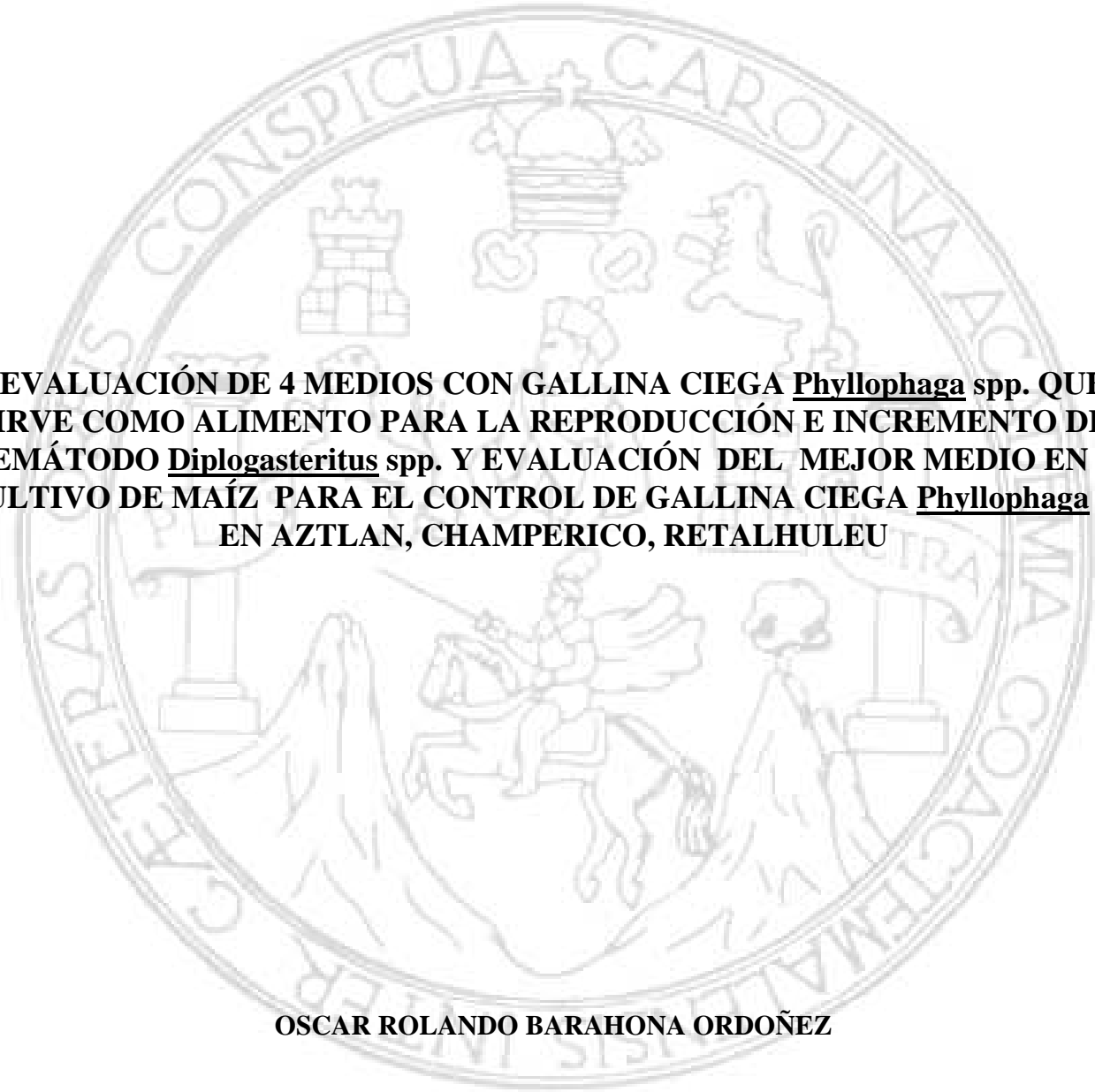


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS



**EVALUACIÓN DE 4 MEDIOS CON GALLINA CIEGA Phyllophaga spp. QUE SIRVE COMO ALIMENTO PARA LA REPRODUCCIÓN E INCREMENTO DEL NEMÁTODO Diplogasteritus spp. Y EVALUACIÓN DEL MEJOR MEDIO EN EL CULTIVO DE MAÍZ PARA EL CONTROL DE GALLINA CIEGA Phyllophaga spp EN AZTLAN, CHAMPERICO, RETALHULEU**

**OSCAR ROLANDO BARAHONA ORDOÑEZ**

**Guatemala, octubre de 2002**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS

**EVALUACIÓN DE 4 MEDIOS CON GALLINA CIEGA Phyllophaga spp. QUE SIRVE COMO ALIMENTO PARA LA REPRODUCCIÓN E INCREMENTO DEL NEMÁTODO Diplogasteritus spp. Y EVALUACIÓN DEL MEJOR MEDIO EN EL CULTIVO DE MAÍZ PARA EL CONTROL DE GALLINA CIEGA Phyllophaga spp EN AZTLAN, CHAMPERICO, RETALHULEU**

TESIS

PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA  
DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR

**OSCAR ROLANDO BARAHONA ORDOÑEZ**

En el acto de investidura como

INGENIERO AGRONOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCION AGRICOLA  
EN EL GRADO ACADEMICO DE LICENCIADO

Guatemala, octubre de 2002

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**RECTOR**

**MÉDICO VETERINARIO LUIS ALFONSO LEAL MONTERROSO**

**JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA**

<b>DECANO</b>	<b>Ing. Agr.</b>	<b>Edgar Oswaldo Franco Rivera</b>
<b>VOCAL PRIMERO</b>	<b>Ing. Agr.</b>	<b>Walter Estuardo García Tello</b>
<b>VOCAL SEGUNDO</b>	<b>Ing. Agr.</b>	<b>Manuel de Jesús Martínez Ovalle</b>
<b>VOCAL TERCERO</b>	<b>Ing. Agr.</b>	<b>Erberto Raúl Alfaro Ortíz</b>
<b>VOCAL CUARTO</b>	<b>Br.</b>	<b>Wener Armando Ochoa Orozco</b>
<b>VOCAL QUINTO</b>	<b>Br.</b>	<b>Axel Aureliano Herrera Pérez</b>
<b>SECRETARIO</b>	<b>Ing. Agr.</b>	<b>Edil René Rodríguez Quezada</b>

Guatemala, octubre de 2002

**Honorable Junta Directiva  
Honorable Tribunal Examinador  
Facultad de Agronomía  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Presente**

**Distinguidos miembros:**

De conformidad con las normas establecidas en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a su consideración el trabajo de tesis titulado

**EVALUACIÓN DE 4 MEDIOS CON GALLINA CIEGA Phyllophaga spp. QUE SIRVE COMO ALIMENTO PARA LA REPRODUCCIÓN E INCREMENTO DEL NEMÁTODO Diplogasteritus spp. Y EVALUACIÓN DEL MEJOR MEDIO EN EL CULTIVO DE MAÍZ PARA EL CONTROL DE GALLINA CIEGA Phyllophaga spp. EN AZTLAN, CHAMPERICO, RETALHULEU**

Presentado como requisito previo a optar el Título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

En espera de su aprobación, me es grato presentarles mi agradecimiento.

Atentamente,

OSCAR ROLANDO BARAHONA ORDOÑEZ

## ACTO QUE DEDICO

**A:**

**DIOS:** Por ser un gran amigo que nunca me ha fallado en los peores momentos de mi vida.

**MIS PADRES:** **Matilde Ordoñez de Barahona**, por ser una gran mujer que jamás me abandonó en mis problemas y por guiarme a un gran futuro.

**Víctor Manuel Barahona Cárdenas**, por ser un gran hombre trabajador y forjador de buenos hombres del mañana.

**MIS HERMANOS:** **Víctor Hugo, Leonel, Aracely, Sandra Patricia, Jorge Luis (+) y Julio César**, fraternalmente.

**MIS HIJOS:** **Jennifer Yadira, Elvida Mathilda, Víctor Rolando, Oscar Rolando, Ceylee Manuela**, que les sirva como un ejemplo para su mañana.

**MIS SOBRINOS  
Y SOBRINAS:** Con cariño e incentivo para su superación.

**MIS CUÑADOS Y  
CUÑADAS:** Con aprecio.

**MIS AMIGOS:** Jorge Raudales, René Piril, Marco Tulio Girón, Santiago Cancinos, Paco Díaz, David Tavico, Jaime González, Fredy Osuna, Valentín Rodríguez, René Pacheco, Raúl Gabriel Vargas y Rodolfo Santizo Rivera.

## **TESIS QUE DEDICO**

**A:**

Guatemala

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Agronomía

Carrera en Sistemas de Producción Agrícola

A los agricultores de la comunidad agraria de Aztlán, Champerico, Retalhuleu.

Y a todos los productores de maíz en Guatemala.

## AGRADECIMIENTOS

**A:**

Mi asesor **Ing. Agr. Edil Rodríguez Quezada**, por su incondicional apoyo en la realización de este trabajo y por su amistad brindada.

**Ing. Agr. Filadelfo Guevara Chávez**, por su valiosa ayuda en la toma de microfotografías.

## CONTENIDO GENERAL

INDICE DE FIGURAS	v	
INDICE DE CUADROS	vi	
RESUMEN	vii	
1. INTRODUCCION	1	
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3	
3. MARCO TEORICO	4	
3.1 MARCO CONCEPTUAL	4	
3.1.1 DEFINICIÓN E IMPORTANCIA DEL CONTROL BIOLÓGICO	4	
3.1.2 EL POTENCIAL DEL CONTROL BIOLÓGICO CLÁSICO	4	
A. PATOGENICIDAD	5	
B. VIRULENCIA	5	
3.1.3 NEMÁTODOS ENTOMOPATÓGENOS	5	
3.1.4 GENERALIDADES DE <u>Diplogasteritus</u> spp.	6	
A. CLASIFICACIÓN	6	
B. IMPORTANCIA DE <u>Diplogasteritus</u> spp.	6	
3.1.5 ECOLOGÍA Y BIOLOGÍA DE <u>Diplogasteritus</u> spp.	7	
A. HUEVOS Y JUVENILES 1 Y 2	7	
B. TERCER ESTADÍO JUVENIL	7	
C. ADULTOS	7	
3.1.6 MECANISMO DE INFECCIÓN DE <u>Diplogasteritus</u> spp.	8	
3.1.7 RELACIÓN MUTUALISTA ENTRE <u>Diplogasteritus</u> spp y <u>Xenorhabdus</u> spp.	8	
3.1.8 RANGO DE HOSPEDEROS DE <u>Diplogasteritus</u> spp.	9	
3.1.9 CARACTERÍSTICAS DE DIAGNÓSTICO DE <u>Diplogasteritus</u> spp.	9	
3.1.10 GENERALIDADES DE <u>Phyllophaga</u> spp.	14	
A. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA	14	
B. BIOLOGÍA	14	
3.2 MARCO REFERENCIAL	16	
3.2.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	16	
3.2.2 VÍAS DE ACCESO	16	

3.2.3	CONDICIONES CLIMÁTICAS	16
3.2.4	SUELOS	16
3.2.5	INVESTIGACIONES RELACIONADAS CON LA PRESENTE TESIS	16
4.	OBJETIVOS	18
4.1	GENERAL	18
4.2	ESPECÍFICOS	18
5.	HIPÓTESIS	19
6.	METODOLOGÍA	20
6.1	UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO	20
6.2	FASES DE LA INVESTIGACIÓN	20
6.3	PRIMERA FASE “PRODUCCIÓN DE <u>Diplogasteritus</u> spp. EN CUATRO MEDIOS CON GALLINA CIEGA	20
6.3.1	MODELO ESTADÍSTICO	20
6.3.2	DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS	21
6.3.3	DISTRIBUCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS	21
6.3.4	ELABORACIÓN DE LAS CAJAS DE MADERA (UNIDAD EXPERIMENTAL) Y MONTAJE DEL EXPERIMENTO	22
6.3.5	OBTENCIÓN DEL INÓCULO <u>Diplogasteritus</u> spp Y LARVAS DE <u>Phyllophaga</u> spp.	22
6.3.6	SIEMBRA DE <u>Diplogasteritus</u> spp.	23
6.3.7	COSECHA DE <u>Diplogasteritus</u> spp.	23
6.3.8	VARIABLES DE RESPUESTA PARA LA PRIMERA FASE	23
6.3.9	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DE LA PRIMERA FASE	23
6.4	SEGUNDA FASE “EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DEL CONTROL DE <u>Diplogasteritus</u> spp., SOBRE LA POBLACIÓN DE <u>Phyllophaga</u> spp., PRESENTE EN EL SUELO CULTIVADO CON MAÍZ	23
6.4.1	DISEÑO EXPERIMENTAL	24
A.	METODOLOGÍA DE STUDENT CON DATOS DE PARCELAS APAREADAS	24

B.	MODELO ESTADÍSTICO	24
6.4.2	TRATAMIENTOS	25
6.4.3	DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES EXPERIMENTALES	25
6.4.4	DETALLE DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL	25
6.4.5	MANEJO DEL EXPERIMENTO	26
6.4.6	VARIABLES DE RESPUESTA	26
6.5	TOMA DE DATOS EN EL CAMPO	26
6.5.1	MUESTREO DE <u>Phyllophaga</u> spp.	26
6.5.2	RENDIMIENTO DE MAÍZ EN kg/ha	26
6.6	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DE LA SEGUNDA FASE	26
6.7	ANÁLISIS ECONÓMICO	27
7.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
7.1	RESULTADOS DE LA PRIMERA FASE: EVALUACIÓN DE 4 MEDIOS COMO MEDIO DE GALLINAS CIEGAS PARA LA PRODUCCIÓN DE <u>Diplogasteritus</u> spp.	28
7.1.1	ANDEVA PARA LA VARIABLE NÚMERO DE NEMATODOS POR 100 CC DE MEDIO	28
7.2	RESULTADOS DE LA SEGUNDA FASE	30
7.2.1	NÚMERO DE GALLINAS CIEGAS VIVAS POR 0.30 m <sup>3</sup> SUELO	30
7.2.2	RENDIMEINTO DE MAÍZ EN kg/ha	32
7.3	ANÁLISIS ECONÓMICO	34
8.	CONCLUSIONES	36
9.	RECOMENDACIONES	37
10.	BIBLIOGRAFÍA	38

11.	ANEXO	40
	CLAVE DEL ORDEN DIPLOGASTERIDA	41
	DATOS DE CAMPO Y ANÁLISIS PARA EL NÚMERO DE LARVAS DE GALLINA CIEGA VIVAS POR 0.30 m <sup>3</sup> DE SUELO CULTIVADO CON MAÍZ, EN AZTLÁN, CHAMPERICO, RETALHULEU	44
	DATOS DE CAMPO Y ANÁLISIS PARA EL RENDIMIENTO DE MAÍZ EN KILOGRAMOS POR HECTÁREA, EN AZTLÁN, CHAMPERICO, RETALHULEU	45
	JUVENILES DEL TERCER ESTADÍO POR 100 CC DE MEDIO	45

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Secciones del nemátodo entomófago <u>Diplogasteritus</u> spp.	10
Figura 2.	Región cefálica de <u>Diplogasteritus</u> spp.	11
Figura 3.	Región glandular de <u>Diplogasteritus</u> spp.	11
Figura 4.	Sistema reproductivo de la hembra de <u>Diplogasteritus</u> spp.	12
Figura 5.	Región posterior del macho de <u>Diplogasteritus</u> spp.	13
Figura 6.	Población de <u>Diplogasteritus</u> spp.	13
Figura 7.	Distribución de los tratamientos sobre la mesa de madera instalada bajo la galera de paja	21
Figura 8.	Unidades experimentales y preparación de larvas de gallina ciega <u>Phyllophaga</u> spp.	22
Figura 9.	Par de parcelas apareadas que se instalaron en cada uno de los 5 terrenos bajo estudio	25
Figura 10.	Presentación gráfica de la prueba múltiple de medias de Tukey	29
Figura 11.	Gráfica de las regiones de aceptación y rechazo para la hipótesis nula planteada sobre la población de gallinas ciegas en 0.30 m <sup>3</sup> de suelo	31
Figura 12.	Promedio de gallinas ciegas vivas presentes en 0.30 m <sup>3</sup> de suelo cultivado con maíz, al momento de la cosecha	32
Figura 13.	Gráfica mostrando las regiones de aceptación y rechazo para la hipótesis nula planteada sobre el rendimiento de maíz en kg/ha.	33
Figura 14.	Rendimiento de maíz en kg/ha obtenido en parcelas tratadas con <u>Diplogasteritus</u> spp., y soín control de la gallina ciega	33

**INDICE DE CUADROS**

Cuadro 1.	Resumen del ANDEVA para la variable número de nematodos por 100 cc de medio	28
Cuadro 2.	Resultados del análisis de dominancia para los tratamientos evaluados	34
Cuadro 3.	Tasa marginal de retorno	35

**EVALUACIÓN DE 4 MEDIOS CON GALLINA CIEGA Phyllophaga spp. QUE SIRVE COMO ALIMENTO PARA LA REPRODUCCIÓN E INCREMENTO DEL NEMÁTODO Diplogasteritus spp. Y EVALUACIÓN DEL MEJOR MEDIO EN EL CULTIVO DE MAÍZ PARA EL CONTROL DE GALLINA CIEGA Phyllophaga spp EN AZTLAN, CHAMPERICO, RETALHULEU**

**EVALUATION OF 4 MEANS WITH BLIND HEN Phyllophaga spp. THAT SERVES LIKE FOOD FOR THE REPRODUCTION AND INCREMENT OF THE Diplogasteritus spp. NEMATODE, AND EVALUATION OF THE BETTER HALF IN THE CULTIVATION OF CORN FOR THE CONTROL OF BLIND HEN Phyllophaga spp. IN AZTLÁN, CHAMPERICO, RETALHULEU**

**RESUMEN**

Una de las principales plagas del suelo en el cultivo del maíz en Guatemala son las larvas de gallina ciega Phyllophaga spp., las cuales se alimentan de las raíces, debilitando el sistema radicular e impidiendo la libre nutrición de la planta.

En la presente investigación se evaluaron cuatro medios de fácil adquisición (suelo de la comunidad, broza, arena blanca y aserrín) en la comunidad agraria Aztlán, Champerico, Retalhuleu, los cuales contenían larvas de gallina ciega Phyllophaga spp, como medio de nutrición e incremento del nematodo entomopatógeno Diplogasteritus spp, para ser luego utilizado en el control biológico de larvas de gallina ciega en campos cultivados con maíz.

Al final de la investigación se concluye que el mejor medio para la producción e incremento del nematodo entomopatógeno Diplogasteritus spp., es el suelo de la comunidad, ya que a los 45 días de la inoculación se cosechan en promedio 43,580 juveniles del tercer estadio por 100 cc de suelo; al aplicar 10 gr de este medio por planta de maíz, las poblaciones de larvas de gallina ciega se reducen en un 93.33 por ciento, lo cual redundo en un incremento del rendimiento de grano de maíz hasta 2,899.71 kg/ha, que en términos económicos significa una tasa marginal de retorno de 169 por ciento respecto al testigo.

## 1. INTRODUCCIÓN

Las plagas del suelo son de importancia económica en los cultivos, ya que dañan el sistema radicular impidiendo que la planta realice sus funciones normales de anclaje y nutrición. En Guatemala las larvas de gallina ciega Phyllophaga spp. viven en el suelo y causan daño a las raíces generando pérdidas en varios cultivos, entre ellos el maíz (12, 21).

En la comunidad agraria Aztlán, Champerico, Retalhuleu el 100 por ciento de los agricultores que cultivan maíz emplean volatón granulado (Phoxim) para controlar la gallina ciega, sin embargo los resultados obtenidos no son satisfactorios ya que se tienen pérdidas en el rendimiento alrededor del 25 por ciento y, al realizar muestreo de suelo se encuentran altas poblaciones de Phyllophaga spp. (45 larvas por 0.30 m<sup>3</sup>) (2).

Una alternativa que puede ser evaluada es el control biológico mediante el nemátodo entomófago Diplogasteritus spp., el cual no posee estilete por lo que no puede posteriormente ser fitoparasítico y además está exento de registro EPA (Agencia de Protección del Medioambiente de los Estados Unidos de Norteamérica), la cual regula la importación de productos agrícolas a ese país, de tal forma que los que contienen residuos de agroquímicos no autorizados por su daño a la salud humana no pueden ingresar.

Para tratar de manera integral el problema de larvas de Phyllophaga spp. en la comunidad agraria de Aztlán, Champerico, Retalhuelu, se dirigió el presente estudio en dos fases, en cada fase participaron los agricultores a fin de que conocer, aprender y aplicar la metodología para la conservación, incremento, y producción de Diplogasteritus spp. en diferentes medios (el medio únicamente sirve para soportar la gallina ciega y los nemátodos) que contenían gallina ciega, de la cual se alimenta el nematodo. La primera fase consistió en la evaluación de 4 medios conteniendo gallina ciega como medio alimenticio para la producción de Diplogasteritus spp, bajo las condiciones de Aztlán; esta fase tuvo una duración de dos meses (45 días a la cosecha del nemátodo).

En la segunda fase se eligió el medio que presentó la mayor población de juveniles del tercer estadio de Diplogasteritus spp. de la fase 1 para aplicarlo en campos cultivados con maíz; se seleccionaron 5 áreas cultivadas e infestadas con no menos de 45 larvas por 0.30 m<sup>3</sup> de gallina ciega y en cada terreno

se colocaron dos parcelas contiguas, una con el tratamiento con Diplogasteritus spp., y la otra prescindiendo de su uso y de cualquier forma de control de gallina ciega.

La investigación indica que el mejor medio para depositar las larvas de gallina ciega Phyllophaga spp., que sirven de huésped para la reproducción e incremento del nemátodo entomopatógeno Diplogasteritus spp., es el suelo propio de la comunidad agraria de Aztlán, Champerico Retalhuleu, ya que proporciona 43,580 nematodos del tercer estadio juvenil por 100 cc de suelo; además al aplicar este medio a terrenos infestados con altas poblaciones de larvas de gallina ciega (más de 45/0.30 m<sup>3</sup>) a razón de 10 gramos por planta de maíz, reducen las poblaciones de larvas de gallina ciega en un 93.33 por ciento y permite un mayor rendimiento del cultivo de maíz (2,899.71 kg/ha) comparado con los terrenos donde no se controlan las larvas de gallina ciega (1,618.02 kg/ha), lo cual redundaría en mayores beneficios netos según lo indica la tasa marginal de retorno que es de 169 por ciento.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la comunidad agraria Aztlán, Champerico Retlahuleu, los agricultores cultivan maíz, tomate, ajonjolí, sandía y frijol. La principal plaga del suelo que afecta sus rendimientos son las larvas de gallina ciega Phyllophaga spp., actualmente los agricultores emplean Volaton granulado antes de la siembra aplicado en bandas razón de 35 kilogramos por hectárea, sin embargo, las poblaciones de ésta se mantienen en promedio en 45 inmaduros (larvas) de Phyllophaga spp. por 0.30 m<sup>3</sup> de suelo (2).

Como consecuencia del daño ocasionado por larvas de Phyllophaga spp. al sistema radicular del cultivo del maíz Zea mays L., en Aztlán, se tienen pérdidas sobre el rendimiento del 25 por ciento (2).

### **3. MARCO TEÓRICO**

#### **3.1 MARCO CONCEPTUAL**

##### **3.1.1 DEFINICIÓN E IMPORTANCIA DEL CONTROL BIOLÓGICO**

El término control biológico se define como *la destrucción o supresión de los insectos indeseables, otros animales o plantas por la introducción o incremento artificial de sus enemigos naturales* (5).

El control biológico en un sentido ecológico se puede decir que *es la regulación por medio de los enemigos naturales de la densidad de población de otros organismos a un promedio menor del que existían en ausencia de tales enemigos* (7).

El control biológico dentro del manejo integrado de plagas, constituye los medios más utilizados para el manejo natural, que permiten lograr un equilibrio en los agroecosistemas, a la vez reducir el uso del control químico, que hasta la fecha fue interpretado como la panacea del control de plagas insectiles, heredando graves problemas de toxicidad, contaminación del ambiente y de recursos naturales no renovables (7).

##### **3.1.2 EL POTENCIAL DEL CONTROL BIOLÓGICO CLÁSICO**

De cierta manera el control biológico clásico y el mejoramiento del control biológico natural, han sido exitosos desde el punto de vista ecológico y económico (3).

De modo práctico y directo, los parasitoides contribuyen a controlar insectos en hospedantes naturales o semicultivados que crecen cerca de plantaciones comerciales de algún cultivo que no están sujetos a ninguna medida de control. En tal sentido estos parasitoides es posible reproducirlos para luego en cantidades mayores poder distribuirlos en las plantaciones comerciales (3).

Para poder producir parasitoides a gran escala es necesario conocer, los medios mas apropiados que puedan crearse artificialmente bajo condiciones de laboratorio, por lo cual es importante validar y revalidar los substratos o medios que correspondan a un determinado parasitoide, a fin de encontrar el más apropiado que nos produzca parasitoides con gran patogenicidad y virulencia (7).

**A. Patogenicidad**

Es la capacidad para ocasionar enfermedades, creación mórbida del huésped, es una cualidad fija inherente al microorganismo en relación con cada huésped potencial que se considere (5).

**B. Virulencia:**

Es la capacidad relativa de un microorganismos para vencer las defensas corporales del huésped (5).

**3.1.3 NEMÁTODOS ENTOMOPATÓGENOS**

Los nemátodos entomófagos son parásitos obligados, buscan activamente y penetran en el cuerpo de larvas, pupas o adultos de insectos; no presentan estiletes, y son capaces de entrar al cuerpo de insectos en pocos minutos (1).

Una vez dentro de la cavidad hemocélica de la larva, el nemátodo obtiene alimento de hemolinfa por difusión a través de su cutícula (13).

Los nemátodos de las familias Steinernematidae, Heterorhabditidae y Diplogasteridae poseen características que los hacen interesantes como agentes de control microbiano, especialmente en cuanto a las plagas del suelo. Aunque otros nemátodos invaden oportunamente a insectos del suelo, estas familias son las únicas consideradas seriamente para uso comercial (19).

El suelo es su medio natural y matan rápidamente al hospedante debido a una infección bacteriana que transmiten. Algunos pueden “cazar” su presa, aunque esta habilidad puede variar con su edad y raramente excede dos a tres centímetros de distancia en un suelo arenoso. Algunas cepas ya se producen comercialmente y por no ser estrictamente patógenos y no afectar otros organismos, están exentos de registro de la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos de Norteamérica (EPA), la cual regula la importación de productos agrícolas a ese país, de tal forma que los que contienen residuos de agroquímicos no autorizados por su daño a la salud humana no pueden ingresar (1, 13, 19).

Las tres familias de nemátodos tienen una relación mutualista con bacterias que portan en estructuras especializadas y que liberan en el hospedante cuando lo penetran en estado juvenil del tercer estadio. La multiplicación de las bacterias previene que otras puedan colonizar el cadáver y asegura que los

nemátodos tengan alimento para concluir su desarrollo. Normalmente sufren dos o tres ciclos de reproducción en el cadáver antes de emerger al suelo como juveniles del tercer estadio. El juvenil del tercer estadio es el que se usa para control de larvas de insectos del suelo ya que posee resistencia a condiciones ambientales adversas. Es el único estadio que se encuentra fuera del cadáver (1, 13, 19).

### 3.1.4 GENERALIDADES DE Diplogasteritus spp.

Diplogasteritus spp. es un nemátodo entomófago, por lo tanto benéfico en agricultura, que no posee estilete y parasita las larvas de Phyllophaga spp. provocándoles la muerte (1).

#### A. Clasificación

<b>Phylum:</b>	Nematoda
<b>Orden:</b>	Diplogasterida
<b>Superfamilia:</b>	Diplogasteroidea
<b>Familia:</b>	Diplogasteridae
<b>Género:</b>	<u>Diplogasteritus</u> spp. Paramonov 1,952 <u>Filipjevella</u> spp. Lazarevskaja, 1,965 (11)

#### B. Importancia de Diplogasteritus spp.

El nemátodo entomopatógeno Diplogasteritus spp., es sumamente importante en la agricultura moderna puesto que afecta aquellas etapas de los insectos (larvas) que se sucitan dentro del suelo y no altera la composición química del suelo como podrían hacerlo con el uso continuado los pesticidas químicos. Otro aspecto que lo hace importante es que por ser un nemátodo de vida libre no posee estilete y por lo tanto no puede ser fitoparasítico, además que es inofensivo a los animales por lo que puede emplearse para el control de larvas del suelo en pastizales (23).

#### a. Ventajas:

- i. Posee efecto sinérgico con otros agentes entomopatógenos, pudiendo aumentar la eficiencia y la economía del método.
- ii. En muchos casos, supera a otros patógenos en los índices de mortalidad que provocan.
- iii. Posee buena capacidad de adaptación a nuevos ambientes.
- iv. Tiene la capacidad de movilizarse en el ambiente y de buscar a su hospedero si es necesario.
- v. No causa daño a las plantas ni a los mamíferos (18).

**b. Desventajas:**

- i. Es altamente susceptible a la deshidratación extrema en los estados de adulto y juveniles 1, 2 y 4.
- ii. Es sensible a la radiación solar directa que elimina rápidamente los nemátodos.
- iii. Se mueren a altas temperaturas.
- iv. El incremento del nemátodo puede resultar dificultoso (18, 23).

**3.1.5 ECOLOGÍA Y BIOLOGÍA DE Diplogasteritus spp.**

Todas las especies del género Diplogasteritus son entomopatógenas, normalmente se les encuentran en lugares donde los insectos se alimentan (cerca de las raíces de las plantas), siempre y cuando el suelo se encuentre con suficiente o moderada humedad. Son nematodos cosmopolitas y el juvenil del tercer estadio normalmente tiene relación de dependencia con diversos grupos de insectos. Además del suelo se les encuentra debajo de las alas de los escarabajos o en otras partes del exoesqueleto, especialmente en los segmentos de pliegues del abdomen (5, 18).

El ciclo biológico de éste género comprende los siguientes estadios: Huevo, cuatro estadios juveniles y adultos.

- A. Huevo y Juveniles 1 y 2:** Una hembra puede producir un total de 3,000 huevecillos; dentro del huevo se forma el estadio juvenil uno y de allí emerge el estadio juvenil 2, estos dos primeros estadios juveniles carecen estructuras en la región cefálica en forma de diente. Los juveniles de los estadios 1 y 2, los preadultos (juveniles del 4 estadio) y los adultos se alimentan y desarrollan únicamente dentro del huésped (16, 23).
- B. Tercer estadio juvenil:** El juvenil del tercer estadio es el que puede salir del cuerpo del huésped y dentro del suelo buscar nuevos huéspedes para continuar con el ciclo. El juvenil del tercer estadio posee dentro de los intestinos una bacteria mutualista *Xenorhabdus* spp, además se caracteriza porque posee dos dientes o esclerotizaciones más o menos marcadas en la región cefálica (16, 23).
- C. Adultos:** Los adultos de Diplogasteritus spp., llegan a este estado a partir de los huevos en un período de 7 a 14 días, y pueden reproducirse sexualmente o por partenogénesis (1, 16, 23).

**3.1.6 MECANISMO DE INFECCIÓN DE Diplogasteritus spp.**

Los nematodos del género Diplogasteritus producen infección y muerte de los insectos del suelo como las larvas de gallina ciega de la manera siguiente:

- A. La única etapa infectiva de éste nemátodo es el juvenil del tercer estadio, el cual vive libremente en el suelo y es capaz de soportar condiciones adversas del ambiente gracias a la doble cutícula y otras adaptaciones fisiológicas y morfológicas, la doble cutícula le da gran resistencia y pueden soportar la desecación gradual del ambiente. Durante esta etapa del ciclo el nematodo no se alimenta y sobrevive hasta por 12 semanas gracias a las reservas de alimentos de azúcares que posee (23).
- B. Las espinas que posee en las papilas labiales actúan como sensores de anhídrido carbónico y les permite localizar a su huésped, por la concentración de anhídrido carbónico y temperatura corporal del huésped (23).
- C. Una vez ubicado el huésped ingresan usualmente a través de los orificios naturales como boca, ano y espiráculos o áreas desprotegidas (1, 23).
- D. Dentro del huésped, la bacteria mutualista Xenorhabdus spp. que llevan en los intestinos los juveniles del tercer estadio de Diplogasteritus spp., en forma inactiva se vuelve activa en el tejido del insecto huésped (larva de gallina ciega) y se multiplica rápidamente, causando la muerte del insecto en un período de 48 horas, los juveniles del tercer estadio se alimentan de los fluidos de su huésped y maduran hasta convertirse en adultos. Las larvas de gallina ciega se tornan de color rojizo leve, luego se tornan oscuras y finalmente todo el tejido queda destruido.

### 3.1.7 RELACIÓN MUTUALISTA ENTRE Diplogasteritus spp. y Xenorhabdus spp.

Xenorhabdus spp., es una bacteria gram negativa, anaerobia facultativa, de la familia Enterobacteriaceae, su temperatura óptima es de 28 °C y no sobrevive a temperaturas por encima de los 37 °C (22), permanece inactiva en el lumen del intestino de Diplogasteritus spp. Diplogasteritus spp., actúa como una “inyección biológica” de la bacteria Xenorhabdus spp., de tal forma que la relación entre estos dos organismos es un clásico mutualismo. Diplogasteritus spp., puede crecer y reproducirse dentro de la larva de la gallina ciega dependiendo de las condiciones establecidas por Xenorhabdus spp.; la bacteria contribuye con proteínas antiinmunes para ayudar al nematodo a burlar

las defensas del organismo (larva de gallina ciega), y con antimicrobianos que impiden la colonización del cadáver por parte de otros microorganismos competidores, por su parte la bacteria carece de poderes invasivos y es completamente dependiente del nemátodo para ingresar dentro de su huésped (22).

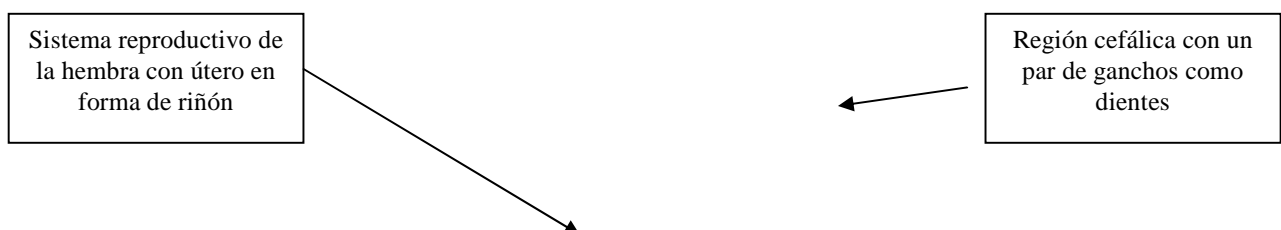
### 3.1.8 RANGO DE HOSPEDEROS DE Diplogasteritus spp.

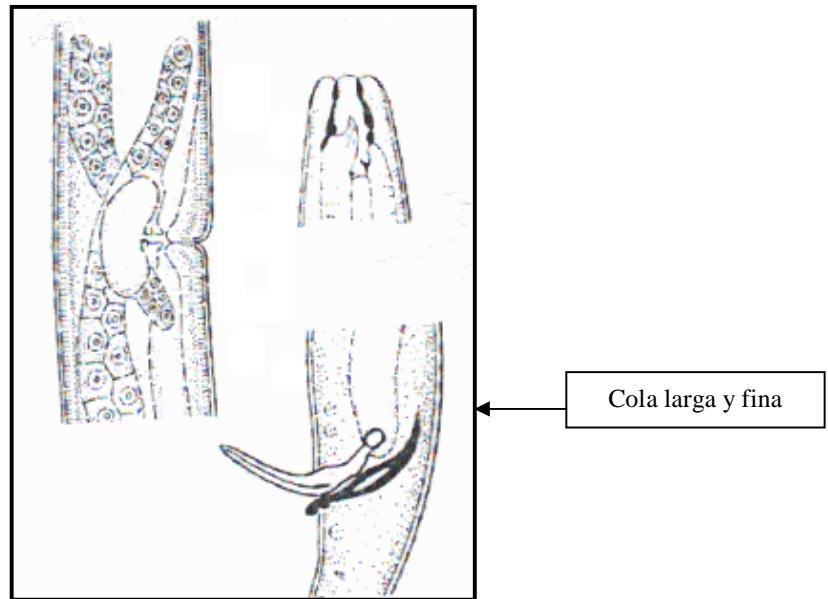
Se le ha encontrado parasitando en la cavidad del cuerpo de Aphodius sp. en California, Estados Unidos. El rango de hospederos en general incluye varias familias del orden coleóptera, así como también parasita a termitas y hormigas. Algunos ejemplos de especies a las cuales parasita Diplogasteritus spp. en forma natural y que da como resultado la muerte de los mismos son los cerambycidos *Saperda tridentata*., el curculiónido *Pantomorus peregrinus*, los escarabeidae *Phyllophaga* spp. y *Melolontha* spp., las termitas *Leucotermes lucifugus* y *Reticulitermes flavipes* entre otros. En general sus huéspedes son todos los insectos que presentan alguna etapa de desarrollo dentro del suelo, como por ejemplo la etapa de larvas (18).

### 3.1.9 CARACTERÍSTICAS DE DIAGNÓSTICO DE Diplogasteritus spp.

Es un nemátodo que se caracteriza porque no posee estilete, el orificio bucal es variable, usualmente ancho y corto con dientes; los dientes son bastante grandes usualmente en par; la faringe con bulbo mediano. En el macho la bursa usualmente pequeña o ausente, la cola del macho es larga y fina; el estado juvenil del tercer estadio se recubre de una sustancia aceitosa que le sirve para poder deslizarse sobre la película de agua o dentro de ella. La abertura oral posee tres labios y los labios poseen espinas diminutas sobre su superficie. Entre el procorpus y en metacarpus se presenta una leve constricción, el bulbo no presenta valva. En el sistema reproductivo de la hembra el útero tiene forma de riñón (11, 16).

Actualmente (septiembre 2002), la información necesaria para la determinación del nemátodo Diplogasteritus spp. se circunscribe únicamente a la clave de Khuong (2,000) (11) y para establecer la familia Diplogasteridae la clave de Poinar (1975) (18) y Burges (971) (4). Khuong (2000) (11) presenta el único dibujo que muestra el sistema reproductivo de la hembra y del macho, y la región cefálica de un juvenil del tercer estadio, la cual se presenta en la Figura 1.

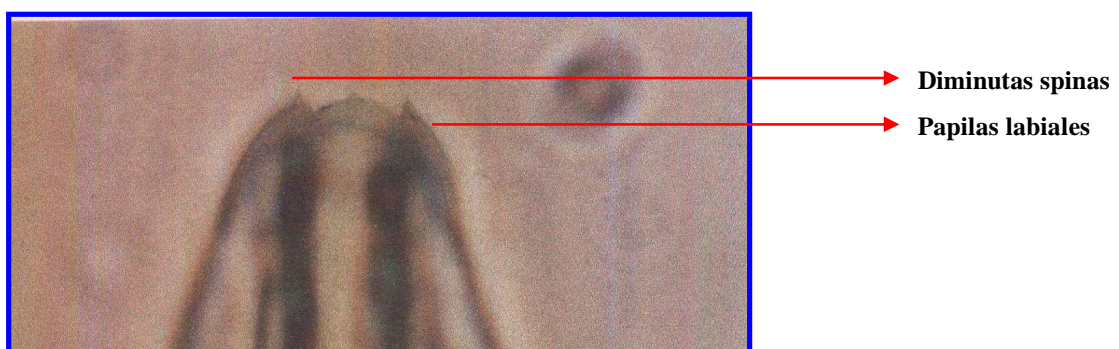


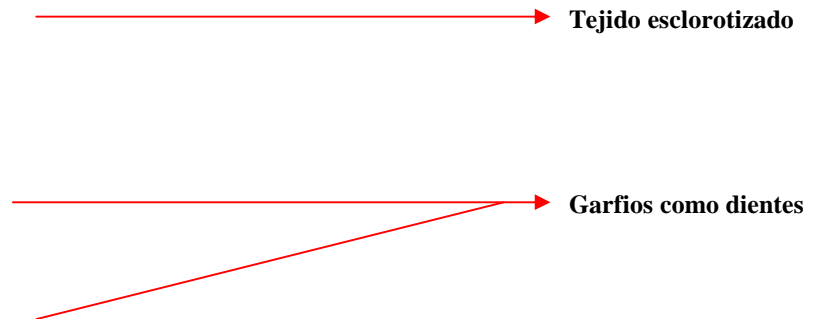


**Figura 1. Secciones del nemátodo entomófago *Diplogasteritus* spp. (11).**

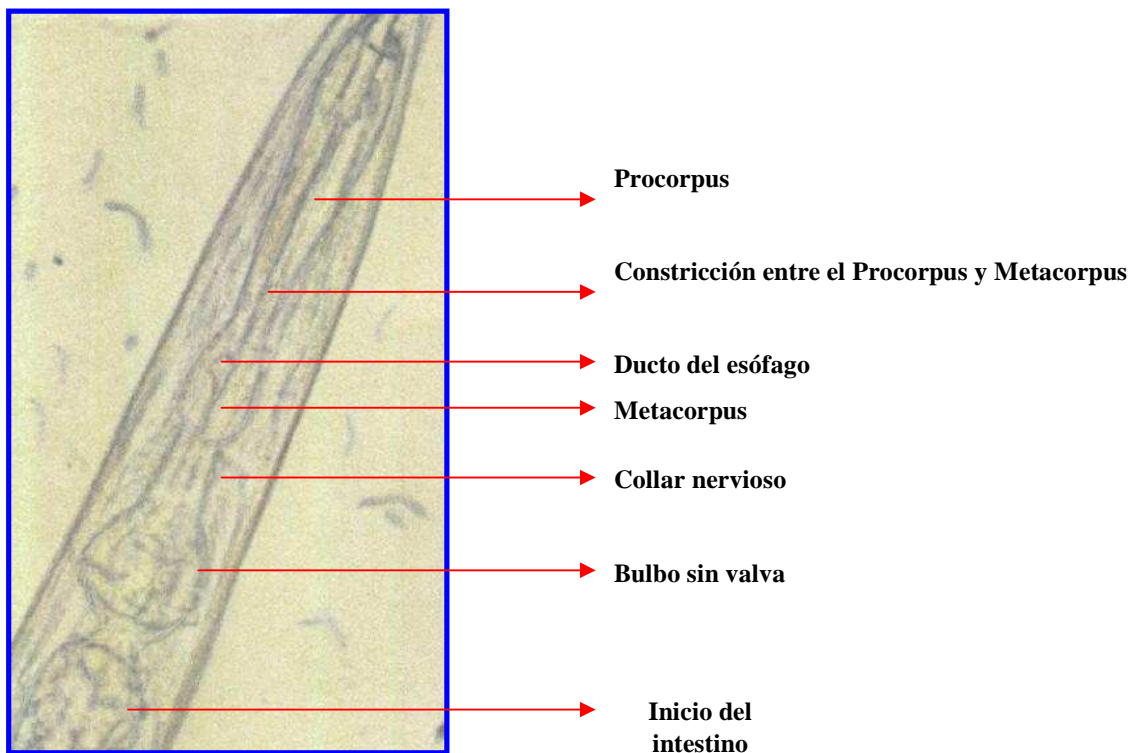
El nemátodo *Diplogasteritus* spp., no se ha registrado a través de fotografías, por lo que el autor de la presente investigación realizó una serie de montajes a fin de que se conozca.

En la Figura 2 se presenta la región cefálica y media de un juvenil del tercer estadio de *Diplogasteritus* spp, en las que se muestra las regiones esclerotizadas y garfios como un par de dientes; en la Figura 3 se presenta la parte anterior de *Diplogasteritus* spp., mostrando la región glandular del nemátodo.



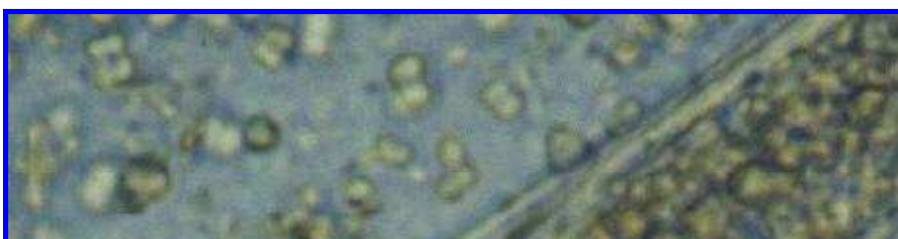


**Figura 2. Región Cefálica de *Diplogasteritus* spp. (Fuente: Barahona Ordoñez, R. FAUSAC, 2002)**



**Figura 3. Región Glandular de *Diplogasteritus* spp. (Fuente: Barahona Ordoñez, R. FAUSAC, 2002)**

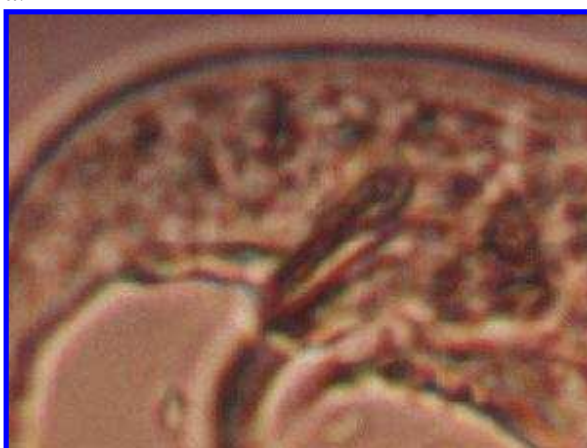
En la Figura 4, se presenta la región posterior de una hembra mostrando el sistema reproductor, en la Figura 5, se presenta la región posterior de un macho mostrando el sistema reproductor.



Sistema reproductivo de la hembra de Diplogasteritus spp., con útero en forma de riñón.

**Figura 4.** Sistema reproductivo de la hembra de Diplogasteritus spp. (Fuente: Barahona Ordoñez, R. FAUSAC, 2002).

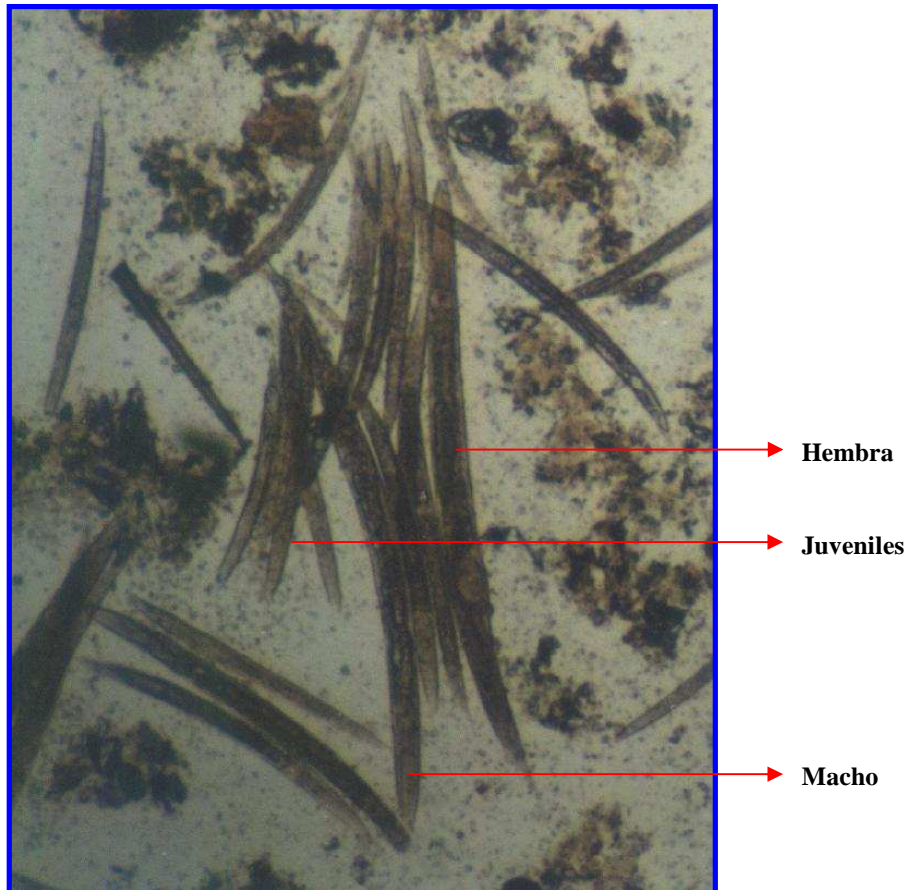
Para obtener la fotografía 4, fue necesario presionar el cubreobjetos de varios montajes con hembras de Diplogasteritus spp, a fin de extraer del cuerpo el útero, puesto que si es posible observarlo a nivel de montaje en el microscopio, pero al obtener la fotografía no se logra distinguir perfectamente, ni utilizando paquetes de computación para su edición y visualización; se agradece al Ing. Agr. Ronald Estrada de Agrícola El Sol, por la colaboración y dedicación prestada a fin de lograr la anterior Fotografía.



Spicula del macho de Diplogasteritus spp.

**Figura 5. Región Posterior del Macho de Diplogasteritus spp. (Fuente: Barahona Ordoñez, R. 2002)**

En la Figura 6, se presenta un campo del microscopio con hembras, machos y juveniles de Diplogasteritus spp.



**Figura 6. Población de Diplogasteritus spp., (Fuente: Barahona Ordoñez, R. FAUSAC 2002)**

### 3.1.10 GENERALIDADES DE Phyllophaga spp.

Las larvas de la familia Scarabaeidae (Coleoptera) se conocen como gallina ciega, se alimentan de raíces de plantas, especialmente de gramíneas y los adultos son los llamados escarabajos o ronrones

de mayo (8).

El daño que causan las larvas de gallina ciega en las raíces se manifiesta con mayor intensidad en el mes de agosto, septiembre y octubre, que es cuando la larva se encuentra en el tercer estadio (el más voraz), dura mucho tiempo y está adaptada a condiciones ambientales adversas (8, 12).

#### **A. Clasificación Taxonómica**

Reino: Animal  
 Phylum: Arthropoda  
 Clase: Insecta  
 Orden: Coleoptero  
 Familia: Scarabaeidae  
 Subfamilia: Melonthinae  
 Género: *Phyllophaga*  
 Especie: *Phyllophaga* spp (8, 12).

#### **B. Biología**

Se dará un esquema general de *Phyllophaga* spp., puesto que existen varias especies de *Phyllophaga* que difieren en características particulares.

Los adultos emergen con las primeras lluvias, rara vez ocurre su aparición antes de mayo y generalmente continua hasta junio. Los adultos se alimentan de las hojas de un amplio rango de árboles y arbustos (8, 15).

Un período de pre-oviposición más largo, sin embargo, asegura que pocos huevos se abran antes de julio, y las larvas alcancen el final del segundo estadio, no mucho antes de septiembre. Cada larva entonces construye una celda de tierra en la cual permanece inactiva hasta abril o mayo siguiente, cuando ocurre el paso al tercer estadio. La larva en tercer estadio deja su celda, probablemente como respuesta a la humedad del suelo, y se alimenta vorazmente de raíces de plantas hasta agosto o septiembre (8, 12, 15).

## **3.2 MARCO REFERENCIAL**

### **3.2.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO**

la comunidad agraria Aztlán se encuentra localizada en el municipio de Champerico del departamento de Retalhuleu, a una distancia de 231 kilómetros de la ciudad capital. Forma parte de la planicie de la Costa Sur-Occidental de la República de Guatemala. se localiza geográficamente a 14° 12'30" de Latitud Norte y 91° 45, 38" Longitud Oeste, con una altura aproximada de 20 msnm (10).

### **3.2.2 VÍAS DE ACCESO**

Para llegar a la comunidad de Aztlán se toma la carretera asfaltada que conduce a Champerico hasta el kilómetro 218, donde se desvía hacia la izquierda por una carretera secundaria de terracería denominada el Parcelamiento El Rosario, recorriendo 6 kilómetros.

### **3.2.3 CONDICIONES CLIMÁTICAS**

Se caracteriza por tener dos estaciones muy marcadas, muy seca y muy húmeda. La estación seca es de Noviembre a Abril, La precipitación pluvial es de 1,000 a 1,200 m.m. anuales, las lluvias de mucha intensidad son casuales, y puede haber un periodo llamado Temporal en que llueva continuamente durante 2 a 3 días durante el cual cubre extensas áreas ocasionando daño a los cultivos. La temperatura oscila entre 17 y 32 grados centígrados (6).

### **3.2.4 SUELOS**

Los suelos y clases de terreno pertenecen a la serie Ixtan arcilloso. Su posición geográfica, material madre y característica del perfil es ceniza volcánica cementada de color claro (aluvión) (20).

### **3.2.5 INVESTIGACIONES RELACIONADAS CON LA PRESENTE TESIS**

Velásquez en 1,991 (21) empleó los hongos Beauveria sp y Spicaria sp. junto con un nemátodo entomófago de la familia Diplogasteridae para el control de Phyllophaga spp, según el muestreo se inició con una población promedio de 38 larvas /m<sup>2</sup>, disminuyendo al final del ciclo de cultivo a un promedio de 2 larvas/m<sup>2</sup>. los agricultores lograron un incremento en el rendimiento del 150 % en comparación con las zonas sin ningún control de Phyllophaga spp. Los inconvenientes encontrados fueron la reproducción conjunta de los tres parasitoides.

En la finca Olimpo, próxima a Cuyotenango, Departamento de Suchitepéquez, para el control de Phyllophaga spp. se hizo una aplicación en siete hectáreas del nemátodo entomófago Steinernema carpocapsae, los nemátodos se aplicaron en suspensión en agua por aspersión dirigido a la base de los tallos del espárrago. Esta aplicación dio resultados satisfactorios y se determinó un conteo promedio de ocho muestras en una extensión de dos hectáreas. Se determinó 0.2 0.5 y 1 larvas/m<sup>2</sup> (21).

El nematodo Diplogasterido descubierto en Guatemala se ha evaluado a nivel de invernadero en el control de gallina ciega Phyllophaga sp. en trigo, se utilizaron concentraciones de 300 a 500 nemátodos por centímetro cúbico, lográndose un control efectivo (9).

Monterroso Martín 1991 (14), para reproducir el nematodo Diplogasteritus spp, colocó en cajas de petrí entre 10 y 15 larvas de Galleria mellonella y con un gotero aplicó cinco ml de agua destilada con 30 nematodos en suspensión; luego agregó 20 ml de agua destilada a cada caja de petrí para mantener una capa de agua y aplicó agua a la caja de petri cada cuatro días para evitar el resecamiento, los nematodos se cosecharon a los 40 días después de la siembra y se obtuvieron aproximadamente 300 nemátodos diplogasteridos por cada centímetro cúbico de agua.

A nivel de laboratorio Monterroso Martín (14), reporta que los nematodos Diplogasteritus spp y Steinernema spp, reducen la población de la cochinilla de las raíces del café (Geococcus coffeae Green) en un 95 por ciento, en tanto que el nematodo Heterorhabditis solo reduce la población de cochinillas en un 60 % y los hongos Beuaveria y Spicaria no son efectivos para el control de la cochinilla evaluados todos en un término de 18 días después de la inoculación en cajas de petrí.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 GENERAL**

4.1.1 Evaluar 4 medios conteniendo gallina ciega Phyllophaga spp. como medio de nutrición y reproducción del nemátodo Diplogasteritus spp., y evaluar su efectividad para el control de gallina ciega en terrenos cultivados con maíz Zea mays L., bajo las condiciones de Aztlán, Champerico, Retalhuleu.

### **4.2 ESPECÍFICOS**

#### **Primera Fase:**

4.2.1 Determinar cual de los medios proporciona la mayor cantidad de nematodos juveniles del tercer estadio de Diplogasteritus spp. a los 45 días después de la siembra.

#### **Segunda Fase:**

4.2.2 Estimar la efectividad de los nematodos juveniles del tercer estadio de Diplogasteritus spp. en el control de Phyllophaga spp. en terrenos cultivados con maíz.

4.2.3 Determinar el rendimiento de maíz que se obtiene bajo cada tratamiento evaluado.

## 5. HIPÓTESIS

- 5.1 Ho: Los cuatro medios empleados para la reproducción del nemátodo benéfico Diplogasteritus spp. proporciona la misma población de juveniles del tercer estadio a los 45 días después de la siembra.
- 5.2 Ho: La población de Phyllophaga spp., es la misma en áreas tratadas con Diplogasteritus spp., que en áreas no tratadas.
- 5.3 Ho: El rendimiento de maíz en kg/ha en suelos tratados con Diplogasteritus spp., y suelos no tratados será el mismo.

## 6. METODOLOGIA

### 6.1 UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO

La comunidad Aztlán se encuentra localizada en el municipio de Champerico del departamento de Retalhuleu, a una distancia de 231 kilómetros de la ciudad capital. Forma parte de la planicie de la Costa Sur occidental de la República de Guatemala.

### 6.2 FASES DE LA INVESTIGACIÓN

Para cumplir con los objetivos planteados, la investigación se dividió en dos fases. La primera consistió en evaluar cuatro medios con gallina ciega que sirve como alimento para la producción de Diplogasteritus spp.; en la segunda fase, el medio que proporcionó el mayor número de huevos, juveniles y adultos de Diplogasteritus spp. fue aplicado al suelo de terrenos infestados con gallina ciega Phyllophaga spp. a fin de establecer el control sobre éstas y su efecto sobre el rendimiento de maíz Zea mays L.

### 6.3 PRIMERA FASE: “PRODUCCIÓN DE Diplogasteritus spp. EN 4 MEDIOS CON GALLINA CIEGA COMO ALIMENTO Y REPRODUCCIÓN DE Diplogasteritus spp”

La metodología efectuada durante la primera fase de la investigación se detalla a continuación:

El diseño que se empleó es el completamente al azar con cinco repeticiones y cuatro tratamientos, lo que hace un total de 20 unidades experimentales (17).

#### 6.3.1 MODELO ESTADÍSTICO

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Donde:  $i = 1, 2, \dots, b$  substratos para producción de Diplogasteritus spp.

$j = 1, 2, 3, 4, 5$  r repeticiones

$Y_{ij}$  = Variable de respuesta de la  $ij$ -ésima unidad experimental

$\mu$  = Media general del parámetro evaluado.

$T_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo substrato evaluado.

$E_{ij}$  = Efecto del error experimental asociado a la  $ij$ -ésima unidad experimental.

#### 6.3.2 DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

En cada medio que correspondió a cada unidad experimental se colocaron 20 inmaduros de *Phyllophaga* spp, que sirvieron como medio de nutrición y producción del nemátodo entomófago *Diplogasteritus* spp.

**Tratamiento 1:** Arena blanca cernida más 20 inmaduros de *Phyllophaga* spp.

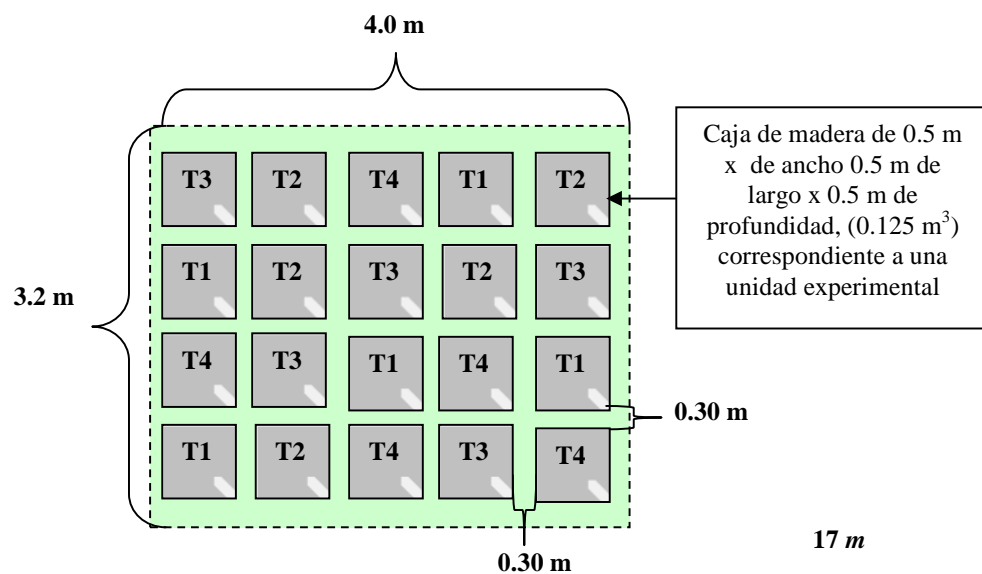
**Tratamiento 2:** Suelo típico de la comunidad más 20 inmaduros de *Phyllophaga* spp.

**Tratamiento 3:** Broza de *Quercus* spp. más 20 inmaduros de *Phyllophaga* spp.

**Tratamiento 4:** Aserrín de pino más 20 inmaduros de *Phyllophaga* spp.

### 6.3.3 DISTRIBUCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

Los tratamientos se dispusieron en cajas sobre una mesa de madera, instalada bajo una galera con techo de paja (Figura 7).

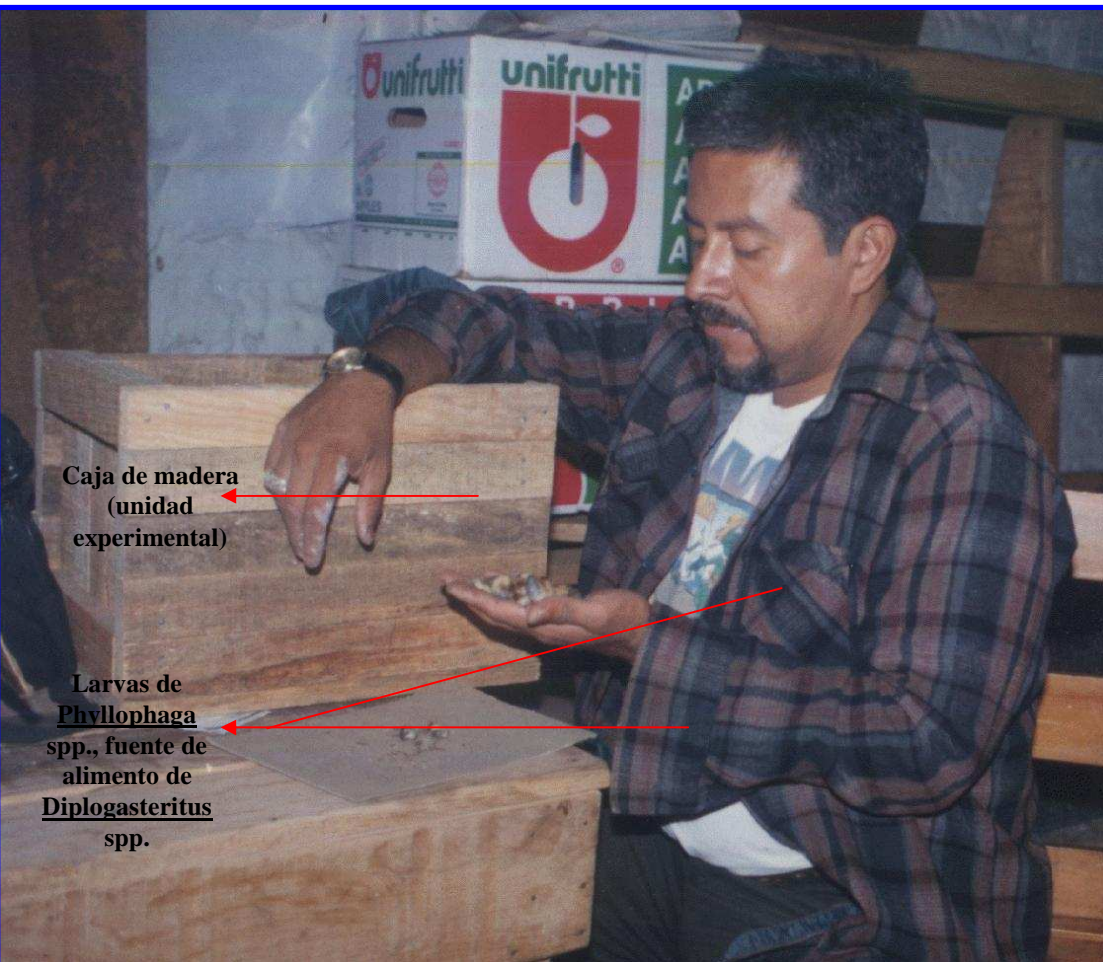


**Figura 7. Distribución de los tratamientos sobre la mesa de madera instalada bajo la galera con techo de paja.**

- A. Tamaño de la unidad experimental: 0.5 m de largo x 0.5 m de ancho x 0.5 m de profundidad.
- B. Distancia entre unidades experimentales: 0.3 m.
- C. Tamaño de la mesa sobre la cual van colocados los tratamientos: 4.0 m de largo x 3.2 m de ancho (12.8 m<sup>2</sup>)

### 6.3.4 ELABORACIÓN DE LAS CAJAS DE MADERA (UNIDAD EXPERIMENTAL) Y MONTAJE DEL EXPERIMENTO

Se elaboraron 20 cajas de madera que constituyeron las unidades experimentales con dimensiones de 0.5 m de largo por 0.5 m de ancho x 0.5 m de profundidad. Estas cajas se dispusieron de acuerdo a la Figura 7, sobre la mesa de madera que se instaló bajo una galera con techo de paja a fin de evitar la luz directa del sol sobre las unidades experimentales (Figura 8).



**Figura 8.** Unidades experimentales y preparación de larvas de gallina ciega Phyllophaga spp., para su incorporación a las cajas.

### 6.3.5 OBTENCIÓN DEL INÓCULO Diplogasteritus spp. Y LARVAS DE Phyllophaga spp.

El inóculo Diplogasteritus spp. se adquirió en Agrícola El Sol, los inmaduros de Phyllophaga spp., se obtuvieron de los campos de cultivo de la comunidad agraria Aztlán.

### 6.3.6 SIEMBRA DE Diplogasteritus spp.

De acuerdo a la Figura 7 se dispuso el medio en las cajas de madera según correspondió. Posteriormente se colocó en cada unidad experimental 20 inmaduros de Phyllophaga spp. y se esparció sobre cada unidad experimental 100 gramos de arena pómez conteniendo no menos de 200,000 nematodos juveniles del tercer estadio de Diplogasteritus spp. Seguido a esto se regó hasta humedecer adecuadamente cada unidad experimental.

#### **6.3.7 COSECHA DE Diplogasteritus spp.**

La cosecha de Diplogasteritus spp. se realizó a los 45 días después de la siembra del inóculo, inmediatamente se tomó una muestra del medio de cada unidad experimental y se procedió a realizar el conteo de nematodos juveniles del tercer estadio de Diplogasteritus spp. por 100 gramos de medio.

#### **6.3.8 VARIABLES DE RESPUESTA PARA LA PRIMERA FASE**

Número nematodos juveniles del tercer estadio de Diplogasteritus spp. por 100 cc de medio a los 45 días después de la siembra.

#### **6.3.9 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DE LA PRIMERA FASE**

La variable número de nematodos juveniles del tercer estadio de Diplogasteritus spp. se sometió a un análisis de varianza bajo el diseño completamente al azar, como dicho análisis resultó significativo a un nivel del 5 por ciento de confianza se procedió a realizar la prueba múltiple de medias de Tukey para establecer que medio presentó la mayor cantidad de nematodos juveniles del tercer estadio a los 45 días después de la siembra.

### **6.4 SEGUNDA FASE: EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DEL CONTROL DE Diplogasteritus spp. SOBRE LA POBLACIÓN DE Phyllophaga spp. PRESENTE EN SUELO CULTIVADO CON MAÍZ**

Para evaluar el control de Diplogasteritus spp. bajo condiciones de campo en la aldea Aztlán, se usó el inóculo obtenido del substrato para gallina ciega con suelo, ya que éste ofreció el máximo número de nematodos del tercer estadio por 100 gramos de suelo.

Para evaluar la segunda fase se empleó la metodología descrita a continuación.

#### **6.4.1 DISEÑO EXPERIMENTAL**

### A. Método de Student Con Datos de Parcelas Apareadas

Partiendo de que se comparó el número de inmaduros de Phyllophaga spp. presentes en el suelo cultivado con maíz y el rendimiento de maíz en kilogramos por hectárea en varias parcelas con condiciones de suelo diferentes (suelo con relieve plano y seco, suelo en hondonadas y húmedos, etc. ), se utilizó el método de Student con datos de parcelas apareadas; éste método se utiliza cuando se tienen únicamente dos tratamientos por comparar (suelo inoculado con Diplogasteritus spp y testigo); es recomendable bajo las siguientes circunstancias:

- Cuando las unidades experimentales o parcelas o el suelo son muy heterogéneos, pero hay similitud entre parcelas contiguas o las unidades experimentales están correlacionadas.
- Cuando se tiene un reducido número de unidades experimentales.
- Cuando es posible aparear (17).

El método consiste en aparear unidades experimentales contiguas o muy similares en cada parcela cultivada con maíz de 5 agricultores, seleccionada sistemáticamente de acuerdo a las condiciones de suelo que pueden favorecer o limitar la presencia de Phyllophaga spp., y aplicar a cada una el tratamiento en estudio, haciendo la aplicación por sorteo; se emplearon 5 pares de unidades experimentales (un par en cada terreno con condiciones de suelo diferente).

### B. Modelo estadístico:

$$T = \frac{X1 - X2}{\sqrt{\frac{(n1-1)s^2 + (n2-1)s^2}{n1+n2-2} \left( \frac{1}{n1} + \frac{1}{n2} \right)}}$$

#### Donde:

X1= Rendimiento de maíz en kg/ha y/o Número de inmaduros de Phyllophaga spp por 0.30 m<sup>3</sup> en la unidad experimental inoculada con Diplogasteritus spp.

X2= Rendimiento de maíz en kg/ha y/o Número de inmaduros de Phyllophaga spp por 0.30 m<sup>3</sup> en la unidad experimental testigo (tecnología del agricultor).

n1= Número de unidades experimentales del tratamiento 1

n2= Número de unidades experimentales del tratamiento 2

s<sup>2</sup>= Varianza

## 6.4.2 TRATAMIENTOS

- A. T1 = Control biológico de Phyllophaga spp mediante Diplogasteritus spp.  
 B. T2 = Testigo (sin aplicación de insecticida al suelo)

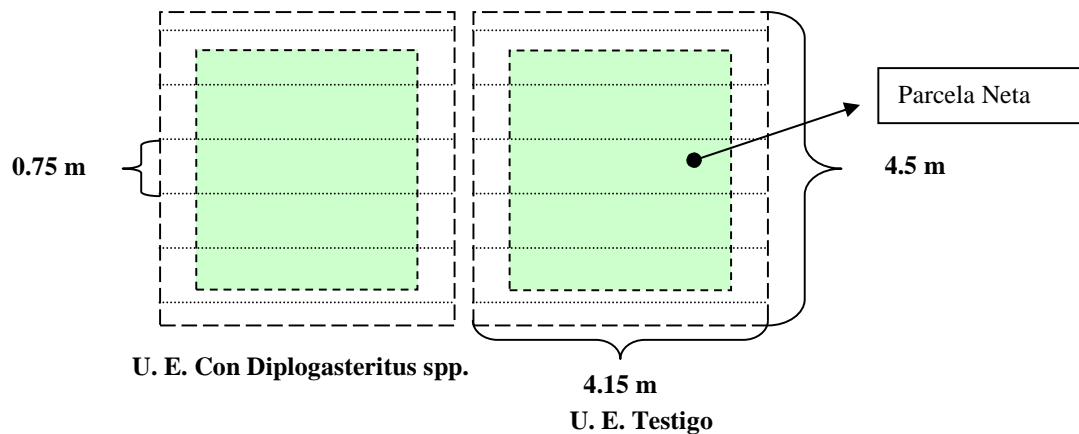
### 6.4.3 DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES EXPERIMENTALES

Se preparará una unidad experimental (parcela comparativa) de cada tratamiento por cada terreno de cada agricultor (5 agricultores) bajo estudio, es decir 10 unidades experimentales en total.

### 6.4.4 DETALLE DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL

Parcela bruta:	18.68 m <sup>2</sup> (4.5 m x 4.15 m)
Plantas por parcela bruta:	60 plantas
Surcos por parcela bruta:	6 surcos con 10 plantas cada surco
Parcela neta:	9.6 m <sup>2</sup> (3 m x 3.2 m)
Plantas por parcela neta:	32 plantas
Surcos por parcela neta:	4 surcos con 8 plantas cada surco
Distancia de siembra:	0.4 m entre plantas y 0.75 m entre surcos

En la Figura 9, se presenta las unidades experimentales en parcelas apareadas.



**Figura 9.** Par de parcelas apareadas que se instalaron en cada uno de los 5 terrenos bajo estudio

El par de parcelas apareadas, se instaló en 5 campos cultivados con maíz de los agricultores de Aztlán. Los campos presentaban condiciones diferentes para el desarrollo de Phyllophaga spp., pero muy similares en las unidades experimentales contiguas (con Diplogasteritus spp., y el testigo).

### 6.4.5 MANEJO DEL EXPERIMENTO

En las unidades experimentales correspondientes al tratamiento de control de Phyllophaga spp. con Diplogasteritus spp. se aplicó el substrato con el entomófago por cada mata de maíz al suelo, la cantidad fue de 10 gramos por planta.

El manejo en cuanto a preparación del terreno, fertilización, riego, control de plagas y enfermedades, dobla y cosecha fue de acuerdo a las labores que los agricultores de Aztlán realizan, puesto que el experimento se implementó en plantaciones de los propios agricultores. Únicamente respecto al control de plagas del suelo, en la unidad experimental correspondiente al testigo, no se utilizó ningún tipo de control químico.

#### **6.4.6 VARIABLES DE RESPUESTA**

- A. Rendimiento en kilogramos por hectárea de maíz
- B. Número de inmaduros de Phyllophaga spp. vivos por  $0.30 \text{ m}^3$

### **6.5 TOMA DE DATOS EN EL CAMPO**

#### **6.5.1 MUESTREO DE Phyllophaga spp**

Para contar el número de inmaduros de Phyllophaga spp. se procedió al momento de la cosecha, a perforar un área de 1 m de largo por 1 m de ancho y 0.30 m de profundidad en todas las unidades experimentales. Se contó la cantidad total de inmaduros de Phyllophaga spp por los  $0.30 \text{ m}^3$ . Los datos se registraron anotando la unidad experimental a que correspondía.

#### **6.5.2 RENDIMIENTO DE MAÍZ EN kg/ha**

Respecto al rendimiento se cosechó el maíz de la unidad experimental correspondiente a 32 plantas y el peso que se obtuvo en kilogramos se multiplicó por el factor 1,041.66 para obtener el rendimiento en kilogramos por hectárea de maíz.

### **6.6 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DE LA SEGUNDA FASE**

Para el rendimiento de maíz en kg/ha y el número de inmaduros de Phyllophaga spp. vivos por  $0.30 \text{ m}^3$  de suelo se realizó una prueba de t, los resultados se graficaron bajo la curva de t para establecer la región de rechazo y de aceptación de la hipótesis nula, con el objeto de interpretar si existe diferencia significativa entre usar Diplogasteritus spp y control químico para el control de Phyllophaga spp.

## 6.7 ANÁLISIS ECONÓMICO

En lo referente a este aspecto se empleó la metodología para la prueba de “presupuestos parciales”, a fin de determinar si se tiene ganancia o pérdida por cada 100 quetzles que se inviertan en la producción y aplicación del Diplogasteritus al suelo para el control de las larvas de gallina ciega Phyllophaga spp.

## 7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 7.1 RESULTADOS DE LA PRIMERA FASE: EVALUACIÓN DE 4 MEDIOS CON GALLINA CIEGA PARA LA ALIMENTACIÓN Y PRODUCCIÓN DE Diplogasteritus spp.

#### 7.1.1 ANDEVA PARA LA VARIABLE NÚMERO DE NEMATODOS POR 100 CC DE MEDIO

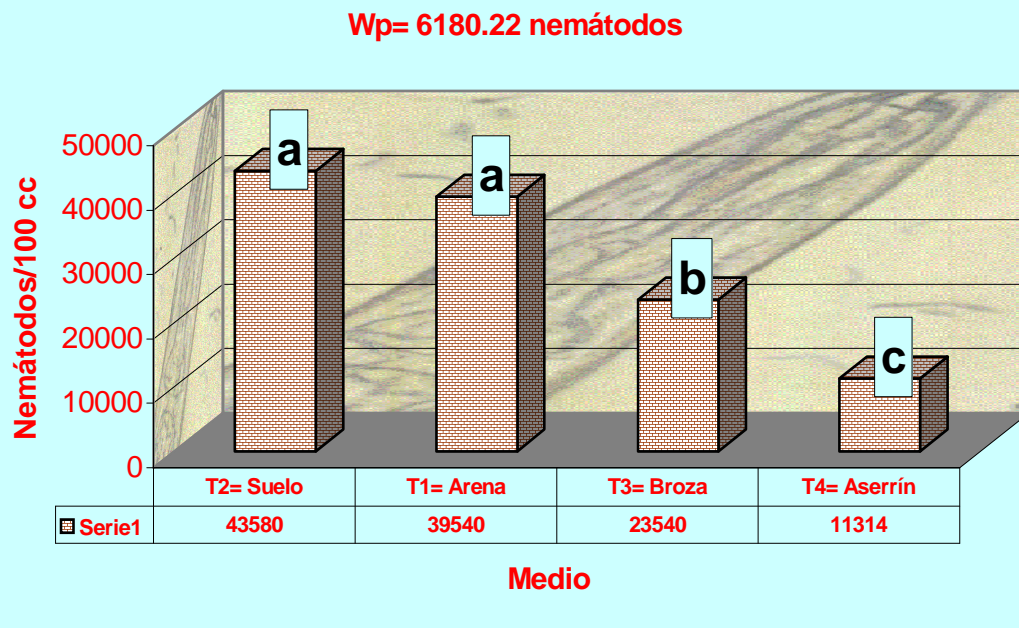
En el Cuadro 1 se presenta el resumen del análisis de varianza para la variable número de nematodos juveniles del tercer estadio de Diplogasteritus spp. por 100 cc de cada medio evaluado.

**Cuadro 1. Resumen del ANDEVA para la variable número de nematodos por 100 cc de medio.**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.c	Ft <sub>0.01</sub>
Medios	3	3326500135	1108833378	95.05	5.29
Error	16	186657920	11666120		
Total	19	3513158055			
<b>C.V.%= 11.58</b>					

Como se aprecia en el Cuadro 1, existen diferencias altamente significativas entre el número de nematodos por 100 cc de medio, puesto que el valor de F calculada es mayor que el valor de F tabulada al uno por ciento de significancia. Además se aprecia que el experimento se condujo adecuadamente, puesto que el coeficiente de variación es de 11.58 por ciento, menor al 20 por ciento aceptado en trabajos de investigación agrícola.

Por haberse presentado diferencias significativas entre los 4 medios evaluados se procede a presentar a continuación los resultados de la prueba múltiple de medias de Tukey (Figura 10).



**Figura 10. Presentación gráfica de la prueba múltiple de medias de Tukey.**

Como se aprecia en la Figura 10, el medio conteniendo gallina ciega como medio de nutrición para el nematodo benéfico *Diplogasteritus* spp., que presentó la mayor población de juveniles del tercer estadio a los 45 días después de la inoculación fue el suelo de la comunidad y arena blanca cernida, ambos medios se ubican en el primer lugar puesto que no existen diferencias significativas entre ellos al ser su diferencia de medias menor que el comparador  $W_p = a$  6,180 nemátodos por 100 cc de sustrato. En el medio de suelo se contabilizaron 43,580 nemátodos por 100 cc de suelo y en arena blanca cernida se contabilizaron 39,540 nemátodos por 100 cc de arena.

El segundo y tercer lugar lo ocuparon los medios broza de la comunidad y aserrín con poblaciones del tercer estadio de 23,540 y 11,314 nemátodos por 100 cc de sustrato respectivamente.

Importante es indicar que a los 45 días después de la inoculación las gallinas ciegas en los medios de suelo de la comunidad y arena blanca cernida, las 20 gallinas ciegas habían sido consumidas por los nematodos, puesto que manifestaban una coloración rojizo oscuro y prácticamente solo presentaban la parte cefálica; en tanto que en el sustrato de broza de la comunidad se encontraron 8 gallinas ciegas vivas y en el sustrato de aserrín se encontraron 12 gallinas ciegas muertas pero no debido a

Diplogasteritus spp., puesto que el cuerpo estaba entero de coloración muy oscura y flácido por dentro, pero bajo microscopio no mostraron la presencia de Diplogasteritus spp.

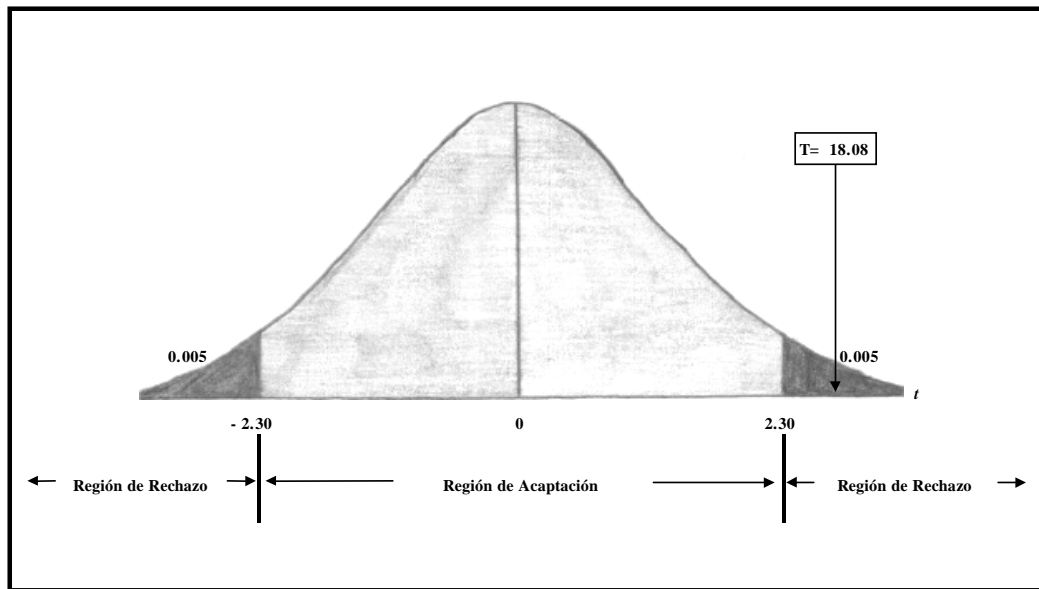
De lo anteriormente descrito deriva de que probablemente en los medios suelo de la comunidad y arena blanca cernida los nematodos juveniles del tercer estadio (infecto juvenil) tuvieron la facilidad de moverse, puesto que el espacio poroso es más reducido, en tanto que en el sustrato de broza la movilidad no fue posible por lo que las gallinas ciegas no se infestaron apropiadamente y lograron sobrevivir (las larvas de gallina ciega) al tener un medio adecuado de alimento; por otro lado en el sustrato de aserrín se asume que los nematodos tuvieron dificultad para moverse por existir demasiados espacios grandes entre las partículas de aserrín y comparativamente con el tamaño de los nematodos fueron grandes distancias que no pudieron recorrer, además en éste sustrato las gallinas ciegas murieron probablemente debido a la liberación de algún tipo de resinas tóxicas para éstas.

## **7.2 RESULTADOS DE LA SEGUNDA FASE**

Para la segunda fase se inocularon terrenos cultivados con maíz de los agricultores de Aztlán, en los cuales se constató previamente que presentaban como promedio 45 larvas de gallina ciega por 0.30 m<sup>3</sup>. El nematodo Diplogasteritus spp. que se inoculó provenía del sustrato de suelo de la comunidad.

### **7.2.1 NÚMERO DE GALLINAS CIEGAS VIVAS POR 0.30 m<sup>3</sup> DE SUELO**

Los resultados obtenidos del número de gallinas ciegas vivas por 0.30 m<sup>3</sup> de suelo cultivado con maíz al momento de la cosecha, en un diseño de parcelas apareadas se sometió a la prueba de t cuyos resultados se presentan en la Figura 11.

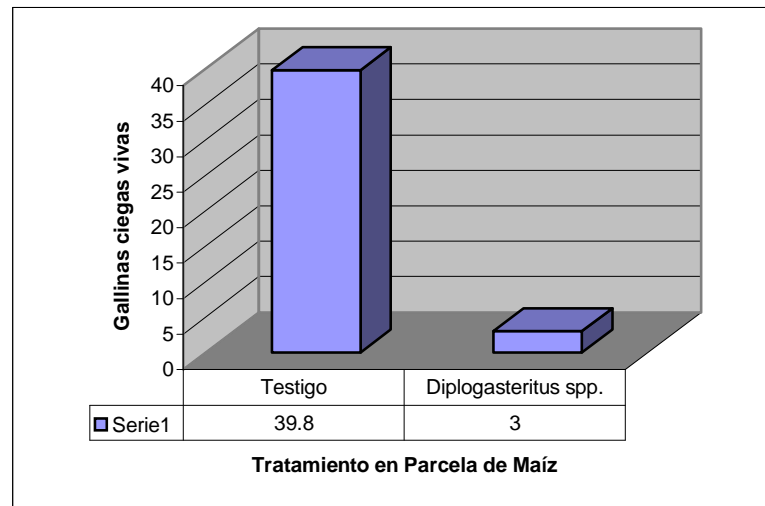


**Figura 11. Gráfica mostrando las regiones de aceptación y rechazo para la hipótesis nula planteada sobre la población de gallinas ciegas en  $0.30 \text{ m}^3$  de suelo.**

Según la gráfica de la prueba de  $t$ , se aprecia que el estadístico  $T$  cae dentro de la región de rechazo de la hipótesis nula, en tal sentido se rechaza la hipótesis nula de que la población de gallinas ciegas vivas presentes en la parcela de maíz tratada con Diplogasteritus spp., es igual a la población de gallinas ciegas presente en la parcela cultivada con maíz y sin inoculación de Diplogasteritus spp.

En tal sentido se acepta la hipótesis alternativa de que uno de los dos tratamientos presenta una población de gallinas ciegas mayor que el otro.

Las medias de la población de gallinas ciegas en ambas parcelas se presenta en la Figura 12.



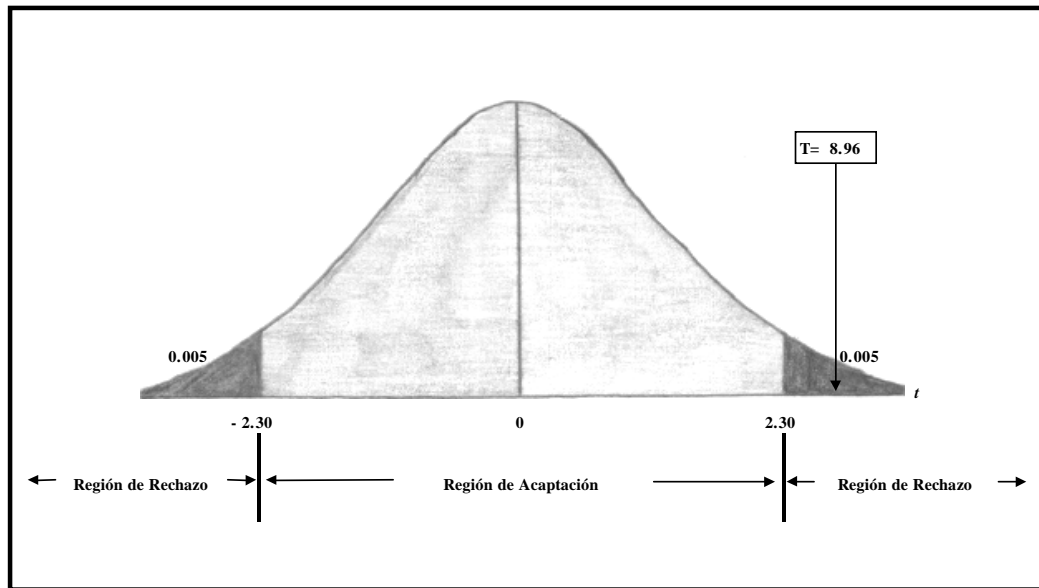
**Figura 12. Promedio de gallinas ciegas vivas presentes en 0.30 m<sup>3</sup> de suelo cultivado con maíz, al momento de la cosecha.**

En la Figura 12, se aprecia que en el suelo cultivado con maíz en que se aplicó control biológico de la gallina ciega por medio de Diplogasteritus spp., la población de gallinas ciegas vivas al momento de la cosecha fue de tan solo 3 por 0.30 m<sup>3</sup>, en tanto que en la parcela testigo absoluto, es decir sin ningún tipo de control de plagas del suelo la población de gallinas ciegas al momento de la cosecha fue de 39.8 por 0.30 m<sup>3</sup> de suelo.

En tal sentido se aprecia que la inoculación de Diplogasteritus spp. al suelo cultivado con maíz e infestado con altas poblaciones de gallinas ciegas si es efectivo para el control ya que reduce las poblaciones de éstas. Empleando control biológico a través del nematodo benéfico Diplogasteritus spp. la población de larvas de gallina ciega en el suelo se reduce en un 93.33 por ciento.

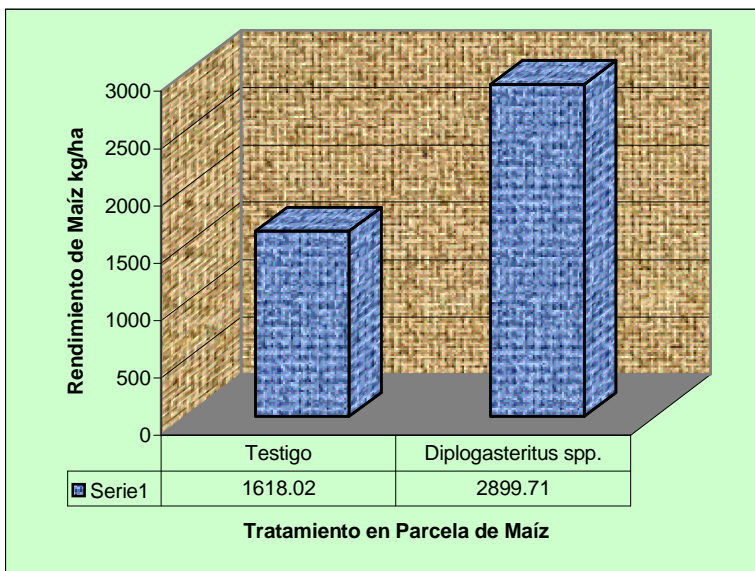
### 7.2.2 RENDIMIENTO DE MAÍZ EN kg/ha

En la Figura 13, se presenta los resultados de la prueba de t para la variable rendimiento de maíz en kg/ha.



**Figura 13.** Gráfica mostrando las regiones de aceptación y rechazo para la hipótesis nula planteada sobre el rendimiento de maíz en kg/ha.

En la Figura 13, se aprecia que el estadístico de prueba cae en la región de rechazo de la hipótesis nula, es decir que el rendimiento de maíz obtenido en la parcela tratada con Diplogasteritus spp., es diferente al rendimiento obtenido en la parcela testigo. Las medias de los rendimientos de ambas parcelas se presentan en la figura 14.



**Figura 14.** Rendimiento de maíz en kg/ha obtenido en parcelas tratadas con Diplogasteritus spp., y sin control de la gallina ciega.

Se aprecia en la Figura 14, que el rendimiento obtenido en las parcelas en que se controló la gallina ciega biológicamente con Diplogasteritus spp. fue superior al rendimiento en las parcelas testigo (donde no se controlaron plagas del suelo). En las parcelas en que se controló la gallina ciega con Diplogasteritus spp, el rendimiento de maíz en kilogramos por hectárea fue superior que el testigo en 179.21 por ciento, siendo esta diferencia significativa al uno por ciento de significancia.

En general se puede decir que la población de gallinas ciegas presentes en el suelo, efectivamente afectan el libre desarrollo de las plantas de maíz de tal manera que limitan su rendimiento y que el empleo del nematodo Diplogasteritus spp, como medio para minimizar las poblaciones de gallina ciega del suelo es efectivo.

### 7.3 ANÁLISIS ECONÓMICO

El análisis económico a que fueron sometidos los datos es el de presupuestos parciales. El Cuadro 2 presenta el análisis de dominancia de los tratamientos evaluados y como se aprecia el tratamiento 2 es no dominado puesto que al aumentar el costo variable también se aumenta el beneficio neto y es mayor que el tratamiento 1.

**Cuadro 2. Resultados del análisis de dominancia para los tratamientos evaluados.**

Tratamiento	Costo Variable	Beneficio Neto	Dominancia
1: Testigo (Sin control de plagas del suelo)	Q. 0.00	Q. 1,780.00	Nd
2: <u>Diplogasteritus</u> spp.	Q. 545.00	Q. 2,645.00	Nd

En el Cuadro 3, se presentan los resultados de la tasa marginal de retorno.

**Cuadro 3. Tasa marginal de retorno**

Tratamiento	C. Variable	C. Var. Marg	B. Neto	B. N. Marginal	TMR	TMR %
1	Q. 0.00		Q. 1780.00			
2	Q. 545.00	Q. 545.00	Q. 2645.00	Q. 865.00	Q. 1.59	159

En el Cuadro 3, se aprecia que al emplear en el cultivo de maíz, para el control de larvas de gallina ciega del suelo, Diplogasteritus spp., por cada Q. 100.00 que se inviertan en la producción y aplicación del entomopatígeno al cultivo, se recuperarán los Q. 100.00 quetzales invertidos y además se tendrá una ganancia de Q. 159.00.

En tal sentido si es beneficioso que los agricultores de la Comunidad Agraria de Aztlán, Champerico, Retalhuleu, para el control de las larvas de gallina ciega produzcan ellos mismos su propio entomopatígeno Diplogasteritus spp., puesto que además de controlar las larvas de gallina ciega en un 93.33 por ciento, les permite debido a ello obtener un beneficio neto adicional de Q. 865.00 por hectárea.

## 8. CONCLUSIONES

1. Los mejores medios para contener gallina ciega y éstas servir de alimento al nematodo benéfico Diplogasteritus spp., son el suelo y la arena blanca cernida, ya que ofrecen poblaciones de juveniles del tercer estadio del nematodo de 43,580 y 39,540 nemátodos por 100 cc de medio.
2. La aplicación del nematodo benéfico Diplogasteritus spp., al pie de la mata de maíz a razón de 10 gr por planta reduce las poblaciones de larvas de gallina ciega en promedio en un 93.33 por ciento.
3. Cuando se emplea para el control de larvas de gallinas ciegas del suelo el nematodo entomopatógeno Diplogasteritus spp se obtienen rendimientos de maíz de 2,899.71 kilogramos por hectárea y tan solo 1,618.02 kg/ha cuando no se utiliza.
4. En términos económicos si es beneficioso que los agricultores de la comunidad agraria de Aztlán, Champerico, Retalhuleu, produzcan Diplogasteritus spp., para el control de larvas de gallina ciega, puesto que ofrece una tasa marginal de retorno de 169 % respecto al testigo.

## 9. RECOMENDACIONES

1. Bajo las condiciones de la comunidad agraria Aztlán, se recomienda emplear el suelo de la comunidad como medio para gallinas ciegas, de las cuales se alimentan y reproducen los nematodos entomopatógenos Diplogasteritus spp. ya que de esta manera se logra producir un producto biológico con no menos de 43,580 nemátodos del tercer estadio juvenil por 100 cc de suelo.
2. Para controlar adecuadamente las poblaciones de gallina ciega del suelo cultivado con maíz se recomienda aplicar 10 cc de suelo al pie de la mata de maíz, de esta manera se minimizan las poblaciones de gallina ciega hasta en un 93 por ciento, permite un adecuado desarrollo del maíz que puede ofrecer rendimientos de hasta 2,899.71 kilogramos por hectárea, lo cual deriva en un beneficio neto adicional de Q. 865.00 por hectárea.
3. Finalmente se recomienda que cuando se aplique el nematodo al suelo este debe estar húmedo y si la población de gallinas ciegas se controla totalmente en una temporada de cultivo, debe recordarse que para la próxima temporada si hay presencia de gallina ciega es necesario aplicar el nematodo de nuevo.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

1. AGRÍCOLA EL SOL. 2000. Productos para control biológico y manejo integrado de plagas, nematodos benéficos. ([www.agricolaelsol.com](http://www.agricolaelsol.com)).
2. BARAHONA, O.R. 1999. Diagnóstico de la comunidad agraria Aztlán, Champerico, Retalhuleu. Diagnóstico EPSA. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 58 p.
3. BIOLOGICAL CONTROL potencial of neoplectania nematodes. 1985. *Journal of Nematology (USA)* 85:19.
4. BURGESS, H.D. 1971. *Microbial control of insects and mites*. New York, Academic Press. p. 50-71.
5. BUSTILLO, P.A.F. 1987. Uso de entomopatógenos. *Revista del Proyecto MIP/CATIE (Costa Rica)* 2:32-50.
6. CRUZ, J.R. DE LA 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala, a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
7. CURSO INTERNACIONAL DE MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS (1987, Guatemala). Memoria de experiencias del control biológico en Guatemala. Guatemala, Asociación Guatemalteca de Manejo Integrado de Plagas. p. 168-180.
8. ESTRADA, O.H. 1990. Géneros y especies de insectos de la familia scarabaeidae (gallina ciega); diagnóstico e identificación. CATIE. *Boletín Informativo MIP*. 18:5.
9. GUATEMALA. INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGRÍCOLAS. 1988. Informe técnico; laboratorio integral de protección agrícola. 40 p.
10. GUATEMALA. INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL. 1972. Atlas geográfico de la república de Guatemala. Guatemala. s.p.
11. KHUONG, B. 2000. Identification of nematode genera in the order diplogasterida. University of Florida. (<http://gmv.infus.ufl.edu/kbn/khuong/htm>).
12. KING, A.B.S. 1994. Biología e identificación de Phyllophaga de importancia económica en América Central. En: Seminario Taller Centroamericano sobre la Biología y Control de Phyllophaga (1994, Costa Rica). Memorias. Costa Rica, Asociación de Manejo Integrado de Plagas. sp.
13. MAGGIORANI, A. 2001. Uso de nematodos entomopatógenos como una alternativa para el control de insectos plaga. ([www.ceniap.gov.ve/publica/divulga/fd54/nematodos.htm](http://www.ceniap.gov.ve/publica/divulga/fd54/nematodos.htm)).

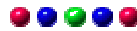
14. MONTERROSO, M.A.P. 1990. Evaluación de patogenicidad de un nemátodo entomofago y tres cepas de hongos entomopatógenos en control de las cochinillas de las raíces de café a nivel de laboratorio. Tesis Ing. Agr. Quetzaltenango, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario de Occidente, Facultad de Agronomía. p. 8-16.
15. MORÓN, M.A. 1994. Diagnóstico y taxonomía de Phyllophaga en Centroamérica. En: Seminario Taller Centroamericano sobre la Biología y Control de Phyllophaga (1994, Costa Rica). Memorias. Costa Rica, Asociación de Manejo Integrado de Plagas. p. 62-69.
16. POINAR, G. 1975. Entomogenous nematodes. Berkeley, California, USA, University of California, Division of Entomology and Parasitology. p. 38-45.
17. REYES CASTAÑEDA, P. 1982. Diseño y análisis de experimentos aplicados. México, Trillas. 349 p.
18. ROSALES, L.C.; SUÁREZ, Z. 1999. Nematodos entomopatógenos: II. uso en control biológico. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Departamento de Protección Vegetal. Laboratorio de Nematología. ([www.fonapyme.iic/divulga/nema.htm](http://www.fonapyme.iic/divulga/nema.htm)).
19. SHANNON, P. 1994. Control microbiano de Phyllophaga spp. En: Seminario Taller Centroamericano sobre la Biología y Control de Phyllophaga (1994, Costa Rica). Memorias. Costa Rica, Asociación de Manejo Integrado de Plagas. p. 80-93.
20. SIMMONS, CH.; TARANO, J.M.; PINTO, J.H. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado. Guatemala, José de Pineda Ibarra. 1000 p.
21. VELASQUEZ, M. 1991. Control biológico de la gallina ciega *Phyllophaga* spp. con hongos y nemátodos. CATIE. Boletín informativo MIP (C.R.) 18:3.
22. WERLEYK, A. s.f. Xenoharbdus-nematode complexes as bioinsecticides. ([www.vark.edu/simbio/bact.htm](http://www.vark.edu/simbio/bact.htm)).
23. WETTBER, J.P. 2000. Entomopathogenic nematodes in biological control: Diplogasteridae. ([www.itis.usda.gov.ce/data/divulga/sfe8/diplogas/gasternem.htm](http://www.itis.usda.gov.ce/data/divulga/sfe8/diplogas/gasternem.htm)).

## 11. ANEXO

## IDENTIFICATION OF NEMATODE GENERA IN THE ORDER DIPLOGASTERIDA

Khuong B. Nguyen  
University of Florida

The illustrations (collected from different sources mentioned in the text), the key and the diagnoses in this document were prepared for students in the course Nematode Taxonomy and Systematics. Other users are welcome.



- 1- Procorpus and metacarpus fused to form long muscular corpus .....2  
 Procorpus and metacarpus distinct ..... **DIPLOGASTEROIDEA** 6
- 2 (1)- Corpus greatly enlarged, stoma long slender, tooth  
 absent ..... **CYLINDROCORPOROIDEA**  
 Only one family..... **Cylindrocorporidae** ..3
- Corpus strongly enlarge but longer, stoma wide, short  
 with tooth and denticles ..... **ODONTOPHARYNGOIDEA**  
 One family..... **Odontopharyngidae**  
 Only one genus [\(Fig. 1\)](#) ..... **Odontopharynx**
- 3 (2)- Gonads paired.....4  
 Gonad single.....5
- 4 (3)- Bursa rudimentary, leptoderan or absent [\(Fig. 2\)](#) ..... **Myctolaimus**  
 Bursa easily seen, peloderan [\(Fig. 3\)](#) ..... **Myctolaimellus**
- 5 (3)- Male tail long, bursa leptoderan [\(Fig. 4\)](#) ..... **Protocylindrocorpus**  
 Male tail short, bursa peloderan [\(Fig. 5\)](#) ..... **Goodeyus**

### DIPLOGASTEROIDEA

- 6 (1)- Stoma with 2 U-shaped structures followed by narrow tube;  
 two knob-like structures present at end of tube..... **Tylopharyngidae**  
 Only one genus [\(Fig. 6\)](#) ..... **Tylopharynx**
- Stoma not as above.....7
- 7 (6)- Both median bulb and basal bulb muscular; median bulb with weak crescentic  
 valvular thickenings; basal bulb with valvular apparatus  
 ..... **Pseudodiplogasteroididae** 8  
 Basal bulb never muscular, never with valve .....9
- 8 (7)- Gonads paired [\(Fig. 7\)](#) ..... **Pseudodiplogasteroides**  
 Gonad single [\(Fig. 8\)](#) ..... **Protodiplogasteroides**
- 9 (7)- Stoma oblong with small ridge-like denticles on metarhabdion  
 ..... **Diplogasteroididae** 10

- Stoma wide, rarely oblong, usually with teeth, denticles or ridges on metarhabdion  
 ..... **Diplogasteridae** 15
- 10 (9)- Amphids large at mid-stoma level  
 ..... **Diplogasteroidinae** 11  
 Amphids small at the base of lateral lips..... **Rhabditolaiminae** 13
- 11 (10)- Female gonad single ([Fig. 9](#)) ..... **Diplogasteroides**  
 Female gonads paired .....12
- 12 (11)- Cheilorhabdion short, not cuticularized ([Fig. 10](#)) ..... **Goffartia**  
 Cheilorhabdion longer, cuticularized ([Fig. 11](#)) ..... **Paramonovnema**
- 13 (10)- Gonad single ([Fig. 12](#)) ..... **Rhabditolaimus**  
 Gonads paired.....14
- 14 (13)- Stoma long, 5 times as long as wide, female tail  
 conical ([Fig. 13](#)) ..... **Dirhabdilaimus**  
 Stoma shorter, about 3 times as long as wide, female  
 tail subulate or filiform ([Fig. 14](#)) ..... **Rhabdontolaimus**
- 15 (9)- Body asymmetrical, left side with wards, right side with longitudinal ridges  
 ..... **Heteropleuronematinae**  
 Only one genus ([Fig. 15](#)) ..... **Heteropleuronema**  
 Body symmetrical, both sides similar .....16
- 16 (15)- Median bulb elongate, dorsal metarhabdion with a  
 broad median ridge..... **Demaniellinae** 17  
 Median bulb not elongate; metarhabdion with tooth,  
 teeth or denticles..... **Diplogasterinae** 18
- 17 (16)- Lip edges thickened; female gonads paired ([Fig. 16](#)) ..... **Demaniella**  
 Lip edges not thickened; female gonad single ([Fig. 17](#)) ... **Metadiplogaster**
- 18 (16)- Gonad single .....19  
 Gonads paired .....20
- 19 (18)- Cheilostom about twice as long as protostom ([Fig. 18](#)) ..... **Monobutlerius**  
 Cheilostom as long as or shorter than protostom ([Fig. 19](#)) ..... **Acrosticus**
- 20 (18)- Cheilorhabdion divided into 18 ribs; metarhabdion with 2 large teeth; telostom  
 very long (4 times as long as wide) with 2 wing-like structures at its base  
 ([Fig. 20](#)) ..... **Neodiplogaster**  
 Cheilorhabdion not so; number of teeth variable, telostom much shorter.....21
- 21 (20)- Spermatheca (uterus) kidney-shaped.....22  
 Spermatheca (uterus) not kidney-shaped.....23
- 22 (21)- Female with stomatal dimorphism, tail conical, spicules with strong hook at  
 the end ([Fig. 21](#)) ..... **Aduncospiculum**

- Female without stomatal dimorphism, tail long and fine spicules never with a hook  
([Fig. 22](#)) ..... *Diplogasteritus*
- 23 (21)- Female tail very short, less than 2 anal body widths ([Fig. 23](#)) .. *Diplenteron*  
Female tail longer..... 24
- 24 (23)- Dorsal metarhabdion with claw-like tooth .....25  
Dorsal metarhabdion with hump-like (protruding), pyramidal, thorn-like tooth  
or with ridges .....33
- 25 (24)- Stoma 2 forms: *stenostoma* similar to *Paroigolaimella* but narrower; *eurystoma*  
similar to *Mononchoides*; right subventral metarhabdion with a tooth or plate, the  
left one with dentate structure; telostom veryshort ([Fig. 24](#)) .... *Pristionchus*  
Stoma normal, not as above.....26
- 26 (25)- Right-subventral metarhabdion also with a claw-like tooth (in addition to the  
dorsal claw-like tooth).....27  
No claw-like tooth on left or right subventral metarhabdion (in addition to the  
dorsal claw-like tooth).....31
- 27 (26)- Lip ring with 12-18 ribs, each rib bifid at its anterior end .....28  
Lip ring without bifid ribs.....29
- 28 (27)- Telostom almost as long as protostom ([Fig. 25](#)) ..... *Mononchoides*  
Telostom very short, about one third of protostom ([Fig. 26](#)) ..... *Factor*
- 29 (27)- Lip ring deeply grooved by incisions; each groove with a single anterior  
process.....30  
  
Lip ring without grooves, telostom cylindrical or funnel-shaped with two knob-  
like teeth at base ([Fig. 27](#)) ..... *Koerneria*
- 30 (29)- Stoma as long as wide, telostom very short ([Fig. 28](#)) ..... *Oigolaimella*  
Stoma longer than wide, lip ring with 6 grooves,  
telostom long ([Fig. 29](#)) ..... *Micoletzkyia*
- 31 (26)- Lip ring as in *Mononchoides*, claw-like tooth raised, subventral metarhabdion  
smooth ([Fig. 30](#)) ..... *Eudiplogasterium*  
Stoma not as above.....32
- 32 (31)- Spicules fused ([Fig. 31](#)) ..... *Pareudiplogaster*  
Spicules not fused ([Fig. 32](#)) ..... *Glauxinema*
- 33 (24)- Stoma with 6 teeth, 2 subdorsal and 4 subventral, meso, meta and telorhabdion  
fused ([Fig. 33](#)) ..... *Gerthornus*  
Number of teeth less than 6; meso, meta and telorhabdion not fused.....34
- 34 (33)- Dorsal metarhabdion pyramidiform with 2 inclined ridges, male with large bursa  
([Fig. 34](#)) ..... *Diplogasteriana*  
Dorsal metarhabdion not pyramidiform, male may have rudimentary bursa..35

- 35 (34)- Stoma wide, lip region with 12 grooves, dorsal metarhabdion with a thorn-like tooth, subventral metarhabdion with rasp or wart plates ([Fig. 35](#)) ..... *Paroigolaimella*  
Stoma not as above.....36
- 36 (35)- Dorsal metarhabdion with a humped tooth; subventral metarhabdion with two small humps in tandem ([Fig. 36](#)) ..... *Allodiplogaster*  
Dorsal metarhabdion with large or small tooth or teeth, subventral metarhabdion without two small humps in tandem.....37
- Dorsal metarhabdion with two hook-like teeth or the whole metarhabdion with 3 almost the same size, triangular teeth..... 40
- 37 (36)- Cheilostom longer than promesostom.....38  
Cheilostom equal to or shorter than promesostom.....39
- 38 (37)- Esophagus close to *Odontopharynx* but with a valve in swollen median bulb; one dorsal and one smaller subventral tooth present on metarhabdion; head with 6 prominent setose papillae ([Fig. 37](#)) ..... *Butlerius*
- Esophagus typical diplogasteroid; dorsal metarhabdion with a large pyramidal tooth, subventral metarhabdion with a small sclerotized tooth; head with small papillae ([Fig. 38](#)) ..... *Diplogaster*
- 39 (37)- Cheilostom as long as promesostom; dorsal metarhabdion with a small tooth; spicules fused, tail spicate ([Fig. 39](#)) ..... *Masseys*
- Cheilostom shorter than promesostom; dorsal tooth large; spicules not fused, tail filiform, very long ([Fig. 40](#)) ..... *Mesodiplogasteroides*
- 40 (35)- All three teeth in the stoma large, triangular, almost equal in size; cheilostom and promesostom almost equal ([Fig. 41](#)) ..... *Anchidiplogaster*  
Dorsal metarhabdion with 2 hook-like teeth, left subventral segment with axe-shaped tooth, right subventral with 2 small pyramidal teeth; cheilorhabdion and promesorhabdion fused to form an inverted funnel ([Fig. 42](#))  
..... *Paradoxogaster*

**DATOS DE CAMPO Y ANÁLISIS PARA EL NÚMERO DE LARVAS  
DE GALLINA CIEGA VIVAS POR 0.30 m<sup>3</sup> DE SUELO  
CULTIVADO CON MAÍZ, EN AZTLÁN, CHAMPERICO, RETALHULEU.**

<b>Gallinas ciegas vivas por 0.30 m<sup>3</sup></b>		
<b>Tratamientos</b>		
<b>Terreno</b>	<b>Testigo</b>	<b>Diplogasteritus spp.</b>
1	42	4
2	36	3
3	39	1
4	46	2
5	36	5
<b>Media</b>	<b>39.8</b>	<b>3</b>

**Resultados de la prueba de t para el número de gallinas ciegas vivas**

	<b>Testigo</b>	<b>Diplogasteritus spp.</b>
Media	39.8	3
Varianza	18.2	2.5
Observaciones	5	5
Varianza agrupada	10.35	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	8	
Estadístico t	18.08621329	
P(T<=t) una cola	4.48355E-08	
Valor crítico de t (una cola)	1.85954832	
P(T<=t) dos colas	8.96711E-08	
Valor crítico de t (dos colas)	2.306005626	

**DATOS DE CAMPO Y ANÁLISIS PARA EL RENDIMIENTO DE MAÍZ  
EN KILOGRAMOS POR HECTÁREA  
EN AZTLÁN, CHAMPERICO, RETALHULEU.**

<b>Rendimiento de maíz en Kg/Ha</b>		
	<b>Tratamientos</b>	
<b>Terreno</b>	<b>Diplogasteritus spp.</b>	<b>Testigo</b>
<b>1</b>	2727.00	1590.75
<b>2</b>	2954.25	1545.30
<b>3</b>	2545.20	1772.55
<b>4</b>	3090.60	1363.50
<b>5</b>	3181.50	1818.00
<b>Media</b>	<b>2899.71</b>	<b>1618.02</b>

**Resultados de la prueba de t para el rendimiento de maíz en Kg/ha**

	<b>Diplogasteritus spp.</b>	<b>Testigo</b>
Media	2899.71	1618.02
Varianza	68581.323	33670.95075
Observaciones	5	5
Varianza agrupada	51126.13688	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	8	
Estadístico t	8.962548339	
P(T<=t) una cola	9.55395E-06	
Valor crítico de t (una cola)	1.85954832	
P(T<=t) dos colas	1.91079E-05	
Valor crítico de t (dos colas)	2.306005626	

**Juveniles del tercer estadio por 100 cc de medio**

	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>Media</b>
<b>T1= Arena</b>	39000	40150	42400	35800	40350	<b>39540</b>
<b>T2= Suelo</b>	41000	45800	39950	47900	43250	<b>43580</b>
<b>T3= Broza</b>	20900	19500	25050	28900	23350	<b>23540</b>
<b>T4= Aserrín</b>	6420	16250	9350	14650	9900	<b>11314</b>