

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
ESCUELA DE SANIDAD VEGETAL  
DEPARTAMENTO DE ENTOMOLOGIA

TRABAJO DE DIPLOMA

ASPECTOS EPIDEMIOLOGICOS DE *Metarhizium anisopliae* (Metsch). Sorok  
EN LAS POBLACIONES DE *Dalbulus maidis* De Long & Wellcott

DIPLOMANTE: ISRAEL QUIROZ SANDOVAL

ASESOR: Dra. SARAH GLADSTONE

CONSULTOR: MSc. GABRIELE GERDEMANN

MANAGUA, NICARAGUA.

1991

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
ESCUELA DE SANIDAD VEGETAL  
DEPARTAMENTO DE ENTOMOLOGIA

TRABAJO DE DIPLOMA

ASPECTOS EPIDEMIOLOGICOS DE *Metarhizium anisopliae* (Metsch). Sor  
EN LAS POBLACIONES DE *Dalbulus maidis* De Long & Wellcott

DIPLOMANTE ISRAEL QUIROZ SANDOVAL

ASESOR: Dra. SARAH GLADSTONE

CONSULTOR: MSc. GABRIELE GERDEMANN

MANAGUA, NICARAGUA.

1991

## DEDICATORIA

A mis padres Sr. Luis Quiroz Pérez y Sra. Aida Rosa Sandoval, quienes con todo sacrificio y empeño fueron en todo momento fuente inagotable de apoyo durante mi vida estudiantil.

A mi esposa Sra. Luvy Vargas González.

A mis queridos hermanos: Fernando José, Rolando Antonio, Ada Eugenia, Ena Luz, Ivette Dalila.

A mis sobrinos.

Con todo mi afecto y cariño al niño Cristian Roland.

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi Asesor **Dra. Sarah Gladstone**, por su invaluable ayuda en la organización y ejecución del análisis estadístico del trabajo.

Al **Ing. Eddy Castellón**, por su invaluable colaboración y supervisión de la orientación estadística del trabajo.

A mi consejero **Msc. Gabrielle Gerdemann**, por sus valiosos consejos y orientaciones.

A los **Msc. Teodoro Anderson**

**Julio C. Mercado**

**Ligia Lacayo Parajón**; por sus valiosas colaboración en la revisión del escrito.

Al **Dr. Frank Turley**, quien me apoyó decididamente en efectuar la parte de trabajo de campo.

A las siguientes personas:

**Msc. Julio A. Monterrey**, **Ing. Isabel Rivas**, **Ing. Rafael Obando**, **Lic. Maria Pedrina Córdoba**; **José Palacios**, **Felipe Jaime**, **Fernando Estrada**, **Rosana Arostegui**, **Mireya Castellón**, **Mireya Monterrey** y **Rosa Palma Garcia**.

A todo el personal del Centro Nacional de Protección Vegetal, que de alguna manera contribuyeron a la realización del presente trabajo.

## CONTENIDO

<u>SECCION</u>	<u>PAG.</u>
I. Lista de Cuadros .....	i
II. Lista de Figuras.....	ii
III. Resumen.....	iii
1. Introducción.....	1
2. Objetivos.....	4
3. Materiales y Métodos.....	5
3.1 Datos Experimentales.....	5
3.2 Determinación del efecto de variedad sobre mortalidad.....	6
3.3 Epidemiología de <i>Metarhizium anisopliae</i> .....	6
3.4 Efecto de factores ambientales.....	7
3.5 Análisis de datos.....	7
4. Resultado y Discusión.....	9
4.1 Efecto de la variedad de maíz en el desarrollo de epizootias....	9
4.2 Efecto de factores sobre magnitud de la epizootia.....	15
4.3 Relación entre población hospedera, mortalidad máxima y lluvia.....	20
4.4 Forma de una epizootia.....	26
5. Conclusiones.....	28
6. Recomendaciones.....	29
7. Bibliografía.....	30

LISTA DE CUADROS

<u>CUADRO</u>	<u>PAGINA</u>
1. Resultado de Andevas del efecto de variedad de maíz sobre parámetros de epizootia de <i>Metarhizium anisopliae</i> en <i>Dalbulus maidis</i> .....	9
2. Análisis de regresión lineal para determinar el efecto de 3 variedades sobre la magnitud de epizootia de <i>Metarhizium anisopliae</i> en <i>Dalbulus maidis</i> .....	15
3. Análisis de desviación standar de parámetros de la epizootia de <i>Metarhizium anisopliae</i> en la población de <i>Dalbulus maidis</i> ..	27
4. establecimiento del total de fechas de siembra y variedad que constituyen el diseño experimental establecido en el campo.....	8

LISTA DE FIGURAS

<u>FIGURA</u>	<u>PAGINA</u>
1. Temperatura máxima y mínima promedio de la germinación hasta el pico máximo de mortalidad por <i>Metarhizium anisopliae</i> para cada siembra.....	12
2. Humedad relativa máxima y mínima promedio de la germinación hasta el pico máximo de mortalidad por <i>Metarhizium anisopliae</i> para cada siembra.....	13
3. Viento promedio de la germinación hasta el pico máximo de mortalidad por <i>Metarhizium anisopliae</i> para cada siembra.....	14
4. Relación de la cantidad total de insectos vivos en los tres primeros recuentos con respecto a la proporción diaria de mortalidad máxima.....	23
5. Relación de la lluvia promedio hasta cuatro días antes de alcanzar el pico máximo de mortalidad y el porcentaje de mortalidad máxima.....	19
6. Relación de la cantidad total de cadáveres con el porcentaje de mortalidad en la población de <i>Dalbulus maidis</i> por <i>Metarhizium anisopliae</i> .....	24
7. (4,5,6).- Desarrollo de epizootia de <i>Metarhizium anisopliae</i> en la población de <i>Dalbulus maidis</i> en una siembra de maíz.....	16
8. (7,8,9).- Desarrollo de epizootia de <i>Metarhizium anisopliae</i> en la población de <i>Dalbulus maidis</i> en una siembra de maíz.....	17
9. (10,11,12).- Desarrollo de epizootia de <i>Metarhizium anisopliae</i> en la población de <i>Dalbulus maidis</i> en una siembra de maíz.....	18
10. Relación entre población hospedera y lluvia máxima en el desarrollo de epizootia de <i>Metarhizium anisopliae</i> durante las 24 siembras.....	21

## RESUMEN

El cultivo de maíz (*Zea mays*) es afectado por la enfermedad del achaparramiento del maíz. Esta enfermedad es causada por un complejo de patógenos transmitidos por el insecto vector *Dalbulus maidis*.

*Dalbulus maidis* es controlado naturalmente por el hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae*. Este hongo es afectado por condiciones físicas tales como: humedad, temperatura, precipitación y viento. Para estudiar el efecto de estos factores se estableció un experimento en el Centro Nacional de Granos Básicos " Humberto Tapia Barquero" en la Región III Managua, Nicaragua. Sembrando quincenalmente cuatro variedades de maíz. Se determinó el número de *Dalbulus maidis* vivos y muertos por *Metarhizium anisopliae*.

El objetivo de este estudio fue determinar los efectos de los factores físicos en conjunto con la población hospedera y el inóculo en el desarrollo de la epidemia del hongo.

La temperatura, humedad y el viento no fueron factores relevantes dentro del estudio, por lo que no se incluyeron dentro del análisis. La variedad de maíz y la población hospedera no influyeron significativamente sobre el tamaño de la epizootia.

Siendo la lluvia y el inóculo de la siembra anterior, los que influyeron significativamente en el tamaño de la epizootia. El microclima del cultivo es determinante en el desarrollo de la epizootia.



## INTRODUCCION

Dentro de las plagas que atacan el cultivo del maíz (*Zea mays*) en Nicaragua, la chicharrita del maíz *Dalbulus maidis* (Delong & Wellcott) ocupa el primer lugar. Este insecto es el vector de la enfermedad conocida como achaparramiento del maíz que es causado por un complejo de tres patógenos: Espiroplasma (CSS, Corn Stunt Spiroplasma), Micoplasma (MBSM, Mayze Bushy Stunt Micoplasma) y virus del rayado fino (MRFV, Mayze Rayado fino virus) todos transmitidos por *Dalbulus maidis* (Nault, 1983).

Cuando la infestación es temprana el cultivo de maíz se ve seriamente afectado. Durante su período crítico desde la emergencia hasta los 30-40 días de edad de la planta, la infestación causa pérdidas en la cosecha.

Esta plaga ha causado pérdidas enormes en cosechas en todo el Pacífico de Nicaragua desde su detección inicial en 1956 en el departamento de Managua (Sáenz, 1971). La magnitud de los daños puede fluctuar entre el 60-100% durante algunas épocas de siembra (Sediles, 1989). En 1986 se perdió el 25% del área sembrada de maíz por achaparramiento, siendo el 90% de los casos de infestación pérdidas totales (Turley, 1986).

En vista de que el control químico de la chicharrita del maíz es antieconómico los estudios que se han realizado están dirigidos a manejar las poblaciones a través de variedades tolerantes y densidades de plantas para disminuir los efectos de la enfermedad (Sediles, 1989).

Desde la detección inicial en 1956 de *Dalbulus maidis* no se ha realizado ningún tipo de control biológico ni estudios sobre sus enemigos naturales en Nicaragua y es hasta finales de 1985 en la propiedad de la Universidad Nacional Agraria, estación "El Plantel" Km 44 carretera Tipitapa-Masaya Departamento de Managua que se detectó la presencia de insectos muertos con síntomas de micosis en el envés de las hojas de maíz de una forma focalizada (Hruska, et al; en prensa).

Estos cadáveres fueron llevados a la Biologische Bundesanstalt Darmstadt, Alemania Federal y fueron identificados

como *Metarhizium anisopliae* (Metsch) Sorok. Deuteromicetes, Moniliaceae por Zimmermam (Hruska, et al; en prensa).

Posteriormente este hongo fue rastreado para verificar su distribución en algunas zonas maiceras de la región III, IV y II y se encontró que en la Estación Experimental de Granos Básicos Humberto Tapia Barquero el hongo *Metarhizium anisopliae* provoca una epidemia en las poblaciones de la chicharrita del maíz.

*Metarhizium anisopliae* es un candidato real para el control biológico de plagas de importancia económica y en muchos países es usado como agentes de control biológico de plagas (Soper, S. R; Ward, Michel;1980). Las epizootias causadas por este hongo son influenciadas por factores físicos tales como la temperatura, humedad, luz, viento y precipitación.

La temperatura y humedad son factores muy importantes en el desarrollo de los hongos en conjunto con la densidad poblacional y el agroecosistema del cultivo (Benz, 1987; Bell, 1974).

El insecto y el hongo pueden ser afectados por el clima en varios grados y es responsable de la habilidad del insecto a resistir la enfermedad o la habilidad del hongo patógeno a iniciar una infección (Bell, 1974).

El hongo bajo condiciones favorables puede desarrollar y producir conidias después de la invasión y muerte del insecto hospedante.

La emigración, inmigración y distribución del hospedante sobre la planta también afecta la epizootia (Tanada, 1963; Alves, 1986). La emigración de algunos patógenos depene de las condiciones ambientales, por lo tanto los micro-ambientes presentes en el cultivo y el área geográfica en donde se cultiva son de considerable importancia (Gladstone, 1989).

La ventaja de que *Metarhizium anisopliae* causa epidemias sobre la población de *Dalbulus maidis* bajo condiciones favorables y dado, que muchos patógenos pueden producirse a nivel nacional regional ó local sin grandes inversiones de capital, motivó a realizar un estudio que tuvo como obietivo conocer las condiciones de temperatura, humedad, precipitación y viento bajo las cuales se desarrolla la epidemia del hongo en la población de *Dalbulus maidis*.

y generar una descripción de la dinámica de la mortalidad en el campo.

La finalidad de este estudio es predecir cuando y bajo cuales condiciones se debe realizar futuras aplicaciones del hongo para bajar poblaciones de *Dalbulus maidis*.

## MATERIALES Y METODOS

### Datos experimentales:

El experimento se estableció en el Centro Experimental de Granos Básicos " Humberto Tapia Barquero", Región III Managua. Se cultivaron dos grupos de variedades de maíz. El primer grupo estuvo compuesto por once siembras (1-11) quincenales de las variedades NB-6, NB-3, 5800, NB-100 iniciándose con la primera el 2 de julio de 1986 y terminando el 2 de Diciembre de 1986. El segundo grupo estuvo compuesto por trece siembras (12-24) de las variedades de maíz NB-6, 5800 y Santa Rosa 8576. Las variedades NB-6 y 5800 se sembraron cada quince días y la variedad Santa Rosa 8576 se sembró una vez por mes por falta de semilla. Las siembra para el segundo grupo de variedades se inició el 16 de Diciembre de 1986 y concluyeron el 16 de Junio de 1987 (cuadro 4).

Cada variedad se cultivó en un área de 20 x 20 m. En cada parcela se marcaron cinco estaciones fijas en forma de x (equis) de 7 plantas cada una, haciendo un total de 35 plantas por parcela revisándose cada ocho días.

En cada estación se contaron el número de *Dalbulus maidis* vivos por planta (conteo visual) y el número de *Dalbulus maidis* muertos por *Metarhizium anisopliae* por estación, revisándose el haz y el envés de todas las hojas y el cogollo de las plantas en cada estación para encontrar los *Dalbulus maidis* con síntomas de muerte por hongo.

Los *Dalbulus maidis* muertos que en el campo no presentaban síntomas de infección por *Metarhizium anisopliae* fueron colectados y trasladados al laboratorio para ser colocados en cámara húmeda y favorecer de esta manera el crecimiento y esporulación del hongo.

Tres días después de colocados los insectos muertos en cámara húmeda se observó la esporulación por medio de un estereomicroscopio zeiss (Modelo 175067).

Los datos de mortalidad obtenidos a través de cámara húmeda por *Metarhizium anisopliae*, se sumaron a los datos de mortalidad natural encontrados en el campo.

## OBJETIVOS

- 1.- Generar descripción de dinámica de mortalidad causada por *Metarhizium anisopliae* a través del año.
- 2.- Establecer un rango de la dinámica de la mortalidad por *Metarhizium anisopliae* en una siembra de maíz y su momento óptimo de aparición.
- 3.- Establecer un parámetro para decidir futuras aplicaciones.
- 4.- Conocer la fluctuación de la población de insectos y su relación con la mortalidad por *Metarhizium anisopliae*.

Se tomaron datos metereológicos del Aeropuerto Internacional "Augusto César Sandino ubicado a 1 km al norte de las parcelas sembradas. Los datos recolectados fueron temperatura mínima y máxima diaria (°C) humedad relativa, mínima y máxima diaria (%) precipitación diaria (mm) y viento diario (km/hora).

Determinación del efecto de la variedad sobre la mortalidad

Se probó el efecto de la variedad de maíz sobre la tasa de proporción diario de mortalidad máximo por *Metarhizium anisopliae*.

Se realizó un análisis de varianza para cada variedad en los diferentes grupos de siembras, incluyéndose solamente las siembras donde había mortalidad por *Metarhizium anisopliae*. La tasa diario de mortalidad por *Metarhizium anisopliae* en cada intervalo entre recuentos se calculó de la siguiente manera:

$$TDM = \frac{m(x)}{V(x-1) + V(x) + (m(x))_{oth} / \text{días entre recuento } x \text{ y } x-1}$$

- Donde:  $m(x)$  = número de *Dalbulus maidis* muertos.
- $(m(x))_m$  = *Dalbulus maidis* muertos por *Metarhizium anisopliae* recuento X.
- $V(x-1)$  = *Dalbulus* vivos del recuento x-1.
- $V(x)$  = *Dalbulus maidis* vivos del recuent x.
- $(m(x))_{oth}$  = *Dalbulus maidis* muertos por otros hongos en recuentos x.

(Comunicación personal de Dr. Gladstone).

Epidemiología de *Metarhizium anisopliae*

Para estudiar los factores causantes de la magnitud de la epizootia se calculó (entre un recuento y otro) la proporción diario de la mortalidad por *Metarhizium anisopliae* y la población

promedio de *Dalbulus maidis*.

La proporción diario de la mortalidad por *Metarhizium* se calculó dividiendo la tasa semanal de mortalidad (TSM) por *Metarhizium anisopliae* entre el número de días entre recuentos.

La población promedio (PP) en el intervalo entre recuentos de *Dalbulus maidis* se calculó con la siguiente fórmula :

$$PP = \frac{V(x-1) + V(x)}{2} + (mx) + (mx)_{oth}$$

Donde:  $V(x-1)$  = *Dalbulus maidis* vivos del recuento (x-1)  
 $V(x)$  = *Dalbulus maidis* vivos del recuento x  
 $(mx)$  = *Dalbulus maidis* muertos por *Metarhizium anisopliento*.  
 $(mx)_{oth}$  = *Dalbulus maidis* muertos por otros hongos en recuento x.

### Efecto de factores ambientales

Después de un análisis de regresión múltiple y observar gráficamente los datos se detectó poca varianza en la temperatura máxima y mínima (Figura 1), humedad relativa máxima y mínima (Figura 2) y viento (figura 3) desde la siembra tres hasta la siembra número once. Se decidió no analizar éstos factores.

### Análisis de regresión

Se realizaron cuatro análisis de regresión lineal para determinar el efecto de lluvia acumulada hasta 1 y 4 días antes del pico de la epizootia.

Para la realización del análisis de regresión lineal no se tomaron en cuenta dos puntos correspondientes a la siembra diez y once para ajustar la curva a una ecuación lineal.

Cuadro 5. Establecimiento del total de fechas de siembras y variedad que constituyen el Diseño experimental establecido en el campo.

DISEÑO EXPERIMENTAL		
NUMERO DE SIEMBRA	FECHA DE SIEMBRA	VARIEDAD
1	02-07-86	1,2,3,4.
2	16-09-86	1,2,3,4.
3	01-08-86	1,2,3,4.
4	15-08-86	1,2,3,4.
5	03-09-86	1,2,3,4.
6	17-09-86	1,2,3,4.
7	01-10-86	1,2,3,4.
8	16-10-86	1,2,3,4.
9	04-11-86	1,2,3,4.
10	19-11-86	1,2,3,4.
11	02-12-86	1,2,3,4.
12	16-12-86	NO DATOS
13	06-01-87	1,4,5.
14	15-01-87	1,4.
15	03-02-87	1,4,5.
16	17-02-87	1,4.
17	01-03-87	1,4,5
18	15-03-87	1,4.
19	01-04-87	1,4,5.
20	15-04-87	1,4.
21	05-05-87	1,4,5.
22	19-05-87	1,4.
23	02-06-87	1,4,5
24	16-06-87	1,4.
1	NB-6	
2	NB-3	
3	NB-100	
4	5800	
5	Santa Rosa 8576	



## RESULTADOS Y DISCUSION

Al inicio de este estudio se plantearon hipótesis acerca del efecto de la temperatura, humedad, viento, precipitación y variedad de maíz en la influencia de epizootias causada por *Metarhizium anisopliae* en las poblaciones de *Dalbulus maidis*.

### Efecto de la variedad de maíz en el desarrollo de epizootia

No se encontraron efectos de Variedad sobre ningún parámetro de epizootias de *Metarhizium anisopliae* afectando *Dalbulus maidis* (cuadro 1).

Cuadro 1. Resultado de andevas del efecto de Variedad de Maíz sobre parámetros de epizootias de *Metarhizium anisopliae* en *Dalbulus maidis*.

Parametro	F	GL	P
Días al inicio de mortalidad	0.12	3	0.946
Días al pico máximo de mortalidad	0.48	3	0.695
Taza de mortalidad semanal máxima	0.06	3	0.946

p < 0.01% ANDEVA

En el presente trabajo no se encontró diferencia significativa entre la variedad de maíz (*Zea mayz*) y la mortalidad de *Dalbulus maidis* causada por *Metarhizium anisopliae* sobre los parámetros analizados (Días al inicio de la epizootia, días al pico de la epizootia, y taza semanal de mortalidad máxima).

Estos resultados coinciden con observaciones (Turley, 1989) que *Dalbulus maidis* no tiene preferencia alimenticia por

variedades, si no que las variedades difieren en la tolerancia al achaparramiento.

### Condiciones ambientales óptimas para micosis

Se observó que algunos factores ambientales tales como la temperatura mínima se mantuvo entre 20 y 23 °C y la temperatura máxima entre 31 y 32 °C.

La humedad relativa mínima se mantuvo entre 48 y 60 % y la humedad relativa máxima se mantuvo entre 88 y 95 %. El promedio de variación del viento estuvo entre 0 y 2 km/h incrementándose a partir de la siembra 11 con 6 km/h.

La temperatura y humedad relativa son factores esenciales para el desarrollo de una epidemia. Factores físicos tales como la temperatura, luz, viento, aparentemente son menos importantes que la humedad en epizootias de hongos entomopatógeno (Tanada, 1963). La temperatura puede influir en regiones donde llega a niveles debajo del óptimo crecimiento de hongos como se observó en estudios de micosis por un hongo de los entomophthorales (Le Rü, 1986).

En el presente estudio no fue significativa porque las condiciones óptimas para el desarrollo del hongo oscilan entre 25 - 30 °C (Bell, 1974).

El viento altamente relacionado con temperatura y humedad es otro factor normalmente influyente para el desarrollo de la epidemia (Bell, 1974). Probablemente es uno de los factores más importante en la dispersión y dislocación de conidias de muchos hongos fitopatógenos y entomopatógenos (García, 1977, Bell, 1974). El viento dispersa las conidias de *Nomuraea rileyi* de cadáveres existentes de *Trichoplusia* ni dentro del cultivo de soya (García e Ignoffo 1977). La vibración originada por el viento libera las conidias de *Metarhizium anisopliae* de cadáveres (Wald y Tedders, 1982). Así que la epizootia anual de larvas de *Trichoplusia* ni en el ecosistema de un cultivo de soya es causado por *Nomuraea rileyi* probablemente resulta de la dispersión por viento de conidias de larvas que mueren en la estación anterior (Ignoffo et al, 1977).

Bajo las condiciones en que se realizó nuestro estudio la temperatura máxima y mínima, humedad relativa máxima y mínima y el

viento, no fueron factores relevantes para el desarrollo de la epidemia de *Metarhizium anisopliae* en *Dalbulus maidis*, debido a que durante del periodo donde se presentó la mortalidad (cuadro 5 siembra 3 a 11), no hubo una fuerte variabilidad de estos factores (Figura 1,2,3).

A partir de la siembra 11 estos factores incrementan sus cambios con humedad relativa baja y el viento que actúa directa e indirectamente sobre el desarrollo de la epizootia, provocando resequedad en las hojas y en el ambiente e influye directamente en la diseminación del hongo (Bell, 1974) el cual reduce considerablemente la mortalidad en las siguientes siembras en los meses de verano; en periodo seco los insectos son menos susceptibles a infestarse debido a que sobre el cuerpo se forma una capa melosa (Alves, 1986).

Ferron (1978) demostró que la infección de insectos puede ser obtenida independientemente de la humedad ambiental. Esto hace suponer que fenómenos físicos alrededor del integumento del insecto facilitan la germinación aún cuando la humedad atmosférica es nula. Las epizootias están siempre presentes hasta que el cultivo este más grande. Esto significa también que condiciones de microclima del cultivo son más importantes que las condiciones macroclimáticas (Ferron, 1978; Bell, 1974; Tanada, 1963).

*Metarhizium anisopliae* en *Oryctes rhinocerus* mata larvas aún en condiciones de humedad relativa de 30% porque la condiciones del microclima del cultivo lo permiten (Carruthers, et al 1987).

La humedad puede ser mayor dentro de un cultivo grande, aún con humedad relativa baja. En cultivos más grandes las conidias tienen mayor actuación porque están protegidas con el follaje.

La luz es otro factor que no se contempla dentro del estudio y se sabe que afecta las conidias en el campo. La radiación solar penetra mejor en un cultivo abierto que en un cultivo cuando ha cerrado con su follaje la calle del surco. La radiación solar (Luz Ultra Violeta) influye negativamente sobre la vida de las conidias. Las conidias de *Metarhizium anisopliae* expuestas a luz solar tienen una vida media de 165 minutos (Zimmermann, 1982). En otro estudio similar se encontró que la vida

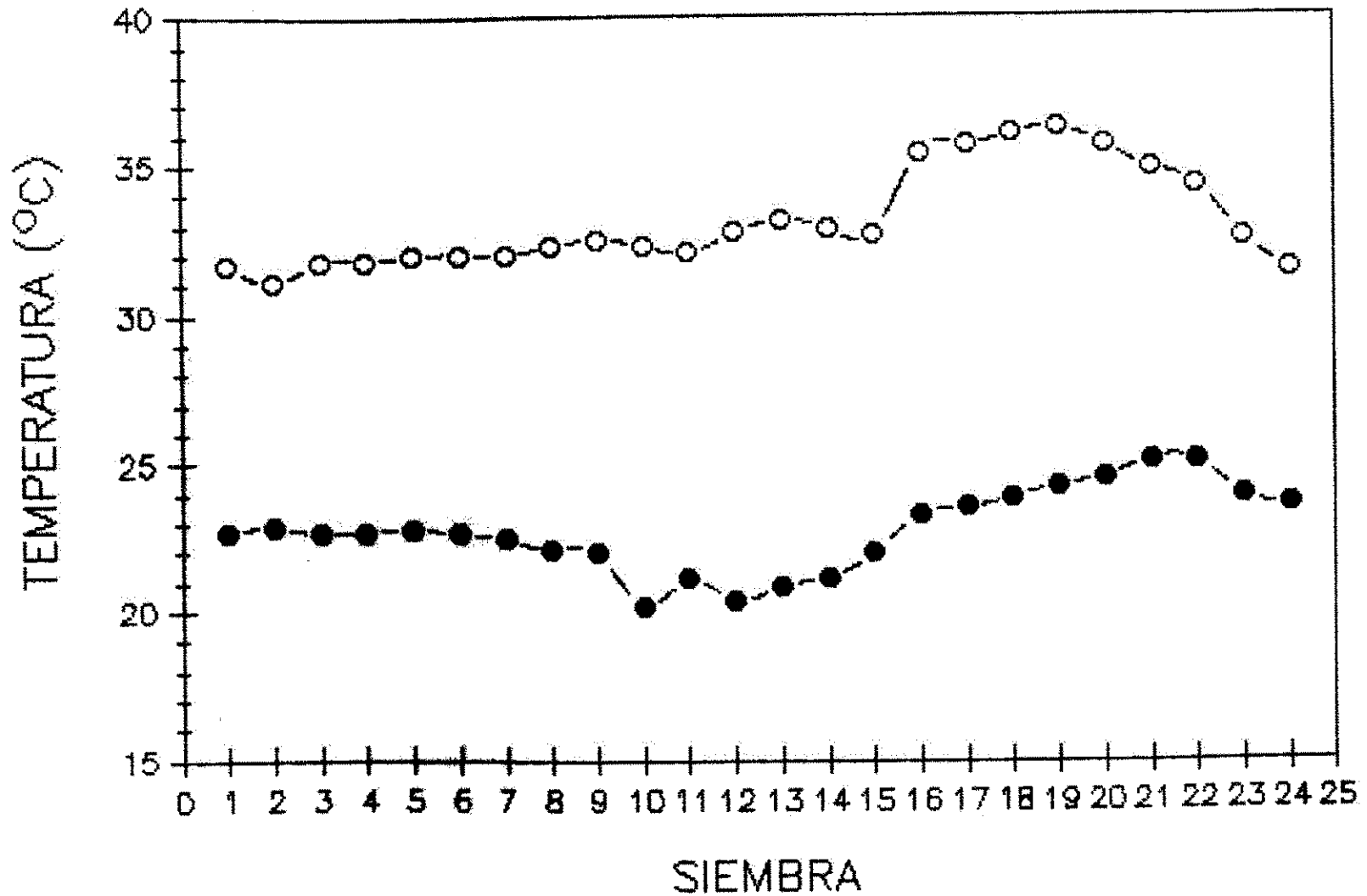


FIGURA 1: Temperatura máxima y mínima promedio de la germinación hasta el pico máximo de mortalidad por *Metarhizium anisopliae* para cada siembra; O—O, temp. mín.; O—O, Temp. máx. (ver cuadro #4 donde aparece la fecha de siembra con el número de siembra).

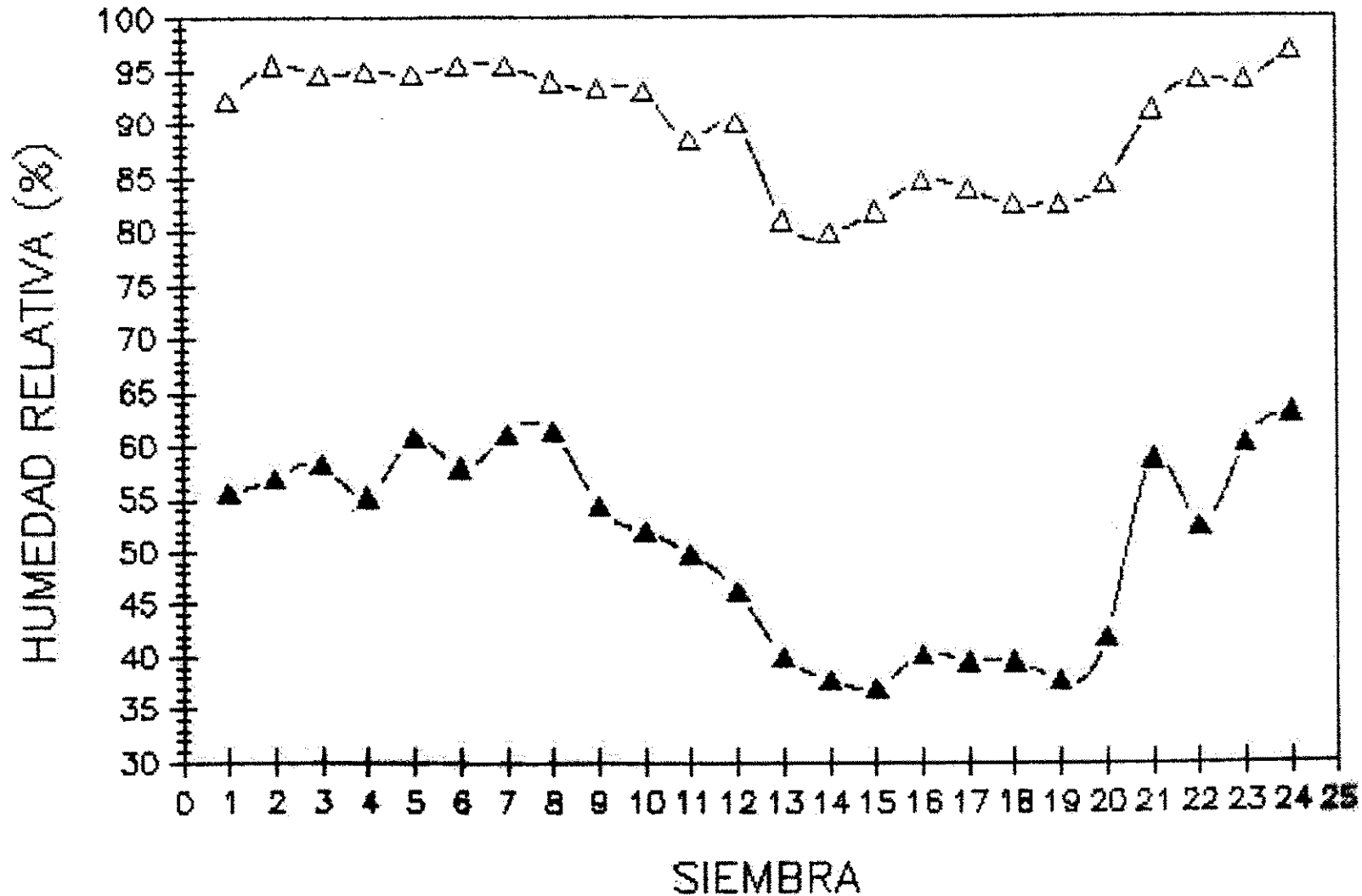


FIGURA 2: Humedad relativa máxima y mínima promedio de la germinación hasta el pico máximo de mortalidad por *Metarhizium anisopliae* para cada siembra; --- , Humed. mín.; --- , Humed. máx. (ver cuadro #4 donde aparece la fecha de siembra con el número de siembra).

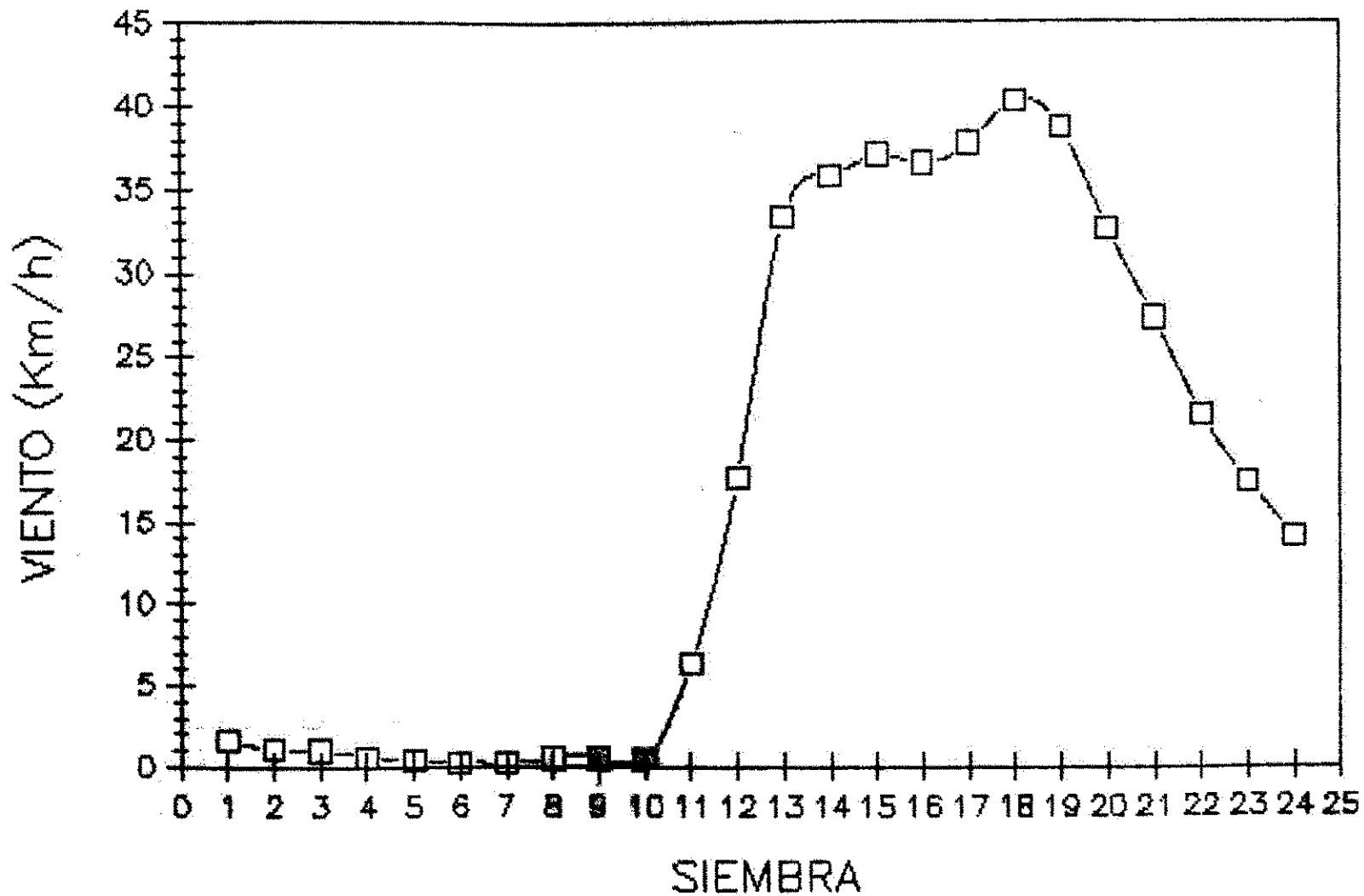


FIGURA 3: Viento promedio de la germinación hasta el pico máximo de mortalidad por *Metarhizium anisopliae* para cada siembra.

media es de cuatro horas (Benz,1987), o sea, que el efecto que sufren las conidias por radiación en el campo puede ser reducido por la cantidad de follaje del cultivo (Figura 4 al 12). Cuando el cultivo tiene mayor área foliar se tiene mayor humedad favoreciendo el microclima, poco viento podría ser la causa de que las epizootias se desarrollen cuando el estado fenológico del cultivo es de 25 días después de emergencia. En un cultivo de soya se observó que *Trichoplusia* ni es atacado por *Nomuraea rileyi* hasta los 25 días después de la emergencia del cultivo (Ignoffo, 1977). Coincidiendo con la época de aparición de epizootia de *Metarhizium anisopliae* en maíz.

Efectos de factores ambientales sobre magnitud de epizootias

La lluvia acumulada hasta 1 y 4 días antes del pico máximo de la epizootia, influyó negativamente sobre la magnitud de la epizootia (cuadro 2 y figura 13).

Cuadro 2. Análisis de regresión lineal para determinar el efecto de 3 variables sobre la magnitud de epizootias de *Metarhizium anisopliae* en *Dalbulus maidis*.

---

	R mult. ajust.	coef	P	
Población hospedero	0.000	0.000	0.775	NS.
Inóculo en el ambiente	0.821	0.005	0.001	**
LLuvia acumulada hasta 4 días antes del pico máximo.	0.885	-0.257	0.01	*
LLuvia acumulada hasta 1 día antes del pico máximo.	0.886	-0.233	0.01	*

---

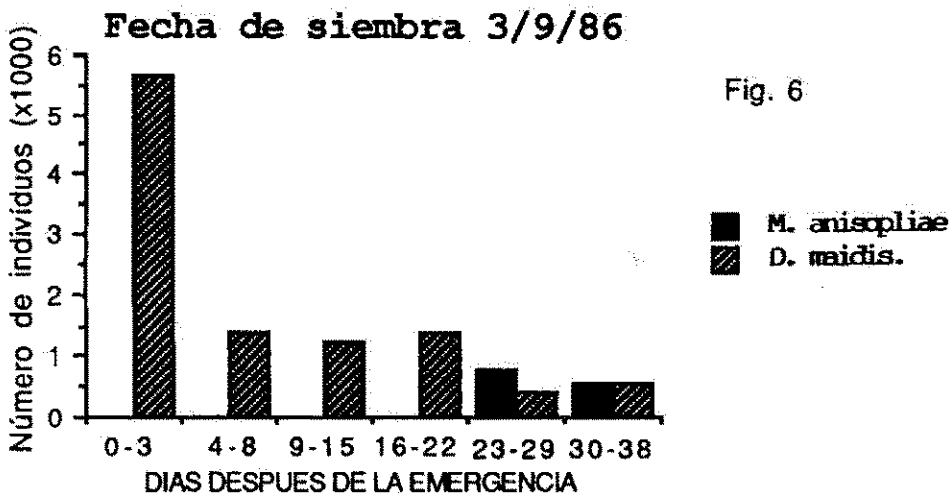
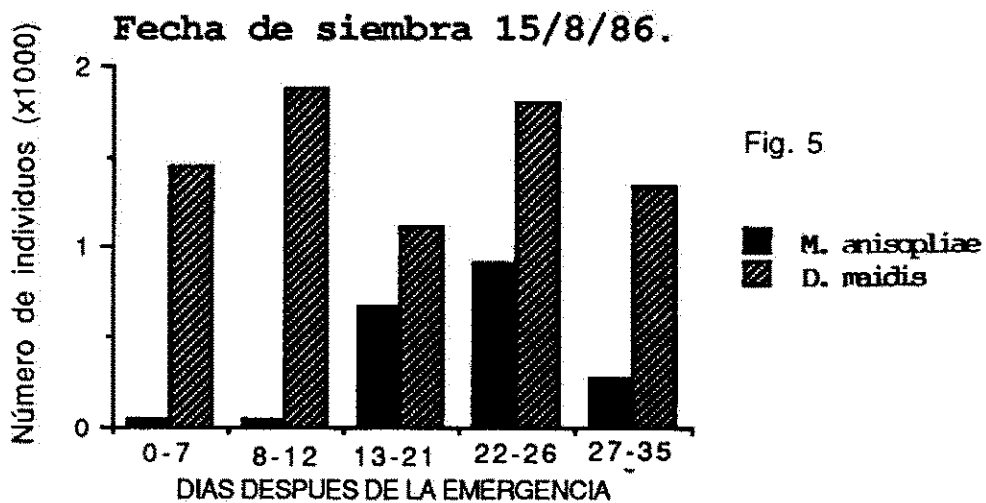
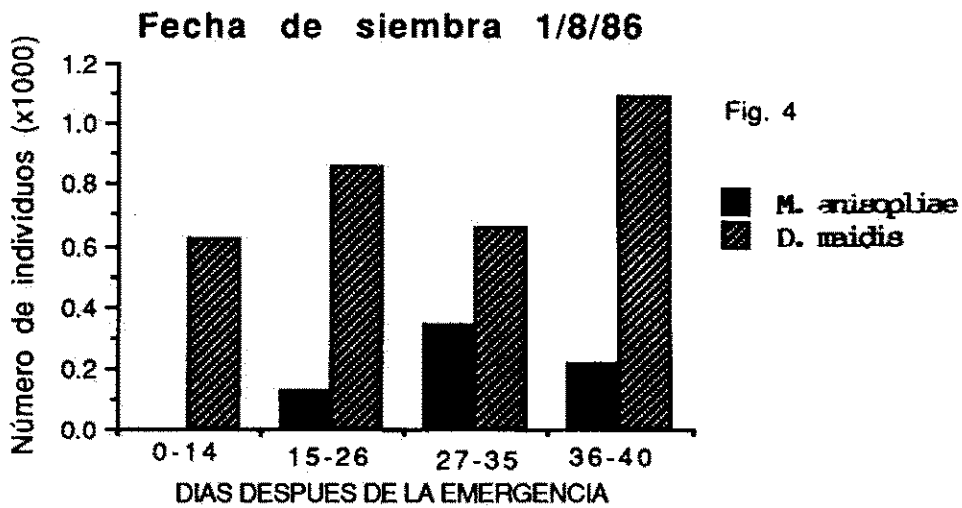


Figura : 4,5,6 Desarrollo de epizootia de *Metarhizium anisopliae* en la población de *Dalbulus maidis* en una siembra de maíz.



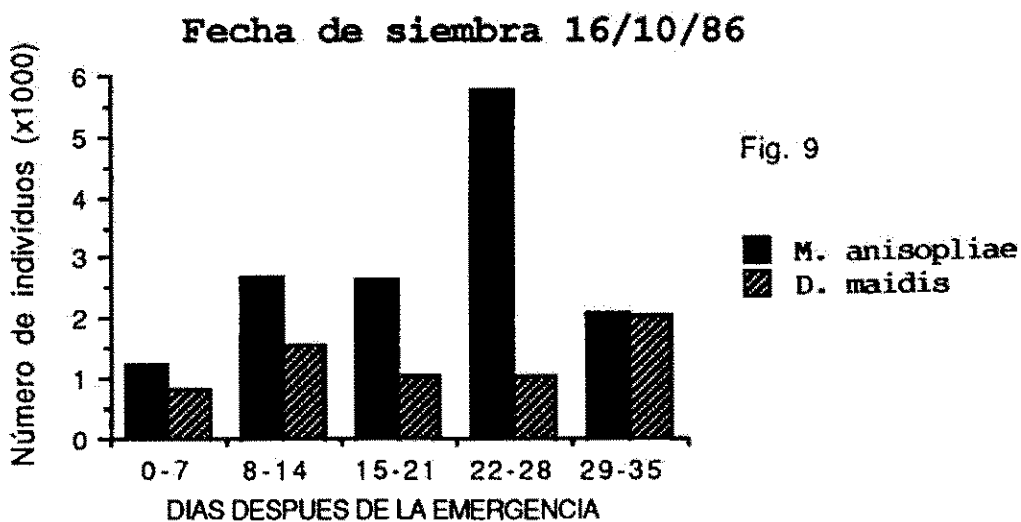
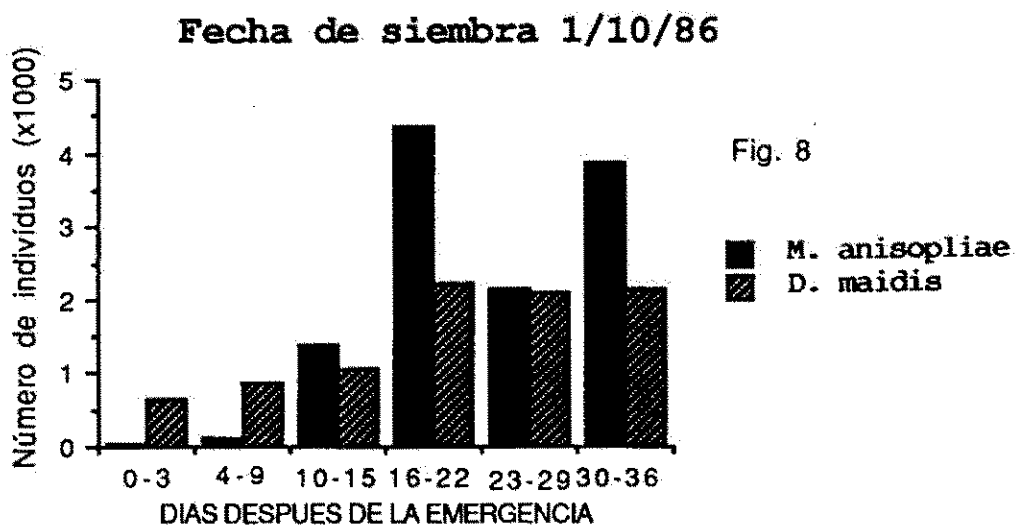
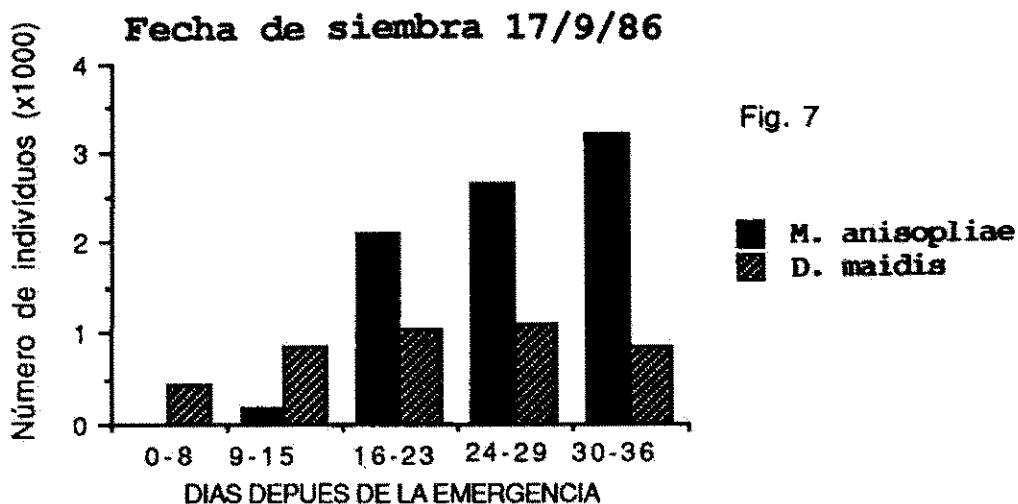


Figura: 4,5,6 Desarrollo de epizootia de *Metarhizium anisopliae* en la población de *Dalbulus maidis* en una siembra de maíz.

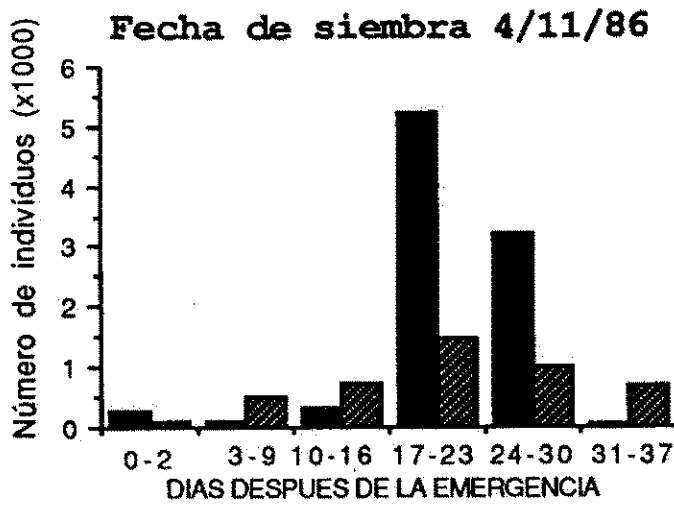


Fig. 10



Fig. 11

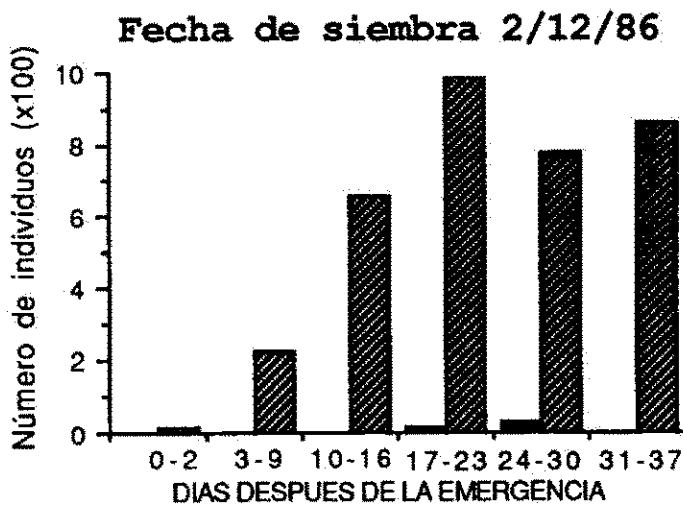


Fig. 12

Figura: 4,5,6 Desarrollo de epizootia de Metarhizium anisopliae en la población de Dalbulus maidis en una siembra de maíz.

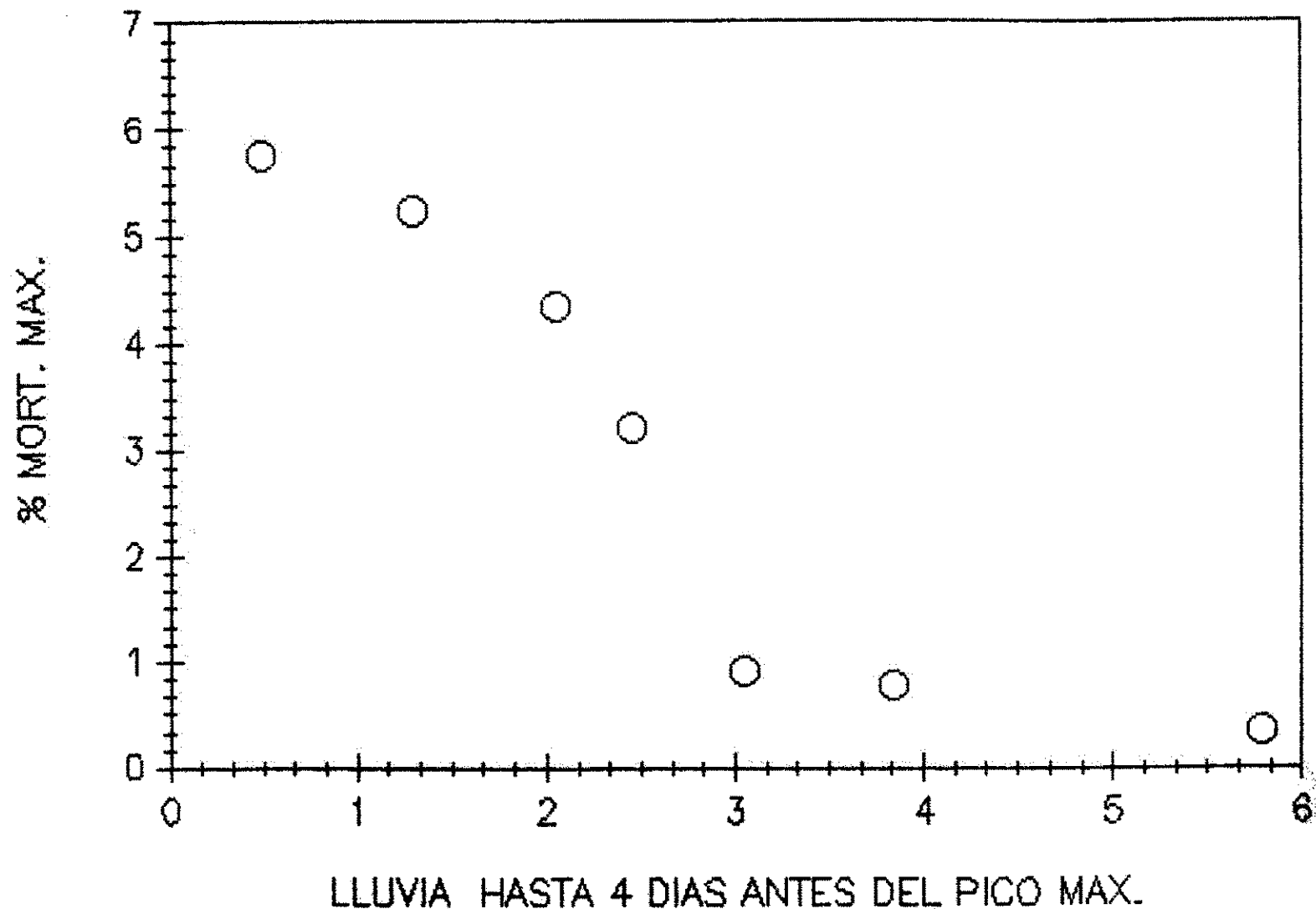


FIGURA 13: Relación de la lluvia promedio hasta cuatro días antes de alcanzar el pico máximo de mortalidad y el porcentaje de mortalidad máxima.

La precipitación influye negativamente con una diferencia significativa sobre la magnitud de la epizootia, disminuyendo por el efecto de lavado de cadáveres de *Dalbulus maidis* infestados por *Metarhizium anisopliae* en las plantas de maíz.

Observaciones similares hay en otros estudios donde la lluvia podría lavar patógenos del follaje (Benz, 1987). Esto hace indicar que con la metodología usada para evaluar la mortalidad de *Dalbulus maidis* no se logra hacer una buena estimación de la mortalidad. Para el caso de estudio hubiera sido de considerable importancia reducir el intervalo entre recuentos.

#### Relación entre población hospedero, mortalidad máxima y lluvia

La población hospedero no influyó significativamente sobre la magnitud de la epizootia (cuadro 2, figura 14). Se inició la mortalidad hasta en el mes de agosto, 4 meses después del inicio de las lluvias y se incrementa la población hospedero. Probablemente este atraso se debe a la falta o escasez de inóculo en el campo. Las epizootias alcanzan su mayor magnitud en el mes de octubre con población hospedera alta y lluvias leves pero todavía presente. Después de alcanzar su pico más alto en octubre comienza a descender hasta llegar a cero cuando la lluvia es cero.

La falta completa de lluvia de Diciembre a Enero inhibe en estos meses aún con población hospedera la presencia de micosis (figura 14).

La población hospedera frecuentemente es determinante para el desarrollo de una epizootia de hongos (Watanabe, 1987). La alta densidad del hospedero incrementa la epizootia por aumento de contacto entre hospederos infestados y no infestado (Watanabe, 1987). La densidad de la población del patógeno depende de la población del hospedero (Tanada, 1987). El movimiento (emigración e inmigración) y distribución (agregación del individuo en una población) puede influenciar la incidencia y magnitud de epizootias (Tanada, 1963).

El número y distribución espacial de individuos hospedantes afectan el desarrollo e iniciación de epizootias (Tanada, 1963).

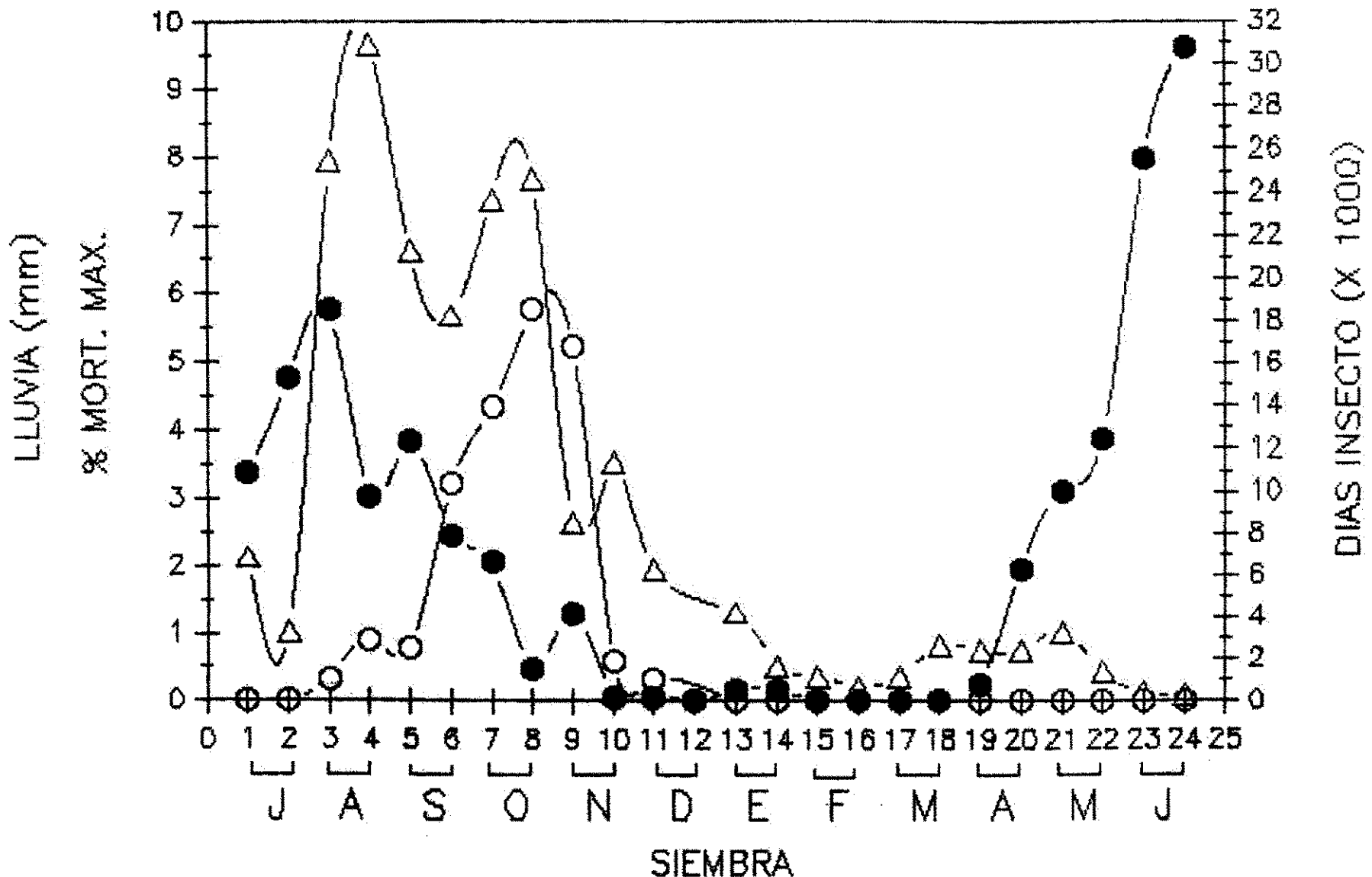


FIGURA 14: Relación entre población hospedero, mortalidad máxima, lluvia en el desarrollo de epizootia de *Metarhizium anisopliae* durante las 24 siembras.

Las condiciones climáticas son más determinantes que la densidad del hospedero (Weiser, 1982).

En el estudio se encontró que la población de *Dalbulus maidis* no tiene influencia significativa sobre la magnitud de la epizootias (Cuadro 2 y Figura 15). Estas observaciones podrían explicarse porque en las fechas de siembra donde hubo mortalidad la población hospedera fue alta. Por otra parte el inicio de la mortalidad estuvo precedida de alta población hospedera. Esto no permitió reducirla a nivel considerable sino hasta la siembra 9-10 donde bajó considerablemente la población del hospedero y del patógeno debido a que las condiciones de humedad, lluvia y viento no fueron favorables.

También en otros estudios investigando el desarrollo de una micosis de *Zeozygite fumosa* (Zygomycetes, Entomophthorales), se observó que la densidad del hospedero no es necesariamente un factor determinante para la extensión del hongo en la población hospedera (Leru, 1986).

La diferencia de inóculo entre siembras es altamente significativo para el desarrollo de epidemias de *Metarhizium anisopliae* sobre la población de *Dalbulus maidis*. El inóculo de la siembra anterior es más importante que otros factores como la humedad relativa, temperatura y viento (Figura 16). Otras investigaciones indican que existe una variación en la contribución del inóculo de una estación a otra (Baian, 1977; Harper, 1984). En un estudio realizado con la mosca *Delia floralis* (Fallen) Diptera:(Anthomyiidae) se encontró que el nivel de inóculo de Julio es significativo con respecto al nivel de inóculo del mes de Agosto (Lamb et al, 1985). Esto significa que el inóculo del patógeno es importante para predecir el desarrollo de una epizootia

La aparición de lluvias un poco temprana no determinó el proceso de aparición del hongo en el campo hasta 4 meses después del inicio de las lluvias. El inicio del desarrollo de una epizootia está determinado por la aparición del primer insecto muerto por *Metarhizium anisopliae* en el campo. El retraso en su aparición se debe supuestamente a la falta de inóculo en el ambiente (Figura 14).

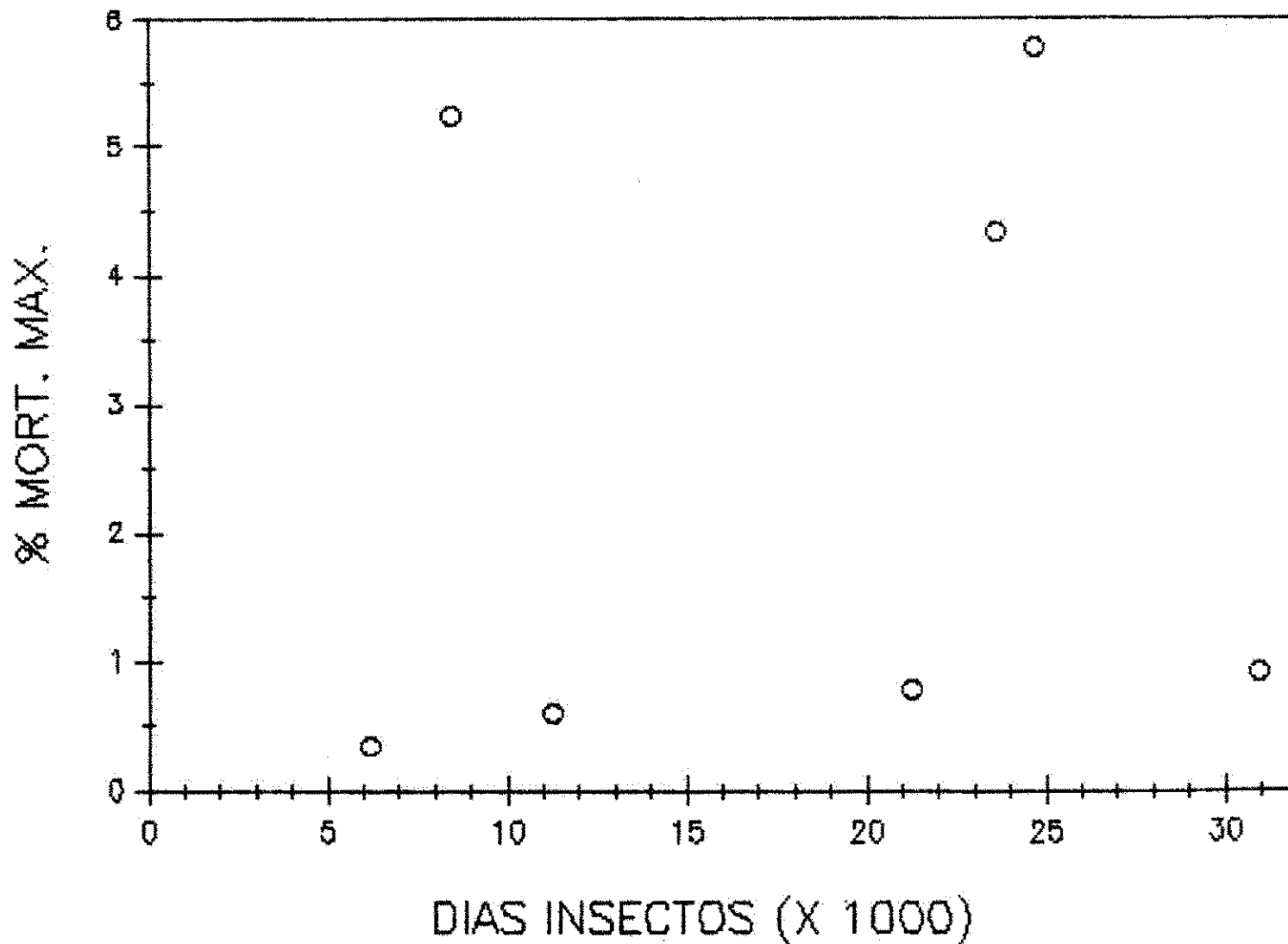


FIGURA 15: Relación de la cantidad total de insectos vivos en los tres primeros recuentos con respecto a la proporción diaria de mortalidad máxima.

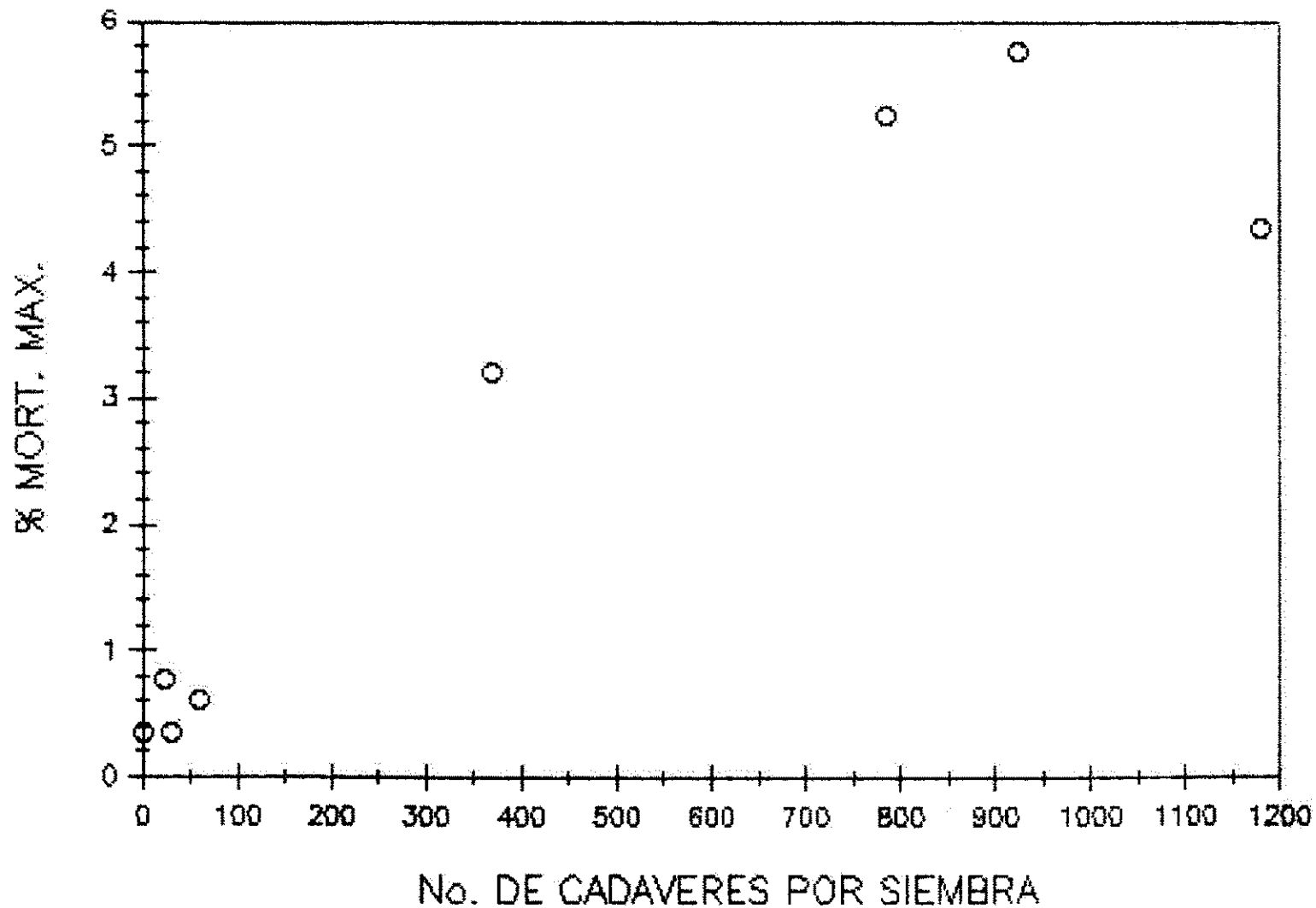


FIGURA 16: Relación de la cantidad total de cadáveres con el % de mortalidad en la población de *Dalbulus maidis* por *Metarhizium anisopliae*.



En el mes de Agosto se marca el inicio de la epidemia con población de hospedero y lluvias altas, considerandose el inicio de la epizootia con mortalidades bajas en los meses de Agosto y Septiembre.

Las mortalidades observadas quedan bajas debido a las fuertes lluvias las cuales desprenden los insectos infestados que permanecen en las hojas que luego caerían al suelo. En el mes de octubre se encuentra el pico más alto de mortalidad. Obando, et.al (1986), encontro durante este mismo mes la mayor población hospedera lo cual coincide con nuestras observaciones.

Las lluvias bajas permiten encontrar mayor número de cadáveres pegados a las hojas de las plantas, porque hay alta mortalidad y al mismo tiempo alta población del hospedero.

En el mes de noviembre hay un descenso de la mortalidad y de la población hospedero considerándose el factor limitante de mortalidad la falta de lluvia. La ausencia de lluvia en los meses de diciembre-abril determina la ausencia de especímenes muertos por *Metarhizium anisopliae* con poblaciones bajas de *Dalbulus maidis*.

Las condiciones ambientales no fueron suficientes para seguir causando mortalidad aunque exista inóculo en el campo. Observaciones similares se reportaron en estudios de infestaciones de poblaciones de un ácaro (*Tetranychus evans*) (Acarina:Tetranychidae) por un hongo entomofitoforo. El hongo se presentó en las poblaciones del hospedero principalmente a finales de la época lluviosa (Humbert, et al., 1981).

En los meses de verano el viento remueve las hojas y el inóculo cae al suelo y cuando inician nuevamente las lluvias la aparición de la enfermedad sufre un retraso. El suelo se considera como un reservorio natural para la iniciación de epizootias de hongos entomopatógenos (Ignoffo, et al., 1977). Estudios con *Nomuraea rileyi* indican que el hongo puede sobrevivir en el suelo hasta la próxima época cuando haya condiciones favorables (Benz, 1987).

Se ha comprobado que *Metarhizium anisopliae* puede permanecer en el suelo (Benz, 1987). Esto indica que también en el caso de mortalidades en poblaciones de *Dalbulus maidis* por *Metarhizium*

anisopliae podría ser que el hongo permanece cierto tiempo en el suelo y que inicie su actividad cuando las condiciones ambientales son favorables. La Presencia de *Metarhizium anisopliae* en los suelos de Nicaragua fue comprobada por Gerdemann (1990).

De todas las observaciones se puede predecir que durante la época seca las conidias de *Metarhizium anisopliae*, aunque estén presente, no logran desarrollar una epizootia en las poblaciones de *Dalbulus maidis*. Los factores que parcialmente impiden el desarrollo de la epidemia son la humedad relativa baja, radiación solar, exceso de viento.

En la época lluviosa generalmente las condiciones ambientales son favorables.

#### Forma de una epizootia

En un ciclo de siembra normal de maíz se presentan teóricamente tres fases de una epizootia: preepizootic, epizootic, post-epizootic. Estas tres fases ocurren de manera natural en cultivos donde se presenta una epidemia de *Metarhizium anisopliae*, (Alves, 1986).

En las siembras de maíz se presentan tres fases (preepizootia, epizootia y postepizootia) de una epidemia natural de *Metarhizium anisopliae* en la población de *Dalbulus maidis*.

Pero en las siembras consecutivas como en el caso de nuestro estudio en algunos casos no se presentan las tres fases, porque el potencial de inóculo y las condiciones ambientales se consideran favorables para el desarrollo del hongo, a tal grado que los insectos se cruzan de una siembra a otra y mueren en las parcelas en donde el cultivo tiene menor desarrollo fenológicos (DDE) (Figura 4 a 12 ).

En un cultivo de maíz el inicio y el pico de una epizootia de *Metarhizium anisopliae* en la población de *Dalbulus maidis* no está determinado por un patrón., según observaciones en este estudio, aunque haya suficiente inóculo en el campo de la siembra anterior.

## CONCLUSIONES

Al finalizar el estudio de los factores ambientales que influyen en la epizootia de *Metarhizium anisopliae* en las poblaciones de *Dalbulus maidis* se puede concluir lo siguiente:

- 1.- La variedad de maíz a cultivar no tiene ningún valor práctico para ningún parámetro de la epizootia.
- 2.- La población hospedera no tuvo ningún efecto sobre el tamaño de la epizootia.
- 3.- El inóculo de la siembra anterior es determinante para predecir el tamaño de la epizootia, a mayor cantidad de inóculo resulta una mayor epidemia .
- 4.- En las condiciones en que se realizó el estudio la temperatura máxima y mínima, humedad relativa máxima y mínima y el viento no son factores relevantes.
- 5.- La lluvia es un factor ambiental determinante para el tamaño de la epizootia., que puede incrementar o reducirla, y de ella depende su continuidad.
- 6.- El cambio de condiciones favorables a desfavorables para la continuidad del desarrollo de la epizootia es interrumpido por la falta de lluvia.
- 7.- El desarrollo de una epidemia está determinado por las condiciones del microclima del cultivo.
- 8.- El éxito de futuras aplicaciones con *Metarhizium anisopliae* en el campo está en base a desarrollar una epizootia más temprana., porque aplicaciones tardías no controlan la plaga y el desarrollo de la epizootia sufre un retardamiento.

## RECOMENDACIONES

- 1.- Continuar este estudio con siembras mensuales de una sola variedad para mejorar una descripción de la mortalidad y soportar futuras aplicaciones.
- 2.- En otros estudios considerar efectos del microclima .
- 3.- Para visualizar mejor el desarrollo de la epizootia, es necesario en este tipo de estudio establecer como mínimo dos recuentos semanales.
- 4.- Futuras aplicaciones deben estar dirigidas a desarrollar una epizootia más temprana para bajar durante un tiempo prolongado la población de *Dalbulus maidis* como factor de control del insecto vector.
- 5.- Futuras aplicaciones deben adecuarse a condiciones favorables para el hongo.
- 6.- Debe establecerse la misma frecuencia de recuentos para todas las siembras.

## BIBLIOGRAFIA

- ALVES, S. B. 1986. Controle Microbiano de Insectos. Editora Manole LTDA, Sao Paulo Brasil, pp 407.
- BAJAN, C ; KMITOWA, K. 1977. Contribution of entomopathogenic fungi to the natural winter reduction of colorado beetle adults. Polish Ecological Studies 3(2) 107-114.
- BELL, V. J. 1974. En "Insect Diseases ", Vol. I, Cantwell, E. (Ed.), pp 185 - 236. Dekker Inc, New York.
- BENZ, G. 1987. En "Epizootiology of Insect Diseases" . Fuxa, R. Y. y Tanada, Y. (Eds.), pp 177 - 214 John Wiley & Sons, New York.
- CARRUTHERS, R. I ; SOPER, R. S. 1987. En "Epizootiology of Insects". Fuxa, R. J y Tanada, Y. (Eds.) pp 177 - 214. John Wiley & Sons, New York.
- GARCIA, C., IGNOFFO, C, M. 1977. Dislodgmen of conidia of *Nomuraea rileyi* from cadaveres of cabbage Looper, *Tricoplusia ni*. Journal of Vertebrate Pathology 30, 144-166.
- GERDEMANN, G. 1990. Comunicación Personal. Centro Nacional de protección Vegetal, DGA, Km 12 1/2 Carretera sur Managua Nicaragua.
- GLADSTONE, S. 1989. Perspectiva de uso de Control Microbiano de Plagas del Maiz en Nicaragua. pp 16-32 en: Memorias Seminario Nacional de Manejo Integrado de Plagas del Maiz Proyecto MIP-MAIZ, Managua, Nicaragua 24 al 26 de Octubre 1989.
- GLADSTONE, S. 1990. Comunicación personal. Universidad Nacional Agraria, Km 12 1/2 Carretera Norte Managua Nicaragua.
- FERRON, P. 1978. Biological Control of Insect Pests by Entomogenous Fungi. Ann. Rev. Entomol. 23, 451-455.
- HARPER, D. J 1984. Trapping patterns of *Entomophthora gammae* (Weiser) (Entomophthorales: Entomophthoraceae) conidia in soybean field (Lepidoptera: Noctuidae). Environ. Entomol. 13, 1186-1190.
- HRSKA, A .J., GLADSTONE, S M , GERDEMANN, G .(en prensa). Hallazgo del Entomopatógeno Metarhizium anisopliae (Metsch) Sorok. atacando la chicharrita del Maiz, Dalbulus maidis (Del

Por esta razón se encuentran valores de Desviación Standard (cuadro 3) muy altos para el inicio y el pico de la epizootia.

CUADRO 3 : Análisis de desviación standard de parámetros de la epizootia de *Metarhizium anisopliae* en la población de *Dalbulus maidis*.

Parámetro	Promedio	D.E
Días hasta el inicio	12.56	9.15
Días hasta el pico	26	11.8

- & Well) en Nicaragua. Turrialba, Costa Rica.
- HUMBER, R. A., MORAES, G. J., DOS SANTOS, J. M. 1981. Natural Infection of Tetranychus evansi (Acarina: Tetranychidae) by a Triplosporium sp. (Zygomycetes: Entomophthorales) in Northeastern Brazil. Entomophaga, 26(4), 421-425.
- IGNOFFO, C. M., PUTTLER, B., MARSTON, N.L., HOSTETTER, D.L., DICKERSON, W. A. 1975. Seasonal Incidence of the Entomopathogenic Fungus Spicaria rileyi Associated with Noctuid Pests of Soybeans. Journal of Invertebrate Pathology 25, 135-137.
- IGNOFFO, C. M., GARCIA, C., HOSTETTER, D. L. AND . PINNELL, R.E. 1977. Laboratory of the Entomopathogenic Fungus Nomurea rileyi: Soil-Borne Contamination of Soybean Seedlings and Dispersal of Diseased Larvae of Trichoplusia ni. Journal of Invertebrate Pathology, 29, 147-152.
- LANB, D. J. y FOSTER, G. N. 1985. Some Observations on Strongwellsea castrans (Zygomycetes :Entomophthorales). A parasite of root flies Delia spp. in the south of Scotland. Entomophaga 31 (1) 91-97.
- Le-ru, B. 1986. Etude de dévolution de une mycose o Neozygites fumosa (zygomycetes, entomophthorales) dans une population de la cochenille du manioc, phenacoccus manihoti (Homop. Pseudococcidae). Entomophaga 31 (1) 91-97.
- NAULT, R. L. 1985. En " The leafhoppers and planthoppers". Nault, R.L. (Ed). pp 310 -330 John Wiley & Son. Inc.
- OBANDO, R., TURLEY, F., CORDOBA, M.P., QUIROZ, I., y BALLESTEROS, F. 1987. Ecología y Dinámica Poblacional de Dalbulus maidis y su relación con el achaparramiento del Maíz. Centro Nacional de Protección Vegetal, MIDINRA, Managua, Nicaragua.
- SAENZ, L. 1971 . El achaparramiento del maíz en Nicaragua y una posible solución : Variedades tolerantes. Tesis Ing. Agr., Managua, Nicaragua, Escuela Nacional de Agricultura y Ganadería. pp 69.
- SEDILES, A. J. 1989. Efecto de densidad de siembra y malezas sobre el nivel poblacional del Dalbulus maidis (Del & W) en dos variedades de maíz en Nicaragua. Tesis Ing. Agr., Managua.

- Nicaragua Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias, Escuela de Producción Vegetal. pp 39.
- SOPER, S., WARD, M. G. 1981. En " Biological Control in crop Production" G. C. Papavizas (Ed.), 18-21 Mayo 1980. Bellsville Symposium in Agric. Res. Allanheld, Osmm & Co. publishers, Inc.
- TANADA, Y. 1963. En " Epizootiology of Infectious Diseases". E.A. Steinhaus (Ed.), pp 451 - 455. An Advanced Press. London, New York.
- TURLEY, F. 1989. Biología y control de la chicharrita del maíz Dalbulus maidis (Del & W) (Homoptera:Cicadellidae) el vector del achaparramiento del maíz. Informe Final. Managua, Nicaragua. 60 pp.
- WATANABE, H. 1987. En " Epizootiology of Insect Diseases " Fuxa, (ed). . pp 71 - 113 John Wiley & Sons. New York.
- WEISER, J. 1982. En " Microbial and Viral pesticides". Kurstak, E. (Ed.), pp 531 - 557. Marcell Dekker, INC New York.
- ZINMERMANN, G. 1982 Effect of hight temperatures and artificial sunlight on the viability of conidia of Metarhizium anisopliae. Journal of invertebrate pathology 40, 36 - 40.