Cristóbal, Julio- Agosto, 1987).

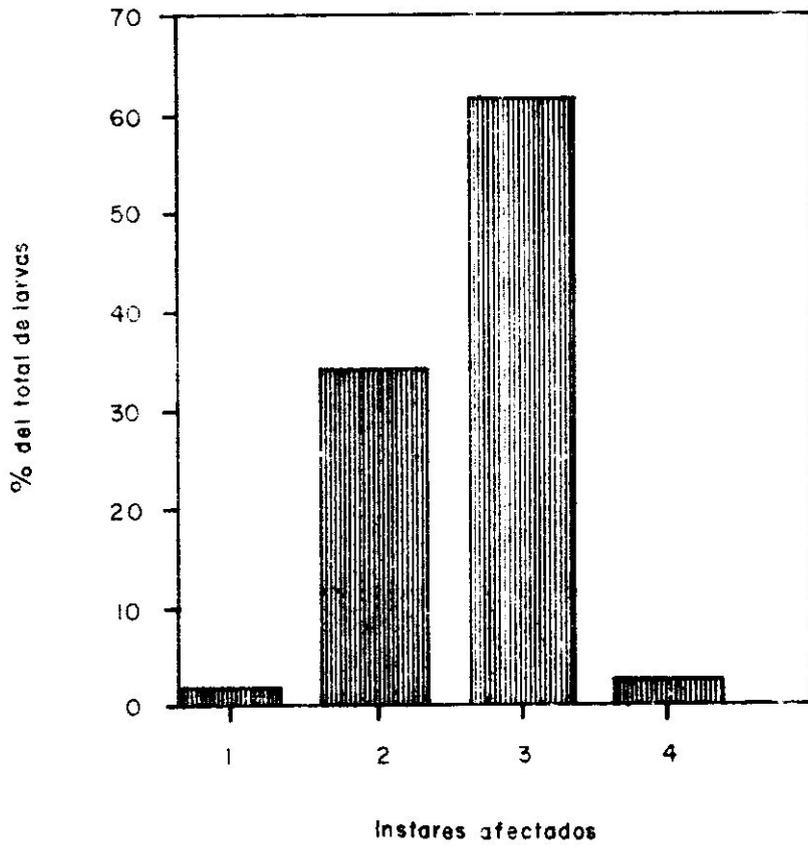


FIGURA 4. Instares de los cadáveres de *S. frugiperda* afectados por *N. rileyi* en el cultivo de maíz (San Cristóbal, Julio - Agosto, 1987).

Los datos meteorológicos relacionados con el estudio se presentan en forma gráfica en: figura 5 (precipitación), figura 6 (viento), figura 7 (humedad relativa) y figura 8 (temperatura).

4.2 Viabilidad de Conidias.

4.2.1 Bio-ensayo 1.

El tratamiento testigo presentó efectos de contaminación por conidias, ya que registró 32% de mortalidad debido a N. rileyi, razón por la cual se sustrajo ese porcentaje de todos los resultados. Los resultados del primer ensayo de viabilidad se presentan en: Cuadro 1 y Cuadro 2.

Al analizar los dos factores en estudio a la vez, no tuvieron efecto significativo en la viabilidad de las conidias (χ^2 : 14.067 NS; P > 0.05; GL : 7). Al ser analizado independientemente el número de días de exposición al medio ambiente, tuvo efecto significativo sobre la viabilidad de las conidias (χ^2 : 5.991 NS; P < 0.05; GL : 2). Al ser analizado en forma independiente la posición relativa al estrato en la bóveda del cultivo, éste tuvo efecto significativo sobre la viabilidad de las conidias (χ^2 : 5.991 NS; P < 0.05; GL : 2).

La viabilidad de las conidias se conservó mejor en los cadáveres colocados en el estrato bajo de la planta pere,

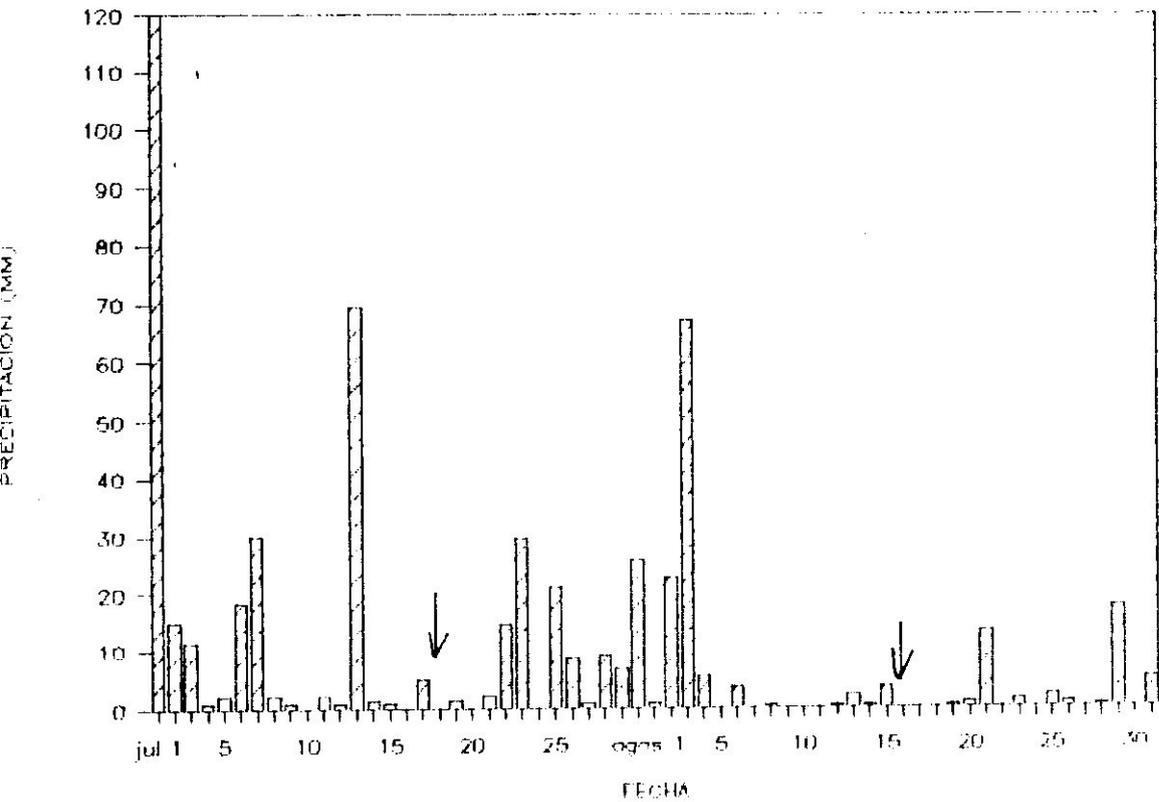


Figura 5. Precipitaciones registradas en mm/día en el período julio-agosto, 1987 (Cofradía, Managua). Las flechas indican el comienzo y el fin del período de estudio.

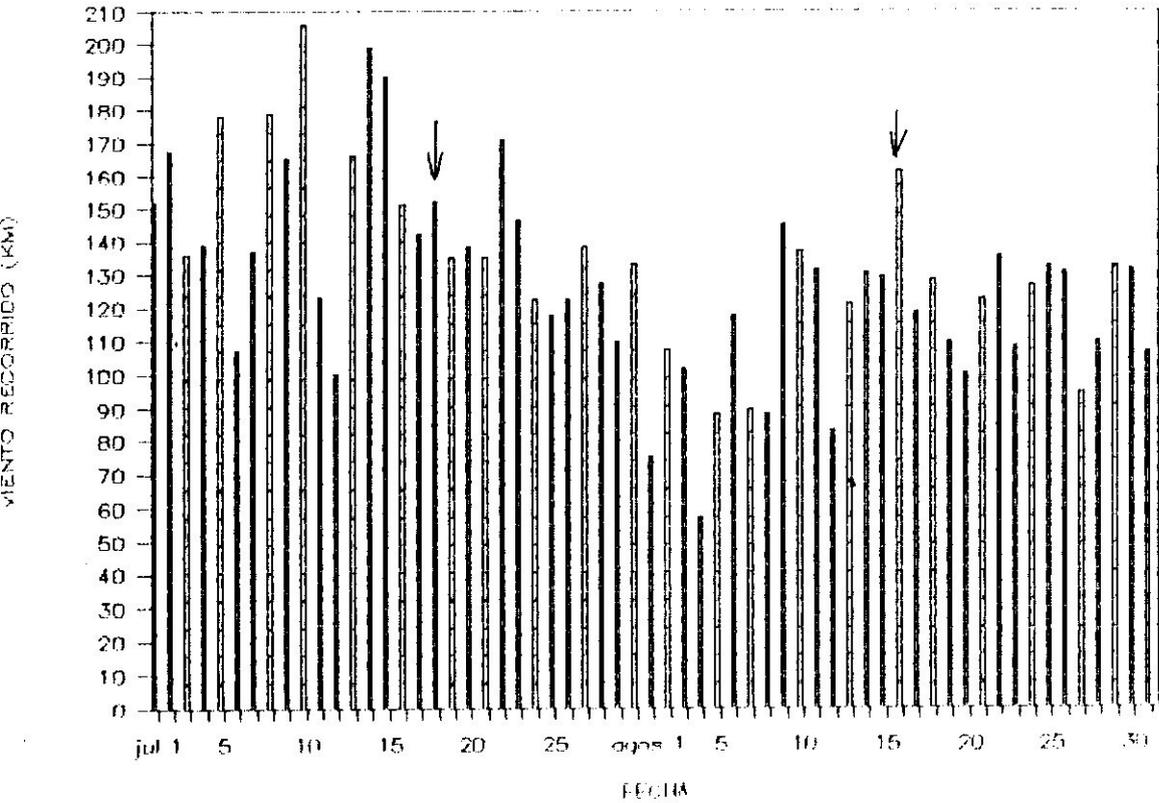


Figura 6. Viento recorrido en km/día registrado en el período julio-agosto, 1987 (Cofradía, Managua). Las flechas indican el comienzo y el fin del período de estudio.

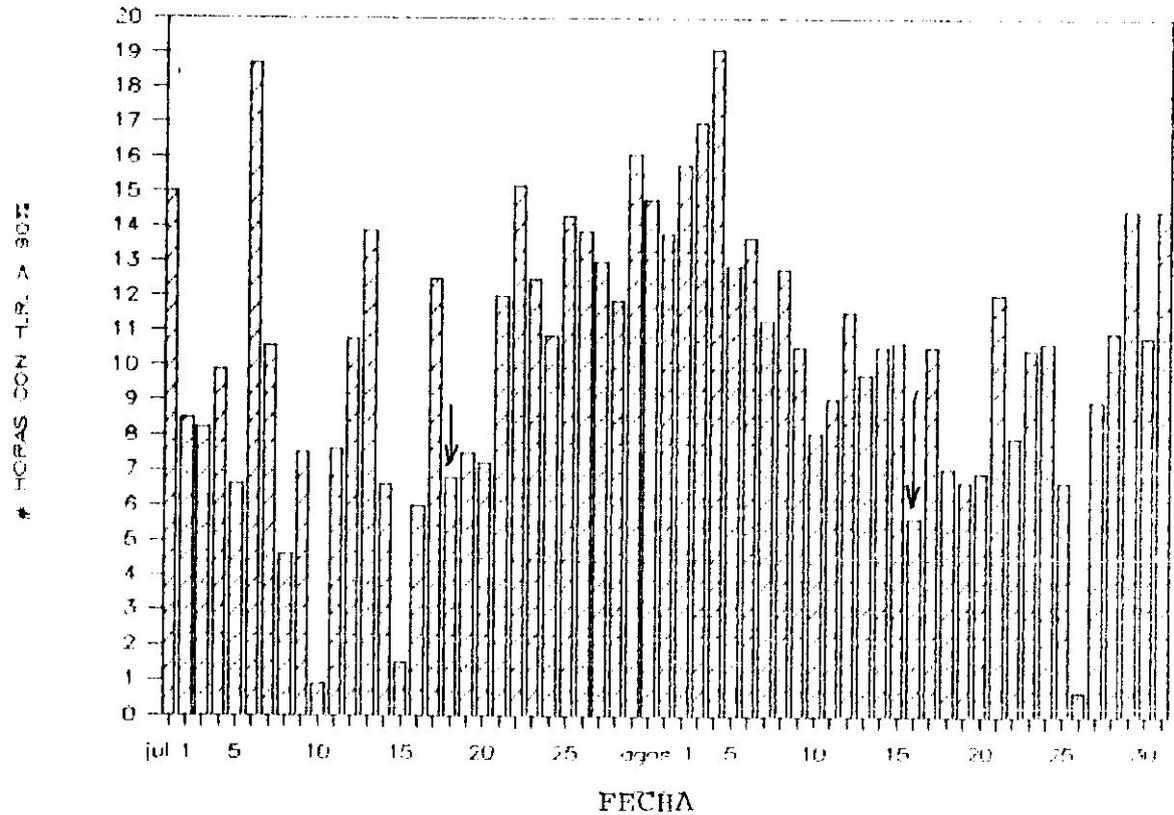


Figura 7. Número de horas con humedad relativa mayor del 90% registrada diariamente en el período de julio-agosto, 1987 (Cofradía, Managua). Las flechas indican el comienzo y el fin del período de estudio.

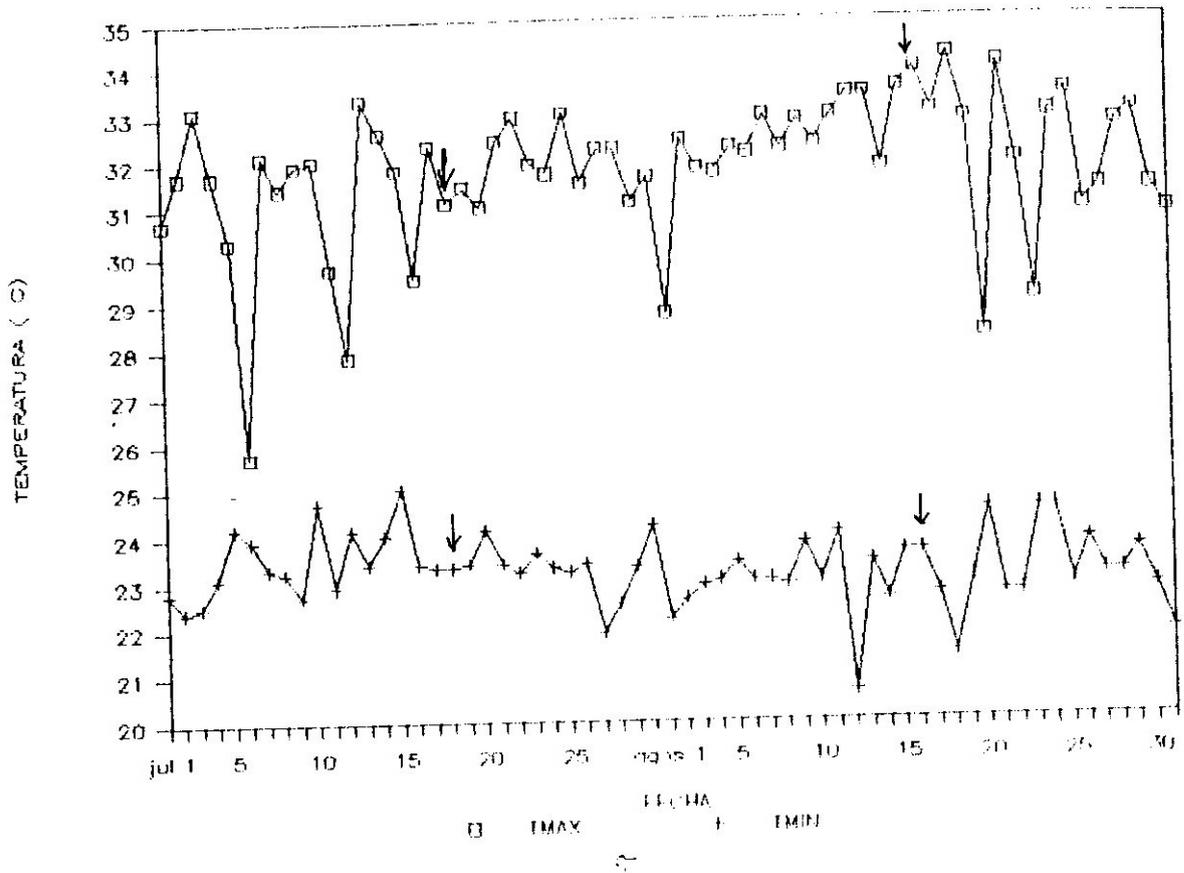


Figura 8. Temperaturas máximas y mínimas en °C registradas diariamente en el período julio-agosto, 1987. (Cofradía, Managua). Las flechas indican el comienzo y el fin del período de estudio.

No. Días de expos.	Posición	% Mortalidad	
		Estrato Alto	Estrato Bajo
1		68	68
2		50.60	68
3		68	68

Cuadro 1. Porcentaje acumulativo (menos el 32% de contaminación del testigo) de larvas de S. frugiperda afectadas por N. rileyi con 1, 2 y 3 días de exposición al medio ambiente en dos posiciones relativas al estrato (alto y bajo) de la bóveda del cultivo.

	gl	χ^2_t	χ^2_c	
D x P x M	7	14.067	12.14	
M x D	2	5.991	* 8.5	P < 0.05
M x P	2	5.991	*55.12	P < 0.05

Cuadro 2. Resultado de la prueba de independencia: G del efecto de los factores número de días de exposición (D) y posición de cooidas de N. rileyi en la planta de maíz (P) sobre la mortalidad de larvas de S. frugiperda (M).

solamente con dos días de exposición (figura 9, figura 10, figura 11). Se observó una disminución de 17.4% en el porcentaje de mortalidad producida por las conidias obtenidas de cadáveres colocados en el estrato alto del cultivo con 2 días de exposición (figura 12) en relación con los que fueron expuestos por uno o tres días. En el estrato bajo (figura 13), no se observa un efecto de días sobre el % de mortalidad causada por las conidias.

Los valores de la radiación solar global registrados en la fase de campo de éste bio-ensayo presentaron un rango de 820 hasta 2295 joule/cm²/días (figura 14). El promedio de la radiación global fue de 1635.33 joule/cm²/día.

4.2.2 Bio-ensayo 2

Los resultados del segundo bio-ensayo se presentan en: Cuadro 3 y Cuadro 4. Se observó que la viabilidad de las conidias fue bien pobre, ya que solamente 2 larvas de las 400 tratadas con conidias murieron.

Al ser analizado los dos factores en estudio a la vez éstos no tuvieron efecto significativo sobre la viabilidad de las conidias de N. rileyi (X^2 : 22.363 NS; $P < 0.05$; GL : 13). Al ser analizado el número de días de exposición éste no tuvo efecto significativo sobre la viabilidad de las conidias (X^2 : 9.488 NS; $P < 0.05$; GL : 4). El análisis

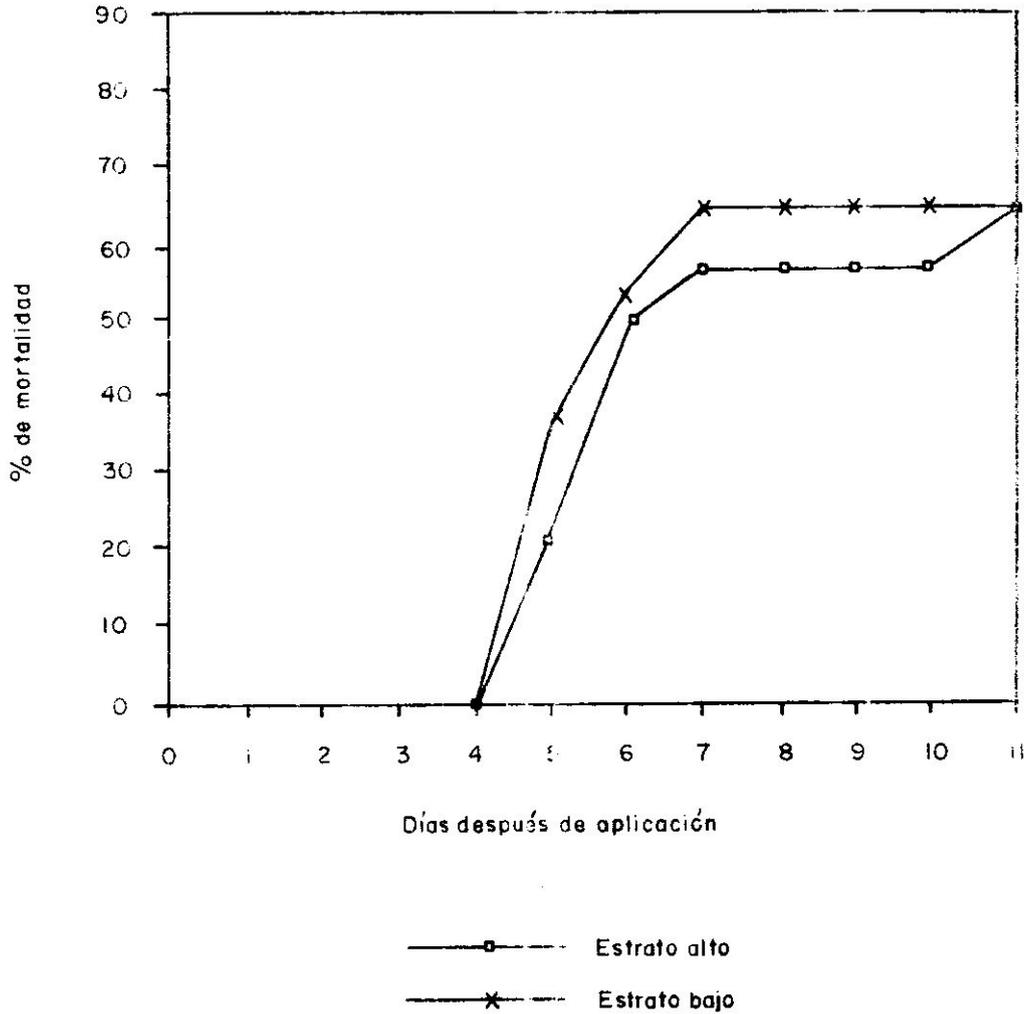


FIGURA 9. Efecto de posición en la planta (estrato alto y bajo) de conidios de *N. rileyi* producidas en cadáveres de *S. frugiperda* expuestas por un día al medio ambiente sobre su viabilidad (San Cristóbal, Agosto 1987). Los valores de mortalidad son acumulativos, (se restó el 32 % de contaminación del testigo).

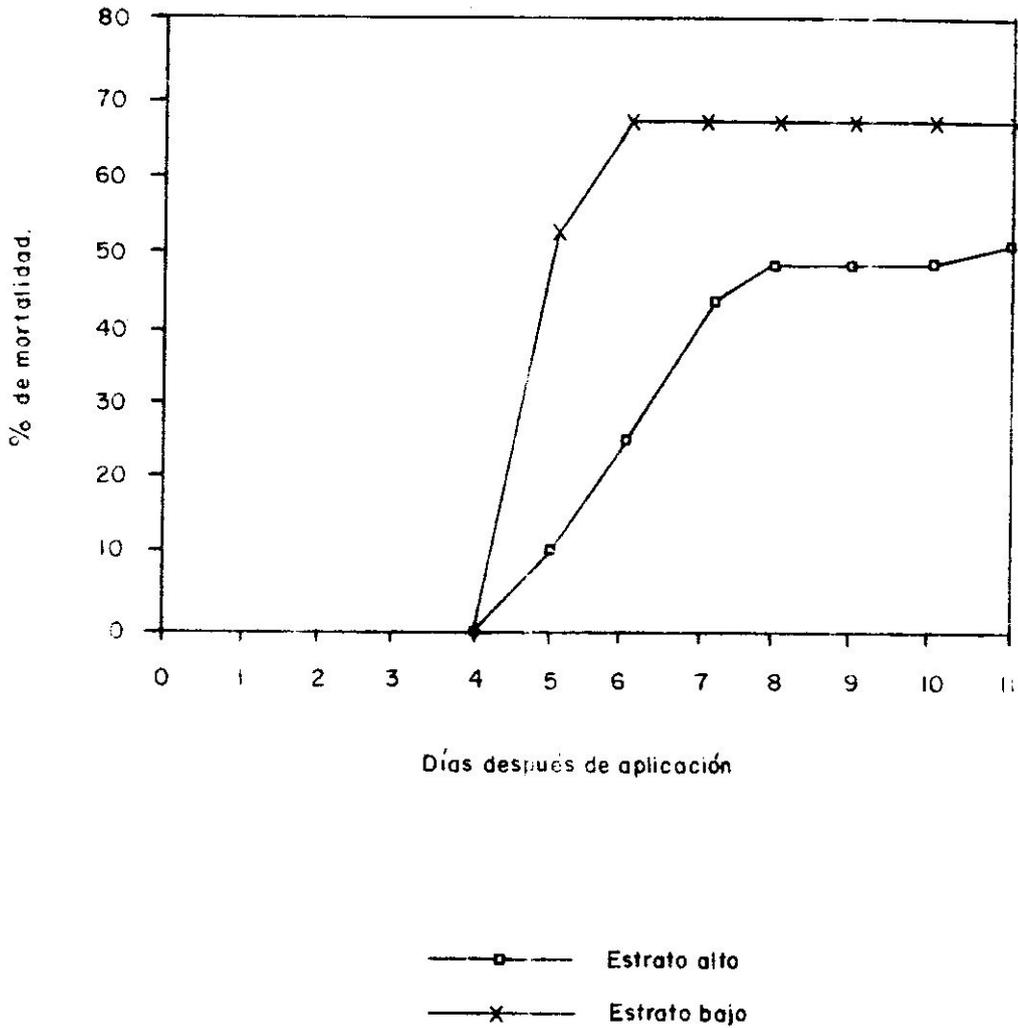


FIGURA 10. Efecto de posición en la planta (estrato alto y bajo) de conidias de *N. rileyi* producidas en cadáveres de *S. frugiperda* expuestas por dos días al medio ambiente sobre su viabilidad. (San Cristóbal, Agosto 1987). Los valores de mortalidad son acumulativos (se restó el 32 % de contaminación de testigo).

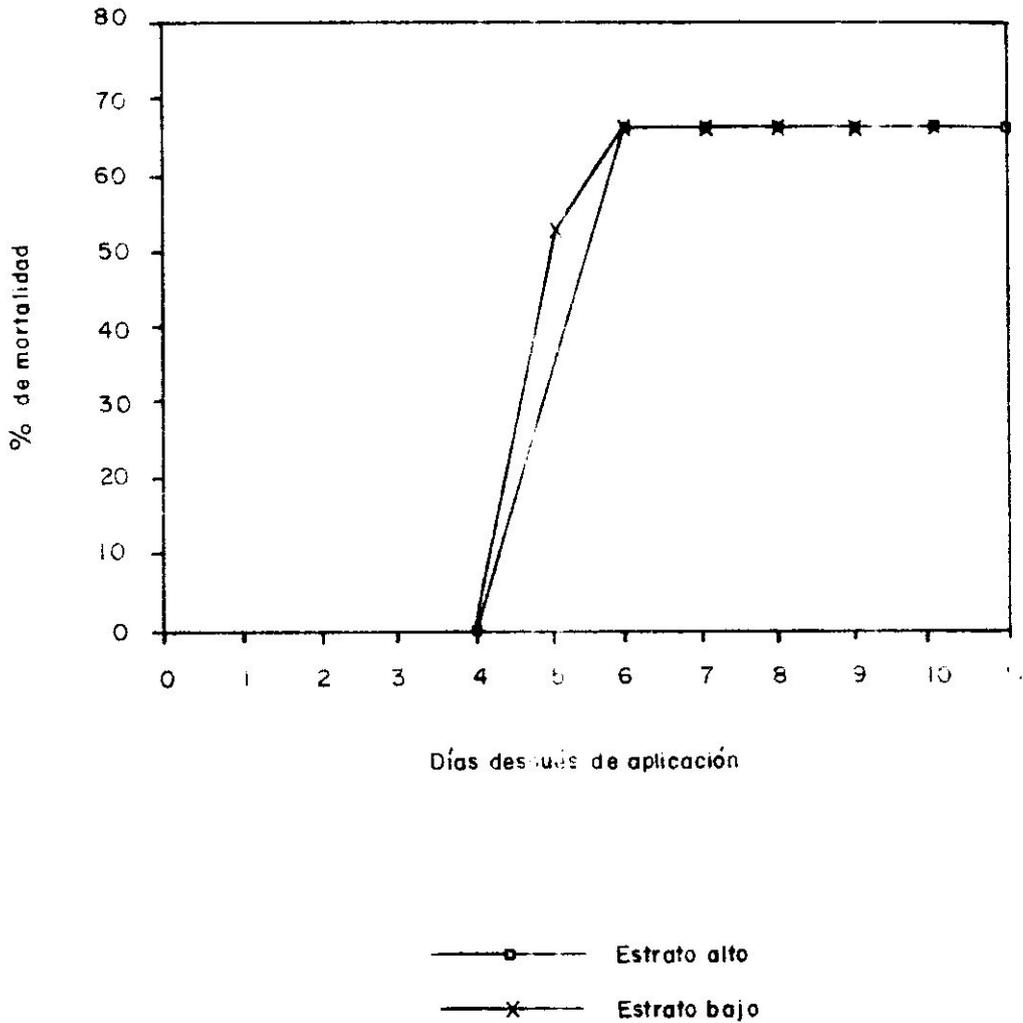


FIGURA 11. Efecto de posición en la planta (estrato alto y bajo) de conidias de *N. rileyi* producidas en cadáveres de *S. frugiperda* expuestas por 3 días al medio ambiente sobre su viabilidad (San Cristóbal, Agosto 1987). Los valores de mortalidad son acumulativos (se restó el 32 % de contaminación de festigo).

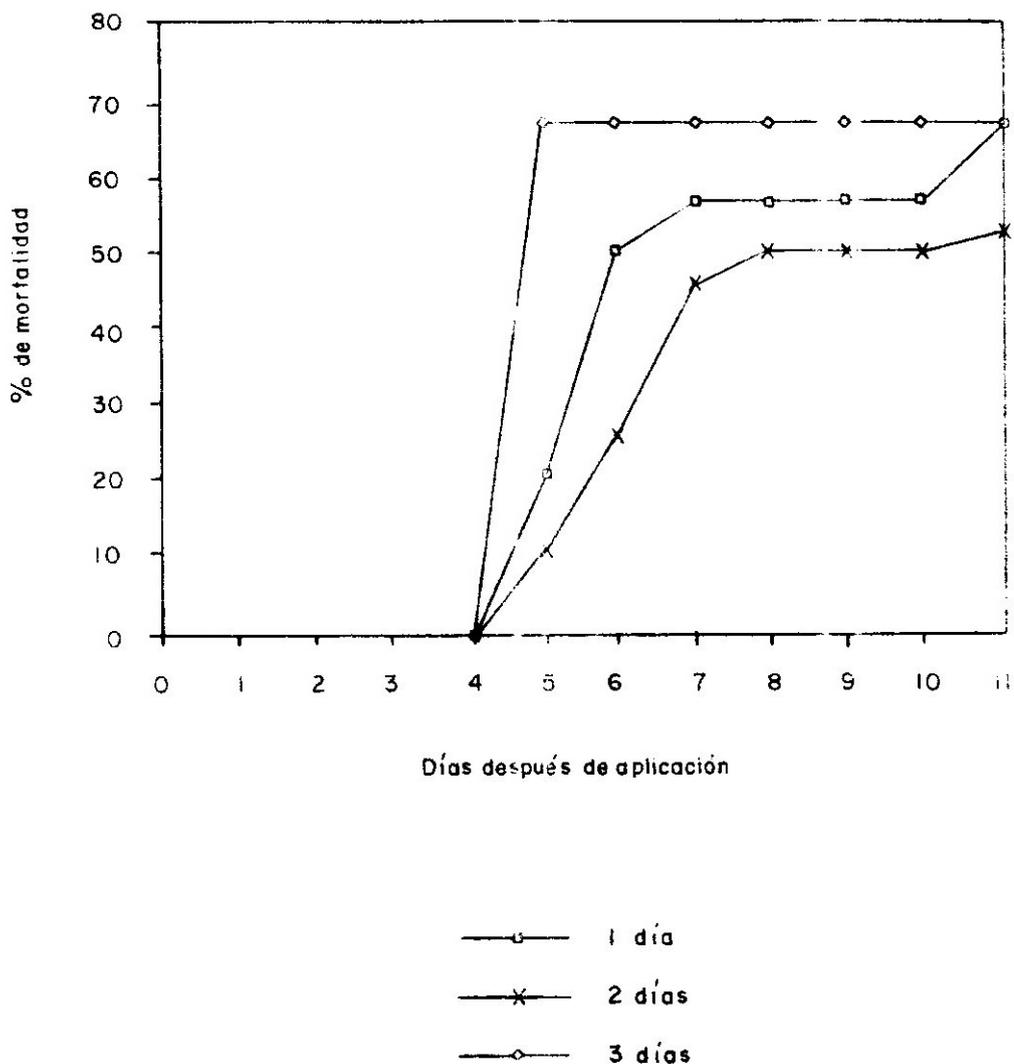


FIGURA 12. Efecto de número de días de exposición al medio ambiente (1, 2, 3 días) de conidias de *N. rileyi* producidas en cadáveres de *S. frugiperda* colocados en la posición alta del estrato de la planta sobre su viabilidad (San Cristóbal, Agosto 1987). Los valores de mortalidad son acumulativos, (se restó el 32 % de contaminación del testigo).

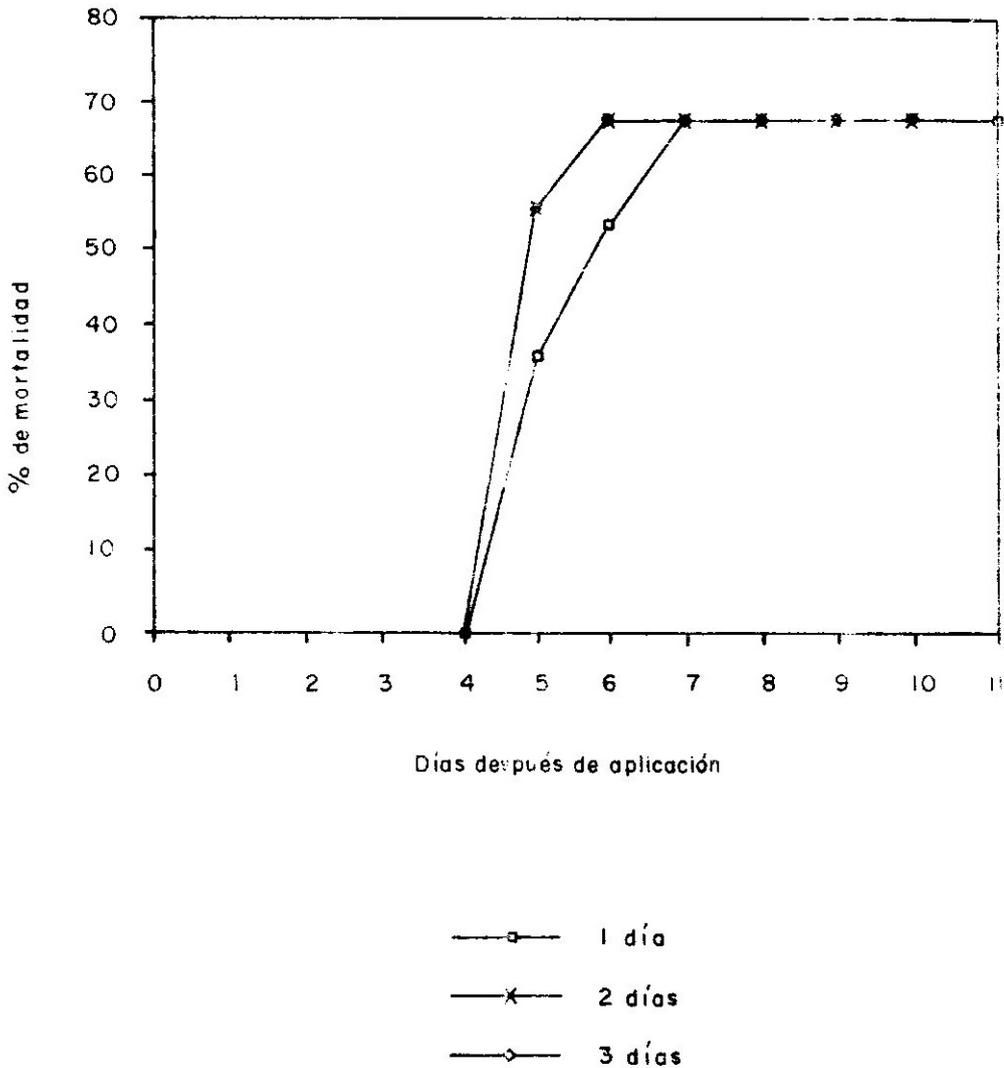


FIGURA 13. Efecto de número de días de exposición al medio ambiente (1, 2, 3 días) de conidias de *N. rileyi* producidas en cadáveres de *S. frugiperda* colocados en la posición baja del estrato de la planta sobre su viabilidad. (San Cristóbal, Agosto 1987). Los valores de mortalidad son acumulativos, (se restó el 32 % de contaminación del testigo).

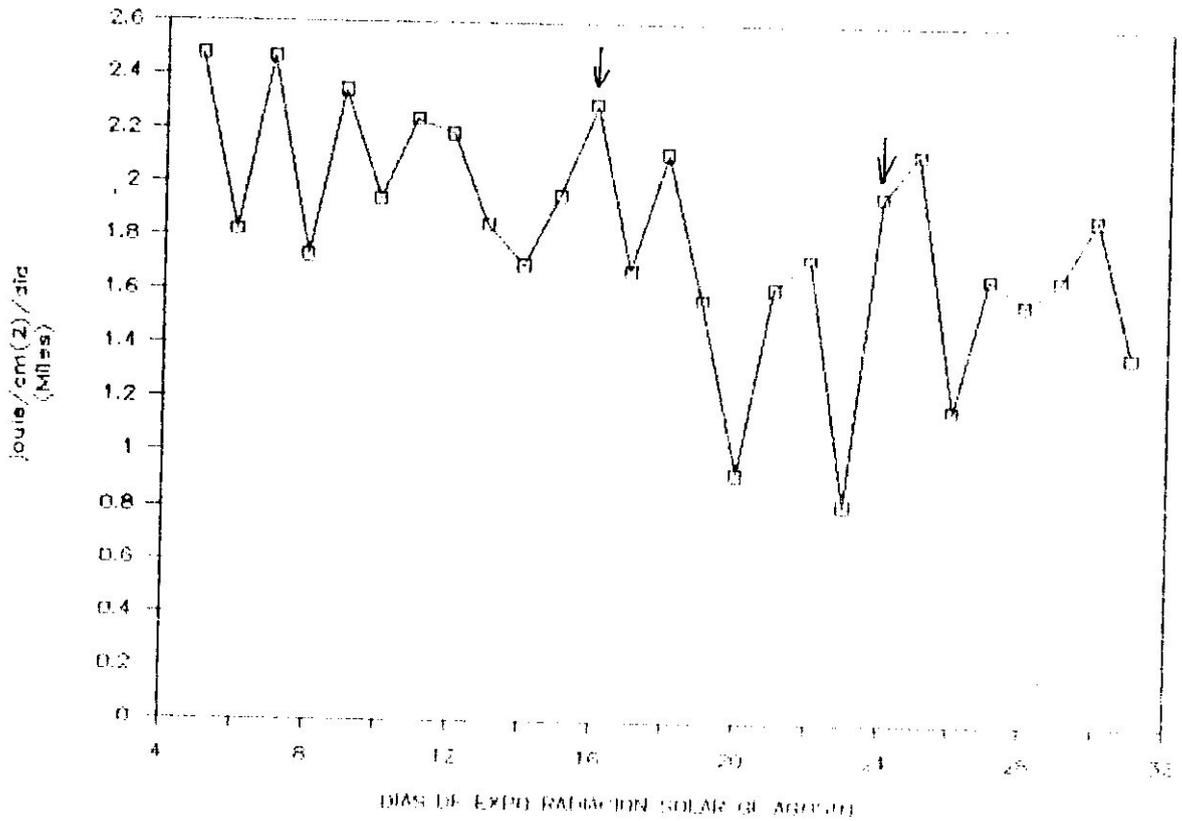


Figura 14. Radiación solar global registrada diariamente durante el mes de agosto de 1987. (Cofradfa, Managua). Las flechas indican el comienzo y el fin del período de estudio.

No. días de expos.	Posición	% Mortalidad	
		Estrato Alto	Estrato Bajo
3		0	6.45
6		0	0
9		0	0
12		0	0
15		0	0

Cuadro 3. Porcentaje acumulativo de larvas de S. frugiperda afectadas por N. rileyi con 3, 6, 9, 12 y 15 días de exposición al medio ambiente en dos posiciones relativas al estrato (alto y bajo) de la bodega del cultivo.

	gl	χ^2_t	χ^2_c	
D x P x M	13	22.362	7.4	P < .05
M x D	4	9.488	6.22	P < .05
M x P	4	9.488	548.9	P < .05

Cuadro 4. Resultado de la prueba de independencia G del efecto de los factores No. de días de exposición (D) y posición de cenidias de N. rileyi en la planta de maíz (P) sobre la mortalidad de larvas de S. fru-

independiente de la posición en el estrato de la bóveda del cultivo, tuvo efecto significativo sobre la viabilidad de las conidias (χ^2 : 9,488; $P < 0.05$; GL : 4). Las conidias que conservaron más su viabilidad fueron las que se encontraban en el estrato bajo de la bóveda del cultivo.

Los valores de radiación solar global registrados en la fase de campo estuvieron entre 1147 y 1998 joule/cm²/día (figura 15) y el valor promedio fue de 1729 joule/cm²/día durante el período de 15 días de exposición. El valor promedio de radiación solar global registrada en 3 días después de exposición a medio ambiente fue de 1563 joule/cm²/día.

Después de 3 días de exposición al medio ambiente hubo baja viabilidad de las conidias que fueron expuestas por tres días en el estrato bajo de la bóveda del cultivo, comparándola con el bio-ensayo 1.

4.3 Infectividad de las larvas de B. frugiperda recolectadas en los estigmas del chilote.

El 74% de las larvas encontradas en los estigmas del chilote fue efectiva por H. rileyi.

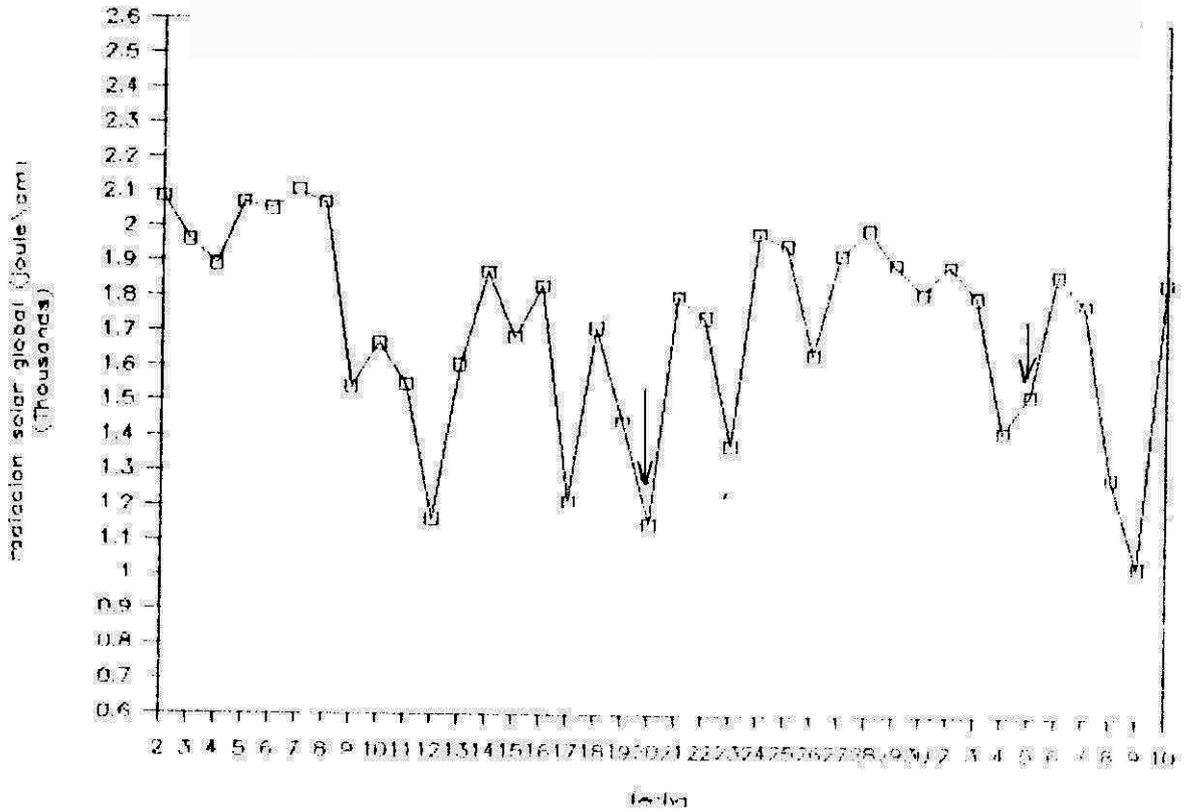


Figura 15. Radiación solar global registrado diariamente durante el período noviembre-diciembre de 1987. (Cofradía, Managua). Las flechas indican el comienzo y el fin del período de estudio.

DISCUSION

Durante muchos años, observaciones de poblaciones de insectos han demostrado que hongos entomopatógenos son agentes de mortalidad naturales, importantes y efectivos contra insectos, sin embargo, los hongos dependen en alto grado del estado del tiempo local y del micro-ambiente que rodea al insecto objetivo. Las condiciones ambientales son uno de los factores más importantes que determinan la utilidad que pueda tener un agente de control microbial, hongos en particular, sobre una plaga.

Los resultados obtenidos sobre el comportamiento de N. rileyi durante una epizootia son específicos para el conjunto de condiciones climáticas bajo las cuales se realizó el estudio. Como se presentó una epizootia de micosis de N. rileyi (M. García, comunicación personal). Los datos aquí presentados se pueden tomar como una descripción del comportamiento de N. rileyi cuando el ambiente favorece y mantiene epizootias, lo cual es favorable para el control de la plaga.

5.1 Permanencia en la planta.

El corto o largo tiempo (1-13 días) que los cadáveres de las larvas de S. frugiperda afectadas por N. rileyi permanecieron adheridas a la planta, estuvo influenciado probablemente por las precipitaciones que se presentaron en el período

de estudio (figura 5). Observaciones personales permiten señalar que, fuertes precipitaciones provocan la rápida caída de los cadáveres y aunque no se tienen datos de la intensidad de las precipitaciones registradas en el período de estudio, éstas pudieron ser suficiente fuertes en algunos días para provocar la rápida caída de los cadáveres. En el 69% de los días, durante el período de estudio se registraron lluvias, el mínimo de precipitación registrada fue de 0.5 mm/día, hubo un máximo de 67 mm/día (figura 5).

En estudios previos de aplicaciones de N. rileyi (Glads tone, 1987; M. García, comunicación personal) se ha usado un sistema de recuento cada 3 días, registrando el número de cadáveres de S. frugiperda matados por N. rileyi en la planta. En este estudio cerca del 70% de los cadáveres de las larvas permanecieron adheridas a la planta de uno a tres días lo que demuestra que al hacer el próximo recuento, de la forma antes descrita los cadáveres que se encuentran, no serán en su mayoría los que se encontraron en el recuento anterior. La importancia de este hecho es que se pueda interpretar éstos, como datos acumulativos de número de larvas matadas por el hongo, cuando se realizan estudios de campo bajo condiciones similares a las de este estudio.

5.2 Esporulación y diseminación.

El 66% de los cadáveres de las larvas estudiadas esporularon estando adheridas a la planta. El agua libre es importante para el paso de la fase de micelio a esporulación, pero, mantener un exceso de lluvias o rocío pesado, puede tener efecto negativo sobre la diseminación de las conidias (Ignoffo et al, 1977; Kish y Allen, 1978). La lluvia posiblemente favoreció la esporulación, ya que ésta se presentó en el 69% durante el período de estudio; razón por la cual pudo haber contribuido a la esporulación de los cadáveres.

Posiblemente la diseminación de las conidias no fue limitada por las precipitaciones, ya que en el 31% de los días del período de estudio no se registraron lluvias, lo que pudo permitir que el viento diseminara las conidias. Es importante que los días sin lluvia se hallan alternado con los días lluviosos ya que esto, pudo permitir, después que las lluvias favorecieran la esporulación y siguiera un período seco que permitiera al viento quitar de los cadáveres las conidias con más facilidad.

La esporulación y diseminación son más eficaces cuando el cadáver permanece adherido a la planta, esto contribuye posiblemente a la progresión exitosa de una epizootia.

El aumento rápido y proporción epizooticas es dependiente de la progresión exitosa del ciclo de vida del hongo hasta el final de los tres estados de desarrollo (infección, esporulación y diseminación), cada uno sensible a factores físicos dentro del sistema (Kish, 1975). Cuando las larvas infectadas mueren sobre la planta y diseminan sus conidias es probablemente el mayor método de diseminar N. rileyi sobre una planta entera (Ignoffo et al, 1977). La densidad de conidias llevadas por el aire es mayor cuando el viento es seco y el follaje también (Kish y Allen, 1978).

Si los cadáveres esporulan sobre la planta, las conidias al ser diseminadas por el viento tendrán mayor probabilidad de encontrar larvas de S. frugiperda para infectar, ya que éstas debido a su hábito alimenticio se encuentran en mayor número en el cogollo de la planta y no en las partes inferiores o en el suelo. Este hecho es importante para la eficiencia de N. rileyi en el control del cogollero.

Sumando al alto porcentaje de cadáveres que esporularon sobre la planta, el hecho de que el 70% de los cadáveres que lograron esporular permanecieron de uno a tres días adheridos a la planta, ambos factores permiten que las conidias puedan diseminarse por medio del viento (figura 6) principalmente, logrando que la epizootia de N. rileyi se desarrolle.

Las conidias son fácilmente desalojadas y distribuidas por el viento (Ignoffo et al, 1977). La figura 6 muestra las distancias recorridas por el viento en km/día durante el período de estudio, pero, no se registró su velocidad, lo cual no permite asegurar si dicho factor fue favorable o no para la diseminación. La velocidad mínima de viento necesaria para desalojar conidias de una larva L5 de Trichoplusia ni fue 2.7 km/hora (Ignoffo et al, 1977). Aunque no se registró la velocidad del viento la progresión que presentó la epizootia permite señalar que la diseminación de las conidias por el viento fue eficaz ya que se logró mantener la epizootia.

Al menos 8 horas de humedecimiento del follaje acompañado de alta humedad relativa favoreció la formación de conidias en cadáveres de Anticarsia gemmatalis, en el cultivo de soya, en Florida, experimentaron la esporulación un día después de aparecer (Kish, 1975). Resultados de experimentos con humedades diferentes muestran que la producción óptima de conidias ocurrió cuando la humedad relativa estuvo por encima del 90% (Kish, 1975).

En las condiciones de humedad relativa bajo las que se realizó el estudio (figura 7), se observa que en un 75.86% de los días del período de estudio se registraron de 10 a 19 horas/día con humedad relativa mayor del 90%. En los demás días (24.13%) del período se registraron de 6 a 10

horas/día con humedad relativa mayor del 90%, ésta inferencia indica que la humedad relativa no constituyó un factor limitante para la esporulación de N. rileyi en el campo.

Estudios de rangos de temperaturas óptimas para otras cepas de N. rileyi indican que no germina, ni esporula a temperaturas más altas que 35°C (Gatsin, 1961; Ignoffo et al, 1976). Aún no se han determinado los límites de temperatura para la esporulación de la cepa nicaraguense de N. rileyi, razón por la cual, no se puede decir si las temperaturas máximas y mínimas que se registraron en el período de estudio (figura 6) pudieron afectar o no la esporulación. Para otras cepas, temperaturas en el campo entre 20 y 30°C no limitan la esporulación (Ignoffo et al, 1976; Mohamed et al, 1977; Kish y Allen, 1978).

En el período de estudio las temperaturas máximas alcanzaron valores mayores a 30°C en un 96.55% de los días. El hecho de que el 66% del total de cadáveres lograron esporular, indica que la cepa nicaraguense es tolerante a temperaturas mayores de 30°C, pero menores de 34°C, que fue la máxima temperatura alcanzada. Las temperaturas mínimas registradas durante el período de estudio, fueron superiores a 20°C y menores que 25°C, éste rango de temperaturas mínimas, probablemente no afectó la esporulación de N. rileyi en el campo.

El que los cadáveres no esporulen a la vez, resulta ven tajoso para el mantenimiento de una epizootia, ya que los hospedantes de N. rileyi aparecen continuamente en el campo. Al diseminarse las conidias de los cadáveres esporulados en diferentes periodos de tiempo, éstos tienen mayor oportunidad de encontrar nuevos hospedantes y lograr una nueva infección, evitando de esa forma hacer nuevas aplicaciones de conidias.

5.3 Instares afectados de S. frugiperda

Las aplicaciones de conidias de N. rileyi en el campo afectó larvas jóvenes, lo cual es importante debido a que en los primeros instares las larvas reducen poco el área foliar y el cultivo resulta afectado en forma mínima. El porcentaje promedio de consumo foliar por instar es de 0.1, 0.6, 1.1, 4.7, 16.3 y 77.2 de los instares 1-6 respectivamente (Sparkes, 1979). La infección debe ocurrir durante el instar 1 y 2, infecciones tardías permiten a la larva perjudicar más limitando seriamente la utilización de N. rileyi como bio-insecticida (Ignoffo et al, 1976). La muerte de otras especies causada por N. rileyi ocurre a los 5-7 días (Mohamed et al, 1977).

Observaciones personales, indican que la mayoría de las larvas murieron 4 ó 5 días después de las aplicaciones de conidias, para que el 96% de los cadáveres marcados fueran encontrados en los instares 2 y 3, la infección debió ocurrir en los dos primeros instares y posiblemente la mayoría

fue infectada en el instar I ya que, para pasar al tercer instar las larvas requieren aproximadamente de 5 ó 6 días, período de tiempo en el que pudo morir según las observaciones realizadas.

Según resultados de éste estudio, la susceptibilidad de instares de S. fragiperda disminuye con la edad, muy pocos cadáveres fueron encontrados en el instar 4 y ninguno en los instares 5 y 6, lo que indica que la infección ocurrió en los instares 1 y 2. Un factor que pudo haber contribuido para obtener éstos resultados es que la marcación de cadáveres sólo se hizo en parte del período del cultivo, iniciándose 4 días después de la primera aplicación.

Larvas de Heliothis sa mostraron susceptibilidad en el quinto instar (Mohamed et al, 1977) pero, la susceptibilidad de Trichoplasia ni disminuyó con la edad (Gatsis, 1961).

5.4 Viabilidad de conidias

La viabilidad de las conidias es importante ya que éstas, son la etapa infectiva de N. rileyi. Si las conidias pierden su viabilidad en corto período de tiempo en condiciones de campo, ésto conllevaría a hacer aplicaciones continuas de conidias para iniciar y mantener episcotias del hongo.

Conidias de N. rileyi en el primer bio-ensayo no resultaron afectadas en su viabilidad hasta 3 días de exposición al medio ambiente en las dos posiciones relativas al estrato de la bóveda del cultivo. La luz solar es el factor ambiental que más afecta, la sobrevivencia de las conidias (Ignoffo et al 1977). Es posible que las conidias no hayan perdido sensiblemente su viabilidad debido a que la radiación solar (figura 14) no la haya afectado. Otro factor que pueda haber causado una aparente conservación de viabilidad es la alta concentración de conidias que se usó. Aún que las conidias hubiesen perdido parte de su viabilidad esto, posiblemente no pudo medirse ya que existía suficiente cantidad de ellas para causar el efecto deseado.

Las conidias de N. rileyi usadas en el segundo bio-ensayo presentaron poca viabilidad (6%) después de 3 días de exposición al medio ambiente en dos posiciones relativas al estrato de la bóveda del cultivo, este efecto posiblemente tuvo como causa principal, la reducción en un 50% de la concentración de conidias que se usó en el primer bio-ensayo. Esta explicación es apoyada por el hecho de que en el segundo bio-ensayo, el valor promedio de la radiación solar fue menor que en el primer bio-ensayo.

En el primer bio-ensayo, no se observó diferencia de mortalidad provocada por las conidias con 1 y 3 días de exposición en las dos posiciones relativas al estrato de la

bóveda del cultivo, esto posiblemente fue debido a que en los dos niveles de los dos tratamientos existió un porcentaje de mortalidad por otras causas similares, lo que provocó que al final alcanzarán los mismos porcentajes de mortalidad provocadas por H. rileyi (figuras 9 y 11).

La posición del cadáver en la planta respecto al estrato de la bóveda del cultivo es importante. Larvas que mueran en el estrato bajo de la planta de maíz, están más protegidas de la radiación solar y pueden conservar más la viabilidad de sus conidias, que las que son producidas en los cadáveres que se encuentran en el estrato alto de la planta donde están más expuestas a la radiación solar.

Para infectar el mismo número de larvas necesitaría menor cantidad de conidias producidas por los cadáveres situados en el estrato bajo (los resultados del segundo bioensayo apoyan esto) de la planta de maíz, en comparación con las conidias producidas por los cadáveres colocados en el estrato alto. Se observó que la mayoría de los cadáveres marcados en el estudio de ecología murieron en el estrato alto y pocas en el bajo, lo que permite señalar que, la mayoría de conidias de H. rileyi son producidas en cadáveres que se encuentran más expuestos a la radiación solar.

El viento puede diseminar más fácilmente las conidias de los cadáveres que se encuentran en el estrato alto de la

planta de las que se encuentran en el estrato bajo, donde están más protegidas de su incidencia. Los cadáveres situados en el estrato bajo, tienen mayor probabilidad de permanecer por más tiempo diseminando sus conidias pero, a medida que el tiempo transcurre la viabilidad va disminuyendo y se necesita mayor concentración de conidias para lograr una nueva infección.

5.5 Infectividad en fase de estigma.

Las larvas de S. frugiperda que se encontraron en los estigmas del chilote fueron afectados por N. rileyi en un alto porcentaje lo que permite que una aplicación temprana de conidias dé cierta protección al cultivo, cuando se encuentra en esa fase fenológica si se desarrolla una buena epizootia. Al alimentarse las larvas de S. frugiperda de los estigmas antes de que se dé la fecundación trae como consecuencia la no formación del grano, lo que reduce los rendimientos.

Una vez que la mazorca se ha formado y debido a que S. frugiperda ha perdido su habitat preferido (el cogollo), éste puede penetrar la mazorca y hacer daño similar al que hace el elotero, Heliothis sea. Destruye los granos cuando están suaves y lechosos, deja expuesta la mazorca al ataque de hongos, haciéndolas no aptas para el consumo humano, puede verse afectada por gorgojos, los que aprovechan las áreas

dañadas para penetrar (Riso, 1983). Estos daños, son secundarios ya que la mayor incidencia de S. frugiperda es en el cogollo pero, puede causar grandes pérdidas si el ataque a las masorcas es severo.

CONCLUSIONES

Las condiciones climáticas bajo las que se presentó una epizootia de micosis causada por N. rileyi sobre larvas de S. frugiperda fueron las siguientes:

- Lluvia se registró en el 69% de los días del período de estudio (mínimo 0.5 mm/día, máximo 68 mm/día).
- Viento, la distancia mínima recorrida fue de 57 km/día y la máxima 172 km/día.
- En un 76% de los días del período de estudio se registraron de 10-19 horas/día con humedad relativa mayor del 90%.
- Las temperaturas máximas registradas alcanzaron en un 97% de los días de 30-34°C y las temperaturas mínimas estuvieron entre 20-25°C.

El conjunto de factores climáticos antes mencionados fue favorable para que N. rileyi provocara y mantuviera una epizootia sobre S. frugiperda en un lote de maíz. Bajo esas condiciones, N. rileyi tuvo el siguiente comportamiento:

- El 70% de los cadáveres de las larvas matadas por N. rileyi permanecieron adheridas a la planta 3 ó menos días después de aparecer con micelio. Esto indica que se puede interpretar los datos de recuentos hechos dos veces por semana como datos acumulativos de número de larvas matadas por el hongo en condiciones ambientales similares.

El 66% del total de cadáveres de larvas de S. frugiperda afectadas por N. rileyi lograron esporular. Del total de cadáveres que esporularon el 98% lo hizo en los primeros días después de aparecer con micelio, lo cual permite la rápida producción de inóculo (conidias) para lograr mantener una epizootia.

El 59% de los cadáveres de las larvas de S. frugiperda afectadas por N. rileyi permaneció esporulando sólo un día sobre la planta, esto bajo condiciones apropiadas de viento y lluvia permitió que las conidias se diseminaran y lograran mantener la epizootia.

Del total de cadáveres de larvas de S. frugiperda afectadas por N. rileyi el 62% fue encontrada en el tercer instar larval, esto indica que la infección ocurrió en los 2 primeros instares. Sparks señala que los instares 1 y 2 reducen 0.1 y 0.6% del área foliar, considerada poca, si se compara con el 16.3% y 77.2% de reducción que ocasionan los instares 5 y 6.

En los dos bio-ensayos, las conidias de N. rileyi conservaron alguna viabilidad (68% en el primero y 6% en el segundo) hasta 3 días después de la exposición al medio ambiente en dos posiciones relativas al estrato de la bóveda del cultivo lo que permite que puedan provocar nuevas infecciones.

El número de días de exposición tuvo efecto significativo sobre la viabilidad de las conidias únicamente en el primer

bio-ensayo ya que, en el segundo bio-ensayo se redujo hasta la mitad la concentración de conidias usadas en el primero. Para obtener el efecto deseado por conidias expuestas por varios días al medio ambiente, es necesario altas concentra siones.

- Hubo mayor conservación de viabilidad en las conidias producidas en el estrato bajo (más protegidas de la radiación solar) que las producidas en el estrato alto (más expuestas a la radiación solar).
- El 74% de las larvas de cogollero encontradas en los estigmas del chilote, fueron infectadas por H. rileyi después de la episeotía, lo que brinda protección a las naranjas.

RECOMENDACIONES

Se recomienda:

- Repetir el estudio de ecología en la época de primavera, para conocer la consistencia de los resultados obtenidos acerca del comportamiento de N. rileyi en el transcurso de una epizootia sobre S. frugiperda en condiciones climáticas diferentes.
- Seguir utilizando en estudios de campo de N. rileyi la misma metodología de recuento utilizada hasta ahora (2 veces por semana) ya que los datos obtenidos se pueden interpretar, como datos acumulativos de número de larvas matadas por el hongo.
- Repetir el estudio de viabilidad de conidias de N. rileyi expuestas al medio ambiente por varios días en dos posiciones relativas al estrato de la bóveda del cultivo, usando una baja concentración para conocer con mayor seguridad el efecto causado por el medio ambiente sobre la viabilidad de las conidias.

LITERATURA CITADA

- Gotsin, L.W. 1961. Spicaria rileyi (Farlow) Charles, an entomogenous fungus of Trichoplusia ni (Hubner). J. Insect. Pathol. 3(1): 2-20.
- Gladstone, S.M. 1987. Efecto de una aplicación del hongo entomopatógeno Nomuraea rileyi, en maíz sobre la dinámica de micosis en el cogollero Spodoptera frugiperda. Informe. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias. Managua, Nicaragua.
- Hallpap, C. 1985. Ecología poblacional y control biológico-biotécnico de Spodoptera en Nicaragua. Tesis. Universidad. J.W. Goethe. Frankfurt, Alemania.
- Hruska, A.J. y S.M. Gladstone. 1987. El costo de control del gusano cogollero Spodoptera frugiperda en maíz en Nicaragua. Informe. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias. Managua, Nicaragua.
- Ignoffo, C.M. 1980. The fungus Nomuraea rileyi as a microbial insecticide en Burges, H. D. ed. Microbial Control of Pest and Plant Disease. Academic Press. N.Y.
- Ignoffo, C.M.; C. Garfía; O.L. Hostetter and R.E. Pinnel. 1977. Laboratory studies of the entomopathogenic fungus Nomuraea rileyi soil-borne contamination of soybean seedlings and dispersal of diseased larvae of T. ni. J. Invertebr. Pathol. 29: 142-152.

- Ignoffo, C.M.; N.L. Marston; O.L. Hostetter and B. Pattler, 1976. Natural and induced epizootics of Nomuraea rileyi in soybean cartepillars. J. Invertebr. Pathol. 27: 191-198.
- Kish, L.P. 1975. The biology and ecology of Nomuraea rileyi. Ph. D. Dissertation. University of Florida, Gainesville.
- Kish, L.P. and G.E. Allen. 1978. The biology and ecology of Nomuraea rileyi and a program for predicting its incidence on Anticarsia gemmatilis in soybean. Bulletin 795 (Technical).
- Lacayo, L. 1977. Especies parasíticas de Spodoptera frugiperda (Smith), Diatraea linneolata (Wlk) y Trichoplusia ni (Hbn) en zonas de Managua y Masatepe. Tesis. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León.
- MINISTERIO DE DESARROLLO AGROPECUARIO Y REFORMA AGRARIA. 1985. Guía Tecnológica para la producción de maíz en seco. Managua, Nicaragua.
- MINISTERIO DE DESARROLLO AGROPECUARIO Y REFORMA AGRARIA. 1987. Evaluación final del ciclo agrícola 86/87. Managua, Nicaragua.
- Mohamed, A.K.A.; J.V. Bell and P.P. Sidorowk. 1978. Field cage test with Nomuraea rileyi against corn earworm larvae on sweet corn. J. Econ. Entomol. 71: 102-104.

- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCE. 1978. Manejo y control de plagas de insectos. Primera Edición. Ed. LIMUSA. México. Pág.: 189-194.
- Rizo, M.P. 1983. Plagas en el maíz (Ira nays) y su manejo en Técnica para la producción de maíz. Ed. MIDINRA. Managua, Nicaragua.
- Sokal, R. and F. Rohlf. 1969. Biometry. Freeman and Company. San Francisco, U.S.A. Pág.: 601-607.
- Sparks, A.W. 1979. A review of the biology of the fall armyworm. Fla. Entomol. 62: 82-87.