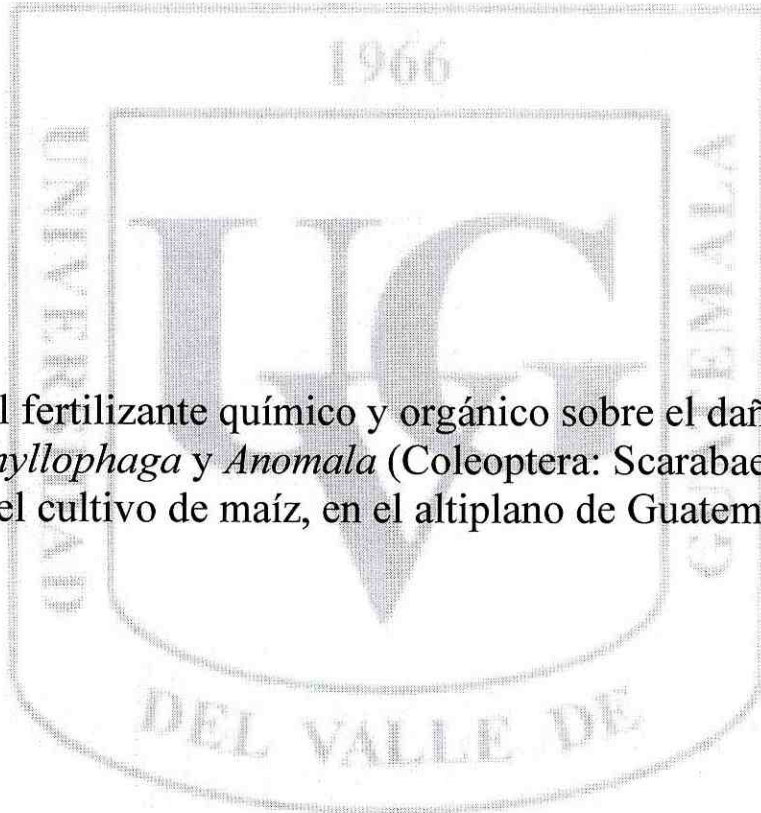


UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades

Departamento de Biología



Efectos del fertilizante químico y orgánico sobre el daño causado por *Phyllophaga* y *Anomala* (Coleoptera: Scarabaeidae), en el cultivo de maíz, en el altiplano de Guatemala

*Excelencia que trasciende*

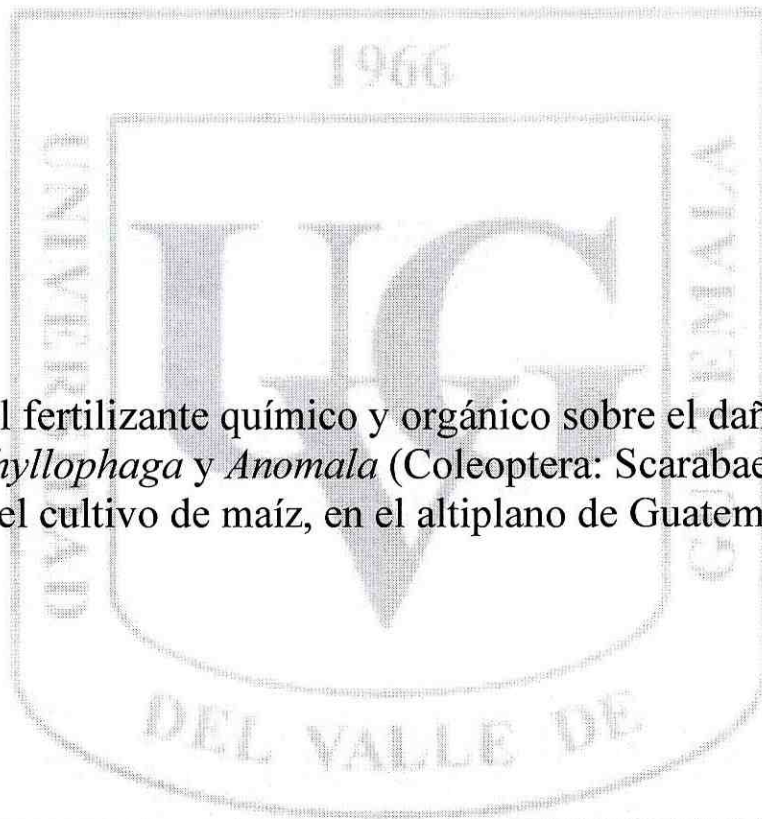
Trabajo de investigación presentado por Silvia Margarita Sosa Echeverría  
para optar el grado de Licenciada en Biología

Guatemala

2003

**BIBLIOTECA**  
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA





Efectos del fertilizante químico y orgánico sobre el daño causado por *Phyllophaga* y *Anomala* (Coleoptera: Scarabaeidae), en el cultivo de maíz, en el altiplano de Guatemala

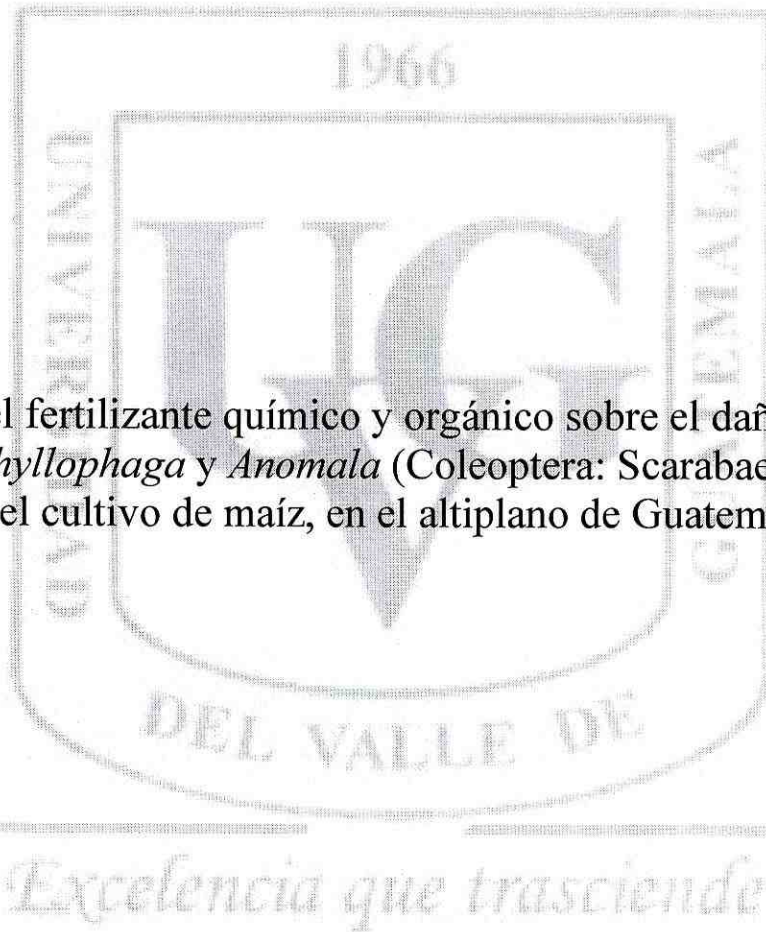
*Excelencia que trasciende*



UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades

Departamento de Biología




Efectos del fertilizante químico y orgánico sobre el daño causado por *Phyllophaga* y *Anomala* (Coleoptera: Scarabaeidae), en el cultivo de maíz, en el altiplano de Guatemala

Trabajo de investigación presentado por Silvia Margarita Sosa Echeverría  
para optar el grado de Licenciada en Biología

Guatemala


2003

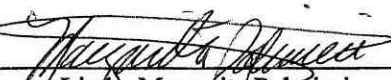
VoBo.

f)   
MSc. Enio Cano  
Asesor Principal

Tribunal Examinador

f)   
Dra. Helda Morales  
Asesora

f)   
Licda. Genoveva Rodríguez  
Asesora

f)   
Licda. Margarita Palmieri  
Tribunal Examinador

Fecha de aprobación: Guatemala, 9 de junio de 2003

## PREFACIO

Esta tesis nace de la necesidad de tener un mejor entendimiento de la relación que existe entre los fertilizantes y las poblaciones de las gallinas ciegas en el cultivo de maíz, y poder hacer recomendaciones a los agricultores para un buen manejo de ellas. Trabajé con maíz porque es uno de los cultivos de mayor importancia para la subsistencia de los agricultores de la región mesoamericana y con el complejo de gallina ciega debido a que representa un gran problema para este cultivo en Guatemala.

En la actualidad la tendencia ante este problema de plagas agrícolas, ha sido la de utilizar insecticidas sintéticos, pero las propiedades químicas de estas sustancias causan daños al ambiente. En los últimos años se han hecho esfuerzos para reducir el uso de plaguicidas y establecer programas de manejo ecológico de plagas que incluyen prácticas culturales, tal como la aplicación de fertilizantes orgánicos; lo que me incentivó a trabajar en esta área de la agroecología.

En la preparación del modelo experimental y el análisis estadístico de los datos de este trabajo fue muy valiosa la asesoría de la Dra. Helda Morales, del MSc. Enio Cano, y de la Lic. Genoveva Rodríguez, y muy especialmente la del Dr. Charles MacVean, quienes me guiaron hacia la forma de elaborar correctamente un estudio en el área de la agroecología. El estudio se llevó a cabo en la Universidad del Valle del Altiplano, en Sololá y en La Estancia de San Lorenzo, en Huehuetenango. En Sololá un terreno era propiedad de la Universidad y el otro fue arrendado por unos agricultores del área, de la misma manera el terreno de Huehuetenango. En el trabajo de campo fue valiosa la colaboración de Heidi Liere y Angélica Zavala en la realización de los muestreos de las gallinas ciegas. Quiero agradecer a mis papás, Luis Alfonso y Margarita; y a mis hermanos Luis Alfonso y Luis Pedro por su apoyo durante la realización de mi tesis. También quiero agradecer a USDA por el financiamiento otorgado para la realización de la tesis como parte del proyecto *Pesticide reduction through a better understanding of the fertilizer-pest relationship*, número 58-31-48-8-065.

# CONTENIDO

|   | Página |
|---|--------|
| PREFACIO                                      | vi     |
| LISTA DE CUADROS                              | ix     |
| LISTA DE FIGURAS                              | xi     |
| RESUMEN                                       | xiv    |
| Capítulos                                     |        |
| I. INTRODUCCIÓN                               | 1      |
| A. Antecedentes                               | 2      |
| 1. El cultivo de maíz                         | 2      |
| 2. Interacciones entre herbívoros y plantas   | 5      |
| 3. Biología de las gallinas ciegas            | 7      |
| B. Justificación                              | 13     |
| C. Objetivos                                  | 13     |
| F. Hipótesis                                  | 13     |
| II. METODOLOGÍA                               | 15     |
| A. Datos del sitio de trabajo                 | 15     |
| 1. Sitio de estudio                           | 15     |
| 1.1 El Tablón, Sololá                         | 15     |
| 1.2 La Estancia de San Lorenzo, Huehuetenango | 16     |
| B. Trabajo de campo                           | 17     |
| C. Trabajo de invernadero                     | 22     |

|   | Página |
|---|--------|
| III. RESULTADOS   | 25     |
| A. ¿Afectan los fertilizantes las poblaciones de gallina ciega?   | 25     |
| 1. ¿Cómo afectan los fertilizantes aplicados, en diferentes localidades, la densidad de larvas de gallina ciega y de plantas infestadas?              | 25     |
| 2. ¿Cuál es el efecto de la fecha de muestreo sobre la densidad de larvas y de plantas infestadas?  | 29     |
| 3. ¿Cómo difiere la cantidad de larvas de <i>Anomala</i> y de <i>Phyllophaga</i> en los diferentes tratamientos para cada sitio y fechas de muestreo? | 32     |
| 4. ¿Existe alguna correlación entre el color de la planta con el número de gallinas ciegas encontradas en los diferentes tratamientos?                | 37     |
| 5. ¿Cómo se comportan los fertilizantes en diferentes tipos de suelo?   | 38     |
| IV. DISCUSIÓN   | 43     |
| A. ¿Cómo influye la localidad en la cantidad de larvas de gallina ciega y de plantas infestadas, en los diferentes tratamientos?                      | 43     |
| B. ¿Es la fecha uno de los factores que afecta la cantidad de gallinas ciegas encontradas en los diferentes tratamientos?                             | 44     |
| C. ¿Se encuentran diferencias en el número de gallinas ciegas del género <i>Anomala</i> y <i>Phyllophaga</i> en los diferentes tratamientos?          | 46     |
| D. ¿La cantidad de las gallinas ciegas se ve correlacionada con la coloración de las plantas?   | 48     |
| E. ¿Los abonos se comportan de la misma manera en distintos tipos de suelo?   | 49     |
| V. CONCLUSIONES   | 51     |
| VI. RECOMENDACIONES   | 53     |
| VII. LITERATURA CITADA  | 54     |
| VIII. ANEXOS  | 58     |

## LISTA DE CUADROS

| Cuadro   | Página |
|--|--------|
| 1. Factores y niveles analizados en el experimento establecido en el campo (Sololá y Huehuetenango).   | 18     |
| 2. Factores y niveles analizados en el experimento establecido en el invernadero de la Universidad del Valle de Guatemala.   | 22     |
| 1B. Análisis del suelo de las localidades estudiadas realizados por AGRILAB  | 61     |
| 1C. Análisis de varianza como parcelas divididas para el número de larvas por plantas en los sitios 1 y 2 en El Tablón, Sololá y sitio 3 en La Estancia de San Lorenzo, Huehuetenango. | 62     |
| 2C. Análisis de varianza como parcelas divididas para el número de plantas con larvas en los sitios 1 y 2 en El Tablón, Sololá y sitio 3 en La Estancia de San Lorenzo, Huehuetenango  | 62     |
| 3C. Análisis de varianza como parcelas divididas para el número de larvas por plantas en el sitio 1 en El Tablón, Sololá.  | 62     |
| 4C. Análisis de varianza como parcelas divididas para el número de plantas infestadas en el sitio 1 en El tablón, Sololá.  | 63     |
| 5C. Análisis de varianza como parcelas divididas para el número de larvas por plantas en el sitio 2 en El tablón, Sololá.  | 63     |
| 6C. Análisis de varianza como parcelas divididas para el número de plantas infestadas en el sitio 2 en El tablón, Sololá.  | 63     |
| 7C. Análisis de varianza como parcelas divididas para el número de larvas por plantas en el sitio 3 en La Estancia de San Lorenzo, Huehuetenango                                       | 64     |
| 8C. Análisis de varianza como parcelas divididas para el número de plantas infestadas en el sitio 2 en La Estancia de San Lorenzo, Huehuetenango                                       | 64     |

| Cuadro  | Página |
|---|--------|
| 9C. Análisis de varianza como parcelas divididas, para el número de larvas de <i>Anomala</i> encontradas en sitio1, Sololá.             | 64     |
| 10C. Análisis de varianza como parcelas divididas, para el número de larvas de <i>Phyllophaga</i> encontradas en sitio1, Sololá.        | 64     |
| 11C. Análisis de varianza como parcelas divididas, para el número de larvas de <i>Anomala</i> encontradas en sitio2, Sololá.            | 65     |
| 12C. Análisis de varianza como parcelas divididas, para el número de larvas de <i>Phyllophaga</i> encontradas en sitio 2, Sololá.       | 65     |
| 13C. Análisis de varianza como parcelas divididas, para el número de larvas de <i>Anomala</i> encontradas en sitio3, Huehuetenango.     | 65     |
| 14C. Análisis de varianza como parcelas divididas, para el número de larvas de <i>Phyllophaga</i> encontradas en sitio3, Huehuetenango. | 66     |
| 15C. Análisis de varianza univariado para el primer muestreo de la altura de las plantas sembradas en invernadero.                      | 66     |
| 16C. Análisis de varianza univariado para el primer muestreo del diámetro de las plantas sembradas en invernadero.                      | 66     |
| 17C. Análisis de varianza univariado para el segundo muestreo de la altura de las plantas sembradas en invernadero.                     | 67     |
| 18C. Análisis de varianza univariado para el segundo muestreo del diámetro de las plantas sembradas en invernadero.                     | 67     |
| 19C. Análisis de varianza univariado para el tercer muestreo de la altura de las plantas sembradas en invernadero.                      | 67     |
| 20C. Análisis de varianza univariado para el tercer muestreo del diámetro de las plantas sembradas en invernadero.                      | 68     |
| 21C. Análisis de varianza univariado para el peso seco de la raíz de las plantas sembradas en invernadero                               | 68     |

## LISTA DE FIGURAS

| Figura  | Página |
|---|--------|
| 1. Mapa del departamento de Sololá en donde se encuentran ubicados los sitios 1 y 2 en donde se realizaron las colectas de gallinas ciegas.   | 16     |
| 2. Mapa del departamento de Huehuetenango en donde se encuentra ubicado el sitio 3 en donde se realizaron las colectas de gallinas ciegas.  | 17     |
| 3. Número de larvas por parcela de <i>Anomala</i> y <i>Phyllophaga</i> (Coleoptera:Scarabaeidae) encontrada en las plantas de maíz con cuatro tratamientos de fertilizantes, colectadas en el 2001, en El Tablón, Sololá y La Estancia de San Lorenzo, Huehuetenango.   | 26     |
| 4. Número de larvas por parcela de <i>Anomala</i> y <i>Phyllophaga</i> (Coleoptera: Scarabaeidae) encontradas en las plantas de maíz en los dos sitios en El tablón, Sololá y en el sitio de La Estancia de San Lorenzo, Huehuetenango, colectadas en el 2001.  | 26     |
| 5. Número de larvas por parcela de <i>Anomalla</i> y <i>Phyllophaga</i> (Coleoptera: Scarabaeidae) encontradas en las plantas de maíz con cuatro tratamientos de fertilizantes, colectadas durante los meses de julio, agosto y septiembre de 2001 en El Tablón, Sololá, en una parcela con suelo relativamente fértil y no había sido cultivado en por lo menos 20 años.   | 27     |
| 6. Número de larvas por parcela de <i>Anomalla</i> y <i>Phyllophaga</i> (Coleoptera: Scarabaeidae) encontradas en las plantas de maíz con cuatro tratamientos de fertilizantes, colectadas durante los meses de julio, agosto y septiembre de 2001 en El Tablón, Sololá, en una parcela con suelo relativamente fértil y cultivado y fertilizado por dos años consecutivos. | 28     |
| 7. Número de larvas por parcela de <i>Anomalla</i> y <i>Phyllophaga</i> (Coleoptera: Scarabaeidae) encontradas en las plantas de maíz con cuatro tratamientos de fertilizantes, colectadas durante los meses de agosto, septiembre y octubre de 2001, en La Estancia de San Lorenzo, Huehuetenango en una parcela con suelo pobre y que no había sido cultivado en 7 años.  | 28     |

8. Número de larvas por parcela encontradas en El Tablón, Sololá durante el mes de julio y en La Estancia de San Lorenzo en el mes de agosto. 30
9. Número de larvas por parcela encontradas en El Tablón, Sololá durante el mes de agosto y en La Estancia de San Lorenzo en el mes de septiembre. 31
10. Número de larvas por parcela encontradas en El Tablón, Sololá durante el mes de septiembre y en La Estancia de San Lorenzo en el mes de octubre. 31
11. Número de larvas por parcela de *Anomala* y *Phyllophaga* (Coleoptera: Scarabaeidae) encontradas en las plantas de maíz con cuatro tratamientos de fertilizantes, colectadas en el 2001, en El Tablón, Sololá y en La Estancia de San Lorenzo, Huehuetenango. 32
12. Número de larvas por parcela de *Anomala* y *Phyllophaga* (Coleoptera: Scarabaeidae) encontradas en las plantas de maíz en los dos sitios de El Tablón, Sololá y en el sitio de La Estancia de San Lorenzo, Huehuetenango, colectadas en el 2001. 33
13. Número de larvas por parcela de cada género (*Anomala* y *Phyllophaga* (Coleoptera: Scarabaeidae)), encontradas en las plantas de maíz con cuatro tratamientos de fertilizantes, colectadas en La Estancia de San Lorenzo, en una parcela con suelo pobre y que no había sido cultivada en 7 años, los meses de agosto y septiembre de 2001 en. 34
14. Número de larvas de *Anomala* encontrada en El Tablón, Sololá en el mes de julio y en La Estancia de San Lorenzo, Huehuetenango en agosto. 35
15. Número de larvas de *Anomala* encontrada en El Tablón, Sololá en el mes de agosto y en La Estancia de San Lorenzo, Huehuetenango en septiembre. 36
16. Número de larvas de *Phyllophaga* encontrada en El Tablón, Sololá en el mes de julio y en La Estancia de San Lorenzo, Huehuetenango en agosto. 36

|   |    |
|---|----|
| 17. Número de larvas de <i>Phyllophaga</i> encontrada en El Tablón, Sololá en el mes de agosto y en La Estancia de San Lorenzo, Huehuetenango en septiembre.  | 37 |
| 18. Número de larvas encontradas en plantas amarillas en los dos sitios de El Tablón, Sololá y en el sitio de La Estancia de San Lorenzo, Huehuetenango en el año 2001.   | 38 |
| 19. Diámetro de las plantas de maíz sembradas en suelo fértil de Sololá y en suelo pobre de Huehuetenango, en el invernadero de la Universidad del Valle de Guatemala bajo diferentes tratamientos de fertilizantes. Los datos fueron tomados durante los meses de septiembre, octubre y noviembre de 2001. | 40 |
| 20. Altura de las plantas de maíz sembradas en suelo fértil de Sololá y en suelo pobre de Huehuetenango en el invernadero de la Universidad del Valle de Guatemala bajo diferentes tratamientos de fertilizantes. Los datos fueron tomados durante los meses de septiembre, octubre y noviembre de 2001.    | 40 |
| 21. Peso seco de la raíz de las plantas de maíz sembradas en suelo fértil de Sololá y de suelo pobre de Huehuetenango, en el invernadero de la Universidad del Valle de Guatemala, obtenido en el mes de enero de 2002.   | 41 |
| 22. Libras de maíz cosechado en los diferentes tratamientos en los dos sitios de El Tablón, Sololá y en el sitio de La Estancia de San Lorenzo, Huehuetenango, durante un ciclo de cultivo en el año 2001.  | 42 |
| 1 A Esquema de la distribución de los fertilizantes en el sitio 1. Cada cuadro representa una parcela.  | 58 |
| 2 A Esquema de la distribución de los fertilizantes en el sitio 2. Cada cuadro representa una parcela.  | 59 |
| 3 A Esquema de la distribución de los fertilizantes en el sitio 3. Cada cuadro representa una parcela.  | 59 |
| 4 A Esquema de la distribución de los fertilizantes y tipo de suelo en el invernadero de la Universidad del Valle.  | 60 |

## RESUMEN

Los géneros *Phyllophaga* spp y *Anomala* spp (Coleoptera: Scarabaidae), comprenden dos de los géneros del complejo de las gallinas ciegas, que en la actualidad es reportada por los campesinos del área de Sololá y Huehuetenango como una de las plagas más importantes que atacan el cultivo del maíz. La tendencia ante este problema es la de utilizar insecticidas sintéticos. Debido a que estos causan deterioros al ambiente y a la salud humana se ha propuesto establecer prácticas culturales, como el uso de fertilizantes orgánicos para la disminución de dichas plagas. Sin embargo, existen pocos estudios que demuestren el impacto que tienen los fertilizantes orgánicos sobre las larvas de gallina ciega, por lo que con este estudio se buscó contribuir al conocimiento de la relación que existe entre el fertilizante y la plaga. Para ello se establecieron experimentos controlados, en el campo y en el invernadero. En el campo se compararon 4 tratamientos: 1. Dosis recomendada de fertilizante sintético; 2. Dosis recomendada de fertilizante orgánico; 3. Doble de la dosis recomendada de fertilizante orgánico y 4. Control sin aplicación de fertilizante. Las parcelas se localizaron en tres sitios en el Altiplano de Guatemala, dos sitios en Sololá en donde el suelo es relativamente fértil y uno en Huehuetenango en donde el suelo es pobre. En cada sitio se hicieron tres muestreos en los cuales se contó el número de larvas por planta, el número de plantas infestadas y las plantas que mostraban coloración amarilla. El experimento en el invernadero permitió medir las interacciones entre fertilizantes y fertilidad del suelo sobre el desarrollo de la planta y daño que ocasionan las larvas a ésta. Se sembró maíz en bolsas de polietileno, la mitad con suelo proveniente del sitio de Huehuetenango y la otra mitad con suelo de uno de los sitios de Sololá. Se fertilizó cada planta con los mismos tratamientos utilizados en el campo y en cada una de ellas se inoculó 4 larvas de gallina ciega. A cada planta se le midió la altura, el diámetro, el número de hojas y por último el peso seco de la raíz. Se encontró que solamente en uno de los sitios de Sololá, el cual no había sido fertilizado en por lo menos 20 años, hubo diferencias significativas en el fertilizante aplicado para la densidad de larvas. Las parcelas tratadas con fertilizante orgánico en su única dosis presentaron menos larvas por parcela y plantas infestadas que la doble dosis de éste y que el químico. En los tres sitios, la mayor cantidad de larvas por parcela y plantas infestadas

se presentó en el primer muestreo. No se encontró una relación entre la densidad de las larvas y la coloración amarilla de las plantas, por lo que el color no indicó la presencia de éstas. En las plantas del invernadero, las que crecieron en suelo rico presentaron más altura que las que crecieron en suelo pobre, de igual manera para el diámetro del tallo y el peso seco de la raíz, estas diferencias fueron significativas entre las localidades y entre los tratamientos; pero sola la altura mostró tener un efecto significativo de la interacción del fertilizante con la fertilidad del suelo. En el suelo fértil las plantas del doble orgánico y las del químico fueron las más altas y en el suelo pobre las de las dosis del abono orgánico. En cuanto al daño que las larvas hicieron a la planta, las del orgánico fueron las que mostraron menor daño en el suelo fértil y las de doble orgánico en el suelo pobre.

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad uno de los cultivos más importantes para la subsistencia del campesino guatemalteco es el maíz. Este cultivo se ve atacado por varias plagas, siendo la de gallina ciega, *Phyllophaga* (Scarabaeidae: Melolonthidae), *Anomala* y *Cyclocephala* (Scarabaeidae: Rutelinae) (Borrór *et al.* 1989) una de las más reportadas por los agricultores, debido al daño que le causa a la planta al alimentarse de la raíz (CATIE 1990).

La tendencia, ante este problema de plagas agrícolas, ha sido la de utilizar insecticidas sintéticos (CATIE 1990), pero las propiedades químicas de estas sustancias causan daños al ambiente (Freed y Haque 1975). En los últimos años se han hecho esfuerzos para reducir el uso de plaguicidas y establecer programas de manejo ecológico de plagas que incluyen prácticas culturales, tal como la aplicación de fertilizantes orgánicos (Morales *et al.* 2001).

Estudios previos realizados por Morales *et al.* (2001), sugieren que los fertilizantes orgánicos, en comparación con los fertilizantes sintéticos, disminuyen las poblaciones de algunas plagas. Castro *et al.* (2000) y Dix (1997) reportan que la herbivoría y las poblaciones de las larvas de *Phyllophaga* disminuyen ante la presencia de materia orgánica. Debido a esto, se ha sugerido la utilización de composta no sólo para mejorar así la nutrición, crecimiento y rendimiento de la planta, sino para el manejo de las plagas.

En este estudio se buscó tener un mejor entendimiento de la relación que existe entre los fertilizantes y las poblaciones de las gallinas ciegas en el cultivo de maíz. Para esto se establecieron experimentos en tres localidades del Altiplano de Guatemala, donde se evaluó el efecto del fertilizante orgánico y sintético sobre la salud de la planta y sobre las poblaciones de las gallinas ciegas de *Phyllophaga* y *Anomala* (Coleoptera: Scarabaeidae). Para medir el efecto del tipo de suelo, del fertilizante y la interacción entre ellos en el desarrollo de la planta y sobre el daño de las larvas a éstas, se montó un experimento en el invernadero lo que permitió tener información complementaria a la del campo.

## A. Antecedentes

### 1. EL CULTIVO DE MAÍZ

1.1 Historia del cultivo y su fertilización. La agricultura constituye la fuente de subsistencia más importante de los Mayas (Sharer 1983). Ellos domesticaron una gran cantidad de plantas nativas tales como el maíz, la papa, el tabaco y el frijol, cultivos importantes para la subsistencia de las tierras altas y bajas de Mesoamérica (Scarre y Fagan 1997). La plantación de maíz empezó a extenderse a manera que la población empezaba a crecer y necesitaba de una fuente de alimento que se produjera en un ambiente donde la lluvia fuera irregular. Una vez establecido el cultivo, se expandió a pequeñas comunidades y en todo tipo de suelo y ambientes (Scarre y Fagan 1997). El maíz se sembraba entre surcos para que los campos de cultivos no se inundaran, permitiendo así que hubiera un paso para el agua y un reabastecimiento de nutrientes para la siembra. Además, en cada hoyo se colocaban de cinco a seis semillas para estar seguro que al menos algunas fueran productivas, y se cosechaba varias temporadas sucesivas, dependiendo de las condiciones locales, de la precipitación pluvial y la calidad del suelo (Sharer 1983).

Los Mayas practicaban la agricultura de roza y quema (sistema de barbecho) en pequeñas áreas de bosque y el suelo lo fertilizaban con la ceniza de los árboles quemados (Scarre y Fagan 1997). Sin embargo, estudios han revelado que las antiguas civilizaciones dependían también de otros sistemas, en donde los campos se cultivan de manera casi continua y con pocos períodos de barbecho (Sharer 1983).

En la actualidad, extensiones de tierras en Mesoamérica soportan el cultivo casi continuo e intensivo (Sharer 1983), porque la expansión demográfica impide expandirse a nuevas tierras y restablecer la fertilidad del suelo (Scarre y Fagan 1997; Sharer 1983). Para cultivar en esas condiciones intensivas, los agricultores recurren en la actualidad a enmiendas de nutrientes, tanto orgánicas como sintéticas.

## 1.2 Abonos aplicados al cultivo

1.2.1 Elementos principales. Con los abonos se reemplaza en el suelo las sustancias nutritivas que la planta ha extraído para su crecimiento, siendo el mayor período de asimilación de los nutrientes antes de la floración y durante la misma (Möhr y Dickinson 1979). El tipo de suelo, la capacidad de ceder sustancias nutritivas, las lluvias, la temperatura, la época y el modo de aplicación de los abonos son factores que influyen sobre la cantidad de abono a dar por hectárea (Wijewardene 1979).

El maíz necesita para su buen desarrollo y rendimiento al menos 16 elementos en cantidades bien determinadas (Wijewardene 1979; Castro *et al.* 2000). Entre los más importantes están: el nitrógeno, fósforo, magnesio, zinc, azufre, molibdeno y potasio, los cuales son elementos característicos de un abono orgánico (Castro *et al.* 2000).

La cantidad de nitrógeno y fósforo depende del rendimiento que se desea y de la textura del suelo (ya sea ligero, medio o pesado). Las necesidades de potasio varían según el tipo de suelo y la relación potasio-magnesio (K/Mg). Los otros elementos dependen del tipo de suelo y se debe de tomar en cuenta que pueden estar en cantidades (tanto en exceso como en deficiencia) que limiten el crecimiento de la planta (Möhr y Dickinson 1979).

1.2.2 Controversia en el uso de abonos orgánicos y abonos sintéticos. Los abonos orgánicos presentan algunas ventajas en relación a los fertilizantes inorgánicos, unas de ellas y las más importantes son:

- El nitrógeno y el fósforo no son solubles en agua, y a medida que el fertilizante orgánico se transforma en el suelo a moléculas más simples de absorber, estos nutrientes se liberan lentamente, de manera que pueden ser utilizados por las plantas conforme éstas los van necesitando. En cambio en los abonos sintéticos la liberación del nitrógeno es más rápida debido a que los compuestos en éstos ya están sintetizados, por lo que son fácilmente lavados del suelo (Cooke 1978).

- Los fertilizantes orgánicos contienen muy pequeñas cantidades, o casi nada, de sales solubles (a menos que se hayan agregado fertilizantes inorgánicos) por lo que éstos puede aplicarse en dosis relativamente altas sin riesgos de dañar a las plantas (Cooke 1978).

Los promotores de la agricultura orgánica han atribuido que el uso de abonos inorgánicos incrementa el daño ocasionado por las plagas. Existe la idea de que “suelos sanos producen plantas sanas”, por lo que son más resistentes a insectos y a enfermedades (Phelan 1995 y Hoitink *et al.* 1997).

Efectivamente los patólogos de plantas han establecido que los fertilizantes orgánicos reducen el ataque de patógenos (Hoitink *et al.* 1997). Sin embargo, para los entomólogos hay algunas evidencias que sugieren que el uso de abono orgánico disminuyen las poblaciones de insectos herbívoros, mientras que otras reportan que no siempre las disminuyen sino que a veces las aumentan (Morales *et al.* 2001).

Estudios realizados por Morales *et al.* (2001) muestran que en Chimaltenango, Guatemala, en donde el suelo es de origen volcánico y relativamente fértil, el número de insectos chupadores aumentaron en las plantas tratadas con abono químico en comparación con las tratadas con abono orgánico debido en parte a que las primeras, según el estudio, muestran mayor concentración de nitrógeno en sus tejidos. Sin embargo, estudios similares realizados en El Petén, Guatemala, donde el suelo es muy pobre, el mayor número de insectos masticadores se encontraron en las plantas sin ningún tipo de abono (Morales datos no publicados). Estos resultados llevaron a postular la hipótesis de que una planta es muy susceptible a ser atacada por herbívoros cuando se encuentra en cualquiera de estas dos condiciones: 1) está en suelos extremadamente pobres y no tiene suficientes nutrientes para producir compuestos secundarios para defenderse y 2) está en suelos ricos y se fertiliza en exceso, haciéndola muy succulenta.

Las dosis en que se aplican los abonos, ya sean orgánicos o sintéticos, parecen jugar un papel importante en el desarrollo de la planta y en el de los insectos herbívoros. Hay evidencia de estudios realizados en invernadero, que muestran que plantas fertilizadas con doble dosis de abono orgánico sufren igual ataque de áfidos que las plantas a las que se les aplicó abono sintético (Morales datos no publicados).

Pareciera entonces que las diferencias de ataque de plagas entre plantas tratadas con fertilizantes orgánicos, con fertilizantes sintéticos y sin fertilizar dependen de la nutrición previa del suelo y de la cantidad de nitrógeno proporcionado. La relación entre nitrógeno y herbívoros ya ha sido estudiada por varios autores como se discute en la siguiente sección.

## 2. INTERACCIÓN ENTRE HERBÍVOROS Y PLANTAS

2.1 Nutrición de la planta y su relación con los herbívoros. Ser fitófago, o herbívoro, implica la habilidad de macerar el tejido de la planta, ya sea de las hojas, tallos, raíces, frutas o semillas, digerirlo y usarlo para obtener energía, crecer y reproducirse. Estos tejidos son una fuente grande de azúcares, proteínas, grasas, sales, agua y vitaminas, permitiendo así al insecto llenar sus requerimientos nutricionales (Evans 1984), y estimularlo a la ovoposición (Futuyma 1983). Los insectos necesitan en su dieta una alta cantidad de vitamina A, B y C que comúnmente encuentran en el tejido joven, en tejido en crecimiento y en tejido de almacenamiento en las plantas (Dadd 1973 y Mattson 1980). Además de estas vitaminas necesitan de agua, nitrógeno, carbohidratos, aminoácidos, lípidos y minerales como hierro, fósforo, zinc, magnesio y sodio entre otros (Dadd 1973).

El número de insectos así como la cantidad de biomasa de éstos por planta probablemente aumenta predeciblemente con el tamaño de ésta, debido a que una planta grande tiene más recursos y nichos disponibles para consumidores potenciales. El balance exacto entre el tamaño de la planta y la densidad de insectos en ella, dependen del tamaño de la planta, y de la continuidad o estabilidad en espacio y tiempo y talvez de la defensa de éstas (Mattson 1977).

La idea de que el nitrógeno juega un rol muy importante en la relación insecto-planta es relativamente reciente (McNeill y Southwood 1978). Según Evans (1984), uno de los componentes principales de la dieta de los insectos herbívoros es el nitrógeno, y éste es importante para el crecimiento, desarrollo y reproducción del organismo. Uno de los efectos principales para la calidad del alimento es la cantidad de nutrientes que posee el suelo. En lugares donde el suelo es pobre en nitrógeno se esperaría encontrar plantas con

concentraciones bajas en éste y a la vez herbívoros adaptados a dietas bajas en nitrógeno y viceversa (Crawley 1983).

Algunos insectos muestran una preferencia por las plantas que poseen tejidos con contenido alto de nitrógeno, debido a que aumenta la tasa de crecimiento y reproducción (McNeill y Southwood 1978). La aplicación de fertilizantes nitrogenados aumenta la calidad y cantidad de éste en la planta, por lo que la cantidad de herbivoría aumenta también (Onuf *et al* 1977); sin embargo, Mattson (1980) reporta que en un nivel medio de nitrógeno los herbívoros atacan al máximo.

La tasa a la cual los herbívoros extraen el nitrógeno de la planta de la cual se alimentan se ve afectada por atributos tanto del animal como de la planta (Crawley 1983). En respuesta a una cantidad baja de nitrógeno en la planta la productividad de ésta disminuye y los insectos incrementan la tasa de consumo y se prolonga el período de éste (Mattson 1980). Correlacionado con esto está el poco tiempo de retención del intestino, por lo que hay un descenso en la eficiencia de la digestión, medido en términos de energía y peso seco, y algunas veces decrece la capacidad de asimilar el nitrógeno (McNeill y Southwood 1978).

Los insectos son capaces de distinguir entre la comida que es la apropiada y la que no lo es por vía del olfato, receptores gustativos, y en menor nivel, por la vista. En general, la selección de la comida está determinada por la presencia de azúcares, sales, aminoácidos y otros nutrientes primarios, tomando en cuenta también la cantidad presente de los metabolitos secundarios (Rhoades 1983).

2.2 Defensas de las plantas. Las plantas se defienden de los herbívoros de tres principales maneras; por cubrirse de espinas o tener una superficie cerosa; por tener una relación simbiótica con otros organismos; o por poseer químicos tóxicos o químicos que reducen la digestibilidad (Futuyma 1983). Esta última comprende fenoles, compuestos nitrogenados, terpenos, taninos, glicósidos cianogénicos y muchos grupos químicos llamados comúnmente compuestos secundarios (Evans 1984; Crawley 1983). Estos compuestos pueden actuar a nivel de comportamiento repeliendo al insecto o evitando que éste se alimente de la planta u oviponga en ella (Feeny 1975; Futuyma 1983); o a nivel fisiológico envenenando al insecto o reduciendo su capacidad de

digestión (Futuyma 1983). También en respuesta al daño por los herbívoros se liberan estos químicos de manera volátil, los cuales atraen predadores y parasitoides de herbívoros (Herms y Mattson 1992).

Es posible que esta defensa química de las plantas en contra de los insectos sea en algunos casos un efecto accidental. En la relación insecto-planta se ha dado una carrera armamentista, en donde los insectos han sido una presión selectiva para que los químicos involucrados en el rol metabólico sean una forma de defensa (Seigler y Price 1976).

La fertilización puede afectar la concentración de varios compuestos tóxicos en las plantas. Los taninos y demás compuestos capaces de disminuir la digestibilidad de la planta para los insectos es un ejemplo de ellos. Sin embargo, los resultados obtenidos de varios estudios han sido variables, por lo que aún no se tienen datos que permitan hacer predicciones de los efectos de la fertilización sobre los compuestos secundarios de las plantas (Phelan *et al* 1995), y de esta manera repeler a las plagas.

3. BIOLOGÍA DE LAS GALLINAS CIEGAS. Se sabe poco del impacto de los fertilizantes químicos y orgánicos sobre “las gallinas ciegas”. Estas, según Cano y Morón (1998), han sido consideradas como una de las plagas principales que causan pérdidas significativas en los cultivos agrícolas de Guatemala.

Los entomólogos han estado interesados en el estudio de la producción de huevos, y en el desarrollo de estadíos larvales y de adultos de los escarabajos como una herramienta para el entendimiento de la ecología y el potencial de estas especies como plagas (Crocker *et al.* 1999). Sin embargo, los estudios sobre la evaluación del daño o estimación de pérdida por gallina ciega han sido pocos e inconsistentes (Cano y Morón 1998; Castro *et al.* 1998). Con daño variable, los cultivos más afectados incluyen al maíz, frijol, arroz, sorgo, trigo, cebada, remolacha, zanahoria, espinaca, acelga, chile, haba, garbanzo, papa, café, caña de azúcar, tabaco, cebolla, pastos, tomate, espárragos, brócoli, rosas, arveja china, fresas y moras (Cano y Morón 1998).

Según Cano (Com. pers 2001) el complejo de “gallina ciega” en maíz incluye varios géneros y especies, y se ven afectadas por la altitud, la geografía y la vegetación del lugar en el que se encuentran. Dentro de este complejo se encuentra el género *Anomala* (Coleoptera: Rutelinae) al que también se le llama “gallina ciega” y se le

confunde con el género *Phyllophaga*. Esto se debe a que muchas veces no se hace una identificación para la verificación del género de la gallina ciega que se encuentra en el campo. Para Guatemala se reconocen tres especies de *Anomala* (King y Saunders 1984) y 71 especies de *Phyllophaga*, incluidas en 4 subgéneros y 17 grupos de especies (Cano y Morón 1998).

Frecuentemente se ha considerado que las larvas de “gallina ciega” con importancia agrícola son estrictamente rizófagas. Sin embargo, se carece de conocimiento preciso sobre su actividad alimenticia (Castro *et al.* 2000). En su mayoría, las larvas de “gallina ciega” se alimentan de las raíces de las plantas causando varios daños en ellas (Crawley 1983). Pueden ser una plaga devastadora para el cultivo del maíz, éstas al comerse la raíz de la planta no permiten que crezcan más de 30 ó 60 cm, y eventualmente le causan la muerte (DiPirro *et al.* 1998). Las plantas con daño (resultado del ataque de un agente patógeno hacia la planta), causado por gallina ciega muestran una coloración amarilla y se marchitan. En algunos casos, las plantas de maíz se tornan de color morado, lo que se debe a la inhabilidad de una absorción adecuada de fósforo (Gray 2000).

Ayala y Monterroso (1997) proponen que el desarrollo de una especie de éstas como plaga seguramente se debe a la eliminación repentina o progresiva de la diversidad subterránea, propiciada por el monocultivo, la aplicación indiscriminada de sustancias químicas o el riego pesado entre otras causas, ocasionando la selección de una especie más tolerante al cambio y no a la selección natural de los individuos más resistentes de una población específica.

3.1 Ciclo de vida. El ciclo de vida de las gallinas ciegas varía de acuerdo a la especie; algunas completan su crecimiento en un año mientras que otras requieren de dos (Selman 1998; King 1984). Las especies que poseen un ciclo vital de un año aparecen, principalmente, en alturas entre moderadas y altas y en las zonas más húmedas. Las especies con un ciclo vital de dos años tienden a confinarse en tierras más bajas, caracterizadas por temperaturas medias más elevadas y baja pluviosidad, con largas estaciones secas (King 1984).

Entre las especies de *Phyllophaga* que presentan ciclo de un año están: *P. menestriesi* y *P. obsoleta*. Las que tienen un ciclo de vida de dos años son: *P. hondura*, *P. parvisetis*. *P. vicina* y *P. elenans* pueden tener ciclos de vida de uno y dos años (King 1984).

3.1.1 Género *Phyllophaga*. Los escarabajos adultos emergen del suelo durante abril y mayo, poco después de las primeras lluvias, al atardecer. Las hembras vuelan a una rama baja sobre del suelo, donde se cuelga con el extremo del abdomen hacia fuera. Los machos emergen después y luego del vuelo de búsqueda se aparean en las primeras horas de la noche; al final ambos vuelan en busca de alimento (King 1984).

Al amanecer las hembras regresan a la tierra de donde emergieron (Selman 1998) y oviponen de 10 a 20 huevos en el suelo, a una profundidad de 2 a 10 cm (King 1984). El período de pre-oviposición de las hembras adultas es de 1-2 semanas, pudiendo extenderse por más tiempo. El período de oviposición varía entre 50 a 100 días y entre 0 a 140 huevos. Se ha detectado la preferencia de las hembras por poner huevos en suelos rico en humos, bajo en gramíneas (Ayala y Monterroso 1997). La tasa de oviposición se ve afectado por la textura, humedad, temperatura y firmeza del suelo, el material de cobertura del suelo y enemigos naturales (Crocker *et al.* 1999).

Los huevos son blancos, inicialmente elongados y luego se vuelven esféricos, cerca de unos 2.5 mm de ancho (King 1984; King y Saunders 1984). Después de un grupo inicial de huevos depositados por un período de 2 a 4 días, no se depositan más hasta que un segundo grupo ha madurado en los ovarios (King 1984). Debido a que los adultos se encuentran atraídos por árboles frutales, plantas forrajeras y de ornato para alimentarse de sus hojas (Morón *et al.* 1996), la mayor densidad de huevos se encuentran en los suelos más cercanos a la fuente de alimento, y ésta declina a manera que la distancia se hace mayor (DiPirro *et al.* 1998). Es probable que el desarrollo de los huevos dependa de la calidad y cantidad de comida ingerida por la hembra (Ayala y Monterroso 1997).

Tres semanas después, los huevos eclosionan, saliendo de ellos una larva la cual empieza una excavación inmediata, y se alimenta de materia orgánica y raíces pequeñas (King 1984), siendo en esta etapa cuando se encuentra extremadamente vulnerable a condiciones ambientales ligeramente desfavorables lo que causa su muerte rápidamente (Ayala y Monterroso 1997).

La emergencia de las larvas ocurre de forma masiva y en un período de corto tiempo, por lo general posterior a las lluvias y al inicio de los cultivos. La emergencia se da en la época de lluvia, ya que encuentran un ambiente húmedo y abundante alimento, de otra forma la emergencia se daría en otra época (Ayala y Monterroso 1997). La larva pasa por tres estadios, mide de 35 a 40 mm de largo cuando completan su desarrollo, es blanca cremosa en forma de C, con una cabeza café- amarilla, mandíbulas fuertes y patas traseras peludas y muy desarrolladas (King y Saunders 1984). Las larvas del tercer estadio, se alimentan vorazmente de las raíces por unas 5 a 8 semanas (King y Saunders 1984), siendo esta etapa larval la importante económicamente (Ayala y Monterroso 1997). Cuando termina el período de alimentación forma una celda en el suelo en donde entra en diapausa hasta que empupa en enero o febrero. La pupa es de color café dorado y de unos 18 mm de largo (King y Saunders 1984; King 1984). De la pupa emerge el adulto que usualmente es de cuerpo convexo, robusto, ovalado y de color café (Borror *et al.* 1989).

Para las especies que cumplen su desarrollo a lo largo de dos años, al terminar el primer año de desarrollo las larvas del segundo estadio entran en un período de descanso en el suelo, en donde permanecen inactivas hasta el comienzo de las lluvias del próximo año. El desarrollo empieza otra vez en mayo o junio como larvas del tercer estadio, hasta septiembre donde descansan en una celda y empupan en febrero o marzo (King y Saunders 1984) y emergen los adultos antes de las lluvias.

Las regiones central y pacífica de los países del norte de Centroamérica, son frecuentemente afectadas por un período de sequía durante julio y agosto, meses en los cuales se da la época lluviosa, conocido localmente como "canícula". Bajo estas condiciones, un largo período de pre-oviposición y una pausa durante la segunda fase larval pudieron haberse convertido en mecanismos de supervivencia de *Phyllophaga* (de dos años) a estas regiones (Ayala y Monterroso 1997).

3.1.2 Género *Anomala*. No se han realizado estudios profundos acerca del comportamiento alimenticio del género *Anomala*. Sin embargo, se sabe que los adultos se alimentan de las hojas jóvenes y tiernas de las plantas de maíz, frijol y de muchas ornamentales; y las larvas se alimentan principalmente de materia orgánica descompuesta en el suelo pero muchas veces también de las raíces (King y Saunders 1984).

El ciclo de vida es similar al de *Phyllophaga* con ciclo vital de un año, pero más corto en la mayoría de las especies. El huevo es blanco, ovoide, y lo ponen de uno en uno o en pequeños grupos en el suelo, generalmente debajo de la grama o malezas. La larva es pequeña o mediana (15 a 30 mm) y el adulto es redondeado a oval, con los élitros café o verde metálico (King y Saunders 1984).

### 3.2 Daño causado por las gallinas ciegas

Los adultos son una plaga importante que ataca el follaje de numerosas plantas frutales y leguminosas. Las larvas tienen una mayor importancia económica para los agricultores puesto que se alimentan de las raíces de numerosas especies de plantas, causando su deterioro en grandes áreas (King y Saunders 1984). El daño por la larva a las plantaciones de maíz se produce en el tercer estadio, presentando una distribución heterogénea en el campo, tanto en riego como en temporal, es decir, por manchones. De esta manera, en un mismo campo algunas áreas pueden estar completamente destrozadas mientras que otras pueden no mostrar daño. Estas larvas se desarrollan generalmente en los meses de junio a octubre, con ciertas variaciones dependiendo de la especie (Aragón y Morón 1998; Castro *et al.* 1998 y CATIE 1990).

Los niveles críticos sugeridos por varios autores se detallan a continuación:

|   | Fuente                 | Niveles críticos  |
|---|------------------------|---|
| A | MAG/FAO/PNUD (1976)    | 1 larva/ 2 muestras en 5.5 m <sup>2</sup>                 |
| B | Peairs (1970)          | 1 larva/m, mientras se hacen los surcos.                  |
| C | Andrews (1984)         | 2.75 larvas grandes o 5.5 larvas medianas/ m <sup>2</sup> |
| D | King y Saunders (1984) | 4 larvas grandes u 8 larvas pequeñas/ m <sup>2</sup>      |

(Andrews y Quezada 1989)

3.3 Manejo de la plaga. Las pérdidas económicas de los daños causados principalmente por las larvas del tercer estadio de gallina ciega han sido millonarias, puesto que se alimentan de las raíces de numerosas especies de plantas, causando su deterioro en grandes áreas (King y Saunders 1984). En el siglo pasado se dio un auge en el uso de insecticidas para acabar con muchas de las plagas. Su éxito fue tan grande que hasta se llegó a hablar de la extinción de muchas de las especies de insectos; sin embargo, muchos de ellos desarrollaron resistencia en contra de estos insecticidas (Phelan *et al* 1995). Las propiedades químicas de estas sustancias causan daños al ambiente por lo que en los últimos años se ha hecho el esfuerzo para reducir el uso de éstos e implementar prácticas culturales (Morales *et al.* 2001).

Actualmente el manejo de la gallina ciega involucra diferentes métodos como: (1) una buena preparación del terreno antes de la siembra para exponer a los huevos y a las larvas de una manera directa a la acción de enemigos naturales, en especial las aves. Por su parte, los rayos solares pueden causarles la muerte por desecación. (2) La destrucción de plantas preferidas (*Erythrina* spp., *Hibiscus esculentus*, *Anona* sp., *Ceiba* sp., *Guazuma ulmifolia*, *Gliricidia sepium*, *Spondias* sp.) por los adultos para su alimentación reduciendo de esta manera su abundancia. Pero también se pueden aprovechar estas plantas como cultivos trampas para atraer a los adultos y eliminarlos, manualmente, con trampas de luz o mediante control químico. (3) La destrucción de malezas y la permanencia del terreno sin vegetación durante un período antes de la siembra elimina las larvas jóvenes. (4) Uso de entomopatógenos, ectoparásitos Hymenopteros y Dipteros, y depredadores mamíferos (Coto 1994).

La efectividad de un procedimiento de labranza dependerá de la especie presente. Donde predomina la especie con ciclos de vida sincronizados de dos años, es efectivo realizar una aradura profunda y varios pases de rastra durante la estación seca o tempranamente en la estación lluviosa. Este mismo procedimiento puede no ser importante para las especies que muestran ciclos de un año. El control químico de esta plaga está basado principalmente en químicos granulados que se aplican antes o al momento de la siembra, sin embargo es un procedimiento costoso no justificado para los agricultores de escasos recursos. El uso de semilla tratada, con químicos, y la aplicación

de formulaciones líquidas a la base de las plántulas proporciona buenos resultados (Andrews y Quezada 1989).

## B. Justificación

Los resultados de esta investigación permitirán tener una mejor comprensión de la relación que existe entre las gallinas ciegas y los fertilizantes. Si los resultados muestran que éstos tienen algún efecto sobre las gallinas ciegas, se podrán hacer recomendaciones a los agricultores para realizar un buen manejo de ellas y evitar así pérdidas económicas.

## C. Objetivos

### 1. Generales:

Comprender mejor los efectos de la fertilización sobre las poblaciones de las larvas de *Phyllophaga* spp. y de *Anomala* spp. para contribuir a un mejor diseño del manejo de éstas

### 2. Específicos:

- Comparar el número de larvas de *Phyllophaga* y *Anomala* encontrados en las plantaciones de maíz tratadas con fertilizante orgánico y las tratadas con fertilizante químico.
- Comparar las diferentes dosis de abono orgánico y químico con el número de *Phyllophaga* y *Anomala* y con el daño que causan estas larvas a la planta de maíz.
- Determinar, a corto plazo, si los fertilizantes tiene algún efecto sobre el número de gallinas ciegas encontradas en las plantas, tiempo después de su aplicación.
- Determinar si el efecto de los fertilizantes sobre las gallinas ciegas es el mismo en suelo relativamente fértil que en suelo pobre.

## D. Hipótesis

- Existe un mayor número de larvas de gallinas ciegas en plantas de maíz tratadas con fertilizantes químicos que en tratadas con fertilizante orgánico.
- No se esperan encontrar diferencias en la densidad de larvas de gallina ciega entre el

orgánico y el químico, cuando el primero es aplicado en grandes dosis tanto en el suelo pobre como en el fértil.

- Las dosis de fertilizantes químicos y las dosis elevadas de fertilizante orgánico presentan mayor número de larvas que la dosis recomendada de orgánico y que el control debido a que proporcionan mayor cantidad de nitrógeno a la planta.
- En suelo pobre las plantas de maíz muestran mayor daño ocasionado por las larvas de gallina ciega que las plantas de suelo fértil.
- Independientemente de que el suelo sea pobre o fértil se encontrará un efecto del fertilizante sobre las larvas de gallina ciega.

## A. II. METODOLOGÍA

### A. Datos del sitio de trabajo

1. Sitio de estudio. El estudio se realizó en tres sitios, dos se encontraban en suelo relativamente fértil de origen volcánico (Sololá), y uno en suelo pobre de origen calcáreo (Huehuetenango). Los sitios se encontraban bajo diferentes condiciones de altitud, clima y manejo previo. Esto permitió evaluar los tratamientos bajo diferentes condiciones y formular recomendaciones de acuerdo al área de estudio.

1.1 Aldea El Tablón, Sololá (Figura 1). Esta aldea pertenece al municipio de Sololá, se encuentra a 2,320 mSNM, a una latitud de 14°47'15" y a una longitud de 91°10'56". Está ubicada en terreno plano, rodeado por elevaciones y tiene un suelo volcánico relativamente rico en nutrientes. Los habitantes del área practican sus costumbres o ritos heredados, relacionados principalmente con la agricultura, ya que ésta tiene gran importancia en la economía del poblado y constituye casi el total del ingreso anual familiar. Los principales productos cultivados, según su orden de importancia, son maíz, frijol, papa, camote, chile y durazno (IGN 1999).

Los sitios 1 y 2 se encuentran en esta aldea en el Campus de la Universidad del Valle del Altiplano. El Sitio 1, con suelo relativamente fértil (Cuadro 1, Anexo B), es propiedad de un agricultor y antes del establecimiento del experimento, había sido cultivado con maíz y fertilizado con abonos sintéticos por dos años consecutivos, después de un barbecho de 18 años. El Sitio 2, con suelo relativamente fértil (Cuadro 1, Anexo B), no había sido cultivado en por lo menos 20 años y estaba cubierto de pasto.

Estos sitios presentaron durante el año una lluvia de 1479.7 mm, una temperatura máxima promedio de 20.2 °C, una temperatura mínima promedio de 8 °C y una humedad relativa del 78%, según los datos obtenidos por el INSIVUMEH en la Estación El Tablón, la cual se encuentra a 1562 mSNM, a una latitud de 14°38'35" y a una longitud de 91°08'26"

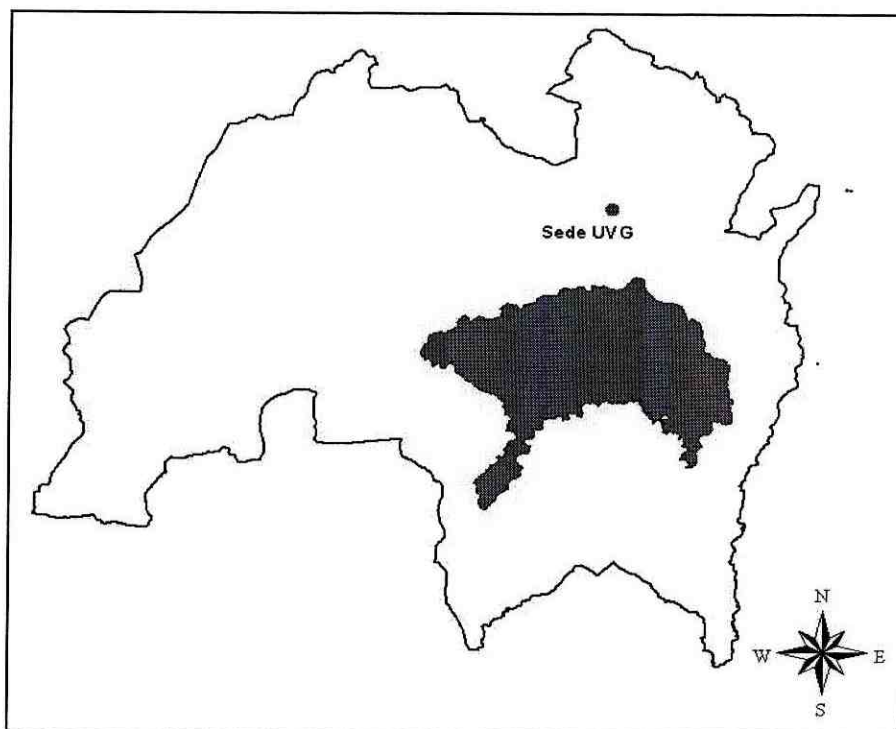


Figura 1. Mapa del departamento de Sololá en donde se encuentran ubicados los Sitios 1 y 2 en donde se realizaron los muestreos.

1.2 La Estancia de San Lorenzo, Huehuetenango (Figura 2). Esta aldea pertenece al municipio de Huehuetenango. Se encuentra a 1,830 mSNM, a una latitud de  $15^{\circ}17'40''$  y a una longitud de  $91^{\circ}22'06''$ . Está ubicada en un terreno plano y tiene un suelo arenoso y relativamente bajo en nutrientes. Los principales productos cultivados en esta aldea son el maíz y el frijol; además se dedican a la crianza del ganado.

En esta aldea se encuentra localizado el Sitio 3, el cual posee suelo relativamente pobre (Cuadro 1, Anexo B), había estado en barbecho durante los últimos 7 años y antes de eso se sembró maíz. Presentó durante el año una lluvia de 1175.9 mm, una temperatura máxima promedio de  $25.7^{\circ}\text{C}$ , una temperatura mínima promedio de  $6.3^{\circ}\text{C}$  y una humedad relativa del 67 %, según los datos obtenidos por el INSIVUMEH en la Estación Huehuetenango, la cual se encuentra a 1870 mSNM a una latitud de  $15^{\circ}19'02''$  y a una longitud de  $91^{\circ}30'11''$ .

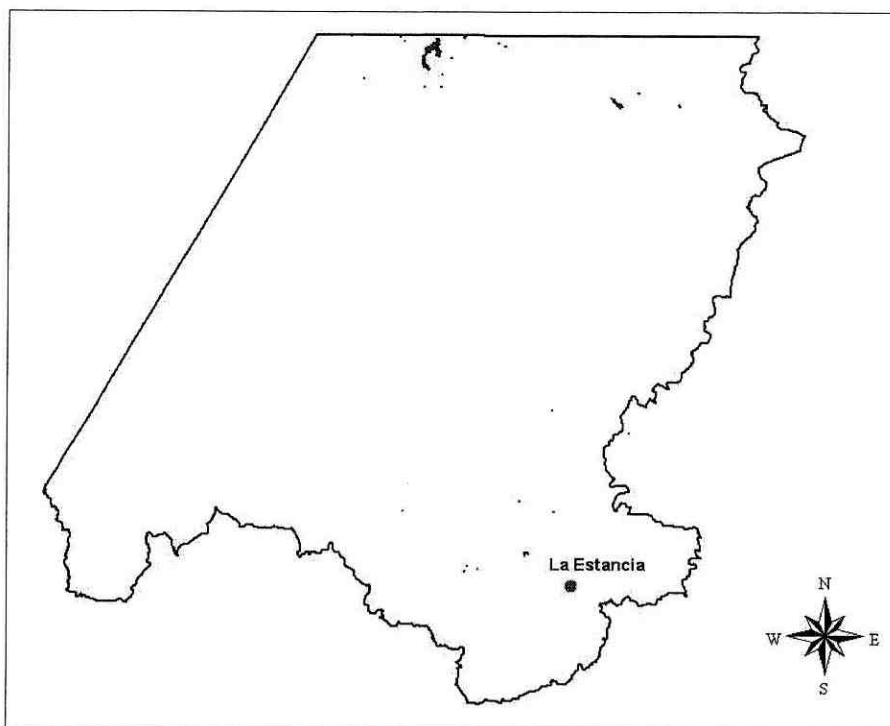


Figura 2. Mapa del departamento de Huehuetenango en donde se encuentra ubicado el Sitio 3 en donde se realizaron los muestreos.

## B. Trabajo de campo

1. Diseño experimental. Se evaluaron cuatro tratamientos en los tres sitios para determinar si el abono orgánico en su única dosis en comparación con la doble dosis de éste y el químico disminuía el ataque de las larvas a las plantaciones de maíz, y también para observar si las poblaciones de larvas aumentan o disminuyen cuando las plantas son fertilizadas o no lo son. Los abonos fueron aplicados de la siguiente manera:

- Dosis recomendada por un laboratorio químico de abono sintético:

Primera aplicación: Sulfato de Amonio (33 %) un quintal por manzana

Fósforo 00/46/00 67.2 Kg/Ha

Segunda aplicación: Nitrógeno y Potasio 20/00/20 129.6 Kg/Ha

Tercera aplicación: Nitrógeno y Potasio 20/00/20 129.6 Kg/Ha

- Dosis recomendada por un laboratorio químico de composta de estiércol: 61.2 Kg de estiércol de ganado por parcela (0.1 Ha).
- Doble de la dosis recomendada de composta de estiércol: 122.5 Kg de estiércol de ganado por parcela (0.1 Ha).
- Control: no se aplicó ningún abono a la tierra.

Cuadro 1. Factores y niveles analizados en el experimento establecido en el campo para determinar el efecto de fertilizantes orgánicos sobre gallinas ciegas en comparación con fertilizantes sintéticos en plantaciones de maíz del Altiplano de Guatemala.

| Factor             | Nivel  |
|--------------------|--|
| Abonos orgánico    | Dosis recomendada por el laboratorio   |
| Orgánico           | Doble de la dosis recomendada por el laboratorio   |
| Químico            | Dosis recomendada por el laboratorio   |
| Sin abono          | No se aplicó abono   |
| Sitios             | Sitio 1: El Tablón, Sololá, ha sido cultivado por dos años consecutivos con maíz y tratado con fertilizantes químicos.<br>Sitio 2: El Tablón, Sololá, UVG-altiplano. No había sido cultivado en 20 años.<br>Sitio 3. La Estancia de San Lorenzo, Huehuetenango, se encontraba en barbecho durante 7 años |
| Fechas de muestreo | Primer muestreo: julio (Sololá), agosto (Huehuetenango)<br>Segundo muestreo: agosto, septiembre<br>Tercer muestreo: septiembre, octubre  |
| Bloques            | Bloque 1<br>Bloque 2<br>Bloque 3<br>Bloque 4   |

Los tratamientos se arreglaron en un diseño de parcelas divididas con bloques completos al azar. Cada sitio se dividió en 4 bloques o réplicas. Cada réplica se dividió a su vez en 4 parcelas, en donde se asignaron al azar cada uno de los tipos de abono (Morales *et al.* 2001). Cada una de éstas medía 10 X 10 m con una distancia de un metro entre cada una de ellas (ver Anexo A Figuras A1 y A2).

2. Descripción del manejo del experimento. La preparación del suelo, la selección de la semilla y la siembra del maíz se realizó como lo hacen los agricultores de la región. Se sembró cuando empezaron las primeras lluvias, abriendo un hoyo con un azadón y colocando en cada uno tres semillas de maíz y dos de frijol. Se realizó una resiembra en los casos en que la semilla no germinó.

El muestreo de las larvas se realizó mes y medio después de la siembra, ya que es en este período cuando las larvas ya tienen un tamaño apropiado para verlas. Se realizaron tres muestreos en cada parcela una vez al mes. En Sololá durante los meses de julio, agosto y septiembre; y en Huehuetenango durante los meses de agosto, septiembre y octubre. Se empezó un mes más tarde en Huehuetenango debido a que la siembra del maíz se realizó un mes después, de esta manera se colectó en el mismo tiempo fenológico de la planta.

Se muestrearon 10 plantas escogidas al azar. Para el primer muestreo se escogió la planta del centro de la parcela y 9 de su alrededor en forma de estrella. Para el segundo y tercer muestreo, puesto que algunas plantas ya presentaban la típica coloración amarilla causada por el daño de la gallina ciega, se buscó una planta que estuviera amarilla y 9 plantas de su alrededor, no importando si era verde o amarilla. La coloración de la planta fue cuantificada anotando cuántas plantas de las 10 muestreadas eran de color verde y cuantas de color amarillo.

Se excavó con una pala alrededor de la raíz de cada una de las plantas a una profundidad de 20 cm para buscar las gallinas ciegas. Se anotó el número de plantas muestreadas con presencia de gallina ciega en las raíces para llevar un control de cuántas de éstas se encontraban infestadas, y también la densidad de larvas por parcela.

Las larvas fueron colectadas poniéndolas en frascos plásticos de una onza, con tierra del lugar. Para evitar que se murieran, se les abrió hoyos a la tapadera y en ella se colocaron los datos de colecta: Sitio, bloque, tipo de abono y fecha. Luego fueron transportadas al laboratorio de Sistemática de la Universidad del Valle de Guatemala-Campus Central para identificarlas con la ayuda del MSc. Enio Cano.

El maíz fue doblado para que se secase de la misma manera que lo hacen los agricultores del área. La cosecha del maíz se llevó a cabo en el mes de enero. A cada uno de los sitios se le realizó un análisis de suelo antes de la siembra y después de la cosecha. Se obtuvieron de las estaciones meteorológicas del INSIVUMEH los datos climatológicos de los sitios de estudio.

### 3. Variables dependientes

- Número de larvas por parcela
- Número de plantas infestadas de cada 10 plantas muestreadas por parcela
- Número de plantas amarillas por parcela

4. Análisis de datos. Para analizar los datos se utilizó el programa SPSS para Windows (versión 9). Se hicieron exploraciones para determinar la normalidad de éstos, utilizando transformaciones en los casos necesarios. Se tomaron los datos totales (suma de muestras) del número de larvas por parcela y el número total de plantas infestadas encontradas en cada parcela para cada fecha de muestreo. Para el número de larvas por parcela se hizo una transformación logarítmica ( $\text{Log}X + 1$ ) y para el número de plantas infestadas se realizó una de raíz cuadrada sumándole 0.5 a cada valor ( $\sqrt{X} + 0.5$ ) (Zar 1999). Posteriormente, los datos de las diferentes especies de larvas, *Anomala* y *Phyllophaga*, encontradas en los tres sitios, fueron separados y se les realizó también una transformación de raíz cuadrada ( $\sqrt{X} + 0.5$ ). Se llevaron a cabo estas transformaciones ya que según Zar (1999) la raíz cuadrada sumándole 0.5 a cada valor es la que mejor se acoplan a los datos cuando éstos son pequeños y la transformación logarítmica cuando se tienen ceros.

Primero se realizó un análisis de parcelas divididas basado en Steel y Torrie (1988), analizando todas las localidades juntas promediando las fechas. Para este análisis se definió la interacción entre el bloque y la localidad como el error 1, el cual fue comparado contra la localidad. Luego, el tratamiento y la interacción del tratamiento con la fecha fueron comparadas contra el residual, y se llevó a cabo un Anova simple para cada localidad.

Luego se hizo un segundo análisis de parcelas divididas, pero en este caso se analizó cada localidad por separado, debido a que el primer análisis reflejó diferencias significativas solamente entre las diferentes localidades y el tratamiento y no para la fecha, el fertilizante aplicado y la interacción entre la localidad y el fertilizante. También se llevó a cabo de esta manera para poder determinar si el efecto del fertilizante sobre las poblaciones de gallinas ciegas está influenciado por la fecha de muestreo. Para este análisis se definió la interacción entre el bloque y el tratamiento como el error 1, el cual fue comparado contra el tratamiento y contra el bloque. Luego, la fecha y la interacción del tratamiento con la fecha fueron comparadas contra el residual. Posteriormente para este análisis se realizó una separación de medias por medio de la prueba de Tuckey.

Al separar el número de larvas por parcela de los géneros *Anomala* y *Phyllophaga* se les realizó un análisis de varianza para parcelas divididas para todas las localidades juntas y para cada localidad por separado y a la fecha como variable independiente, de la misma manera que se mencionó anteriormente. Solamente se utilizaron los datos de dos fechas de colecta porque en la tercera fecha solamente se cuantificaron no se colectaron ni se identificaron las larvas. Posteriormente se llevó a cabo la prueba de Tuckey para la separación de medias. Por último se llevó a cabo una correlación de Pearson para determinar si el color de la planta muestra alguna correlación con el número de larvas encontradas en ellas. Para todos los análisis se utilizó un 95% de confianza y 5% de error.

### C. Trabajo de invernadero

#### 1. Diseño experimental

Cuadro 2. Factores y niveles analizados en un experimento establecido en el invernadero para determinar el efecto de fertilizantes orgánicos sobre gallinas ciegas en comparación con fertilizantes sintéticos y su interacción con dos niveles de fertilidad en el suelo en plantas de maíz.

| Factor          | Nivel  |
|-----------------|--|
| Abonos orgánico | Dosis recomendada por el laboratorio             |
| orgánico        | Doble de la dosis recomendada por el laboratorio |
| químico         | Dosis recomendada por el laboratorio             |
| sin abono       | Sin abono  |
| Tipo de suelo   | Fértil: Sololá                                   |
|                 | Pobre: Huehuetenango                             |
| Bloques         | Bloque 1 a 10                                    |

2. Descripción del manejo del experimento. Este experimento se diseñó para poder ver si los distintos abonos influyen sobre el daño que causa la larva a la planta en cualquier tipo de suelo, y si no es así, en qué condiciones sí lo hace.

Se realizó un diseño de bloques completos al azar con 10 repeticiones. Para cada bloque se llenaron 4 bolsas de polietileno de 12.5X8X27 cm con los dos tipos de suelo, uno traído de El Tablón en Sololá y el otro tipo de suelo de La Estancia de San Lorenzo, Huehuetenango. Fueron llenadas con tierra de un mismo costal en el que fue traída, para asegurarse que cada grupo tuviera el mismo estrato de suelo. A cada una de estas bolsas se les aplicó uno de los cuatro tratamientos evaluados en el campo (Anexo A Figura A4), y la descripción de los tratamientos se observa en el cuadro 2.

Luego, se sembró maíz criollo, el mismo que se utilizó para la siembra en el campo. Se hizo un hoyo y se colocó dos semillas de maíz en cada bolsa para asegurar que por lo menos una germinara. Las plantas se regaron cada 2 días y se encontraban bajo un régimen de luz artificial equivalente al fotoperíodo normal del maíz, 14 horas de luz por 10 de sombra.

A la semana de la siembra se procedió a la aplicación del fertilizante, haciendo un círculo alrededor de la planta lo más lejos del centro para no quemar la raíz y se regó después de aplicado. Debajo de cada planta se colocó un plato desechable para evitar la pérdida de nutrientes al regarlas y el agua que se salía fue devuelta a la planta.

En la primera aplicación se agregó 159 g de fertilizante orgánico en la dosis recomendada, 318 g de fertilizante orgánico en la doble dosis; y 2.62 g de sulfato de amonio y 1.64 g de fósforo (0/46/0), para la fertilización química. Se agregó en dos partes, la mitad una semana después de la siembra y la otra mitad una semana después de la primera aplicación. Para la segunda y tercera aplicación se agregó 3.4 gr de 20/0/20. Las aplicaciones 2 y 3 también se llevarán a cabo en dos dosis. Se hizo en dos dosis porque las bolsas donde se sembraron las plantas eran pequeñas y si se aplicaba la dosis completa de fertilizante se podía quemar la raíz de la planta.

Una semana después de la primera aplicación de fertilizante se inocularon 4 gallinas ciegas por bolsa utilizando la metodología de Castro *et al.* (2000). A cada bolsa se le inocularon tres larvas, de diferentes instars, de *Anomala* y una de *Phyllophaga*, las cuales fueron colectadas en Sololá y Huehuetenango. Se llevó a cabo en estas proporciones ya que así fue como se encontraron en el campo, además, es importante tener varias especies debido a que éstas tienen diferentes hábitos alimenticios, pueden ser rizófagas estrictas o saprofitas. Fueron inoculadas haciendo una mezcla de las larvas colectadas tanto en Sololá como en Huehuetenango, esto con el fin de que alcanzaran para todos los tratamientos. A los 15 días de inoculadas las larvas se empezó a monitorear las plantas, midiendo la altura, el diámetro del tallo y el número de hojas. Para esto se utilizó una regla métrica y un vernier para medir el diámetro. Estas mediciones se llevaron a cabo por los meses de septiembre, octubre y noviembre. Al terminar las mediciones se cortó la raíz de cada planta para poder obtener el peso seco de éstas, para lo cual se deshidrataron colocándolas en un horno a una temperatura promedio de 60°C hasta que el peso fuera constante y fue pesada utilizando una balanza analítica.

### 3. Variables dependientes

- Altura de la planta
- Diámetro de tallo
- Número totales de hojas por planta
- Peso seco de la raíz

4. Análisis de datos. Para analizar los datos se utilizó el programa SPSS para Windows (versión 9). Se hicieron exploraciones para determinar la normalidad de éstos, en donde solamente la altura mostró una distribución normal. Los datos del diámetro del tallo, el número total de hojas y el peso seco de la raíz de cada planta no mostraron dicha distribución por lo que se les realizó una transformación de raíz cuadrada. Luego, se procedió al análisis de varianza univariado para la localidad y analizando por separado cada una de las tres fechas de muestreo. De esta manera se analizó el efecto de los factores principales (fertilizante y localidad), y además la interacción entre el tipo de suelo (localidad) y el fertilizante para ver si éste tiene el mismo efecto sobre el daño que ocasiona la larva a la planta no importando el tipo de suelo en la que se haya sembrado el maíz. Por último, se llevó a cabo la prueba de Tuckey para la separación de medias. Para todos los análisis se utilizó un 95% de confianza y 5% de error.

### III. RESULTADOS

#### A. ¿Afectan los diferentes fertilizantes las poblaciones de gallinas ciegas?

Los fertilizantes orgánicos y sintéticos parecen tener efectos diferentes sobre las poblaciones de gallinas ciegas. Otros factores como la localidad en la que se sembró, la fecha de muestreo y la cantidad de nutrientes disponibles, parecen no solo influir sobre las poblaciones de gallinas ciegas, si no también parecen determinar el efecto de los fertilizantes sobre ellas. Además todos estos factores parecen afectar de forma distinta a los diferentes géneros de gallina ciega.

1. ¿Cómo afectan los fertilizantes aplicados en diferentes localidades, la densidad de larvas de gallinas ciegas y de plantas infestadas? Al realizar el análisis de parcelas divididas tomando en cuenta todas las localidades juntas (la localidad como la parcela grande), se obtuvo que la localidad mostró diferencia significativa tanto para el número de larvas por parcela ( $F=17.57$ ,  $p=0.001$ ) como para el número de plantas infestadas ( $F=14.28$ ,  $p<0.001$ ), y diferencia ligeramente significativa entre los fertilizantes ( $F=2.56$ ,  $p=0.07$ ) (Anexo C, Cuadro 1C y 2C). La prueba de separación de Tukey señala dos grupos entre los tratamientos: el control y el orgánico con menor número de gallinas ciegas por parcela y el doble orgánico y el químico con el mayor número (Figura 3). Esto nos indica que posiblemente se pueden hacer generalizaciones del efecto de los fertilizantes en cualquier localidad.

En cuanto a las localidades el Sitio 2, en Sololá, mostró ser diferente significativamente, para el número de larvas y número de plantas infestadas, del Sitio 1 en Sololá y del Sitio 3 en Huehuetenango. De los tres sitios fue el sitio 1, parcela con suelo relativamente fértil y que había sido cultivado con maíz y fertilizado por dos años consecutivos en el que en general se encontraron más larvas y en el Sitio 2 en el que menos (Figura 4). El número plantas infestadas con larvas mostró el mismo patrón que la cantidad de larvas por parcela.

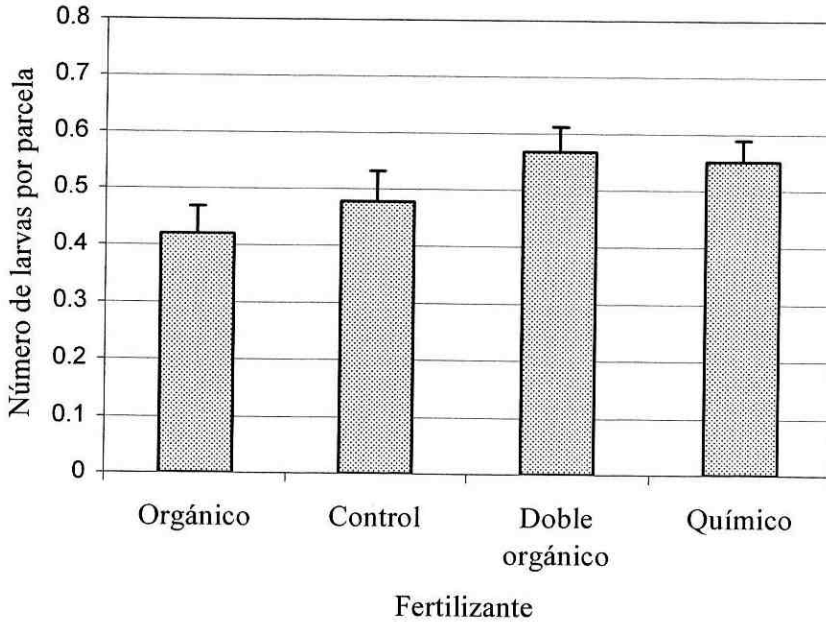


Figura 3. Número de larvas por parcela de *Anomala* spp. y *Phyllophaga* spp. (Coleoptera: Scarabaeidae) encontrada en las plantas de maíz con cuatro tratamientos de fertilizantes. Las colectas se realizaron en el 2001, en El Tablón, Sololá y La Estancia de San Lorenzo, Huehuetenango. Las barras representan el error estandar de la media del promedio de las tres fechas de muestreo.

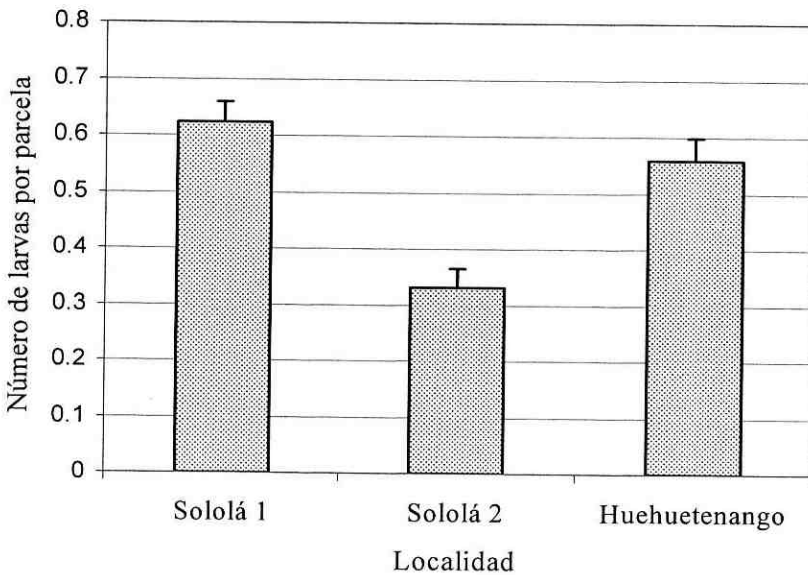


Figura 4. Número de larvas por parcela de *Anomala* spp. y *Phyllophaga* spp. (Coleoptera: Scarabaeidae) encontrada en las plantas de maíz en los dos sitios en El Tablón, Sololá y en el sitio de La Estancia de San Lorenzo, Huehuetenango. Las colectas se realizaron en el 2001. Las barras representan el error estandar de la media del promedio de las tres fechas de muestreo.

Puesto que el análisis de parcelas divididas señala una diferencia existente entre las localidades, es importante analizarlas individualmente. Al tomar en cuenta cada localidad por separado, solamente el sitio 2 mostró diferencias significativas entre tratamientos para el número de larvas ( $F=4.43$ ,  $p=0.009$ ) y para el número de plantas infestadas ( $F=12.81$ ,  $p=0.00$ ) (Anexo C, Cuadro 5C y 6C). El abono orgánico en la doble dosis y el químico tuvieron mayor densidad de larvas y número de plantas infestadas por parcela, que el abono orgánico en su única dosis y el testigo. El fertilizante químico no difirió significativamente de la doble dosis del orgánico y tampoco el orgánico del control (Figura 5).

El Sitio 1 en Sololá, la densidad de larvas por parcela ( $F=0.037$ ,  $p=0.991$ ) y de plantas infestadas ( $F=0.06$ ,  $p=0.979$ ) (Anexo C, Cuadro 3C y 4C) no mostró diferencias significativas para los diferentes tratamientos; de igual manera el sitio 3 en Huehuetenango tampoco mostró dicha diferencia, ( $F=1.537$ ,  $p=0.219$ ;  $F=1.41$ ,  $p=0.303$  respectivamente) (Anexo C, Cuadro 7C y 8C). Sin embargo, en el Sitio 1 (Figura 6), Sitio 3 (Figura 7) y Sitio 2 (Figura 5), el fertilizante que menos larvas y plantas infestadas presentó fue el abono orgánico en su única dosis.

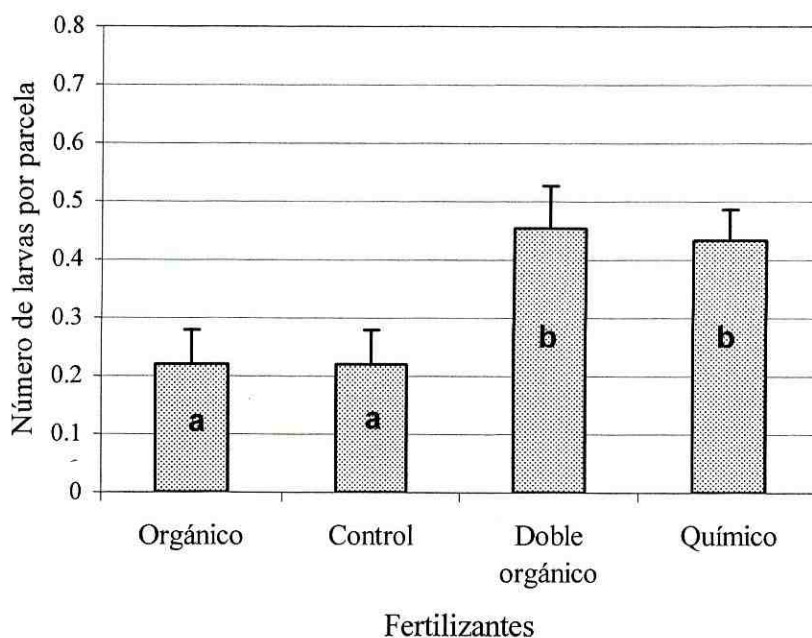


Figura 5. Número de larvas por parcela de *Anomala* spp. y *Phyllophaga* spp. (Coleoptera: Scarabaeidae) encontradas en las plantas de maíz con cuatro tratamientos de fertilizantes. Las colectas se realizaron durante los meses de julio, agosto y septiembre de 2001 en El Tablón, Sololá, en una parcela con suelo relativamente fértil y que no había sido cultivada en por lo menos 20 años. Las barras representan el error estándar de la media.

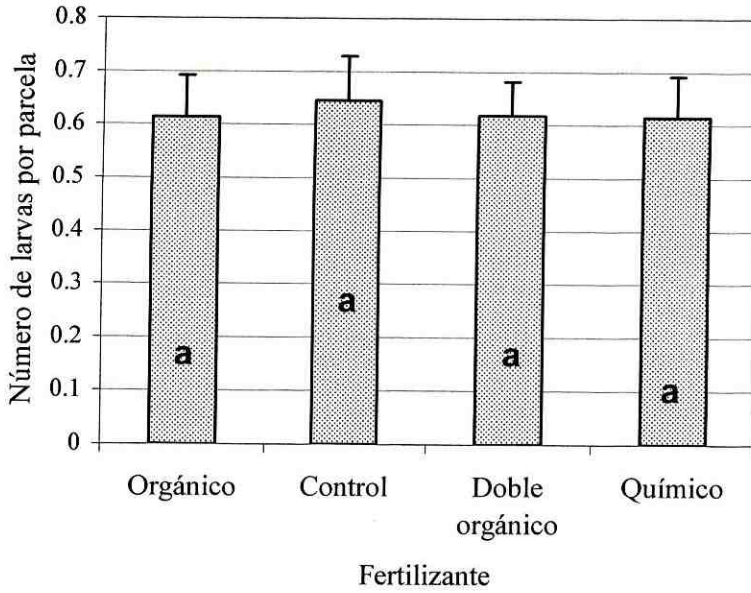


Figura 6. Número de larvas por parcela de *Anomala* spp. y *Phyllophaga* spp. (Coleoptera: Scarabaeidae) encontradas en las plantas de maíz con cuatro tratamientos de fertilizantes. Las colectas se realizaron durante los meses de julio, agosto y septiembre de 2001 en El Tablón, Sololá, en una parcela con suelo relativamente fértil el cual fue cultivado con maíz y fertilizado por dos años consecutivos con abono químico. Las barras representan el error estándar de la media.

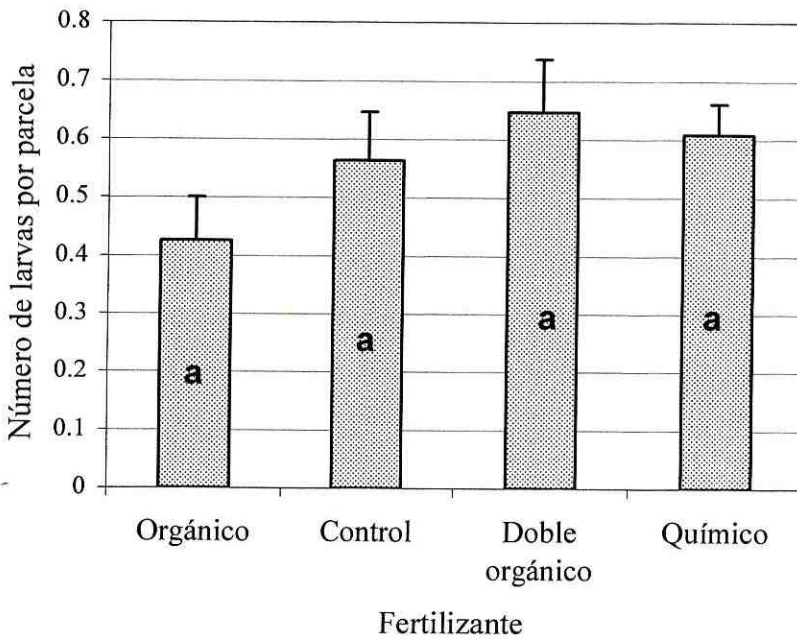


Figura 7. Número de larvas por parcela de *Anomala* spp. y *Phyllophaga* spp. (Coleoptera: Scarabaeidae) encontradas en las plantas de maíz con cuatro tratamientos de fertilizantes. Las colectas se realizaron durante los meses de agosto, septiembre y octubre de 2001 en La Estancia de San Lorenzo, Huehuetenango en una parcela con suelo pobre y que no había sido sembrada durante 7 años. Las barras representan el error estándar de la media.

2. ¿Cuál es el efecto de la fecha de muestreo sobre la densidad de larvas y de plantas infestadas? Es importante, al igual del efecto que tiene cada localidad sobre la densidad de las gallinas ciegas y las plantas en las que se encuentran éstas, el efecto que tiene la fecha de muestreo. Al tomar cada fecha de muestreo por separado, en cada una de las localidades, se obtuvo que los diferentes fertilizantes, tienen diferentes efectos sobre el número de gallinas ciegas y las plantas en las que se encontraron éstas (Anexo C, Cuadro 3C a 8C).

Para todas las localidades, la fecha en la que se hicieron los muestreos fue el único factor del diseño experimental que mostró ser significativamente diferente. En las tres localidades se encontró mayor número de larvas por parcela y de plantas infestadas en el primer mes de muestreo, siendo ésta significativamente diferente de la fecha dos y tres. Estas últimas no mostraron diferencias significativas entre ellas en ninguno de los tres sitios, por lo que se puede decir que los sitios no fueron tan diferentes entre sí para las fechas de muestreo. El análisis tampoco mostró interacción significativa entre el fertilizante y la fecha de muestreo, tanto para la cantidad de larvas encontradas como para las plantas infestadas con éstas.

En el Sitio 1, en Sololá, para el número de larvas por parcela ( $F=3.17$ ,  $p=0.060$ ) (Anexo C, Cuadro 3C), se encontró diferencias significativas entre el primer muestreo (julio) y el tercer muestreo (septiembre), y para el número de plantas infestadas ( $F=2.96$ ,  $p=0.071$ ) (Anexo C, Cuadro 4C), entre el primer y segundo muestreo (agosto). La tendencia muestra que se encontraron más larvas y plantas infestadas en el muestreo realizado en julio que en el realizado en agosto y septiembre, los últimos dos muestreos muestran una cantidad menor de éstas.

La misma tendencia de encontrar mayor número de larvas en el primer muestreo que en el último se repitió en los otros dos sitios. El Sitio 2, en Sololá, tanto para el número de larvas por parcela ( $F=6.71$   $p=0.005$ ) (Anexo C, Cuadro 5C) como para el número de plantas infestadas ( $F=12.88$ ,  $p=0.002$ ) (Anexo C, Cuadro 6C) mostró diferencia significativa entre el primer (julio) y segundo muestreo (agosto) y entre el primer y tercer muestreo (septiembre) respectivamente. En el Sitio 3 en Huehuetenango la diferencia significativa fue entre el primer (agosto) y tercer muestreo (octubre), para el

número de larvas por parcela ( $F=2.59$ ,  $p=0.096$ ) (Anexo C, Cuadro 7C) y para el número de plantas infestadas ( $F=3.25$ ,  $p=0.07$ ) (Anexo C, Cuadro 8C).

En los tres sitios, la densidad de larvas en los cuatro tratamientos mostró una distribución heterogénea a lo largo de los meses de julio y agosto, es decir no mostraron un patrón específico. Como se observa en la figura 8, en la primera fecha de muestreo en el Sitio 1, el control y el químico fueron los que más larvas tuvieron y el doble orgánico el que menos, aunque las diferencias entre los tratamientos no son significativas. En el Sitio 2, el orgánico en su única dosis y el control fueron los que menos larvas tuvieron y el doble orgánico el que más; mientras que en el Sitio 3, fue el control el que más larvas tuvo y el orgánico en su única dosis el que menos.

En la segunda fecha, en el Sitio 1 el orgánico en su única dosis fue donde se observaron más larvas y en el químico en el que menos. El Sitio 2 y 3, presentaron más larvas el doble orgánico y menos el orgánico y el control (Figura 9). A diferencia de las primeras dos fechas, la tercera mostró en todas las localidades un mismo patrón, en donde el químico y el doble orgánico fueron los tratamientos que más densidad de larvas tuvieron y el orgánico en su única dosis y el control los que menos (Figura 10).

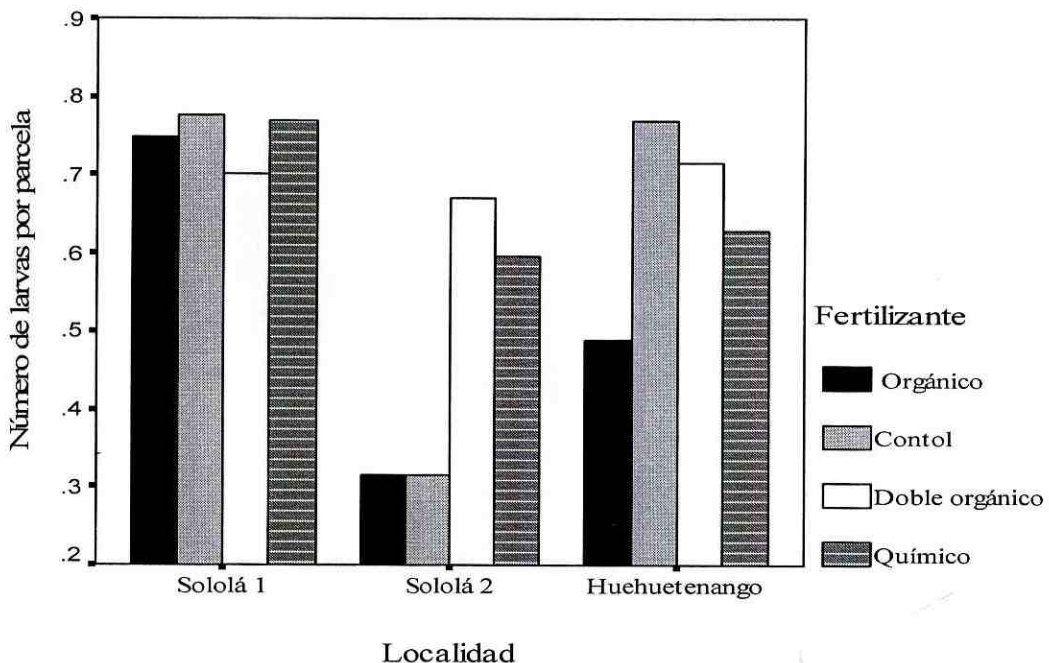


Figura 8. Número de larvas por parcela encontradas en El Tablón, Sololá durante el mes de julio y en La Estancia de San Lorenzo en el mes de agosto. Las barras representan la media.

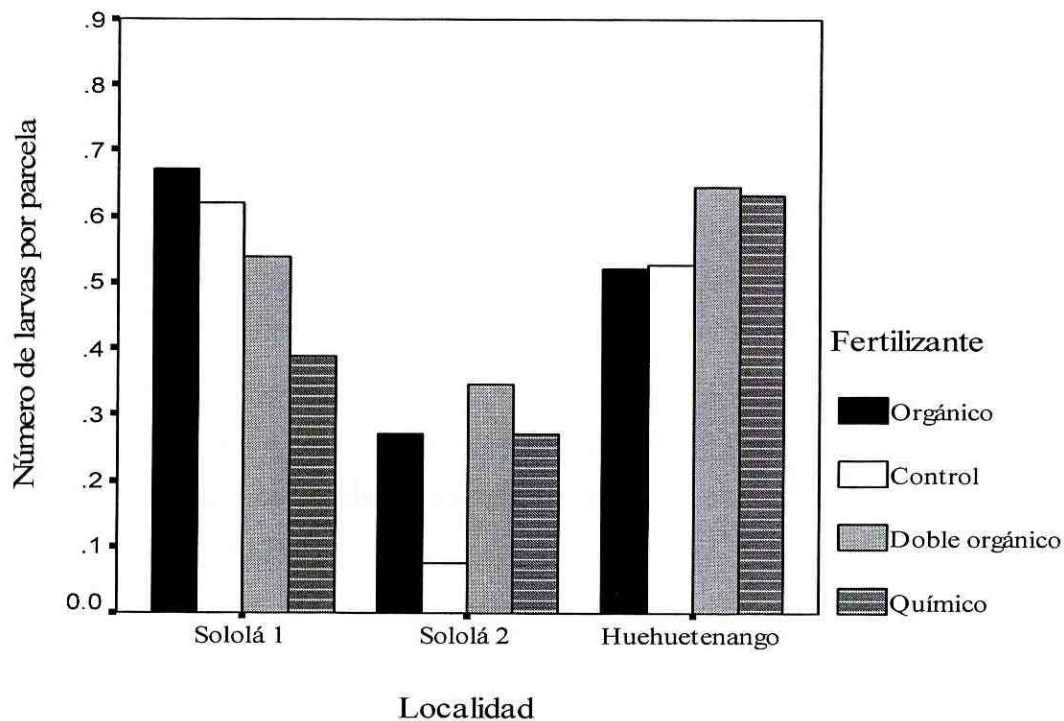


Figura 9. Número de larvas por parcela encontradas en El Tablón, Sololá durante el mes de agosto y en La Estancia de San Lorenzo en el mes de septiembre. Las barras representan la media.

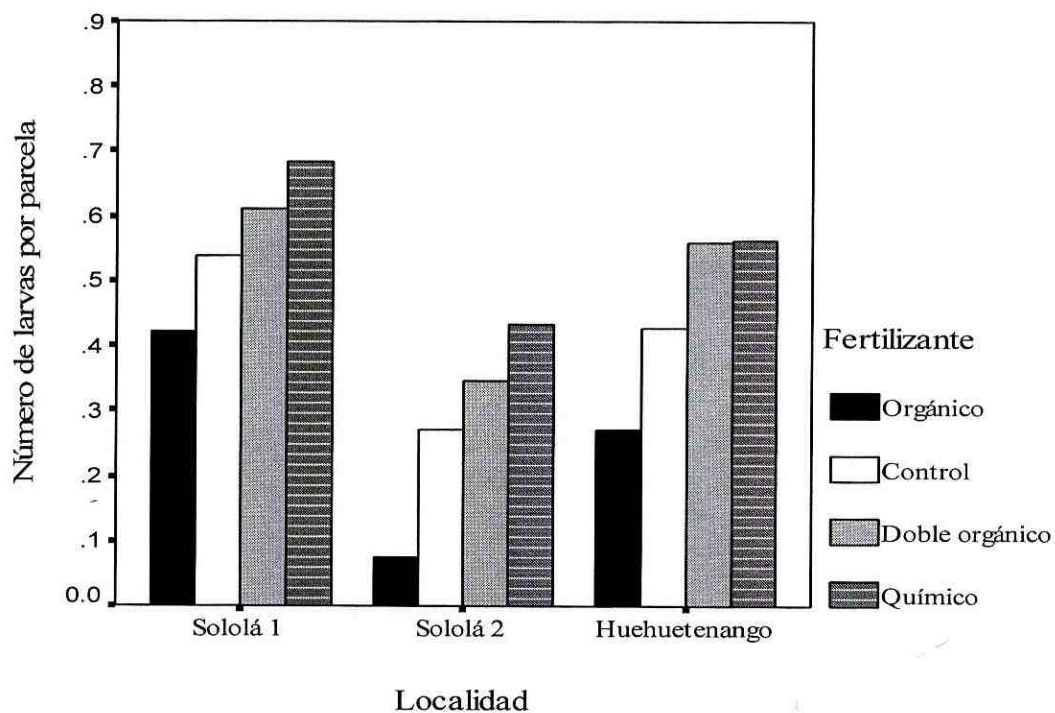


Figura 10. Número de larvas por parcela encontradas en El Tablón, Sololá durante el mes de septiembre y en La Estancia de San Lorenzo en el mes de octubre. Las barras representan la media.

3. ¿Cómo difiere la cantidad de larvas de *Anomala* y de *Phyllophaga* en los diferentes tratamientos para cada sitio y fechas de muestreo? Al separar el número de larvas encontradas de *Anomala* y *Phyllophaga*, y realizar el análisis de parcelas divididas para todas las localidades juntas, se obtuvo que *Anomala* mostró diferencias significativas para la localidad ( $F=9.41$ ,  $p=0.006$ ) y para el fertilizante ( $F=2.98$ ,  $p=0.049$ ), mientras que *Phyllophaga* solamente para la localidad ( $F=8.13$ ,  $p=0.010$ ). Como se ve en la figura 11, se encontraron más larvas de *Anomala* en el orgánico y menos en el doble orgánico; y de *Phyllophaga* más en el control y menos en el doble orgánico. En todas las localidades se encontraron más larvas de *Anomala* que de *Phyllophaga*, sin mostrar una diferencia significativa. El Sitio 2 en Sololá, fue el sitio que presentó menos cantidad de larvas de ambos géneros (Figura 12).

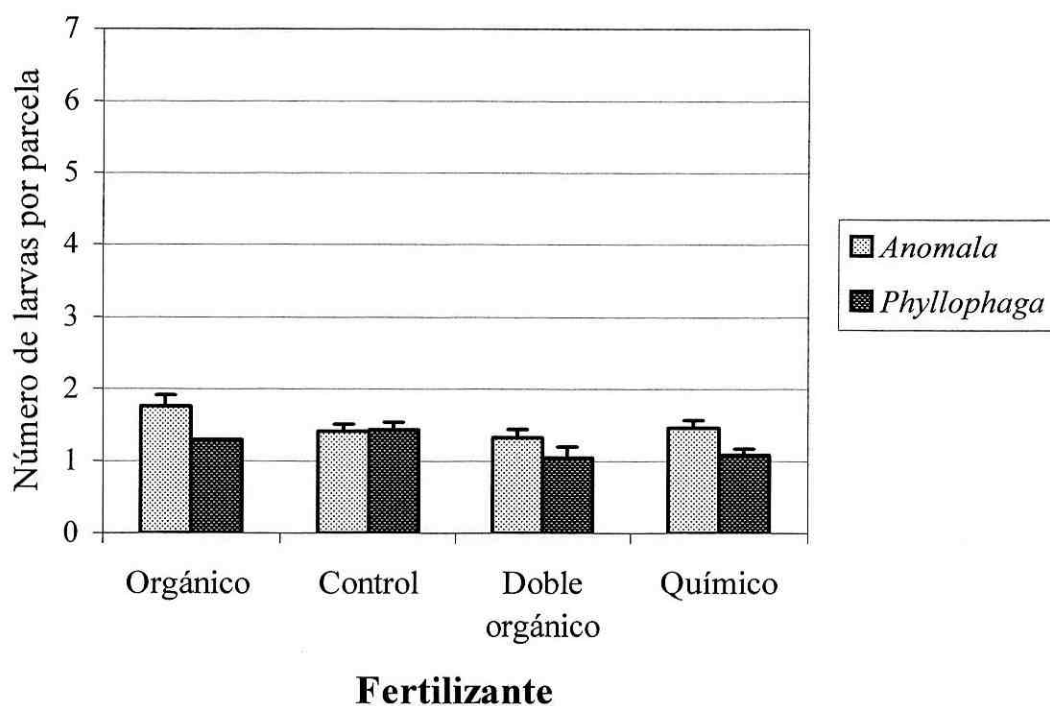


Figura 11. Número de larvas por parcela de *Anomala* spp. y *Phyllophaga* spp. (Coleoptera: Scarabaeidae) encontradas en las plantas de maíz con cuatro tratamientos de fertilizantes. Las colectas se realizaron en el 2001, en El Tablón, Sololá y La Estancia de San Lorenzo, Huehuetenango. Las barras representan el error estándar de la media del promedio de las larvas encontradas.

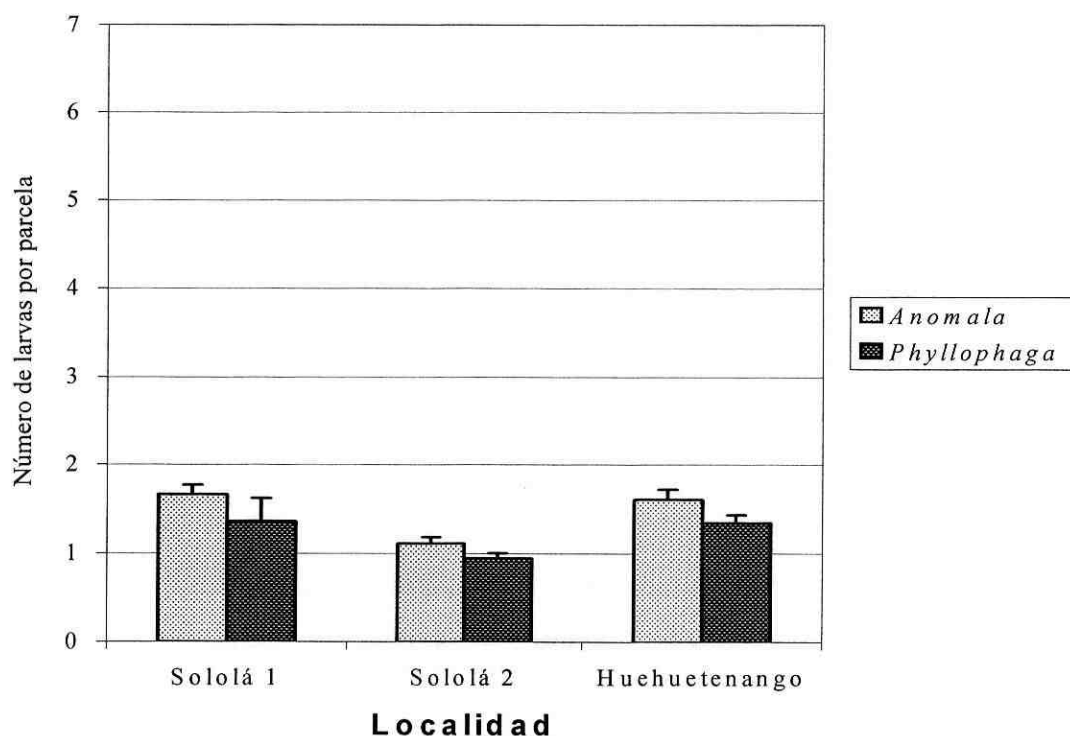


Figura 12. Número de larvas por parcela de *Anomala* spp. y *Phyllophaga* spp. (Coleoptera: Scarabaeidae) encontradas en las plantas de maíz en los dos sitios de El Tablón, Sololá y en el sitio de La Estancia de San Lorenzo, Huehuetenango. Las colectas se realizaron en el 2001. Las barras representan el error estándar de la media del promedio de las tres fechas de muestreo.

Debido a que se encontraron diferencias entre localidades es importante ver que está sucediendo dentro de cada una de ellas. El sitio 3 fue el único que mostró diferencias significativas entre tratamientos. Allí el menor número de *Anomala* se encontró en las parcelas con doble dosis de orgánico y el mayor número en las parcelas con orgánico siendo estas diferencias significativas ( $F=3.79$ ,  $p=0.065$ ) (Figura 13).

El género *Phyllophaga* mostró un patrón más consistente que *Anomala*, en relación a los tratamientos. El orgánico y el control fueron los que más larvas de *Phyllophaga* tuvieron, y la doble dosis del orgánico y el químico los que menos en todas las localidades, sin embargo las diferencias para los tratamientos no fueron significativas.

Al hacer el análisis por separado de cada género, ninguno de los tres sitios mostró diferencias significativas en el número de larvas por parcela de *Anomala* y *Phyllophaga* para la interacción entre el fertilizante y la fecha de muestreo, lo que indica que el tiempo

que había pasado después de la aplicación de cada uno de los fertilizantes no influye en la densidad de larvas que se encuentran en cada tratamiento.

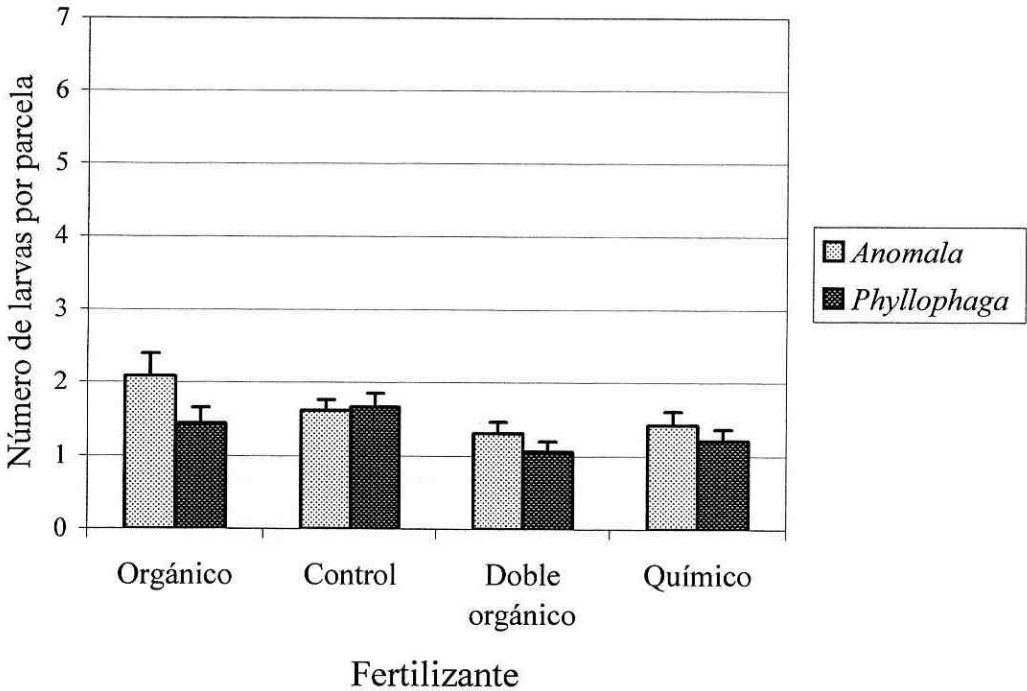


Figura 13. Número de larvas por parcela de cada género (*Anomala* y *Phyllophaga* (Coleoptera: Scarabaeidae), analizadas por separado, encontradas en las plantas de maíz con cuatro tratamientos de fertilizantes. Las colectas se realizaron durante los meses de agosto y septiembre de 2001 en, La Estancia de San Lorenzo, Huehuetenango, en una parcela con suelo pobre y no había sido cultivado en 7 años. Las barras representan el error estandar de la media.

Al realizar el análisis de parcela divididas a cada uno de los géneros en las dos fechas de muestreo, se obtuvo que *Anomala* mostró diferencias significativas en el número de larvas por parcela en el Sitio 1 ( $F=25.95$ ,  $p=0.000$ ) (Anexo C, Cuadro 9C) y en el Sitio 2 ( $F=8.94$ ,  $p=0.011$ ) (Anexo C, Cuadro 11C), y no en el Sitio 3. El género *Phyllophaga* no mostró diferencias significativas para la fecha de muestreo en ninguno de los tres sitios.

*Anomala*, en el primer muestreo (Figura 14) mostró un mayor número de larvas, para todas las localidades, en el tratamiento con abono orgánico en su única dosis y menos en los tratamientos control y doble orgánico. Para la segunda fecha de muestreo, el sitio 1 tuvo más en el orgánico y menos en el químico; en el sitio 2 hubo más larvas en

el químico y no se encontró ninguna en el doble orgánico ni en el control; y en el sitio 3 el control fue el que más tuvo y el químico el que menos (Figura 15).

El género *Phyllophaga*, como se puede observar en la figura 16, en el primer muestreo todos los sitios mostraron mayor número de larvas en el control y el orgánico; y menos en el doble orgánico y químico. En la segunda fecha los Sitios 1 y 3 mostraron más larvas en el control mientras que el sitio 2 en el orgánico; y los que menos tenían era el químico en el sitio 1, el orgánico en el sitio 3 y no se encontró ninguna larva en el químico en el sitio 2 (Figura 17).

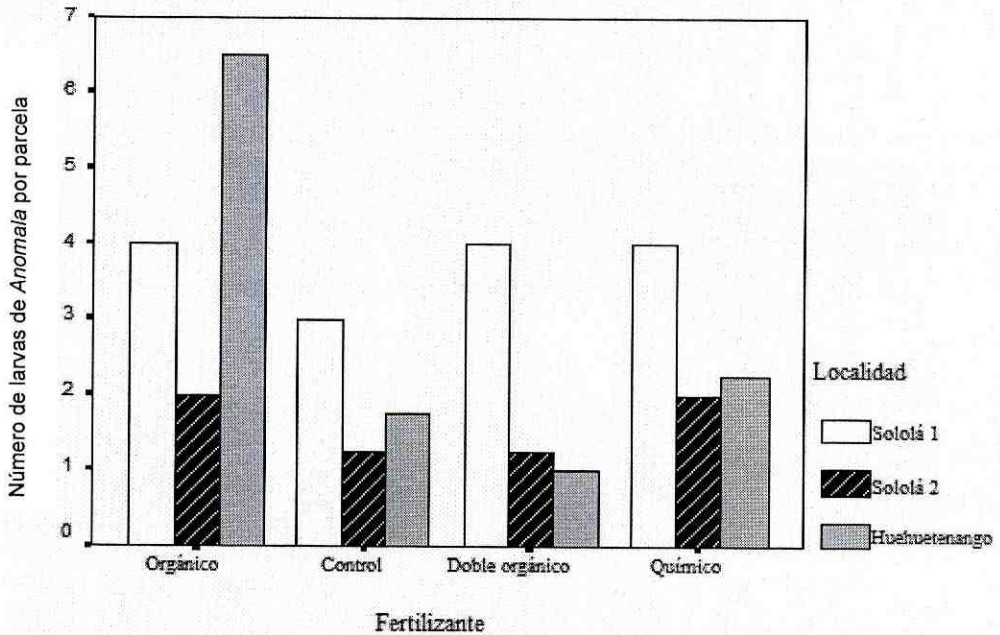


Figura 14. Número de larvas de *Anomala* spp. encontrada en El Tablón, Sololá en el mes de julio y en La Estancia de San Lorenzo, Huehuetenango en agosto. Las barras representan la media.

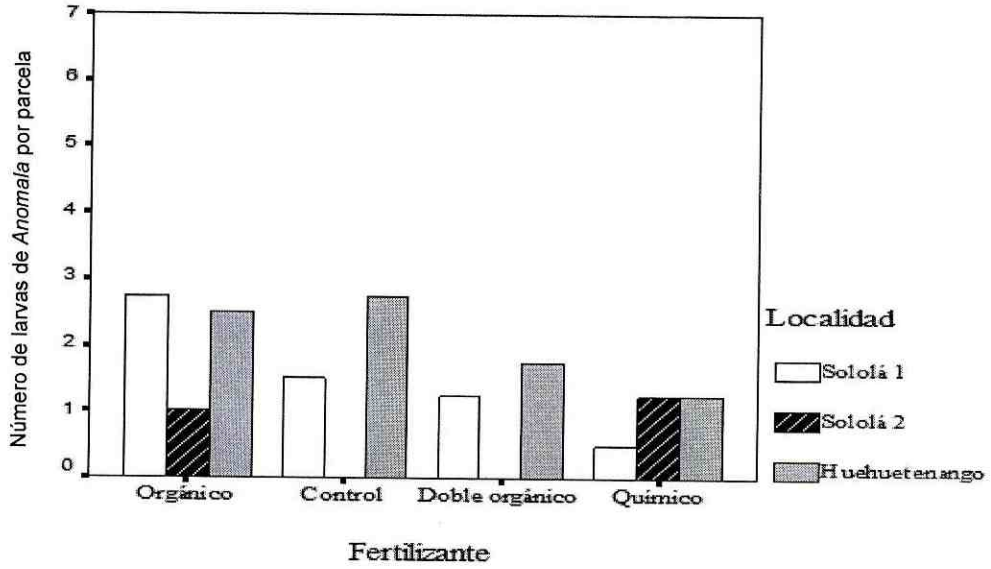


Figura 15. Número de larvas de *Anomala* spp. encontrada en El Tablón, Sololá en el mes de agosto y en La Estancia de San Lorenzo, Huehuetenango en septiembre. Las barras representan la media.

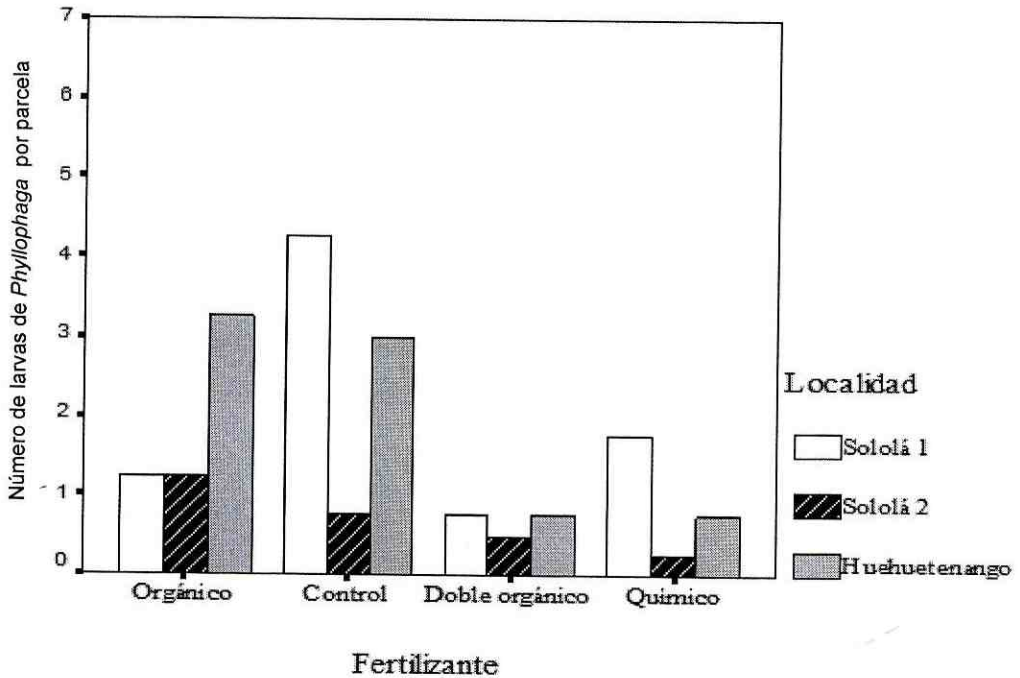


Figura 16. Número de larvas de *Phyllophaga* spp. encontrada en El Tablón, Sololá en el mes de julio y en La Estancia de San Lorenzo, Huehuetenango en agosto. Las barras representan la media.

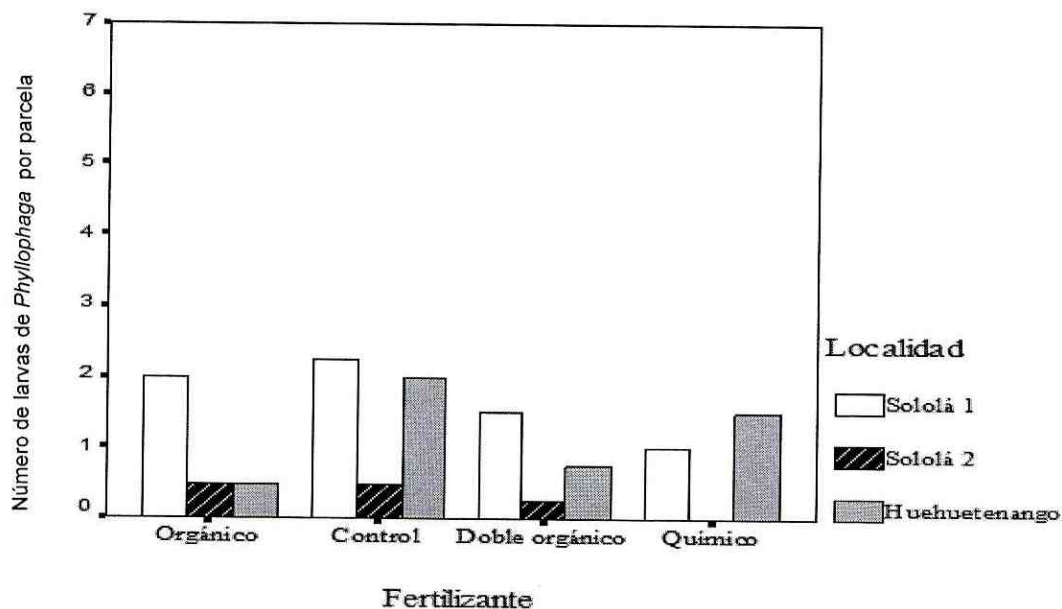


Figura 17. Número de larvas de *Phyllophaga* spp. encontrada en El Tablón, Sololá en el mes de agosto y en La Estancia de San Lorenzo, Huehuetenango en septiembre. Las barras representan la media.

4. ¿ Existe alguna correlación entre el color de la planta con el número de gallinas ciegas encontradas en los diferentes tratamientos?. Al realizar una correlación de Pearson, para determinar si el color de la planta, ya sea amarilla o verde, tiene algún efecto en el número de larvas encontradas en los diferentes tratamientos, ésta mostró que el color no es un buen indicador de la presencia de larvas.

La correlación entre el número de larvas por plantas amarillas mostró ser negativa y significativa; es decir, que mientras más plantas amarillas habían en el lugar de muestreo menos número de larvas de gallinas ciegas se encontraron en ellas (Figura 18). De los tres sitio, fue el sitio 3 localizado en Huehuetenango el que más plantas amarillas presentó.

La correlación para cada uno de los tratamientos fue significativa solamente para el abono orgánico, mientras que para los demás no lo fue, pero la correlación para los cuatro tratamientos fue negativa como se mencionó anteriormente. En el Sitio 1, en

Sololá, fue el químico el que menos plantas amarillas presentó; en el Sitio 2 también en Sololá, el control y el doble orgánico; y en el Sitio 3 en Huehuetenango el control y el químico.

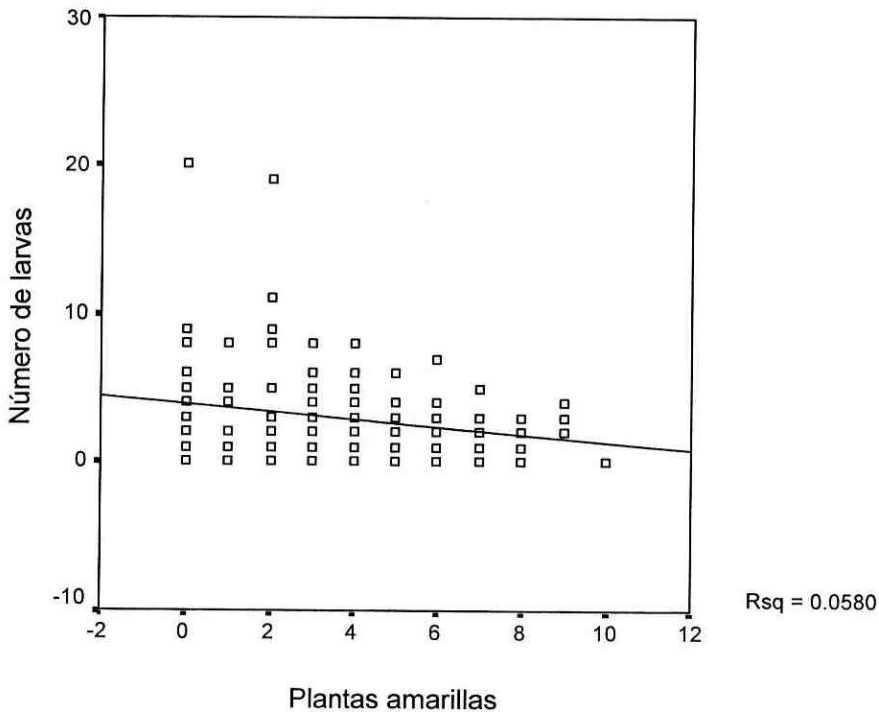


Figura 18. Número de larvas encontradas en plantas amarillas muestreadas en los dos sitios de El Tablón, Sololá y en el sitio de La Estancia de San Lorenzo, Huehuetenango en el año 2001. La recta es una regresión lineal.

5. ¿Cómo se comportan los fertilizantes en diferentes tipos de suelo? La cantidad de nutrientes disponible en el suelo y los que son agregados por medio de abonos sintéticos y orgánicos influyen tanto en el rendimiento de las plantas como en la cantidad y calidad de nutrientes disponibles para las gallinas ciegas.

Al realizar el análisis de varianza univariado para cada fecha de muestreo se obtuvo que en las tres fechas la altura de las plantas, el tipo de suelo, el fertilizante y la interacción de la localidad con el fertilizante mostraron diferencias significativas. Para el

diámetro de las plantas solamente hay diferencias para la localidad y el fertilizante pero no hay una relación significativa para la interacción de la localidad con el fertilizante (Anexo C, Cuadro 15C a 20C).

Las plantas del tratamiento doble orgánico fueron las más altas (Figura 19) y las plantas del tratamiento control las más pequeñas y las de menor diámetro en el tallo para ambos tipos de suelo (ambas localidades) (Figura 20). A pesar de que las plantas del doble orgánico fueron las más altas fueron las plantas tratadas con fertilizante químico las que presentaron un mayor tamaño en el diámetro del tallo, este patrón se mantuvo a lo largo de las tres fechas de muestreo.

Como se mencionó anteriormente el tipo de suelo en el que las plantas fueron sembradas tiene un efecto directo y significativo en el desarrollo de la planta a lo largo del tiempo en el que se aplicó el fertilizante. Las plantas sembradas en suelo de Sololá fueron más altas, más anchas y tuvieron más raíz que las sembradas en Huehuetenango.

En particular para las plantas de Sololá a las que se les aplicó abono sintético y doble dosis de abono orgánico fueron más altas que las tratadas con abono orgánico en su única dosis. Es importante mencionar que el control tuvo plantas más pequeñas que el abono orgánico en su única dosis, con diferencia significativa en las tres fechas ( $F=13.13, p=0.009$ ;  $F=13.93, p=0.008$ ,  $F=15.05, p=0.006$ ). Para las plantas de Huehuetenango, a las que se les aplicó abono orgánico en cualquiera de las dosis fueron más altas que a las que se les aplicó abono sintético.

Para el diámetro, las plantas control, sembradas en ambos suelos fueron las que mostraron un tallo más delgado y las plantas tratadas con abono químico un tallo más grueso, en las tres fechas de muestreo; habiendo entre estos dos tratamientos diferencias significativas ( $F=2.99, p=0.024$ ;  $F=5.64, p=0.001$ ,  $F=7.51, p=0.001$ )

A largo de las tres fechas de muestreo, la interacción del fertilizante con los dos tipos de suelo (fértil de Sololá y pobre de Huehuetenango) en el que se sembraron las plantas del invernadero, solamente la altura mostró diferencias significativas (Anexo C, Cuadro 15C, 17C y 19C) mientras que el diámetro del tallo no (Anexo C, Cuadro 16C, 18C y 20C); de esta manera en el desarrollo de la planta, el fertilizante aplicado se comporta de manera distinta dependiendo de la fertilidad del suelo.

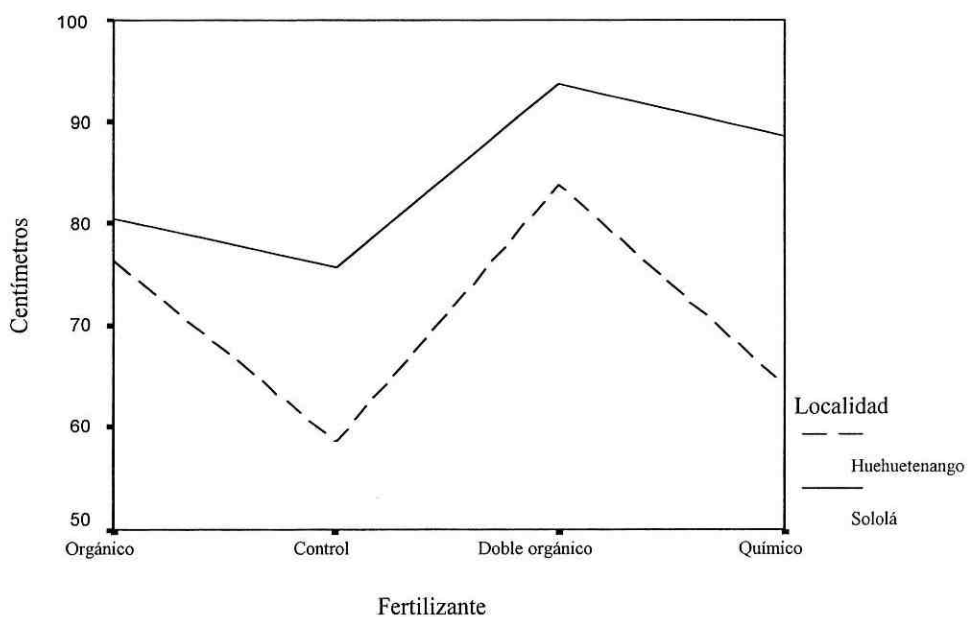


Figura 19. Diámetro de las plantas de maíz sembradas en suelo fértil de Sololá y en suelo pobre de Huehuetenango en el invernadero de la Universidad del Valle de Guatemala bajo diferentes tratamientos de fertilizantes. Los datos fueron tomados durante los meses de septiembre, octubre y noviembre de 2001.

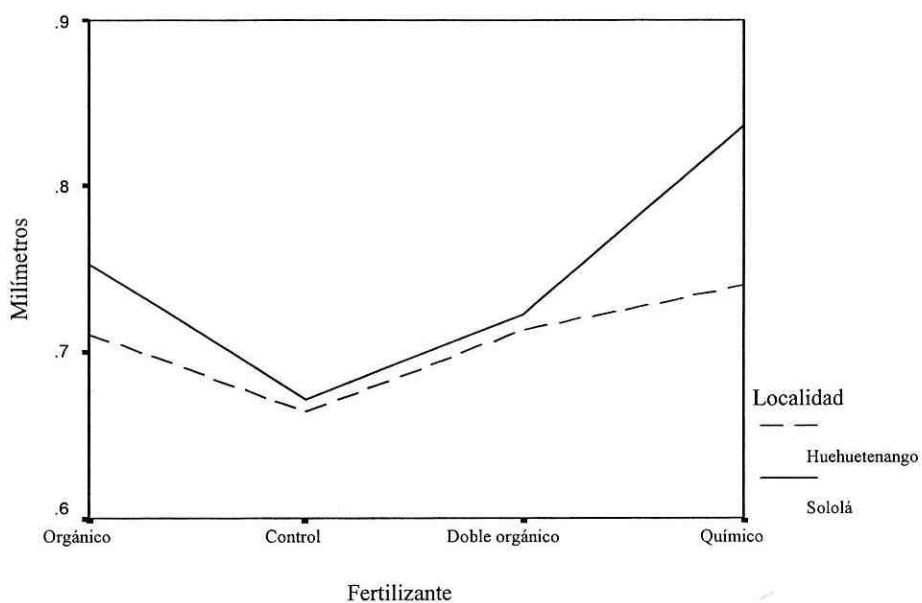


Figura 20. Altura de las plantas de maíz sembradas en suelo fértil de Sololá y en suelo pobre de Huehuetenango en el invernadero de la Universidad del Valle de Guatemala bajo diferentes tratamientos de fertilizantes. Los datos fueron tomados durante los meses de septiembre, octubre y noviembre de 2001.

Tanto las plantas de Sololá como las de Huehuetenango mostraron alrededor de 6 a 7 hojas por planta. El peso de la raíz fue significativamente diferente sólo entre localidades ( $F=16.7$ ,  $p<0.001$ ) y no dentro de los distintos fertilizantes dentro de cada una de ellas ( $F=0.277$ ,  $p=0.842$ ) (Anexo C, Cuadro 21C). En Sololá las plantas del abono orgánico fueron las que tuvieron más raíz y las del doble orgánico las que menos. En Huehuetenango, el patrón fue al revés las que más raíz tuvieron fueron las del doble orgánico y el orgánico las que menos (Figura 21). No hubo una interacción entre el tipo de suelo, en el que se sembró la planta de maíz, con el fertilizante que se aplicó a éstas.

Observando las figuras 19 y 20 se puede ver que los tratamientos se comportan de igual manera en ambas localidades, sólo que el suelo relativamente fértil (Sololá) tuvo mayor rendimiento que el suelo pobre (Huehuetenango). Si las líneas se interceptaran el comportamiento de los fertilizantes fuera diferente en cada localidad.

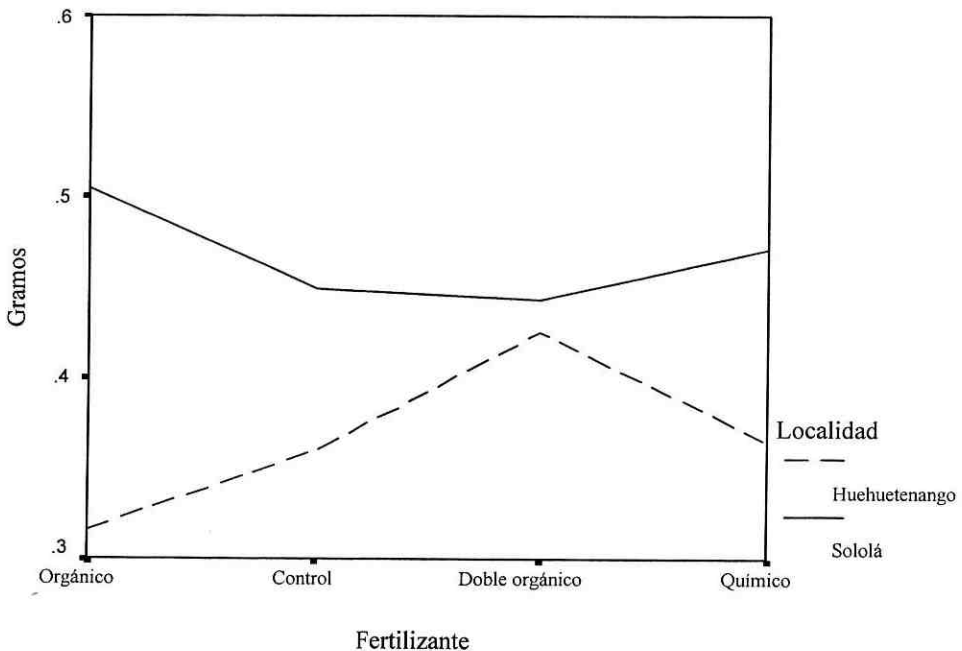


Figura 21. Peso seco de la raíz de las plantas de maíz sembradas en suelo relativamente fértil de Sololá y en suelo pobre de Huehuetenango, en el invernadero de la Universidad del Valle de Guatemala. El peso seco se obtuvo en el mes de enero de 2002.

La cosecha de maíz de las plantas sembradas en el campo, en los dos sitios en Sololá y en el sitio de Huehuetenango es un factor importante que ayuda a relacionar la fertilidad del suelo con el rendimiento de las plantas. Lamentablemente, no se tienen datos confiables para cada una de las parcelas debido a que en Sololá se perdieron datos por el robo de la cosecha y en Huehuetenango por la confusión de tratamientos a la hora de cosecharlo. Sin embargo, el total de la cosecha por cada sitio, nos confirma el grado de fertilidad de cada uno: como se observa en la figura 22, los sitios de Sololá mostraron una mayor cantidad de libras de maíz que el sitio de Huehuetenango que tiene un suelo pobre a diferencia del suelo de Sololá que es relativamente fértil; sin embargo la diferencia entre el Sitio 1 y Huehuetenango no es mucha.

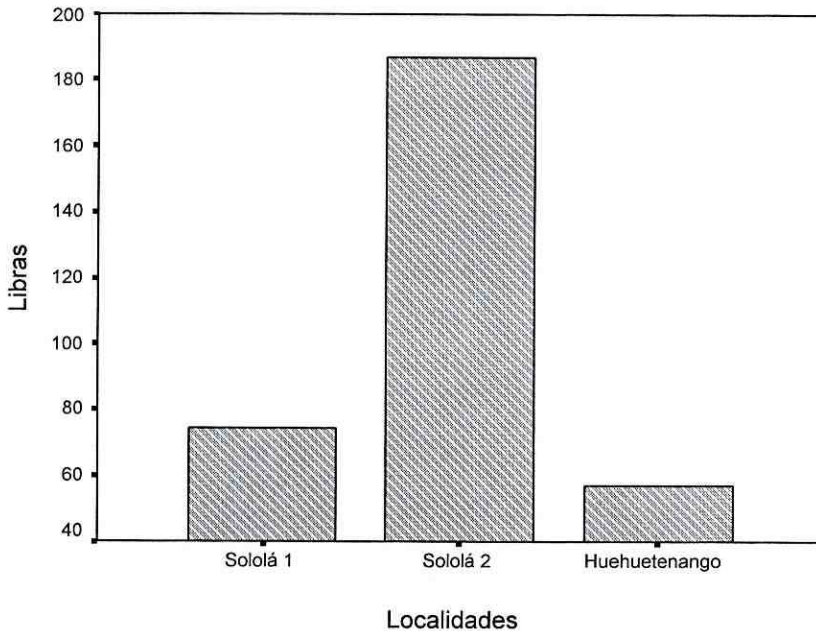


Figura 22. Libras de maíz cosechado en los diferentes tratamientos en los dos sitios de El Tablón, Sololá y en el sitio de La Estancia de San Lorenzo, Huehuetenango, durante un ciclo de cultivo en el año 2001.

## IV. DISCUSIÓN

A. ¿Cómo influye la localidad en la cantidad de larvas de gallina ciega y de plantas infestadas, en los diferentes tratamientos?

Tomando en cuenta todas las localidades juntas y todas las fechas de muestreo promediadas se encontraron diferencias para las localidades y entre tratamientos, por lo que es posible hacer una generalización de los efectos de los fertilizantes pareciendo ser que cada localidad tiene una misma respuesta a cada tratamiento de fertilización. Sin embargo, solamente el sitio 2 mostró diferencias significativas para los diferentes tratamientos. Esto pudo ser debido a que los sitios no habían tenido el mismo manejo, en Sololá una de las parcelas no había sido sembrada en 20 años y la otra tenía dos años seguidos de ser fertilizados con abonos sintéticos; y la de Huehuetenango no había sido cultivada en 7 años. Otro factor pudo haber sido la cantidad de nutrientes que el suelo poseía ya que el suelo de Sololá es relativamente fértil y el de Huehuetenango es pobre. Sin embargo, no se puede atribuir con certeza que el tipo de suelo haya sido el factor que ocasionara estas diferencias porque las parcelas no se encontraban bajo las mismas condiciones físicas.

Como ya se mencionó, el fertilizante aplicado mostró tener un efecto significativo en la densidad de larvas por parcela y en la de plantas infestadas solamente en el sitio 2, en El Tablón, Sololá. Esta parcela no había sido cultivado en por lo menos 20 años por lo que la tierra no estaba cansada ni tampoco tenía restos de fertilizantes que proporcionaran a la tierra, con el paso de los años, nutrientes que favorecieran el desarrollo de la planta, pudiendo ser estos factores los que causaran la alta diferencia con los otros dos sitios. Sin embargo, el sitio 3 en Huehuetenango tampoco había sido cultivado en por lo menos 7 años, pero a diferencia del suelo de Sololá los niveles de nutrientes son más bajos por lo que las plantas pudieron no tener un desarrollo óptimo aún cuando fueron fertilizadas. También pudo haber afectado la cantidad de nitrógeno disponible ya que ésta depende de la relación nitrógeno-carbono. En lugares con poca materia orgánica, la primera vez que es aplicado abono orgánico el nitrógeno que las plantas necesitan bajan y los efectos benéficos del abono se empiezan a notar a los dos años de la primera aplicación.

Por lo anterior, los datos fueron analizados para cada localidad por separado, y de esta manera poder ver la tendencia y el comportamiento de los tratamientos. En el sitio 2 las diferencias significativas para el número de larva y para el número de plantas infestadas se encontraron entre el abono orgánico en su única dosis y el control y entre la doble dosis del abono orgánico y el químico. Las plantas tratadas con abono orgánico en su única dosis fueron las que menos densidad de larvas presentaron y la doble dosis de orgánico y el químico las que más, lo que sugiere que usar una doble dosis de abono orgánico es lo mismo que usar químico. Según Mattson (1980) una buena fertilización brinda cambios en la calidad y cantidad de nitrógeno disponible para la planta y una disponibilidad alta de este elemento incrementa la disposición de proteínas y biomasa, por lo que la herviboría aumenta. Basándose en esto se puede explicar porque las plantas del doble orgánico y las del químico tuvieron más larvas que el orgánico; los dos primeros pudieron haber proporcionado a la planta una mayor cantidad de nitrógeno, por lo tanto la disposición de éste para los insectos era mayor lo que les iba a permitir tener un mejor desarrollo.

Las diferencias que hubo entre las dosis del abono orgánico, pudo deberse al hecho que la oviposición por los adultos se ve afectada por la textura del suelo y la cantidad de material de cobertura de éste (materia orgánica), por lo que estos pudieron haber encontrado una mayor cantidad de materia orgánica en la doble dosis que en la única dosis, y también puede ser que los adultos hayan puesto sus huevos en el estiércol antes que este fuera aplicado a las plantas y que allí fueran las gallinas ciegas como dicen los agricultores del área. Esto es uno de los factores del porque no se fertiliza con abono orgánico ya que aseguran que allí van los insectos que le causan daños a su milpa.

B. ¿Es la fecha uno de los factores que afecta la cantidad de gallinas ciegas encontradas en los diferentes tratamientos?

Las tres diferentes fechas en las que se realizaron los muestreos mostraron un efecto directo y significativo en el número de larvas de gallina ciega y en el número de plantas infestadas en los tres sitios. El primer mes de muestreo, mostró una mayor cantidad de larvas que los otros dos sitios de una manera significativa. La diferencia que mostraron los tratamientos de acuerdo a la cantidad de larvas la marcaron las fechas de

muestreo dos y tres, no mostrando diferencias significativas en ninguno de los tres sitios, por lo que se puede decir que los sitios no fueron tan diferentes entre sí, y tampoco se puede decir que hay un efecto de fertilizante a lo largo del tiempo después de su aplicación.

El primer mes de muestro fue el que mayor número de larvas presentó en los tres sitios, siendo para los dos sitios de Sololá en Julio y la para el sitio de Huehuetenango en agosto. Esto era de esperarse ya que como reporta King (1984), el adulto emerge durante abril o mayo poco después de las primeras lluvias a oviponer y el huevo tarda alrededor de tres semanas en eclosionar saliendo las larvas. También el hecho de que la mayor concentración de nitrógeno se encuentra en tejidos jóvenes en crecimiento y en los de almacenamiento (semillas) (Mattson 1980), y que éste muestreo concordaran con estas etapas fenológicas en el maíz pudo haber influido en que se encontraran más larvas. Esto sugiere que el control de éstas debe hacerse durante los primeros meses de la siembra cuando la planta esta joven.

El retraso de las lluvias pudo haber sido un factor importante en la oviposición y en el desarrollo de las larvas, ya que según Ayala y Monterroso (1997) la emergencia de las larvas ocurre de manera masiva en esta época de lluvia debido a que encuentran ambientes húmedos y mucho alimento, a diferencia de las épocas secas en donde el clima y la baja comida acaban con ellas. Los meses de muestreo fueron en la época lluviosa, sin embargo durante los tres meses en Sololá llovió, pero no lo necesario, y en Huehuetenango casi no llovió, por lo que esto pudo ocasionar un efecto negativo en la densidad de las larvas.

El hecho de haber encontrado una menor cantidad de larvas en el último mes de muestreo, puede deberse a que las lluvias van disminuyendo y es en este momento cuando las larvas están listas para empupar y pasar varios meses en diapausa empezando a enterrarse a profundidades donde la tierra es más compacta y fría para evitar su desecación, de esta manera es que cuesta encontrarlas y verlas al momento de realizar los muestreos en el campo.

Otro factor que pudo haber afectado a que la densidad de las larvas en el tercer mes disminuyera fue el hecho que éstas son depredadas por mamíferos, especialmente roedores. Campesinos de la región dicen que estos roedores son capaces de escuchar a la

larva cuando está comiendo, localizarla e incluso pueden verla cuando ya están en el segundo estadio larval y así comérselas.

Se podría pensar que la cantidad de larvas que se encontraban en las parcelas pudo verse afectada por el hecho de que estas eran colectadas para ser inoculadas en las plantas del invernadero. Sin embargo, la obtención de éstas no pudo afectar su cantidad en el campo porque en cada uno de los muestreos se seleccionaban plantas diferentes, por lo que no hubo traslape de plantas.

Como se observa en las figuras 8, 9 y 10 la primera y la segunda fecha de muestreo no mostraron un patrón específico en la cantidad de larvas en cada uno de los tratamientos, a diferencia de la tercera fecha en el que las tres localidades mostraron un mismo patrón, en donde el químico y doble orgánico fueron los tratamientos que más larvas tuvieron y el orgánico y el control los que menos. Como se mencionó anteriormente es probable que una planta rica en nutrientes le proporciona una mejor calidad de comida a las gallinas ciegas incrementando el número de éstas en una planta, como sucedió en las plantas de doble dosis de abono orgánico y en las de químico. Debido a esto es importante ver como éstas detectan las plantas con cantidades altas de nutrientes; los resultados sugieren que el adulto no es capaz de detectar cambios en la nutrición de las plantas al momento de oviponer sino que las gallinas ciegas se mueven por debajo de la tierra y pueden encontrar las plantas más ricas y alimentarse de ellas.

C. ¿Se encuentran diferencias en el número de gallinas ciegas del género *Anomala* y *Phyllophaga* en los diferentes tratamientos?

Se encontró en un mayor número de larvas de *Anomala* que de *Phyllophaga* en todos los sitios; sin embargo no se encontró un patrón de distribución general en los diferentes tratamientos, lo que indica que los sitios no son similares para la distribución y densidad de las gallinas ciegas en los diferentes tratamientos.

El género *Anomala* se encontró en mayor cantidad en el abono orgánico (única dosis) que en los tratamientos de dosis doble de abono orgánico y en el químico. El género *Anomala* es reportado por King y Saunders (1984) como una especie preferiblemente saprófita, y esto puede dar una posible explicación de porque en el orgánico se encontró una mayor densidad de larvas. De igual manera se hubiera esperado

encontrar una cantidad alta en la doble dosis del abono orgánico pero no fue así. Estas diferencias entre los abonos orgánicos se puede deber a que en el segundo muestreo en el sitio 2 en Sololá no se encontró ninguna larva en este tratamiento pudiendo influir en la cantidad total de las larvas, como puede observarse en la figura 13. Por otro lado Mattson (1980) reporta que el ataque de los herbívoros se da al máximo cuando los niveles disponibles de nitrógeno son intermedios. Con la doble dosis se duplicó la cantidad de nitrógeno disponible y el nivel no fue intermedio como posiblemente fue en el orgánico, esto también nos ayudaría a explicar porque el doble de orgánico tuvo menos densidad de larvas que el orgánico en una dosis.

El género *Phyllophaga*, que en su mayoría es rizófaga, se encontró en mayor número en el orgánico y el control que en la doble dosis del orgánico y el químico, variando de una manera significativa. Los hábitos alimenticios de *Phyllophaga* son rizófagos y era de esperar que hubiera más larvas en plantas que tuvieran una alta nutrición y que de esta manera tuvieran mucha raíz pero no fue así.

Algunos insectos muestran preferencias por las plantas que poseen tejidos con altos contenidos de nitrógeno, debido a que aumentan la tasa de crecimiento y reproducción (Phelan *et al* 1995), esto nos lleva a pensar que la aplicación de abonos nitrogenados aumentaría la herbivoría, y no es lo que precisamente se obtuvo en estos resultados. Sin embargo, muchos de los compuestos secundarios de las plantas, las cuales son tóxicas o disminuyen la digestibilidad en un organismo están conformados por nitrógeno, por lo que pudo haber ocurrido que debido a la alta cantidad de nitrógeno en estas plantas se desarrollaran defensas secundarias que afectaron los hábitos alimenticios de la plaga o la repelieron, a su vez también estos compuestos secundarios de una manera volátil atraen enemigos naturales de las plagas (Herms y Mattson 1992).

En el momento de separar el número de larvas encontradas para cada especie la tendencia de éstas en los diferentes fertilizantes fue diferente. Tan diferente que para las especies juntas el orgánico fue el que menos larvas tuvo y el químico y el doble orgánico el que más y para las especies por separado al revés. En estos pudo haber influido el hecho que en el sitio 2 en la segunda fecha de muestreo, para *Anomala* en el doble orgánico no se encontró ninguna larva y para *Phyllophaga* tampoco se encontró en el químico, lo que pudo haber afectado las tendencias para ese sitio. También, debe tomarse

en cuenta que para ver las tendencias de cada género se tomó únicamente las primeras dos fechas de los muestreos debido a que solamente en estos dos muestreos se colectaron las larvas y se identificaron; en cambio para las especies juntas se tomaron datos de tres meses por lo que se tenían más datos, lo que pudo haber cambiado la tendencia de la cantidad de larvas en los diferentes tratamientos.

D. ¿La cantidad de las gallinas ciegas se ve correlacionada con la coloración de las plantas?

Al realizar una correlación de Pearson para ver si el color amarillo de las plantas tiene alguna correlación en la cantidad de las larvas encontradas. Se obtuvo que hay una correlación que muestra que entre mas cantidad de plantas amarilla se muestrearon la cantidad de larvas disminuían. Con esto se puede decir que no solamente en las plantas amarillas es posible encontrar larvas sino que también en las plantas verdes, por lo que el color de la planta no es un buen indicador de la presencia de gallinas ciegas. Esta correlación se pudo deber al hecho de las gallinas ciegas se mueven después de haberse alimentado de la raíz de la planta quedando solamente los síntomas por lo que al momento de llevar a cabo el muestreo las larvas ya no están. Otro factor que puede influir es que la planta tuviera color amarillo por la falta de nutrientes, y por esto desarrollar una planta con baja calidad nutricional por lo que no es buena fuente de alimento para las larvas por lo que no es posible encontrarlas en estas plantas.

El sitio 3 en Huehuetenango fue el que más plantas amarillas presentó y refleja una correlación como la ya mencionada. Esto pudo haberse dado al hecho de que esta región es muy seca y hace mucho sol, y que las lluvias en este año en particular fueron escasas, por lo que las plantas se pudieron haber marchitado por estas razones y ponerse amarillas, y no precisamente por el ataque de la gallina ciega.

Esto sugiere que en estudios posteriores no es necesario buscar una planta amarilla para realizar los muestreos ya que si la planta tiene color amarillo no necesariamente es porque tenga larvas.

E. ¿Los abonos se comportan de la misma manera en distintos tipos de suelo?

En general para los cuatro fertilizantes aplicados, las plantas de la doble dosis de abono orgánico y las del químico fueron las más altas y las que desarrollaron un tallo más grueso, independientemente del tipo de suelo. Esto puede ser reflejo que estas plantas tuvieron una mayor cantidad de nitrógeno disponible que las plantas de abono orgánico y las control, por lo que la planta se desarrolló mejor.

Las plantas sembradas en suelo alto en nutrientes, de Sololá, mostraron para los cuatros tratamientos ser más altas, tener un tallo mas ancho y mostrar más raíz que las sembradas en el suelo pobre en nutrientes, en Huehuetenango; la pauta de esto nos la da el tratamiento control, que nos indica que el suelo rico en nutrientes por naturaleza si desarrolla una mejor planta que el pobre.

A largo de las tres fechas de muestreo, la interacción del fertilizante con los dos tipos de suelo (fértil de Sololá y pobre de Huehuetenango) en el que se sembraron las plantas en macetas, solamente mostró diferencias significativas para la y no para el diámetro del tallo; de esta manera en el desarrollo de la planta, el fertilizante aplicado se comporta de manera distinta dependiendo la fertilidad del suelo solo para alto de ésta y no para el ancho del tallo.

En suelo de Sololá, el doble orgánico y el químico desarrollaron la planta más alta, sin embargo en Huehuetenango fueron las dos dosis de abono orgánico las que mostraron una planta más alta, y el químico tuvo plantas pequeñas. Esto puede deberse a que la tierra de Huehuetenango estaba muy compacta, y al ser regadas, costaba mucho que el agua se filtrara, por lo que esta se salía de la bolsa y junto con ella el fertilizante químico y no daba tiempo de que la planta absorbiera los nutrientes, mientras que en el suelo de Sololá el agua se filtraba bien y la cantidad que se salía no era mucho. Aunque tanto el abono orgánico y sintético se encontraba revuelto en la tierra, los abonos sintéticos tienen la desventaja ante los orgánico en que el nitrógeno de ellos es soluble en agua y el de los orgánicos no. De esta manera, el abono orgánico aunque se liberó más lento pudo ser utilizado por las plantas.

El diámetro y el peso seco de la raíz mostraron diferencias significativas entre las localidades pero no para los diferentes tratamientos en ninguno de los dos tipos de suelo. En Sololá, las plantas de abono orgánico fueron las que más raíz tuvo. En

Huehuetenango, fue al revés la que menos raíz tuvieron fueron las de doble orgánico y las que más las del orgánico. No se puede decir con exactitud que las larvas ocasionaron mayor daño en el orgánico en Sololá y en el doble orgánico en Huehuetenango ya que no se tenían plantas control en el invernadero a las cuales no se les inocularon larvas. Por consiguiente no queda claro qué efecto tiene la alimentación de las larvas de *Anomala* y *Phyllophaga* y los diferentes tipos de fertilizantes aplicados. La cantidad de raíz de las plantas en los diferentes tratamientos pudieron haber tenido más raíz porque la planta era más alta o más ancha y no necesariamente porque la larva comió menos; para ello se necesita montar a la vez un experimento igual sin larvas, y determinar si es el daño en sí lo que afecta el peso de la raíz, o tiene que ver con el tamaño de la planta.

## V. CONCLUSIONES

1. El fertilizante aplicado mostró tener un efecto significativo en la densidad de larvas por parcela y en la de plantas infestadas solamente en el sitio 2, en El Tablón, Sololá, parcela con suelo relativamente fértil y no había sido cultivado en por lo menos 20 años.
2. El abono orgánico en su única dosis junto con el control fue el que menos larvas por parcela y número de plantas infestadas se encontraron, mostrando de esta manera una diferencia significativa con el abono orgánico en la doble dosis.
3. No hubo diferencia significativa para la densidad de larvas por parcela y de plantas infestadas entre la doble dosis de abono orgánico y el fertilizante químico, pudiendo ser que doble dosis alcanza los niveles de nitrógeno que se encuentran en el químico.
4. En los tres sitios de muestreo se encontró un mayor número de larvas de *Anomala* spp. que de *Phyllophaga* spp.
5. Las tres diferentes fechas de muestreo mostraron un efecto significativo en el número de larvas de gallina ciega y en el número de plantas infestadas, en los tres sitios de muestreo, siendo el primer muestreo en el que más se encontraron.
6. La diferencia en la cantidad de larvas en los diferentes tratamientos la marcaron la fecha de muestreo 2 y 3 por lo que no se puede decir que los sitios fueron tan diferentes entre si y con esto no se puede hablar de un efecto de fertilizante a largo plazo.
7. La densidad de las larvas no está relacionada con la coloración de las plantas; es decir, que el hecho que una planta tenga coloración amarilla no significa que poseen larvas de gallina ciega. Se pueden encontrar larvas tanto en plantas amarillas como en verdes.

8. El suelo de Sololá (suelo fértil) desarrolló plantas más altas y más gruesas que las sembradas en Huehuetenango (suelo pobre). Sin embargo, solamente la altura tuvo diferencias significativas para los diferentes tratamientos y para la interacción del fertilizante con el tipo de suelo, mientras que el diámetro sólo tuvo diferencias entre tratamientos.
  
9. Las plantas creciendo en suelo fértil proveniente de Sololá, las del tratamiento orgánico fueron las que más raíz presentaron y las del doble de orgánico las que menos; mientras que en Huehuetenango fue al revés. Sin embargo, no se puede atribuir esto totalmente al consumo que tuvo la gallina ciega en la raíz porque no se tenían plantas sin larvas, no había un tratamiento control.

## VI. RECOMENDACIONES

- Realizar la identificación de las gallinas ciegas hasta especie para tener un mejor conocimiento de su biología y hábitos alimenticios.
- En los muestreos en el campo determinar a qué género pertenecen las larvas y así tener este dato para todas las fechas de muestreo.
- Realizar experimentos para evaluar si el adulto de la gallina ciega detecta cambios nutricionales en las plantas al momento de oviponer o si las larvas se mueven y buscan un alimento rico.
- Colectar las larvas de gallina ciega ya cuando el experimento del invernadero esté preparado para la inoculación y de esta manera evitar que mueran antes de poder hacerlo.
- En el experimento montado en invernadero colocar plantas control, es decir, plantas tratadas con los mismos fertilizantes pero sin inocularles larvas.
- Sembrar las plantas del invernadero en macetas más grandes para que las plantas tengan espacio suficiente para crecer y que no se dañen.
- Verificar al final del experimento en el invernadero si las larvas siguen vivas, para con ello estar seguros de que estuvieron alimentándose de la raíz hasta en el momento en que se corto la planta.

## VII. LITERATURA CITADA

- Aragón, A. y M. Morón. 1998. *Evaluación del daño ocasionado por el complejo "gallina ciega" (Coleoptera: Melolonthidae) en el estado de Puebla, México*. En: Avances en el estudio de la diversidad, importación y manejo de los coleópteros edafícolas americanos. Morón, M. y A. Aragón (Eds). Publicación especial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla y la Sociedad Mexicana de Entomología, A.C. Puebla, México. Pp. 143-149.
- Ayala, J. y L. Monterroso. 1997. Aspectos básicos sobre la biología de la gallina ciega. Seminario taller centroamericano sobre biología y control de *Phyllophaga* spp. Turrialba. En [www.infoagro.go.cr](http://www.infoagro.go.cr). 1/7/2001.
- Andrews, K. y J. Quezada. 1989. Manejo de plagas insectiles en la agricultura. Departamento de Protección Vegetal, Escuela Agrícola Panamericano. El Zamorano, Honduras. 623 pp.
- Borror, D.; C. Triplehorn y M. Johnson. 1989. An introduction to the study of insects. 6ª ed. Saunders College Publishing, USA. 875 pp.
- Cano, E. y M. Morón. 1998. Las especies de *Phyllophaga* (Coleoptera: Scarabaeidae: Melolonthinae) de Guatemala. Diversidad, distribución e importancia. En: Avances en el estudio de la diversidad, importación y manejo de los coleópteros edafícolas americanos. Morón, M. y A. Aragón (Eds). Publicación especial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla y la Sociedad Mexicana de Entomología, A.C. Puebla, México. Pp. 7-18.
- Cano, E. 2001. Comunicación Personal. "*Géneros y Subgéneros del complejo de gallina ciega*". Universidad del Valle de Guatemala, Instituto de Investigaciones.
- Castro, A.; C. Ramírez y L. Ruiz. 1998. Evaluación del daño en maíz causado por "gallina ciega" (Coleoptera: Melolonthidae) en Amatenango del Valle, Chiapas, México. En: Avances en el estudio de la diversidad, importación y manejo de los coleópteros edafícolas americanos. Morón, M. y A. Aragón (Eds). Publicación especial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla y la Sociedad Mexicana de Entomología, A.C. Puebla, México. Pp. 107-120.

- Castro, A.; J. Cruz; H. Perales; C. Ramírez y L. Hernández. 2000. Composta y rizofagia de cuatro especies de Phyllophaga bajo invernadero. ECOSUR. 8 pp.
- CATIE. 1990. Guía para el manejo integrado de plagas del cultivo de maíz. Editorama, S.A., Turrialba, Costa Rica. 88 pp.
- Cooke, G.W. 1978. Fertilizantes y sus usos. 7ª ed. Compañía Editorial Continental, S.A., México, D.F. 180 pp.
- Coto, D. 1994. Diagnóstico de las principales plagas del suelo de la Familia Melolonthidae (Phyllophaga). En Seminario –Taller Centroamericano sobre Biología y control de Phyllophaga. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 132 pp.
- Crawley, M. 1983. Herbivory: The dynamics of animal-plant interactions. University of California Press, Los Angeles. 437 pp.
- Crocker, R.; W. Nailon; J. Matis y R. Woodruf. 1999. Temporal pattern of ovipositional readiness in spring species of Phyllophaga (Coleoptera: Scarabaeidae) in North Central Texas. Annual Entomology Society American. 92(1): 47-52.
- Dadd, R. 1973. Insect nutrition: current developments and metabolic implications. Annual Review of Entomology. 18: 381-420.
- DiPirro, M.; P. Glogoza y M. Weiss. 1998. White grub management. North Dakota State University, Entomology Department at [www.ext.nodak.edu/extpubs/plantsci/pests/whitgrub/whitgrub.htm](http://www.ext.nodak.edu/extpubs/plantsci/pests/whitgrub/whitgrub.htm). 7/7/2001.
- Dix, A. 1997. The biology of broccoli white grubs (Coleoptera: Scarabaeidae) in the community of Chilasco, Baja Verapaz, Guatemala: An integrated approach to pest management. Tesis para Doctorado en Filosofía. The University of Georgia. 146 Pp.
- Evans, H. 1984. Insects Biology: A textbook of entomology. Addison-Wesley Publishing Company, Inc., Massachusetts. 436 Pp.
- Feeny, P. 1975. Biochemical coevolution between plants and their insect herbivores. En: Coevolution of animals and plants. Lawrence, E. Y P. Raven (eds). 2nd ed. University of Texas Press, Texas. Pp. 3-19.
- Freed, V.H. y R. Haque. 1975. Environmental dynamics of pesticides. Phenum Press, New York. 373 pp.

- Futuyma, D. 1983. Evolutionary interactions among herbivorous insects and plants. En: *Coevolution*. Futuyma, D. y M. Slatkin (eds). Sinauer Associates Inc, Massachusetts. Pp. 207-231.
- Gray, M. 2000. White Grubs: Expectations and management recommendations for 2000. The Pest Management and Crop Development Bulletin at [www.uiuc.edu](http://www.uiuc.edu). 29/6/2001.
- Gómez, K. y A. Gómez. 1984. *Statistical procedures for agricultural research*. 2a ed. John Wiley and Sons, New York. 680 pp.
- Hermes, D. y W.J. Mattson. 1992. The dilemma of plants: to grow or defend. *The Quarterly Review of Biology*. 67(3):283-333.
- Hoitnik, H.A.; A.G. Stone y D.V. Han. 1997. Suppression of plant diseases by composts. *Hortic. Sci.* 32:184-187.
- King, A.B.S. 1984. Biology and identification of white grubs (Phyllophaga) of economic importance in Central America. *Tropical Pest Management* 30(1): 36-50.
- King, A.B.S y J.L. Saunders. 1984. *Las plagas invertebradas de cultivos anuales alimenticios en América Central*. Overseas Development Administration, Londres. 182 pp.
- Mattson, W. J. 1977. Size and abundancies of forest lepidopteran in relation to host plant resources pp 429-441. En V. Labeyrie (ed) *Components des Insectes et Milieu Trophique*, Colloques Internationar. Centre National de la Reserche Scientifique, Paris. 493 pp.
- Mattson, W.J. 1980. Herbivory in relation to plant nitrogen content. *Annual Review Ecology and Systematics* 11:119-161.
- McNeill, S. y R. Southwood. 1978. The role of nitrogen in development of insect/plant relationships. En: *Biochemicals Aspects of Planta and Animal Coevolution*. Harborne, J.B (ed). Academic Press, New York .Pp 77-98.
- Möhr, P. y E. Dickinson. 1979. Abono mineral en el cultivo del maíz. En: *Maize Agrochemicals Technical Monograph*. Ciba-Geigy Ltd., Switzerland Pp 26-32.
- Morales, H.; I. Perfecto y B. Ferguson. 2000. Traditional fertilization and its effect on corn insect populations in the Guatemalan highlands. *Agriculture, Ecosystems & Enviroment*. 1658 (2000): 1-11.

- Morón, M., S. Hernández y A. Ramírez. 1996. *El complejo "gallina ciega" (Coleoptera Melolonthidae) asociado con la caña de azúcar en Nayarit, México*. Folia Entomológica Mexicana 98:1-44.
- NCSU. 1998. *North Carolina University, National Integrate Manage Plague network* at [http://ipmwww.ncsu.edu/AG271/corn\\_sorghum/white\\_grubs.html](http://ipmwww.ncsu.edu/AG271/corn_sorghum/white_grubs.html). 29/6/2001.
- Onuf, C.; J. Teal e I. Veliela. 1977. *Interactions of nutrients: plant growth and herbivory in a mangrove ecosystem*. Ecology 58:514-526.
- Pendleton, J.W. 1979. *Prácticas del cultivo del maíz*. En: Maize Agrochemicals Technical Monograph. Ciba-Geigy Ltd., Switzerland Pp 18-21.
- Phelan, P.L.; J.F. Mason y B.R. Stinner. 1995. *Soil-fertility management and host preference by European corn borer, Ostrinia nubilalis (Hübner), on Zea mays L.: A comparision of organic and conventional chemical farming*. Agriculture, Ecosystems and Enviroment. 56(1995): 1-8.
- Rhoades, D. 1983. *Herbivore populations dynamics and plant chemistry*. En: Denno, R. y M. McClure (eds). Variable plants and herbivores in natural and managed system. Academic Press, New York. Pp 155-220.
- Scarre, C. y B. Fagan. 1997. *Ancient civilizations*. Addison Wesley Longman, Inc., New York. 466 pp.
- Seigler, D. y P. Price. 1976. *Secondary Compound in plants: primary functions*. American Naturalist. 110: 101-105.
- Selman, L. 1998. *Phyllophaga and other spp. (Insecta: Coleoptera: Scarabaeidae)*. University of Florida, Department of Entomology and Nematology at [www.ifas.ufl.edu/~insect/field/white\\_grub.htm](http://www.ifas.ufl.edu/~insect/field/white_grub.htm). 29/6/2001.
- Sharer, R.J. 1983. *The Ancient Maya*. 4ª edición. Stanford University Press, Stanford, California. 708 pp.
- Steel, R. y J. Torrie. 1988. *Bioestadística: principios y procedimientos*. MacGraw-Hill, México D.F. 622 pp.
- Wijewardene, R. 1979. *Cultivo de maíz adaptado a las condiciones tropicales*. En: Maize Agrochemicals Technical Monograph. Ciba-Geigy Ltd., Switzerland Pp 22-25.
- Zar, J. 1999. *Biostatistical Analysis*. 4a ed. Prentice Hall, New Jersey. 663 pp.

## VIII. ANEXOS

### ANEXO A

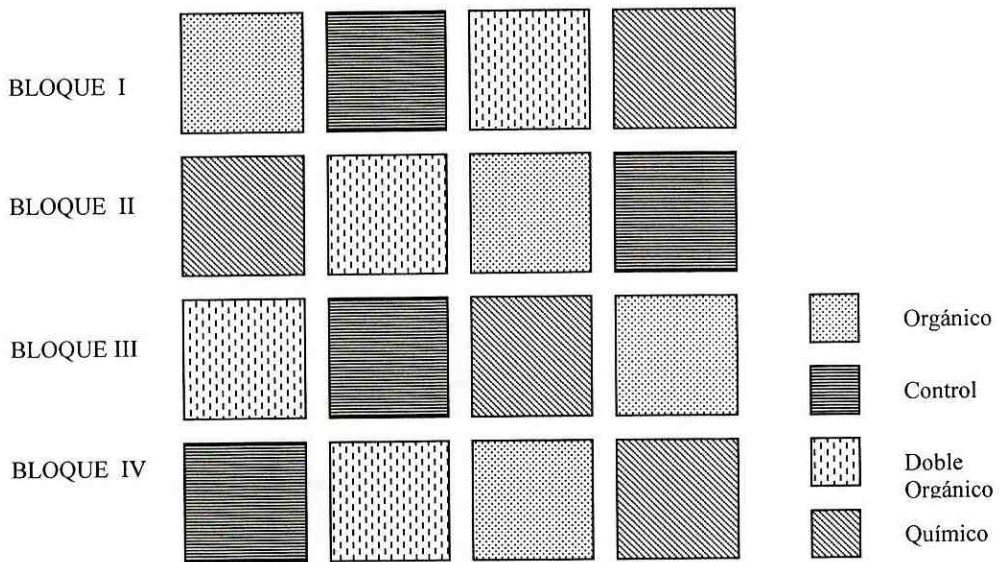


Figura 1A. Esquema de la distribución de los fertilizantes en el sitio 1. Cada cuadro representa una parcela.

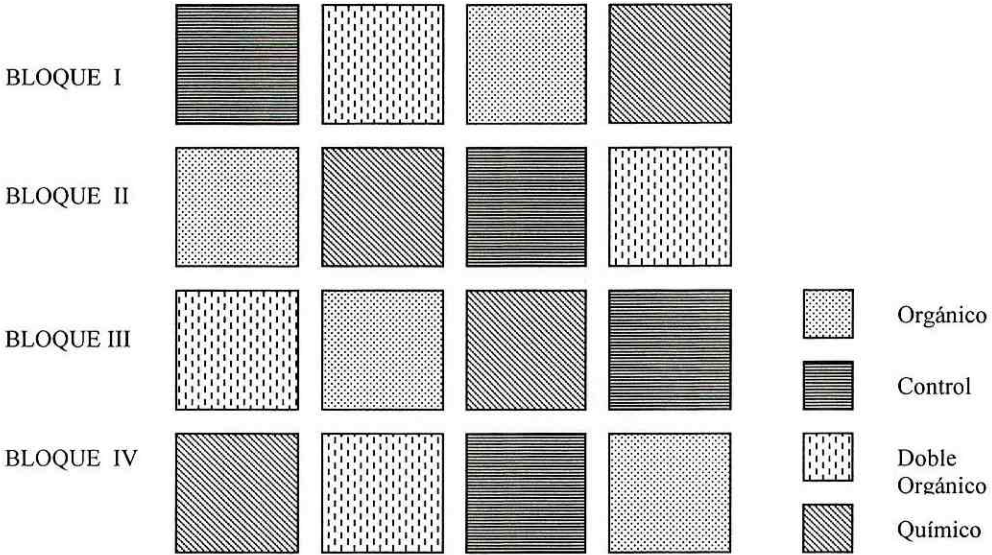


Figura 2A. Esquema de la distribución de los fertilizantes en el sitio 2. Cada cuadro representa una parcela.

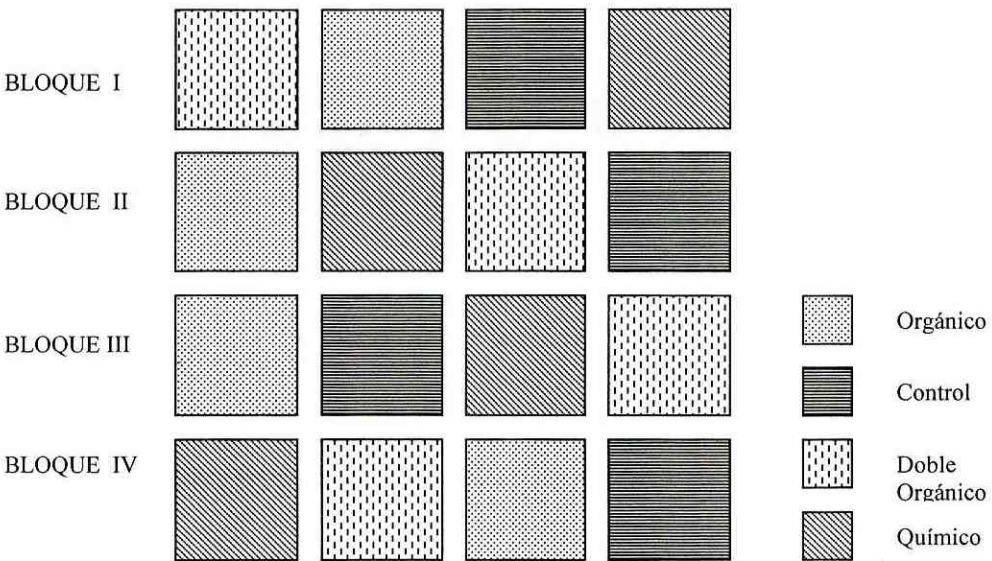


Figura 3A. Esquema de la distribución de los fertilizantes en el sitio 3. Cada cuadro representa una parcela.

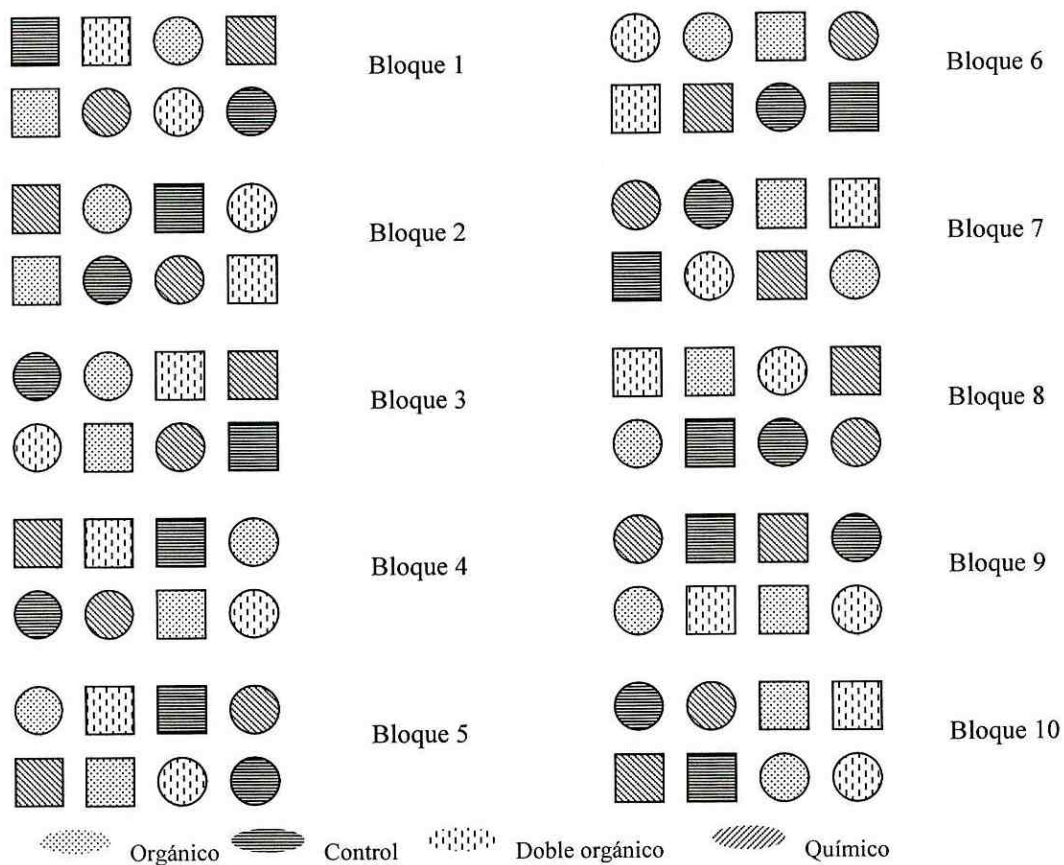


Figura 4A. Esquema de la distribución de los fertilizantes y el tipo de suelo en el invernadero de la Universidad del Valle de Guatemala. Los círculos representan el suelo fértil de Sololá y los cuadrados el suelo pobre de Huehuetenango.

## ANEXO B

Cuadro 1B. Análisis del suelo de las localidades estudiadas realizadas por AGRILAB

|   | Sololá sitio 1 <sup>1</sup> | Sololá sitio 2 <sup>1</sup> | Huehuetenango <sup>2</sup> | Rangos Adecuados |
|---|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|------------------|
| pH  | 5.8                         | 5.8                         | 6.0                        | 5.5-7.0          |
| Concentración de sales                      | 0.08                        | 0.06                        | 0.03                       | 0.2-0.8 dS/m     |
| Materia orgánica                            | 5.2                         | 6.0                         | 1.2                        | 2-4 %            |
| Capacidad de intercambio catiónico efectiva | 5.8                         | 6.5                         | 3.4                        | 5-15 meq/100 ml  |
| Sat K                                       | 10.7                        | 8.4                         | 15.1                       | 4-6 %            |
| Sat Ca                                      | 80                          | 82.1                        | 67.9                       | 60-80 %          |
| Sat Mg                                      | 9.2                         | 9.5                         | 17.1                       | 10-20 %          |
| Sat Al + H                                  | 0                           | 0                           | 0                          | <20 %            |
| Nitrato                                     | 48.5                        | 12.9                        | <5                         | 25-250 ppm       |
| Fósforo                                     | <10                         | <10                         | <10                        | 30-75 ppm        |
| Potasio                                     | 241                         | 212                         | 200                        | 150-300 ppm      |
| Calcio                                      | 923                         | 1060                        | 462                        | 1000-2000ppm     |
| Magnesio                                    | 64                          | 74                          | 70                         | 100-250 ppm      |
| Cobre                                       | 1.4                         | 1.8                         | 1.4                        | 1-7 ppm          |
| Hierro                                      | 108                         | 106                         | 165                        | 40-250 ppm       |
| Manganeso                                   | 17                          | 20                          | 136                        | 10-250 ppm       |
| Zinc  | <0.5                        | <0.5                        | 2.5                        | 2-25 ppm         |
| Aluminio                                    | <8.0                        | <8.0                        | <8.0                       | <75 ppm          |

<sup>1</sup> Suelos que necesitan Magnesio.<sup>2</sup> Suelo con deficiencia de nitrógeno, fósforo y materia orgánica.

## ANEXO C

Cuadro 1C. Análisis de varianza como parcelas divididas para el número de larvas por plantas en los sitios 1 y 2 en El Tablón, Sololá y sitio 3 en La Estancia de San Lorenzo Huehuetenango, con las tres fechas de muestreo promediadas.

| Fuente de variación                  | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrado medio | Valor de F | Significancia de F |
|--------------------------------------|-------------------|--------------------|----------------|------------|--------------------|
| Residual                             | 1.79              | 27                 | 0.07           |            |                    |
| Fertilizante                         | 0.51              | 3                  | 0.17           | 2.56       | 0.076              |
| Interacción fertilizante y localidad | 0.41              | 6                  | 0.07           | 1.03       | 0.429              |
| Error 1                              | 0.58              | 9                  | 0.06           |            |                    |
| Localidad                            | 2.25              | 2                  | 1.12           | 17.57      | 0.001              |

Cuadro 2C. Análisis de varianza como parcelas divididas para el número de plantas con larvas en los sitios 1 y 2 en El Tablón, Sololá y sitio 3 en La Estancia de San Lorenzo Huehuetenango, con las tres fechas de muestreo promediadas.

| Fuente de variación                  | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrado medio | Valor de F | Significancia de F |
|--------------------------------------|-------------------|--------------------|----------------|------------|--------------------|
| Residual                             | 14.93             | 21                 | 0.62           |            |                    |
| Localidad                            | 17.77             | 2                  | 8.88           | 14.28      | 0.000              |
| Interacción fertilizante y localidad | 4.92              | 6                  | 0.82           | 1.32       | 0.288              |
| Error 1                              | 8.15              | 9                  | 0.91           |            |                    |
| Fertilizante                         | 4.46              | 3                  | 1.49           | 1.34       | 0.248              |
| Bloque                               | 0.34              | 3                  | 0.11           | 0.13       | 0.943              |

Cuadro 3C. Análisis de varianza como parcelas divididas para el número de larvas por plantas en el sitio 1 en El Tablón, Sololá, con las tres fechas de muestreo.

| Fuente de variación              | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrado medio | Valor de F | Significancia de F |
|----------------------------------|-------------------|--------------------|----------------|------------|--------------------|
| Residual                         | 259.5             | 24                 | 10.81          |            |                    |
| Fecha                            | 75.54             | 2                  | 37.77          | 3.17       | 0.060              |
| Interacción fertilizante y fecha | 45.63             | 6                  | 7.60           | 0.70       | 0.650              |
| Error 1                          | 190.75            | 9                  | 21.19          |            |                    |
| Fertilizante                     | 6.75              | 3                  | 2.25           | 0.037      | 0.991              |
| Bloque                           | 13.75             | 3                  | 4.58           | 0.22       | 0.883              |

Cuadro 4C. Análisis de varianza como parcelas divididas para el número de plantas infestadas en el sitio 1 en El Tablón, Sololá, con las tres fechas de muestreo.

| Fuente de variación              | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrado medio | Valor de F | Significancia de F |
|----------------------------------|-------------------|--------------------|----------------|------------|--------------------|
| Residual                         | 76.50             | 24                 | 3.19           |            |                    |
| Fecha                            | 18.87             | 2                  | 9.44           | 2.96       | 0.071              |
| Interacción fertilizante y fecha | 10.63             | 6                  | 1.77           | 0.56       | 0.761              |
| Error 1                          | 36.75             | 9                  | 4.08           |            |                    |
| Fertilizante                     | 0.75              | 3                  | 0.25           | 0.06       | 0.979              |
| Bloque                           | 1.75              | 3                  | 0.58           | 0.14       | 0.932              |

Cuadro 5C. Análisis de varianza como parcelas divididas para el número de larvas por plantas en el sitio 2 en El Tablón, Sololá, con las tres fechas de muestreo.

| Fuente de variación              | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrado medio | Valor de F | Significancia de F |
|----------------------------------|-------------------|--------------------|----------------|------------|--------------------|
| Residual                         | 16.67             | 24                 | 0.69           |            |                    |
| Fecha                            | 17.79             | 2                  | 8.90           | 6.71       | 0.005              |
| Interacción fertilizante y fecha | 8.21              | 6                  | 1.37           | 1.97       | 0.110              |
| Error 1                          | 7.42              | 9                  | 0.82           |            |                    |
| Fertilizante                     | 19.42             | 3                  | 6.47           | 4.43       | 0.009              |
| Bloque                           | 4.42              | 3                  | 1.47           | 1.79       | 0.220              |

Cuadro 6C. Análisis de varianza como parcelas divididas para el número de plantas infestadas en el sitio 2 en El Tablón, Sololá, con las tres fechas de muestreo.

| Fuente de variación              | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrado medio | Valor de F | Significancia de F |
|----------------------------------|-------------------|--------------------|----------------|------------|--------------------|
| Residual                         | 16.00             | 24                 | 0.67           |            |                    |
| Fecha                            | 17.17             | 2                  | 8.58           | 12.88      | 0.002              |
| Interacción fertilizante y fecha | 6.83              | 6                  | 1.14           | 1.71       | 0.162              |
| Error 1                          | 6.19              | 9                  | 0.69           |            |                    |
| Fertilizante                     | 16.73             | 3                  | 5.58           | 12.81      | 0.006              |
| Bloque                           | 4.06              | 3                  | 1.35           | 1.97       | 0.189              |

Cuadro 7C. Análisis de varianza como parcelas divididas para el número de larvas por plantas en el sitio 3 en La Estancia de San Lorenzo, Huehuetenango, con las tres fechas de muestreo.

| Fuente de variación              | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrado medio | Valor de F | Significancia de F |
|----------------------------------|-------------------|--------------------|----------------|------------|--------------------|
| Residual                         | 247.82            | 24                 | 10.77          |            |                    |
| Fecha                            | 69.94             | 2                  | 34.97          | 2.59       | 0.096              |
| Interacción fertilizante y fecha | 26.51             | 6                  | 4.42           | 0.41       | 0.865              |
| Error 1                          | 90.70             | 9                  | 10.08          |            |                    |
| Fertilizante                     | 26.81             | 3                  | 8.94           | 1.537      | 0.219              |
| Bloque                           | 33.86             | 3                  | 11.29          | 1.12       | 0.391              |

Cuadro 8C. Análisis de varianza como parcelas divididas para el número de plantas infestadas en el sitio 3 en La Estancia de San Lorenzo, Huehuetenango, con las tres fechas de muestreo.

| Fuente de variación              | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrado medio | Valor de F | Significancia de F |
|----------------------------------|-------------------|--------------------|----------------|------------|--------------------|
| Residual                         | 55.03             | 24                 | 2.39           |            |                    |
| Fecha                            | 13.86             | 2                  | 6.93           | 3.25       | 0.075              |
| Interacción fertilizante y fecha | 7.11              | 6                  | 1.18           | 0.49       | 0.805              |
| Error 1                          | 19.06             | 9                  | 2.12           |            |                    |
| Fertilizante                     | 8.96              | 3                  | 2.99           | 1.41       | 0.303              |
| Bloque                           | 10.47             | 3                  | 3.49           | 1.65       | 0.246              |

Cuadro 9C. Análisis de varianza como parcelas divididas, para el número de larvas de *Anomala* encontradas en sitio 1, El Tablón, Sololá durante los meses de julio y agosto de 2001.

| Fuente de variación              | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrado medio | Valor de F | Significancia |
|----------------------------------|-------------------|--------------------|----------------|------------|---------------|
| Residual                         | 18.75             | 12                 | 1.56           |            |               |
| Fecha                            | 40.50             | 1                  | 40.50          | 25.95      | 0.000         |
| Interacción Fertilizante y fecha | 6.75              | 3                  | 2.25           | 1.44       | 0.280         |
| Error 1                          | 62.00             | 9                  | 6.89           |            |               |
| Fertilizante                     | 6.75              | 3                  | 2.25           | 0.33       | 0.806         |
| Bloque                           | 2.75              | 3                  | 0.92           | 0.13       | 0.938         |

Cuadro 10C. Análisis de varianza como parcelas divididas, para el número de larvas de *Phyllophaga* encontradas en el sitio 1, El Tablón, Sololá durante los meses de julio y agosto de 2001.

| Fuente de variación              | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrado medio | Valor de F | Significancia |
|----------------------------------|-------------------|--------------------|----------------|------------|---------------|
| Residual                         | 50.12             | 12                 | 4.18           |            |               |
| Fecha                            | 0.78              | 1                  | 0.78           | 0.19       | 0.673         |
| Interacción Fertilizante y fecha | 10.59             | 3                  | 3.53           | 0.85       | 0.495         |
| Error 1                          | 142.78            | 9                  | 15.86          |            |               |
| Fertilizante                     | 22.09             | 3                  | 7.36           | 0.46       | 0.714         |
| Bloque                           | 25.84             | 3                  | 8.61           | 0.54       | 0.665         |

Cuadro 11C. Análisis de varianza como parcelas divididas, para el número de larvas de *Anomala* encontradas en el sitio 2, El Tablón, Sololá durante los meses de julio y agosto de 2001.

| Fuente de variación              | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrado medio | Valor de F | Significancia |
|----------------------------------|-------------------|--------------------|----------------|------------|---------------|
| Residual                         | 12.12             | 12                 | 1.01           |            |               |
| Fecha                            | 9.03              | 1                  | 9.03           | 8.94       | 0.011         |
| Interacción Fertilizante y fecha | 0.34              | 3                  | 0.11           | 0.11       | 0.280         |
| Error 1                          | 7.78              | 9                  | 0.86           |            |               |
| Fertilizante                     | 7.09              | 3                  | 2.36           | 2.73       | 0.806         |
| Bloque                           | 2.34              | 3                  | 0.78           | 0.90       | 0.938         |

Cuadro 12C. Análisis de varianza como parcelas divididas, para el número de larvas de *Phyllophaga* encontradas en el sitio 2, El Tablón, Sololá durante los meses de julio y agosto de 2001.

| Fuente de variación              | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrado medio | Valor de F | Significancia |
|----------------------------------|-------------------|--------------------|----------------|------------|---------------|
| Residual                         | 9.46              | 12                 | 0.86           |            |               |
| Fecha                            | 1.16              | 1                  | 1.16           | 1.35       | 0.271         |
| Interacción Fertilizante y fecha | 0.34              | 3                  | 0.11           | 0.13       | 0.939         |
| Error 1                          | 4.02              | 9                  | 0.45           |            |               |
| Fertilizante                     | 2.41              | 3                  | 0.80           | 1.80       | 0.218         |
| Bloque                           | 0.54              | 3                  | 0.18           | 0.40       | 0.753         |

Cuadro 13C. Análisis de varianza como parcelas divididas, para el número de larvas de *Anomala* encontradas en el sitio 3, La Estancia de San Lorenzo, Huehuetenango durante los meses de agosto y septiembre de 2001.

| Fuente de variación              | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrado medio | Valor de F | Significancia |
|----------------------------------|-------------------|--------------------|----------------|------------|---------------|
| Residual                         | 67.37             | 12                 | 5.61           |            |               |
| Fecha                            | 5.28              | 1                  | 5.28           | 0.94       | 0.351         |
| Interacción Fertilizante y fecha | 31.84             | 3                  | 10.61          | 1.89       | 0.185         |
| Error 1                          | 37.28             | 9                  | 4.14           |            |               |
| Fertilizante                     | 47.09             | 3                  | 15.70          | 3.79       | 0.052         |
| Bloque                           | 19.09             | 3                  | 6.36           | 1.54       | 0.271         |

Cuadro 14C. Análisis de varianza como parcelas divididas, para el número de larvas de *Phyllophaga* encontradas en el sitio 3, La Estancia de San Lorenzo, Huehuetenango durante los meses de agosto y septiembre de 2001.

| Fuente de variación              | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrado medio | Valor de F | Significancia |
|----------------------------------|-------------------|--------------------|----------------|------------|---------------|
| Residual                         | 28.75             | 12                 | 2.40           |            |               |
| Fecha                            | 4.50              | 1                  | 4.50           | 1.88       | 0.196         |
| Interacción Fertilizante y fecha | 13.75             | 3                  | 4.58           | 1.91       | 0.181         |
| Error 1                          | 12.87             | 9                  | 1.43           |            |               |
| Fertilizante                     | 14.63             | 3                  | 4.88           | 3.41       | 0.067         |
| Bloque                           | 3.37              | 3                  | 1.12           | 0.79       | 0.531         |

Cuadro 15C. Análisis de varianza univariado para el primer muestreo de la altura realizado en el mes de septiembre en las plantas sembradas en el Invernadero de la Universidad del Valle de Guatemala en el año 2001.

| Fuente de variación                  | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrado medio | Valor de F | Significancia |
|--------------------------------------|-------------------|--------------------|----------------|------------|---------------|
| Modelo Corregido                     | 8721.800          | 16                 | 545.113        | 5.715      | .000          |
| Intercepto                           | 407551.250        | 1                  | 407551.250     | 4272.914   | .000          |
| Localidad                            | 3354.050          | 1                  | 3354.050       | 35.165     | .000          |
| Bloque                               | 672.250           | 9                  | 74.694         | .783       | .633          |
| Fertilizante                         | 3756.550          | 3                  | 1252.183       | 13.128     | .000          |
| Interacción Localidad y fertilizante | 938.950           | 3                  | 312.983        | 3.281      | .027          |
| Error                                | 6008.950          | 63                 | 95.380         |            |               |
| Total                                | 422282.000        | 80                 |                |            |               |
| Total corregido                      | 14730.750         | 79                 |                |            |               |

Cuadro 16C. Análisis de varianza univariado para el primer muestreo del diámetro realizado en el mes de septiembre en las plantas sembradas en el Invernadero de la Universidad del Valle de Guatemala en el año 2001.

| Fuente de variación                  | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrado medio | Valor de F | Significancia |
|--------------------------------------|-------------------|--------------------|----------------|------------|---------------|
| Modelo Corregido                     | .167              | 16                 | 1.042E-02      | 1.261      | .250          |
| Intercepto                           | 34.583            | 1                  | 34.583         | 4186.659   | .000          |
| Localidad                            | 2.208E-02         | 1                  | 2.208E-02      | 2.673      | .107          |
| Bloque                               | 5.325E-02         | 9                  | 5.916E-03      | .716       | .692          |
| Fertilizante                         | 7.430E-02         | 3                  | 2.477E-02      | 2.998      | .037          |
| Interacción Localidad y fertilizante | 1.705E-02         | 3                  | 5.684E-03      | .688       | .563          |
| Error                                | .520              | 63                 | 8.260E-03      |            |               |
| Total                                | 35.270            | 80                 |                |            |               |
| Total corregido                      | .687              | 79                 |                |            |               |

Cuadro 17C. Análisis de varianza univariado para el segundo muestreo de la altura realizado en el mes de octubre en las plantas sembradas en el Invernadero de la Universidad del Valle de Guatemala en el año 2001.

| Fuente de variación                  | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrado medio | Valor de F | Significancia |
|--------------------------------------|-------------------|--------------------|----------------|------------|---------------|
| Modelo Corregido                     | 11498.700         | 16                 | 718.669        | 5.731      | .000          |
| Intercepto                           | 489219.200        | 1                  | 489219.2       | 3901.319   | .000          |
| Localidad                            | 4089.800          | 1                  | 4089.800       | 32.614     | .000          |
| Bloque                               | 867.300           | 9                  | 96.367         | .768       | .646          |
| Fertilizante                         | 5242.100          | 3                  | 1747.367       | 13.935     | .000          |
| Interacción Localidad y fertilizante | 1299.500          | 3                  | 433.167        | 3.454      | .022          |
| Error                                | 7900.100          | 63                 | 125.398        |            |               |
| Total                                | 508618.000        | 80                 |                |            |               |
| Total corregido                      | 19398.800         | 79                 |                |            |               |

Cuadro 18C. Análisis de varianza univariado para el segundo muestreo del diámetro realizado en el mes de octubre en las plantas sembradas en el Invernadero de la Universidad del Valle de Guatemala en el año 2001.

| Fuente de variación                  | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrado medio | Valor de F | Significancia |
|--------------------------------------|-------------------|--------------------|----------------|------------|---------------|
| Modelo Corregido                     | .238              | 16                 | 1.488E-02      | 1.702      | .070          |
| Intercepto                           | 41.801            | 1                  | 41.801         | 4782.389   | .000          |
| Localidad                            | 2.024E-02         | 1                  | 2.024E-02      | 2.316      | .133          |
| Bloque                               | 5.037E-02         | 9                  | 5.597E-03      | .640       | .758          |
| Fertilizante                         | .148              | 3                  | 4.936E-02      | 5.647      | .002          |
| Interacción Localidad y fertilizante | 1.932E-02         | 3                  | 6.439E-03      | .737       | .534          |
| Error                                | .551              | 63                 | 8.741E-03      |            |               |
| Total                                | 42.590            | 80                 |                |            |               |
| Total corregido                      | .789              | 79                 |                |            |               |

Cuadro 19C. Análisis de varianza univariado para el tercer muestreo de la altura realizado en el mes de noviembre en las plantas sembradas en el Invernadero de la Universidad del Valle de Guatemala en el año 2001.

| Fuente de variación                  | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrado medio | Valor de F | Significancia |
|--------------------------------------|-------------------|--------------------|----------------|------------|---------------|
| Modelo Corregido                     | 11843.600         | 16                 | 740.225        | 6.094      | .000          |
| Intercepto                           | 554611.512        | 1                  | 554611.512     | 4566.262   | .000          |
| Localidad                            | 4132.813          | 1                  | 4132.813       | 34.027     | .000          |
| Bloque                               | 930.613           | 9                  | 103.401        | .851       | .573          |
| Fertilizante                         | 5486.738          | 3                  | 1828.913       | 15.058     | .000          |
| Interacción Localidad y fertilizante | 1293.437          | 3                  | 431.146        | 3.550      | .019          |
| Error                                | 7651.888          | 63                 | 121.459        |            |               |
| Total                                | 574107.000        | 80                 |                |            |               |
| Total corregido                      | 19495.487         | 79                 |                |            |               |

Cuadro 20C. Análisis de varianza univariado para el tercer muestreo del diámetro realizado en el mes de noviembre en las plantas sembradas en el Invernadero de la Universidad del Valle de Guatemala en el año 2001.

| Fuente de variación                  | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrado medio | Valor de F | Significancia |
|--------------------------------------|-------------------|--------------------|----------------|------------|---------------|
| Modelo Corregido                     | .435              | 16                 | 2.718E-02      | 2.467      | .006          |
| Intercepto                           | 51.071            | 1                  | 51.071         | 4635.369   | .000          |
| Localidad                            | 5.504E-02         | 1                  | 5.504E-02      | 4.996      | .029          |
| Bloque                               | 8.212E-02         | 9                  | 9.125E-03      | .828       | .593          |
| Fertilizante                         | .248              | 3                  | 8.279E-02      | 7.514      | .000          |
| Interacción Localidad y fertilizante | 4.941E-02         | 3                  | 1.647E-02      | 1.495      | .225          |
| Error                                | .694              | 63                 | 1.102E-02      |            |               |
| Total                                | 52.200            | 80                 |                |            |               |
| Total corregido                      | 1.129             | 79                 |                |            |               |

Cuadro 21C. Análisis de varianza univariado para el peso seco de la raíz de las plantas sembradas en suelo fértil de Sololá y en suelo pobre de Huehuetenango en el Invernadero de la Universidad del Valle de Guatemala en el año 2001.

| Fuente de variación                  | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrado medio | Valor de F | Significancia |
|--------------------------------------|-------------------|--------------------|----------------|------------|---------------|
| Modelo Corregido                     | 0.275             | 7                  | 3.925E-02      | 3.296      | .004          |
| Intercepto                           | 13.699            | 1                  | 13.699         | 1150.107   | .000          |
| Localidad                            | 0.199             | 1                  | .199           | 16.709     | .000          |
| Bloque                               | 9.883E-03         | 3                  | 3.294E-03      | .277       | .842          |
| Fertilizante                         | 7.125E-02         | 3                  | 3.294E-03      | .277       | .842          |
| Interacción Localidad y fertilizante | 7.125E-02         | 3                  | 2.375E-02      | 1.994      | .123          |
| Error                                | .846              | 71                 | 1.191E-02      |            |               |
| Total                                | 14.920            | 79                 |                |            |               |
| Total corregido                      | 1.120             | 78                 |                |            |               |