

**CONTROL EN CAMPO DE *Delia platura* (Meigen, 1826) con *Steinernema* sp3. JCL027 y
Heterorabditis bacteriophora HNI0100**

DAVID CAMILO CORREDOR MAYORGA

TRABAJO DE GRADO

Presentado como requisito para optar al título de

BIÓLOGO

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA

FACULTAD DE CIENCIAS

BIOLOGÍA

Bogotá D. C.

Mayo de 2012

**CONTROL EN CAMPO DE *Delia platura* (Meigen, 1826) con *Steinernema* sp3. JCL027 y
Heterorabditis bacteriophora HNI0100**

DAVID CAMILO CORREDOR MAYORGA

INGRID SCHULER Ph. D.

Decana Académica

Facultad de Ciencias

ANDREA FORERO

Directora Carrera de Biología

Facultad de Ciencias

**CONTROL EN CAMPO DE *Delia platura* (Meigen, 1826) con *Steinernema* sp3. JCL027 y
Heterorabditis bacteriophora HNI0100**

DAVID CAMILO CORREDOR MAYORGA

ADRIANA SÁENZ APONTE M. Sc.

Directora

LUZ STELLA FUENTES M. Sc.

Jurado

NOTA DE ADVERTENCIA

Artículo 23 de la resolución No 13 de Julio de 1946

“La universidad no se hace responsable por los conceptos emitidos por sus alumnos en sus trabajos de tesis. Sólo velara porque no se publique nada contrario al dogma y a la moral católica, y por que las tesis no contengan ataques personales contra persona alguna, antes bien se vea en ellas el anhelo de buscar la verdad y la justicia”

Tabla de contenido

Resumen	7
1. Introducción.....	8
2. Justificación.....	9
3. Marco teórico	11
3.1. Cultivo de espinaca	11
3.1.1. Origen.....	11
3.1.2. Clasificación taxonómica	11
3.1.3. Morfología.....	11
3.1.4. Desarrollo de la planta.....	12
3.1.5. Condiciones agroecológicas	12
3.2. Mosca de la semilla (<i>Delia platura</i>).....	13
3.3. Nemátodos entomopatógenos.....	14
4. Objetivos	14
4.1. Objetivo General	14
4.2. Objetivos específicos.....	15
5. Metodología.....	15
5.1. Área de Estudio	15
5.2. Obtención de Nemátodos	15
5.3. Ensayo de Campo	15
5.4. Análisis estadístico	16
6. Resultados	17

6.1.	Nematodos entomopatógenos.....	17
6.2.	Tiempo de aplicación	19
7.	Discusión.....	21
8.	Conclusiones	23
9.	Recomendaciones.....	23
10.	Bibliografía.....	24
10.1.	Libros	24
10.2.	Artículos científicos	24
10.3.	Tesis doctorales y trabajos de grado de maestría	27
10.4.	Referencias de internet	27

Resumen

Delia platura es una plaga que ocasiona altas pérdidas económicas a los productores en diferentes cultivos alrededor del mundo. En Colombia, ataca al cultivo de espinaca (*Spinacea oleracea* L.) destruyendo el tallo y raíz de las plantas o inhibiendo su punto de crecimiento. El método de control para *D. platura* es a través de la implementación de productos químicos, los cuales han generado problemas para el ambiente y la salud humana. Como una forma de reemplazar el uso de químicos, se han desarrollado trabajos con base en controladores biológicos como los nemátodos entomopatógenos, los cuales han demostrado una alta efectividad para el control de plagas. Con este trabajo se evaluó el control de *Steinernema* sp3. JCL027 y *Heterorhabditis bacteriophora* HNI0100 sobre *Delia platura* bajo condiciones de campo. Para ello se tuvo en cuenta presencia de brotes, daño al cogollo y número de hojas, desde la germinación a la cosecha. El diseño utilizado correspondió a un diseño de bloques completamente al azar (BCA) con arreglo factorial 4*3 (nemátodos*tiempo de aplicación) en un lote de espinaca ubicado en Cota, Cundinamarca. Los resultados obtenidos mostraron que ambas especies de nemátodos ejercen un adecuado control sobre la plaga, con una efectividad superior al 40%, y el tiempo de aplicación debe ser especialmente en la etapa de germinación y cosecha donde *D. platura* ocasiona el mayor daño en el cultivo. Por lo tanto se concluye que *Steinernema* sp3. JCL027 y *Heterorhabditis bacteriophora* HNI0100 son agentes de control efectivos sobre la mosca de la semilla en espinaca.

Palabras clave. *Steinernema* sp3., *Heterorhabditis bacteriophora*, *Delia platura*, *Spinacea oleracea*

1. Introducción

Delia platura (Diptera: Anthomyiidae) conocida como la mosca de la semilla es una plaga limitante para los cultivos de habichuela, arveja, repollo, nabo, remolacha, cebolla, rábano, espinaca, entre otras, en todo el mundo (Capinera 2001). En Colombia, ocasiona fuertes pérdidas económicas sobre diversos cultivos, especialmente el cultivo de espinaca (Gil *et al.* 2007), donde reduce la producción hasta en un 40%, como sucede en el municipio de Cota, uno de los principales productores en Colombia. El daño que ocasiona *D. platura* es a través de la larva que mina tallo, raíz o punto de crecimiento de la planta durante los periodos de germinación y cosecha del cultivo (Gil *et al.* 2007; Celeita 2010), originando deformación en las hojas o causando la pérdida total de la planta (Gouinguéné y Städler 2006).

En la actualidad el método de control de *D. platura* está relacionado con el uso constante de productos químicos como “monitor 600” (organofosforado); además de prácticas culturales como: rotación de cultivos, preparación del suelo, control de arvenses, manejo en la fertilización, control de la humedad del suelo, entre otras (Bonilla 2011); sin garantizar un control efectivo para la plaga.

La utilización de plaguicidas sobre los cultivos de producción de alimentos, en los últimos años han adquirido importancia, debido a la asociación de los residuos químicos con los productos alimenticios, los cuales tienen efectos negativos en la salud y el ambiente (Santiago 2000, Gil *et al.* 2007; Toepfer *et al.* 2010; Xu *et al.* 2010), que al mismo tiempo aumentan los costos de producción y aumentan el desequilibrio en los ecosistemas (Lucero *et al.* 2006); razón por la cual se torna indispensable establecer nuevas alternativas que permitan el desarrollo de sistemas y estrategias para el control eficiente y sostenible de las plagas. A partir de esta perspectiva, desde hace varios años se ha planteado el uso del control biológico, entendido como el uso de enemigos exóticos o nativos para el control de plagas (Ehler 1998).

Uno de los organismos que más ha llamado la atención dentro del control biológico son los nemátodos entomopatógenos, considerados como una de las alternativas promisorias para el control de plagas dentro del campo agrícola, debido al impacto que generan y el tiempo en el cual se cumple el proceso de control. Los nemátodos poseen una amplio rango de características favorables en campo y laboratorio, que les permiten destacarse como uno de los métodos más efectivos para el control de plagas agrícolas (Hazir *et al.* 2003), algunas de las características son amplia gama de hospederos, rápida mortalidad a los hospedantes, facilidad en su reproducción, compatibilidad con algunos químicos, seguridad para los organismos que no son su objetivo y el medio ambiente, durabilidad, y capacidad de búsqueda hacia sus hospederos (Argotti *et al.* 2010), además de otorgarle al agricultor una mayor rentabilidad y economía en el cultivo (Nielsen 2003).

A partir de estudios experimentales con nemátodos sobre el cultivo de espinaca realizados en Cota, se ha determinado a estos organismos como controladores de *D. platura*, mostrando una efectividad superior al 40% (Celeita 2010, Jaramillo 2011). Las especies más promisorias para el control de *Delia platura* en Cota son *Steinernema* sp3. JCL027 y *Heterorhabditis bacteriophora* HNI0100; con dosis de 8000 JI por planta. A partir de esta información se hace importante evaluar los dos nemátodos bajo condiciones de campo y establecer el control que ejercen sobre la plaga.

2. Justificación

La espinaca es un cultivo de gran importancia a nivel mundial, que se cultiva en todos los continentes; la importancia radica en el aporte nutricional y alimenticio que ofrece la planta, además de las propiedades benéficas que le otorga al organismo (Jiménez y Gil 2006). En Colombia se estima que se producen alrededor de 4000 toneladas anuales de espinaca con un rendimiento de 19 Ton/Ha, pero con los planes de desarrollo y diferentes acuerdos económicos planteados para el país (tratados de libre comercio), se torna como un cultivo promisorio con alto desarrollo y crecimiento a nivel industrial (Jiménez y Zuluaga 2006; Jiménez y Gil 2006; Bonilla 2011).

En Colombia los principales departamentos que producen espinaca son Boyacá, Cundinamarca, Santander y Antioquia (Bonilla 2011). Dentro del departamento de Cundinamarca (uno de los principales productores de Colombia, con un aporte superior al 30%), el municipio de Cota, dedica alrededor de 90 hectáreas en área de siembra para el cultivo de espinaca. El cultivo se realiza a partir de prácticas culturales y poco tecnificadas (Jiménez y Gil 2006), lo que conlleva a un frecuente deterioro de los suelos y baja productividad del cultivo; sin dejar de lado los múltiples problemas que se asocian al agricultor como pérdidas a causa de las plagas o las enfermedades del cultivo.

Una de las plagas que más ocasiona pérdidas para los productores de espinaca en Cota, es la mosca de la semilla *Delia platura*, la cual ocasiona pérdidas superiores al 40% en las primeras semanas de desarrollo del cultivo o durante el ciclo de cosecha. El daño que ocasiona es la pérdida total de la plántula o un crecimiento inadecuado de ésta, causando una reducción en el número de hojas o acortamiento de raíz de la planta (menor crecimiento) (Gil *et al.* 2007; Celeita 2010; Jaramillo, 2011). El método de defensa ante el ataque de *D. platura* que poseen los agricultores de Cota consiste en el continuo uso de productos químicos (Gil *et al.* 2007), los cuales poseen un alto impacto no sólo sobre la plaga, sino también sobre el medio ambiente, el consumidor y productor debido a los materiales nocivos que deja sobre las plantas, convirtiendo de esta manera al cultivo en un fuerte reto de producción, con altas demandas en mantenimiento, nutrición y control desde su germinación hasta la cosecha (Jiménez y Zuluaga 2006; Jiménez y Gil 2006; Santiago 2000).

Como una forma de reducir cada uno de los problemas que conlleva el uso frecuente de productos químicos y tomando en cuenta ideas de innovación y reestructuración en los sistemas de cultivo, se torna promisorio implementar mecanismos de control biológico, especialmente el uso de organismos como agentes de control, como es el caso de nemátodos entomopatógenos (Nielsen 2003; Gil *et al.* 2007; Argotti *et al.* 2010; Rosales *et al.* 1999; Celeita 2010; Jaramillo 2011), los cuales a partir de amplias investigaciones han demostrado una alta eficacia y efectividad al momento de controlar diferentes plagas agrícolas asociadas al suelo, debido a sus características de comportamiento y desarrollo expresadas en diferentes pruebas de laboratorio y usadas en campo (Hazir *et al.* 2003; Sáenz y Olivares 2008).

Tomando en cuenta los parámetros analizados, para el estudio se tienen en cuenta pruebas de laboratorio y campo desarrolladas por Celeita (2010) y Jaramillo (2011) en donde se demuestra la eficacia de *Steinernema* sp3. JCL027 y *Heterorhabditis bacteriophora* HNI0100 sobre *Delia platura* con una mortalidad promedio del 50%, comprobando así, la eficiencia de estos organismos como agentes de control hacia la plaga.

3. Marco teórico

3.1. Cultivo de espinaca

3.1.1. Origen

La espinaca como cultivo tiene origen Chino, pero hacia el siglo XI fue introducida por España hacia toda Europa. Sus principales proveedores fueron Holanda, Inglaterra, Francia y posteriormente, se introdujo a América Latina (Jiménez y Gil 2006, Infoagro 2011). En Colombia la espinaca es un cultivo que lleva alrededor de 36 años (Gil *et al.* 2007), que tiene un mercado especialmente vinculado a las plazas mayoristas de Bogotá, en donde ingresan más de 3500 toneladas al año (Bonilla 2011).

3.1.2. Clasificación taxonómica

La espinaca es una planta perteneciente a la familia Chenopodiaceae y cuyo nombre científico es *Spinacea oleracea* L. (Jiménez y Gil 2006).

3.1.3. Morfología

La planta de espinaca se caracteriza por una raíz pivotante con desarrollo superficial y poco ramificada; tallo erecto que varía de 0,3 m a 1 m de longitud en el que se sitúan las flores. Sus hojas están dispuestas en roseta, caulíferas, de color verde, de forma y consistencia variables, con el peciolo cóncavo. Son plantas sexuales, es decir, hay plantas con flores masculinas y plantas

con flores femeninas; las flores masculinas se diferencian por su agrupación de 6-12 espigas terminales o axilares, formadas por un perianto con 4-5 pétalos y 4 estambres, y las femeninas se unen en glomérulos axilares formados por un perianto bidentado o tetrudentado, con ovarios unilobulares, un único estilo y el estigma dividido en 3-5 segmentos (Jiménez y Gil 2006).

3.1.4. Desarrollo de la planta

La espinaca posee cuatro etapas durante su desarrollo vegetativo y cinco etapas durante la fase reproductiva. Las etapas del desarrollo vegetativo son: 1. Germinación, cuya tiempo de duración es de una semana; 2. Desarrollo de hojas; 3. Formación de roseta; 4. Desarrollo de hojas cosechables, que se desarrollan en un tiempo de 7 a 11 semanas de acuerdo a la especie de espinaca que se cultive y es el producto considerado como aprovechable de la espinaca, y con el cual finaliza la etapa vegetativa e inicia la reproductiva. En esta última se da la aparición del órgano floral, floración, formación del fruto, maduración del fruto y semillas y senescencia (Jiménez y Gil 2006).

3.1.5. Condiciones agroecológicas

El cultivo de espinaca se desarrolla adecuadamente a una altura entre 2000 y 3000 msnm, con precipitaciones de 600 a 1000 mm por año, lo cual favorece una adecuada producción de tallos (Bonilla 2011). La espinaca es una planta que soporta temperaturas por debajo de los 0 °C, pero su rango óptimo de desarrollo es de 7 a 23 °C con máxima de 30 °C y mínima de 2 °C durante la germinación y máxima de 32 °C y mínima de 10 °C durante el crecimiento. Las temperaturas extremas reducen la producción y desequilibran el tiempo de desarrollo de cada una de las fases vegetativas (Bonilla 2011, Infoagro 2011).

Los suelos adecuados para el cultivo de espinaca son aquellos que poseen una textura franca o franco arenosa, debido a que le brindan una buena adaptación a la planta así como un buen sistema de drenaje, sin embargo se desarrolla adecuadamente en suelos con un alto porcentaje de materia orgánica. El nivel de acidez del suelo debe oscilar entre un pH de 6,5 a 6,8, ya que el cultivo es sensible en suelos ácidos (Bonilla 2011).

3.2. Mosca de la semilla (*Delia platura*)

Delia platura o mosca de la semilla es un insecto asociado al suelo, descrita por primera vez en Alemania, perteneciente a la familia Anthomyiidae que ocasiona grandes pérdidas económicas alrededor del mundo, debido al ataque que realiza a las semillas o al cotiledón. Su mecanismo de acción es posterior a la ovoposición que realiza la hembra cerca de las semillas o plántulas cultivadas. La larva eclosiona y mina los cotiledones, tallos pequeños o pequeñas raíces de las plántulas. *D. platura* es un insecto polífago que afecta a más de 40 plantas, con una extensa distribución geográfica, principalmente en Europa, Norte y Sur América donde ocasiona grandes pérdidas económicas (Hough y Bassler 1998, Capinera 2001, Valenciano *et al.* 2004).

Las pérdidas económicas se deben a los ataques de *Delia platura* hacia las plantas durante el proceso de germinación y cosecha. El periodo de mayor vulnerabilidad es durante la germinación, debido a que es el momento en el cual las plantas aún no han adquirido fortaleza suficiente para defenderse y su cogollo presenta las mejores condiciones para el abastecimiento de las larvas en desarrollo. Durante los periodos de germinación y cosecha, las larvas atacan las plantas, consumiendo el endosperma (embrión) de las semillas, el interior de las raíces o el cogollo de las hojas (Dughetti 1999; Gil *et al.* 2007), evitando el crecimiento y desarrollo de la planta.

El daño que causa *D. platura* está asociado a la pudrición de la plántula por el deterioro del cotiledón, inhibiendo de esta manera el desarrollo y la germinación de la planta, lo que puede ocasionar una pérdida total de la planta, o una deformación en las hojas. Este daño que la mosca de la semilla ocasiona a las plantas se puede ver incrementado si hay materia orgánica asociada al suelo, lo que facilita la ovoposición por parte de las moscas y sus larvas destruyen rápidamente el tallo y raíces de las plantas (Capinera 2001, Ellis y Scatcherd 2007, Gil *et al.* 2007).

El ciclo de vida de *Delia platura* varía de 15 a 77 días de acuerdo a las condiciones climáticas del territorio, aunque para la zona tropical dura en promedio 16 y 21 días (Valenciano *et al.* 2004). Su ciclo biológico inicia con el huevo, el cual es colocado sobre la superficie del suelo cerca a

semillas caídas, material vegetal en descomposición o donde han sido establecidos previamente fertilizantes orgánicos, este periodo dura alrededor de 10 días; luego viene el estadio de larva el cual pasa por tres instares que duran entre 7 y 12 días; posteriormente viene el desarrollo de prepupa y pupa, proceso que dura alrededor de 5 a 14 días. Por último emerge el adulto, cuya apariencia es grisácea, con una duración de 30 a 40 días (Capinera 2001).

3.3. Nemátodos entomopatógenos

Los nemátodos son considerados como una de las alternativas más promisorias para el control de insectos plaga (Gutierrez *et al.* 2008, Andreassen *et al.* 2009). Se conocen sólo dos géneros que son controladores ideales dentro de este grupo que son *Steinernema* (Rhabditida: Steinernematidae) y *Heterorhabditis* (Rhabditida: Heterorhabditidae), los cuales poseen los mayores impactos de control sobre diferentes plagas agrícolas (Rosales 1999; Hazir *et al.* 2003; Xu *et al.* 2010).

El mecanismo de acción de los nemátodos es la búsqueda de su hospedero (larvas), que una vez localizado, lo penetra a través de los orificios naturales que el hospedero presenta como el ano, espiráculos, cutícula (Heterorhabditidos) o boca, y una vez dentro de la larva, se multiplican, causando la muerte del insecto (en menos de 72 horas), y deteniendo así su daño hacia la planta (Rosales *et al.* 1999).

A partir de investigaciones anteriores se ha demostrado la eficacia de diferentes nemátodos en contra de larvas del género *Delia*, es el caso de *Steinernema feltiae* que reduce las larvas y pupas de *Delia platura* y *Delia florilega* en un 50%, mostrando una alta eficacia de control en los cultivos de cebolla (Ellis y Scatcherd 2007), o *Steinernema affine* el cual ocasiona una mortalidad superior al 46% para *Delia radicum* (Willmott *et al.* 2002).

4. Objetivos

4.1. Objetivo General

Evaluar la eficacia de *Steinernema* sp3. JCL027 y *Heterorhabditis bacteriophora* HNI0100 para el control de *D. platura* bajo condiciones de campo.

4.2. Objetivos específicos

Determinar el mejor tratamiento con nemátodos entomopatógenos para el control de *Delia platura* en campo.

Estimar el tiempo de aplicación más eficiente para el control de *D. platura* bajo condiciones de campo.

5. Metodología

5.1. Área de Estudio

El estudio se llevó a cabo en la finca Alcalá en el municipio de Cota, Cundinamarca, ubicada a 10 Km de Bogotá D.C. con una altitud de 2.572 m.s.n.m. (4°47'16,1"N, 74°07'35,7"W). La finca se encuentra dividida por lotes, en los cuales se establecen camas de 1,6 m de ancho y aproximadamente 100 m de largo. El lote seleccionado tiene una longitud de 93, 90 m y un ancho de 22,80 m, para un área total de 2140.92 m², conformado por 13 camas establecidas a lo ancho y 2 camas que bordean la parte horizontal del lote.

5.2. Obtención de Nemátodos

Los nemátodos entomopatógenos utilizados fueron: *Steinernema* sp3. JCL027 y *Heterorhabditis bacteriophora* HNI0100 de una semana de almacenamiento, multiplicados *in vivo* utilizando la polilla mayor de las colmenas *Galleria mellonella* (Lepidoptera: Pyralidae) y recuperados de trampas White; en el laboratorio de control biológico de la Pontificia Universidad Javeriana.

5.3. Ensayo de Campo

Para el ensayo se tuvo en cuenta un periodo posterior a la siembra de 15 días, a partir del cual se organizaron seis bloques (cuatro en los extremos, dos en el centro). Cada bloque se ubicó en una cama diferente, compuesto por 12 tratamientos. Cada tratamiento constó de 20 plantas (Fig. 1). Posteriormente se realizó un muestreo para determinar el daño inicial ocasionado por *D. platura* en las plantas seleccionadas.



Figura 1. Distribución de los bloques en un lote comercial de espinaca.

Una semana después de realizar el muestreo inicial se procedió a realizar un nuevo muestreo y la aplicación de los tratamientos. La aplicación se realizó con una bomba Royal Condor y una boquilla TX3, la cual se calibró para cada una de las aplicaciones a través de una fase de prueba en la que se determinó el tiempo y la cantidad de agua para cada tratamiento. Las dosis de nemátodos se establecieron a partir de los estudios realizados por Celeita (2010) y Jaramillo (2011), en donde el número óptimo de nemátodos para el control de *Delia platura* es de 8000 JI/planta.

El cultivo se monitoreó antes y después de la aplicación de los tratamientos hasta el momento de cosecha (71 días después de la siembra), donde se examinó: número de hojas, presencia de brotes y daño al cogollo para cada una de las plantas.

5.4. Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó a partir de un diseño de bloques completamente al azar con arreglo factorial 4*3 (Nemátodos*tiempo de aplicación) (Tabla 1), comparando cada uno de los tratamientos mediante una prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

Se evaluó el porcentaje de daño, a partir de las variables número de hojas, daño al cogollo y presencia de brotes. Los análisis se realizaron con ayuda del software SPSS 19.

Tabla 1. Niveles y factores evaluados como tratamientos.

Nivel	Factor
Aplicación de nemátodos	Sin nemátodos
	<i>Steinernema</i> sp3. JCL027
	<i>Heterorhabditis bacteriophora</i> HNI0100
	<i>Steinernema</i> sp3. JCL027 + <i>Heterorhabditis bacteriophora</i> HNI0100
Tiempo de aplicación	Germinación
	Germinación, Desarrollo
	Germinación, Desarrollo, Cosecha

6. Resultados

6.1. Nematodos entomopatógenos

En el desarrollo del cultivo, se presentaron daños durante todo el proceso vegetativo de las plantas de espinaca. El muestreo mostró un daño del 47%, el cual se redujo gradualmente en las siguientes etapas para cada uno de los tratamientos. La aplicación de *Steinernema* sp3. JCL027 y/o *Heterorhabditis bacteriophora* HNI0100 muestra 27% de efectividad en el control de *Delia platura* en comparación con el tratamiento sin nematodos ($F=17,044$, $gl=3$, $gl=5$, $p<0,001$) (Fig. 2). En cuanto a los daños se registró ausencia de brotes (Fig. 3.a), daño en el cogollo (Fig. 3.b), reducción en el número de hojas (Fig. 3.c) en comparación con una planta sana (Fig. 3.d).

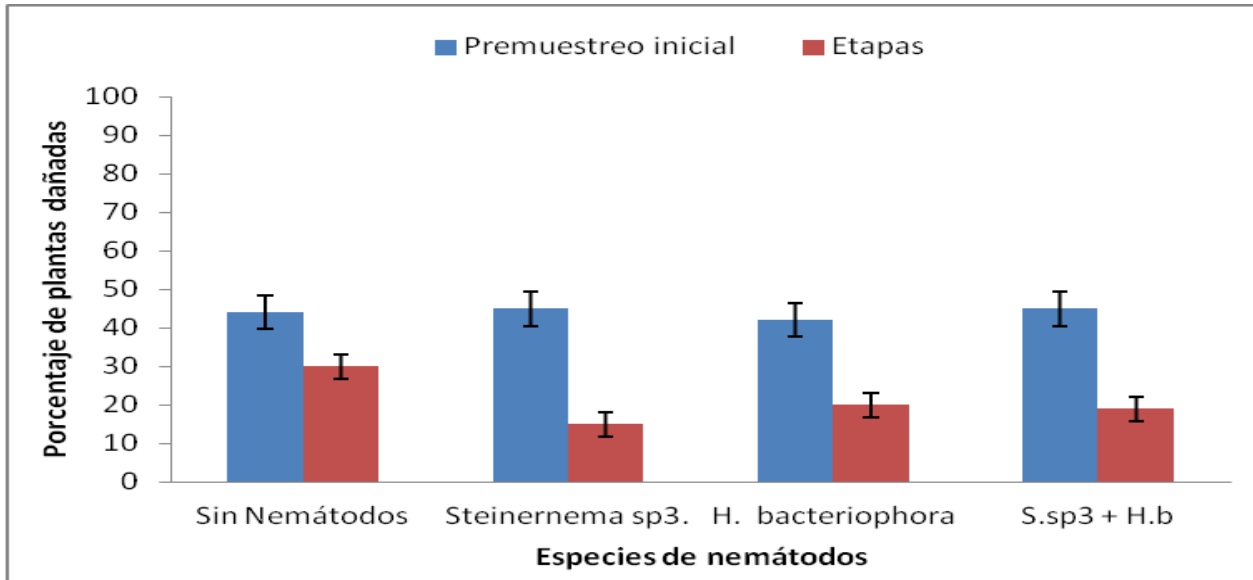


Figura 2. Porcentaje de plantas dañadas durante todo el ciclo de cultivo de espinaca después de los tratamientos.



Figura 3. Planta de espinaca durante la fase de germinación **a.** Ausencia de brotes y cogollo, **b.** Daño en el cogollo, **c.** Brotes dañados y reducción en el número de hojas, **d.** Planta sana.

Al realizar la prueba de Tukey no se encuentran diferencias significativas entre los tratamientos de *Steinernema* sp3. JCL027 y/o *Heterorhabditis bacteriophora* HNI0100 ($p>0,05$), sin embargo la figura 2, muestra una mayor reducción del daño por parte de *Steinernema* sp3. JCL027 (15%) en comparación con *Heterorhabditis bacteriophora* HNI0100 (20%) y *Steinernema* sp3. JCL027 + *Heterorhabditis bacteriophora* HNI0100 (19%).

6.2. Tiempo de aplicación

El cultivo de espinaca durante el ciclo de desarrollo presentó en promedio 33% de daño durante la etapa de germinación en comparación con las etapas de desarrollo y cosecha donde el promedio de daño fue de 15 y 10% respectivamente (Fig. 4).

Steinernema sp3. JCL027 y *Heterorhabditis bacteriophora* HNI0100, generan una reducción del daño mayor al 20% en la cosecha, que es inferior al presentado cuando se combinan las dos especies de nematodos entomopatógenos (Fig. 4).

La etapa fenológica donde ocurre una mayor reducción del daño es durante la germinación, en el cual *Steinernema* sp3. JCL027 y *Heterorhabditis bacteriophora* HNI0100 disminuyen el porcentaje de daño cerca de 15%. Durante las etapas de desarrollo y cosecha no se evidencian cambios significativos entre las aplicaciones, debido a que en estas etapas el porcentaje de reducción en el daño no es superior al 10% (Fig. 4), mostrando que no existen diferencias significativas entre cada uno de los tratamientos durante las etapas del cultivo ($F=1,411$, $gl=2$, $gl=5$, $p>0,05$). En la etapa vegetativa algunas plantas de espinaca no presentaron brotes ni cogollo y sus hojas verdaderas mostraron una apariencia rígida y deforme (Fig. 5.a), cogollo o brotes deformados (Fig. 5.b), en comparación con las plantas sanas (Fig. 5.c).

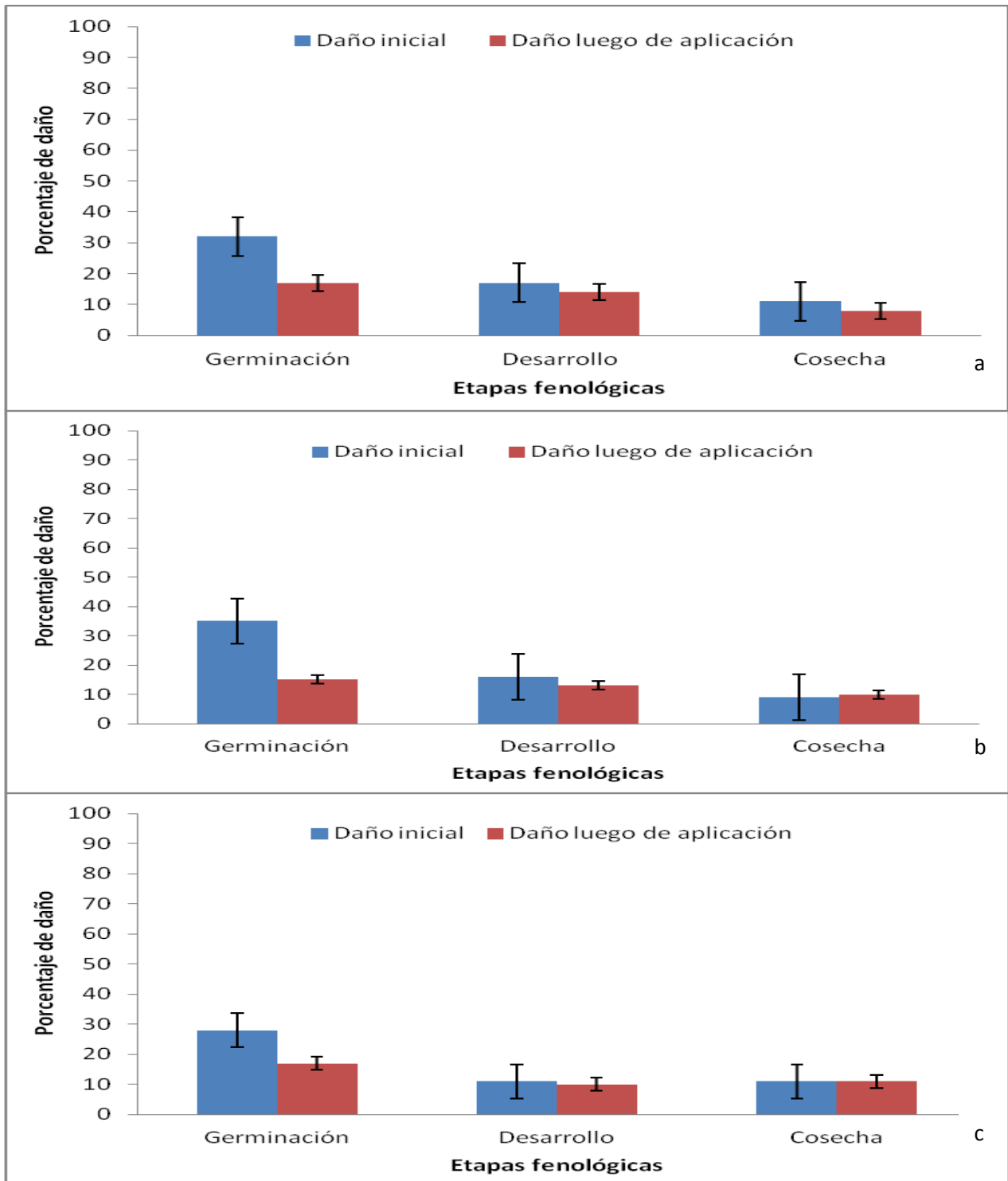


Figura 4. Porcentaje de plantas dañadas durante cada una de las etapas fenológicas del cultivo de espinaca, antes y después de la aplicación de nemátodos **a.** *Steinernema* sp3. JCL027, **b.** *Heterorhabditis bacteriophora* HNI0100, **c.** *Steinernema* sp3. JCL027 + *Heterorhabditis bacteriophora* HNI0100.



Figura 5. Planta de espinaca en desarrollo y cosecha **a.** ausencia de brotes y cogollo, **b.** hojas deformadas y ausencia de cogollo, **c.** Planta sana.

7. Discusión

Diferentes agentes de control han sido probados para *Delia* spp. Los resultados óptimos (alta eficacia en el control de la plaga) los brindan organismos patógenos como los nemátodos en donde se destacan *Steinernema* sp3, *Heterorhabditis bacteriophora*, *Steinernema feltiae*, y *Steinernema carpocapsae* con una efectividad superior al 40%, definida a partir de la capacidad de búsqueda, adaptabilidad, supervivencia y alta patogenicidad que poseen estos nemátodos (Willmott *et al.* 2002, Benavides *et al.* 2010, Sáenz y Olivares 2008).

Durante el bioensayo probado en campo con *Steinernema* sp3. JCL027 y/o *Heterorhabditis bacteriophora* HNI0100 se demostró que ambas especies otorgan un alto rendimiento y control en el cultivo al reducir los daños ocasionados por *Delia platura* en un rango superior al 20%. La eficacia y eficiencia de los nemátodos en el control de *Delia* spp. se ha comprobado en varios estudios donde estos agentes encuentran, infectan y matan rápidamente al insecto plaga (Yildirim

y Hoy 2003; Nardo y Grewal 2003, Willmott *et al.* 2002). El efecto que genera *Steinernema* sp3. JCL027 y *Heterorhabditis bacteriophora* HNI010 sobre *Delia platura* se observó a través de la reducción gradual de los daños durante el ciclo de crecimiento de las plantas, lo que permite evidenciar una mayor rentabilidad del cultivo en lo correspondiente a número de hojas y desarrollo de la planta, como lo plantea en su estudio Jaramillo (2011).

La combinación de *Steinernema* sp3. JCL027 y *Heterorhabditis bacteriophora* HNI0100 no reduce los daños con la misma efectividad que lo realizan estos mismos nematodos de forma individual, debido a que entre ambas especies se genera una competencia en la búsqueda e infección del hospedero (Staves y Knell 2010). Además por hospedero sólo ingresa y se desarrolla una sola especie de nematodo entomopatógeno (Sáenz y López 2011).

El daño ocasionado al cultivo de espinaca, sufre una pequeña reducción desde el muestreo inicial hasta la cosecha, como se muestra en los tratamientos sin nemátodos, posiblemente por los mecanismos de defensa que generan las plantas una vez están siendo atacadas por la plaga, tales como: la generación de compuestos orgánicos, el fortalecimiento de sus estructuras (Pierre *et al.* 2011, Dughetti y Carli 1999, Dicke *et al.* 2003, Ali *et al.* 2010, Soler *et al.* 2011) o las condiciones climáticas del sitio de trabajo, las cuales fueron variables durante el ciclo de cultivo.

Los daños observados durante cada una de las etapas fenológicas de la espinaca se relacionan principalmente con las etapas de germinación y cosecha en donde la larva destruye tallo, raíz o punto de crecimiento de la plántula o planta (Gil *et al.* 2007). La presencia de *Delia platura* en las etapas de germinación y cosecha se manifiesta con frecuencia debido a que son periodos en los que el suelo se encuentra descubierto por actividades agrícolas, como la deshierba, arado, descomposición de las arvenses, aplicación de fertilizantes orgánicos (gallinaza), remoción del suelo y cosecha, que facilita el ataque de la mosca de la semilla (Jaramillo 2011, Gil *et al.* 2007, Goldstein y Bassler 1988; Goungoune y Städler 2006).

El daño de *Delia platura* durante la germinación fue mayor en comparación con el periodo de cosecha, debido al momento en el cual se desarrollo el cultivo, y la no implementación de fertilizantes o insumos de síntesis química, tal como lo plantea Gil *et al.* (2007), los cuales promueven un establecimiento y permanencia por parte de *D. platura* durante todo el ciclo de cultivo, lo cual ocasiona daños al momento de la cosecha.

Teniendo en cuenta la actividad de *Delia platura* y a partir de los resultados obtenidos, el tiempo de aplicación de *Heterorhabditis bacteriophora* HNI0100 o *Steinernema* sp3. JCL027 es significativo durante la germinación y cercana a la cosecha, periodos en los cuales se presenta una mayor actividad por parte de la mosca de la semilla, debido al manejo del cultivo por parte del productor. Con una sola aplicación no se garantiza la efectividad del tratamiento, por ello es necesario realizar al menos dos aplicaciones de nematodos entomopatógenos en el ciclo de cultivo de espinaca, dado el comportamiento de búsqueda, sobrevivencia y persistencia en campo de los juveniles infectivos (Capinera 2001, Hough y Bassler 1988, Sáenz y Olivares 2008).

8. Conclusiones

Steinernema sp3. JCL027 y *Heterorhabditis bacteriophora* HNI0100 reducen el 40% de daño de *Delia platura* bajo condiciones de campo aplicadas separadamente al menos dos veces durante el ciclo de cultivo de espinaca.

El tiempo de aplicación para el control de *Delia platura*, debe ser durante el periodo de germinación y unas semanas antes de la cosecha.

9. Recomendaciones

Realizar bioensayos con *Steinernema* sp3. JCL027 y *Heterorhabditis bacteriophora* HNI0100 y su efecto hacia otras plagas asociadas al cultivo de espinaca.

Evaluar la eficacia y efectividad de *Steinernema* sp3. JCL027 y *Heterorhabditis bacteriophora* HNI0100 combinados con otros agentes de control biológico, para el control de *Delia platura*.

Implementar más estudios y trabajos con nematodos entomopatógenos en la región, para modificar poco a poco la utilización de productos químicos.

10. Bibliografía

10.1. Libros

- Capinera JL. Hand book of vegetable pests 2001, ACADENIC PRESS U.S.A Pp 218-221
- Bonilla CR. Cartillas del corredor, cultivando su futuro, Espinaca, *Spinacia oleracea* L. Universidad Nacional de Colombia corredor tecnológico agroindustrial 2011, Bogotá, 31 p.
- Ehler L. Conservation biological control: past, present, and future. 1998. *Conservation Biological Control*, Chapter 1. Pp 1-8.

10.2. Artículos científicos

- Gil R, Carrillo D, Jiménez J. Determinación de las principales plagas de espinaca (*Spinacea oleracea*) en Cota, Colombia. *Revista Colombiana de entomología* 2007, **33** (2): 124-128.
- Gouinguéné S, Städler E. Oviposition in *Delia platura* (Diptera, anthomyiidae): The role of volatile and contact cues of bean. *Journal of Chemical Ecology* 2006, **32** (7): 1399-1413.
- Toepfer S, Kurtz B, Kuhlmann U. Influence of soil on the efficacy of entomopathogenic nematodes in reducing *Diabrotica virgifera virgifera* in maize. *J Pest Sci* 2010, **83**: 257–264.

- Xu C, Clercq P, Moens M, Chen S, Han R. Efficacy of entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Steinernematidae and Heterorhabditidae) against the striped flea beetle, *Phyllotreta striolata*. *BioControl* 2010, **55**: 789–797.
- Lucero AN, Peña LA, Cultid L. Efecto de *Steinernema sp.* sobre larvas de *Ancognatha scarabaeoides* (Coleoptera: Scarabaeidae) en condiciones de laboratorio e invernadero. *Revista Corpoica – Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 2006, **7** (1): 66-69.
- Hazir S, Kaya H, Stock SP, Keskün N. Entomopathogenic Nematodes Steinernematidae and Heterorhabditidae) for Biological Control of Soil Pests. *Turk J Biol* 2003, **27**: 181-202.
- Argotti E, Gallegos P, Alcazar J, Kaya H. Patogenicidad de nemátodos entomopatógenos del género *Steinernema* y *Heterorhabditis* sobre larvas de *Tecia solanivora* en Ecuador. *Boletín Técnico 9, Serie Zoológica* 2010, **6**: 162-172.
- Nielsen O. Susceptibility of *Delia radicum* to steinernematid nematodes. *Biocontrol* 2003, **48** (4): 431-446.
- Jiménez J, Gil R. Investigación sobre espinaca, elemento integrador CIAA – departamento de ingeniería de alimentos de la UJTL. *Alimentica* 2006, 4: 10 -23.
- Rosales L, Suárez Z, Navas R. Nemátodos entomopatógenos, uso en control biológico. *Fonaip divulga* **64**, 1999.
- Sáenz A, Olivares W. Capacidad de búsqueda del nematodo entomopatógeno *Steinernema sp.* SNIO 198 (Rhabditida: Steinernematidae). *Revista Colombiana de Entomología* 2008, **34** (1): 51-56.
- Sáenz A, López JC. Ciclo de vida y patogenicidad del aislamiento nativo *Heterorhabditis sp.* SP0708 (Rhabditida: Heterorhabditidae). *Revista Colombiana de Entomología* 2011, **37** (1): 43-47.
- Hough JA, Bassler MA. Effects of Bacteria on Oviposition by Seedcorn Maggots (Diptera: Anthomyiidae). *Environ. Entomol.* 1998, **17**(1): 7-12.
- Valenciano JB, Casquero PA, Boto JA. Evaluation of the occurrence of bean plants (*Phaseolus vulgaris L.*) affected by bean seed fly, *Delia platura* (Meigen), grown under different sowing techniques and with different forms of pesticide application. *Field crops Research* 2004, **85** (2): 103-109.

- Dughetti AC, Carli DL. 1999. Utilización de distintos insecticidas y formulaciones en el control de *Delia* spp. en cebolla. Estación experimental agropecuaria INTA H. Ascasubi. Buenos Aires, Argentina. 12 p.
- Ellis SA, Scatcherd JE. Bean seed fly (*Delia platura*, *Delia florilega*) and onion fly (*Delia antiqua*) incidence in England and an evaluation of chemical and biological control options. *Annals of applied biology* 2007, **151**:259-257.
- Gutiérrez C, Campos R, Jiménez J. Comparative study of the effect of selected agrochemical products on *Steinernema feltiae* (Rhabditida: Steinernematidae). *Biocontrol Science and Technology* 2008, **18** (1): 101-108.
- Andreassen LD, Kuhlmann U, Mason PG, Holliday NJ. Host range testing of a prospective classical biological control agent against cabbage maggot, *Delia radicum*, in Canada. *Biological Control* 2009, **48**: 210–220
- Willmott DM, Hart AJ, Long SJ, Richardson PN, Chandler D. Susceptibility of cabbage root y *Delia radicum*, in potted cauli ower (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) to isolates of entomopathogenic nematodes (*Steinernema* and *Heterorhabditis* spp.) indigenous to the UK. *Nematology* 2002, **4**(8): 965-970.
- Benavides P, Quintero JC, López JC. Evaluación en el laboratorio de nematodos entomopatógenos nativos para el control de la broca del café. *Cenicafé* 2010, **61** (2): 119 – 131.
- Yildirim E, Hoy CW. Interaction between cyromazine and the entomopathogenic nematode *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar “GPS11” for control of onion maggot, *Delia antiqua* (Meigen). *Crop Protection* 2003, **22**: 923–927.
- Nardo EAB, Grewal PS. Compatibility of *Steinernema feltiae* (Nematoda: Steinernematidae) with Pesticides and Plant Growth Regulators Used in Glasshouse Plant Production. *Biocontrol Science and Technology* 2003, **13** (4): 441- 448.
- Staves PA, Knell RJ. Virulence and competitiveness: testing the relationship during inter- and intraspecific mixed infections. *Evolution* 2010, **68** (9): 2643 – 2652.
- Pierre P, Dugravo S, Ferry A, Soler R, Van Dam N, Cortesero AM. Aboveground herbivory affects indirect defences of brassicaceous plants against the root feeder *Delia radicum* Linnaeus: laboratory and field evidence. *Ecological Entomology* 2011 **36**: 326–334.

- Dicke M, Poecke RM, Van de Boer JG. Inducible indirect defence of plants: from mechanisms to ecological functions. *Basic and Applied Ecology* 2003, **4**, 27–42.
- Ali JG., Alborn HT, Stelinski LL. Subterranean herbivore-induced volatiles released by *Citrus* roots upon feeding by *Diaprepes abbreviatus* recruit entomopathogenic nematodes. *Journal of Chemical Ecology* 2010, **36**, 361–368.
- Soler R, Bezemer TM, Cortesero AM, Van der Putten WH, Vet LEM, Harvey JA. Impact of foliar herbivory on the development of a root-feeding insect and its parasitoid. *Oecologia* 2007, **152**: 257-264.
- Gouinguene SP, Städler E. Comparison of the sensitivity of four *Delia* species to host and non-host plant compounds. *Physiological Entomology* 2005, **30**: 62–74.

10.3. Tesis doctorales y trabajos de grado de maestría

- Celeita J. Susceptibilidad de *Delia platura* (Meigen, 1826) (Diptera: Anthomyiidae) a *Steinernema* spp y *Heterorhabditis* spp. **Tesis de Pregrado**. Facultad de Ciencias. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, 2010, 42 p.
- Santiago JC. Diagnóstico del uso y manejo de plaguicidas en tres cultivos hortícolas en la sabana de Bogotá y propuesta de un índice de predicción de residuos de plaguicidas. **Tesis de pregrado**. Facultad de agronomía. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 2000, 148 p.
- Jaramillo C. Control en campo de *Delia platura*, (diptera: anthomyiidae) con el nematodo entomopatogeno *Steinernema* sp3 (cepa jcl 027). **Tesis de Pregrado**. Facultad de ciencias. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, 2011, 35 p.
- Jiménez NS, Zuluaga K. caracterización e impacto de la flora arvense en la producción hortícola del municipio de Cota, Cundinamarca-Colombia. **Tesis de pregrado**. Facultad de agronomía. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 2006, 49 p.

10.4. Referencias de internet

- Infoagro. 2011. El cultivo de la espinaca. Disponible en: <http://www.infoagro.com/hortalizas/espinaca.htm>. Consultado el 19 de febrero de 2012.