

Efecto de controladores biológicos sobre la hernia de las crucíferas en Tabio, Cundinamarca

Jully Andrea Castillo M.
Omar Guerrero G.

Resumen

Esta investigación se realizó en una finca naturalmente infestada con *Plasmodiophora brassicae* en Tabio C/marca. Se determinó el efecto del EM y del hongo *Trichoderma* en el desarrollo del patógeno, utilizando un diseño de bloques al azar con 6 tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos fueron: a) EM; b) EM + *Trichoderma* nativo; c) EM + *Trichoderma* comercial; d) *Trichoderma* nativo; e) *Trichoderma* comercial; y, f) testigo. Se evaluaron dos plantas por parcela útil para establecer altura de plantas, incidencia y severidad del patógeno, en tres muestreos por ciclo, durante tres ciclos de cultivo. Se determinó la severidad del ataque por la relación entre el volumen de las raíces con agallas y el volumen de las raíces totales por planta. De acuerdo con los resultados, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos con ninguna de las variables evaluadas, pero sí se observó que en época lluviosa se incrementó la severidad del patógeno, causando entre un 70 a 80% de pérdidas en rendimiento. El híbrido del brócoli usado presentó tolerancia a *P. brassicae* porque produce nuevas raíces sanas para reemplazar las raíces con agallas, lo que permite un mejor desarrollo de las plantas y un mejor rendimiento del brócoli.

Palabras clave

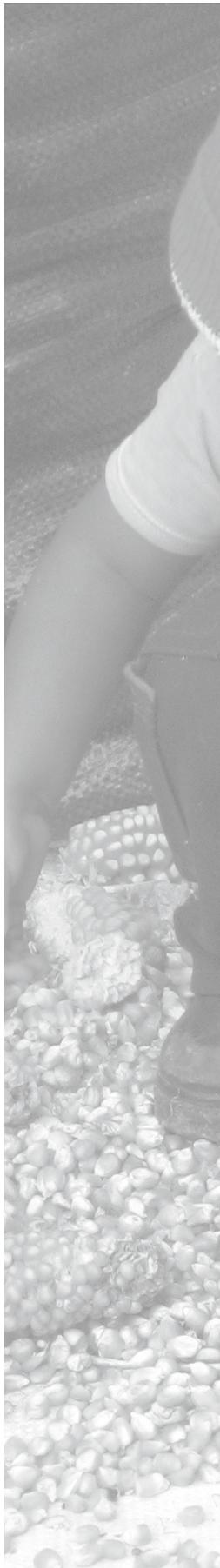
Protozoario, incidencia, severidad, híbrido, EM, *Trichoderma* sp.

Abstract

This research was carried out in a natural infested farm with *Plasmodiophora brassicae* from Tabio C/marca. The effect of EM and *Trichoderma* was determined. It was used a randomized block design with six treatments and four repetitions. The treatments were: a) EM, b) EM + *Trichoderma* native, c) EM + *Trichoderma* commercial, d) *Trichoderma* native, e) *Trichoderma* commercial, f) check. Two plants from useful plot were evaluated to determined plant height, incidence and severity of *P. brassicae* on tree sampling of every crop cycle, for three cycles in total. The severity was measured by the relation between affected roots volume with galls and the total roots volume. The yield was evaluated at harvesting time. According with the results, there was not significative differences among treatments on any variable evaluated, but it was observed that the rainfall époque increased the pathogen severity causing 70 – 80% of lost on yield. It was observed that the hybrid of broccoli used in this work presented tolerance to *P. brassicae* because new healthy roots was observed in plants with galls in the roots that permitted a better plants development and better yield of broccoli.

Key words

Protozoan, incidencet, severity, hybrid, EM, *Trichoderma* sp.



I. Introducción

Desde hace aproximadamente treinta años, el control biológico de patógenos de plantas ha sido considerado como una táctica con nuevas posibilidades en el manejo integrado de enfermedades. El interés crece a medida que aumentan las regulaciones y las restricciones en el uso de plaguicidas y no se visualizan otras alternativas para el control de enfermedades en los cultivos.

El interés principal del control biológico se dirige a patógenos que causan enfermedades en el sistema radicular de la planta, en especial microorganismos residentes del suelo. En estos casos el uso de plaguicidas, además de la dificultad de hacer contacto con el organismo, puede contaminar el suelo, destruir el equilibrio microbiológico y crear nuevos problemas patológicos para la planta.

La hernia de las crucíferas es causada por el protozoo *Plasmodiophora brassicae* Wor y constituye el factor que más limita la producción de crucíferas para consumo humano y de forraje en el mundo. En Colombia, la enfermedad fue registrada por primera vez en 1978 en Mosquera, Cundinamarca. En ninguno de los casos de aparición de la enfermedad se tomaron medidas cuarentenarias de rigor y la enfermedad se diseminó a los municipios de Bojacá, Facatativa, Madrid y Funza, donde se cultivaban más de 1.500 hectáreas con repollo, coliflor y brócoli, causando pérdidas en producción cercanas al 90%.

Por el efecto de esta enfermedad, algunos agricultores han abandonado el cultivo trasladándose a nuevas áreas potenciales para el cultivo de crucíferas, las cuales también podrían resultar contaminadas con el patógeno, si no se aplican correctas medidas de prevención. Hasta el momento, no existe una forma efectiva de control, por lo cual el agricultor abandona la siembra de crucíferas en lotes afectados, al menos por diez años, mientras actúan controles naturales (Agrios, 2005 y Ávila De Moreno, 1992).

De las prácticas culturales que ayudan a controlar la enfermedad se menciona la aplicación de cal al suelo. Sin embargo, se requiere aplicar más de 15 toneladas por hectárea para elevar el pH del suelo a 7,2, nivel en el cual no progresa el patógeno pero sería una práctica antieconómica (Jaramillo & Lobo, 1983)

Ante esta problemática y debido a la necesidad de brindarle al agricultor una solución ecológica y económica en el control de esta enfermedad, se realizó el presente estudio, orientado a la evaluación de microorganismos biocontroladores teniendo como objetivo, determinar el efecto de microorganismos

eficaces (EM) y del hongo *Trichoderma harzianum* en el desarrollo de la hernia de las crucíferas causada por *P. brassicae* en el cultivo de brócoli en el municipio de Tabio Cundinamarca.

Estado del arte

Hernia de las crucíferas

Agente causal: Plasmodiophora brassicae Wor.

El patógeno es un microorganismo mucilaginoso cuya estructura somática es un Plasmodio, Esta estructura produce zoosporangios y esporas de reposo. Cuando ambas estructuras reproductoras germinan, producen zoosporas que penetran en los pelos radicales del hospedante y ahí forman un plasmodio. Este, al cabo de algunos días se fragmenta en porciones multinucleadas que forman a su vez un zoosporangio. Los zoosporangios salen del hospedante a través de poros que hay en la pared celular y cada uno de ellos libera de 4 a 8 zoosporas secundarias que producen nuevas infecciones y un nuevo plasmodio el cual produce de nuevo esporas de resistencia que son liberadas al suelo después de haberse producido la desintegración de las paredes celulares del hospedante por la acción de microorganismos secundarios (Agrios, 2005).

La hernia es una enfermedad que afecta prácticamente a todas las crucíferas; se ha observado en los cultivos de repollo y coliflor en el departamento de Caldas y es una de las enfermedades más importantes del repollo, la coliflor y el brócoli en la Sabana de Bogotá y en la región del Oriente de Antioquia. Ha causado pérdidas severas en varios cultivos de los municipios de Mosquera, Funza, Madrid y Facatativa (Cundinamarca), donde se cultiva alrededor de del 80% del repollo y más del 90% de la coliflor y el Brócoli que se consumen en el país. Cuando la enfermedad se inicia en el semillero hay una pérdida alta de plántulas durante el trasplante y cuando ocurre en plantas en desarrollo, no hay una adecuada formación de cabezas. La enfermedad disminuye el tamaño de las cabezas y se estima que puede causar disminución del 20 – 50% en los rendimientos (Ávila De Moreno, 1992).

Síntomas: Las plantas atacadas por hernia presentan un tamaño reducido y experimentan un marchitamiento en las hojas exteriores en días calurosos o en las horas del mediodía. Las raíces de las plantas atacadas presentan tumores de tamaño pequeño en raíces absorbentes y grandes en raíces principales. Estos tumores son lisos al principio y posteriormente se oscurecen y se vuelven rugosos. Más tarde se pudren con emanaciones de mal olor, liberando los esporangios del patógeno. El microorganismo ocasiona malformaciones o engrosamiento en la raíz que dificultan la absorción del agua y nutrientes a

los órganos de la planta ocasionando retardo en el crecimiento. (Agris, 2005)

Los materiales mejorados de repollo, coliflor y brócoli, entre otros, tienen un comportamiento de resistencia o de tolerancia a algunas pero no a todas las razas del patógeno. (Ávila De Moreno, C. & Velandia, J. 1999; Pinzón, H. & Isshiki, M., 2001; Velandia, J., Galindo, R. & Avila, C., 1998)

Condiciones favorables

Acidez del suelo: La enfermedad se desarrolla mejor en suelos ácidos que en alcalinos. Suelos con pH de 5.7 favorecen la germinación de los zoosporangios y la penetración de las zoosporas en las raíces. Por el contrario, la actividad del patógeno decae entre pH de 5.7 y 6.2 y se inhibe por completo a pH igual o mayor de 7.8. (Agris 2005)

Humedad del suelo: La enfermedad es más severa en suelos húmedos que en suelos secos y el desarrollo de la misma tiene lugar cuando el contenido de humedad se encuentra entre el 30 y el 90% de su capacidad de campo, con un óptimo entre 45 y 70%.

Temperatura: La enfermedad se presenta a temperaturas desde 9 hasta 30° C con un desarrollo óptimo entre 18 y 24° C.

Control cultural. El patógeno se puede diseminar o llegar a los campos por el uso de agua de riego procedente de otras fincas o veredas donde se haya presentado la enfermedad. Una vez detectada la enfermedad en el campo cultivado, los lotes afectados se deben aislar y no cultivar crucíferas durante 7 a 10 años, para reducir la incidencia de la enfermedad. En lotes afectados se recomienda realizar rotaciones prolongadas con especies diferentes a las crucíferas, tales como solanáceas (tomate, papa), leguminosas (frijol, arveja, habichuela), cereales (pastos, maíz) u otras hortalizas (zanahoria, remolacha, apio, cilantro, cebolla). Se deben eliminar las plantas afectadas en el campo y las malezas de la familia de las crucíferas que también son susceptibles ya que pueden perpetuar a la enfermedad en el suelo (Ávila De Moreno, 1992).

Control biológico. El hongo *Trichoderma spp.* actúa contra un amplio número de hongos fitopatógenos transmitidos por suelo y aire. Ha sido usado en el campo e invernadero contra pudriciones en un amplio rango de especies vegetales causadas por *Fusarium*, *Rhizoctonia* y *Pythium*, y patógenos formadores de esclerocios como *Sclerotinia*.

Se puede decir que el micoparasitismo por *Trichoderma* es un proceso complejo. La primera señal de interacción detectable muestra un crecimiento quimiotrópico del hongo en respuesta a algún estímulo en la hifa del huésped o hacia un gradiente de químicos producidos por el mismo. Cuando el micoparásito hace contacto físico con su huésped, sus hifas se enrollan alrededor de este o se le adhieren por medio de estructuras especializadas. Además, se ha demostrado que la interacción de *Trichoderma* con su huésped es específica y que está controlada por lectinas presentes en la pared celular de éste (Velandia, J., Galindo, R. & Avila, C., 1998).

Como un paso posterior penetra al micelio huésped, degradando aparentemente de manera parcial su pared celular. Observaciones al microscopio han permitido sugerir que *Trichoderma* produce y secreta enzimas micolíticas responsables de la degradación parcial de la pared celular de su huésped. Algunos resultados que apoyan esta hipótesis han mostrado que *Trichoderma* produce extra celularmente glucanasas, quitinasas, lipasas y proteasas (Velandia, J., Galindo, R. & Avila, C., 1998).

EM (microorganismos eficaces)

EM, es una abreviación de Effective Microorganisms (Microorganismos Eficaces), cultivo mixto de microorganismos benéficos naturales, sin manipulación genética, presentes en ecosistemas naturales, fisiológicamente compatibles unos con otros. Cuando el EM es inoculado en el medio natural, el efecto individual de cada microorganismo es ampliamente magnificado en una manera sinérgica por su acción en comunidad (FUNDASES, s.f.).

Las raíces de las plantas secretan sustancias que son utilizadas por los Microorganismos Eficaces para crecer, sintetizando aminoácidos, ácidos nucleicos, vitaminas, hormonas y otras sustancias bioactivas (FUNDASES, s.f.).

Microorganismos presentes en el E.M:

Bacterias fototróficas: Son bacterias autótrofas que sintetizan sustancias útiles a partir de secreciones de raíces, materia orgánica y gases dañinos, usando la luz solar y el calor del suelo como fuentes de energía.

Bacterias Ácido Lácticas: Las bacterias ácido lácticas aumentan la fragmentación de los componentes de la materia orgánica, como la celulosa, transformando esos materiales sin causar influencias negativas en el proceso.

Levaduras: Las sustancias bioactivas, como hormonas y enzimas, producidas por las levaduras, pro-

mueven la división celular activa. Sus secreciones son sustratos útiles para Microorganismos Eficaces como bacterias ácido lácticas y actinomicetos.

Materiales y métodos

La presente investigación se realizó en el período comprendido entre agosto de 2005 y octubre de 2006. En un lote naturalmente infestado con el patógeno *P. brassicae* del municipio de Tabio (Cundinamarca), se estableció un diseño experimental de bloques completos al azar con seis tratamientos y cuatro repeticiones.

El tamaño de cada bloque fue de 42 m². Cada parcela tuvo un área de 1.5 m de ancho, por 4 m de largo, para un total de 6 m², con cinco surcos cada una, y una parcela útil de 5 m². La distancia de siembra fue de 40 cm. entre surcos y 35 cm. entre plantas, para un total de 54 plantas por parcela y 378 plantas por bloque.

Se establecieron seis tratamientos con las dosis recomendadas por fundases (EM y *Trichoderma* sp. nativa) y por Bioecológicos (*Trichoderma harzianum* comercial) para hortalizas como se describe en el Cuadro 1.

Se realizaron tres períodos de evaluación a lo largo del ciclo del cultivo, dos a lo largo del ciclo del cultivo (el primero a los 15 días después del trasplante, el segundo 15 días después del primero) y último al final del ciclo, tomando dos plantas por parcela útil,

para eliminar el efecto borde, evaluando en ellas su altura y el estado de sus raíces, extrayéndolas del suelo para determinar el porcentaje de incidencia de la hernia, para lo cual se utilizó la ecuación:

$$\% \text{ de Incidencia} = \frac{\text{Número de plantas afectadas}}{\text{Número total de plantas}} * 100$$

La severidad del ataque de *P. brassicae*, se determinó mediante la evaluación en las mismas plantas extraídas, del porcentaje de raíces con tumores sobre el volumen total de raíces por planta.

Al momento de la cosecha se tomaron cuatro plantas de cada parcela útil y se evaluó el promedio del peso de la cabeza/planta.

II. Resultados

Primer ciclo del cultivo

(27 agosto/05 – 31 octubre/05)

En el primer ciclo de cultivo del Brócoli, la altura final tomada al momento de la cosecha en cada uno de los tratamientos osciló entre 54,3 cm. para el tratamiento 2 como mínima y 58,0 cm. para los tratamientos 3 y 6 como máxima, (Cuadro 2), sin presentar diferencias estadísticas significativas.

Ver cuadro 2 en la siguiente página.

En cuanto a los resultados obtenidos sobre el porcentaje de incidencia de *P. brassicae* en el primer ciclo

TRATAMIENTO		DOSIS / 4 REP.	FRECUENCIA DE APLICACIÓN	NÚMEROS DE APLICACIONES
T1	EM	40 cm ³ 40 cm ³	----- 15 días	Siembra. En adelante
T2	EM + <i>Trichoderma</i> sp. (cepa nativa)	40 cm ³ 40 cm ³	----- 15 días	Siembra. En adelante
		20 cm ³ 15 cm ³	----- 15 días	Siembra. En adelante
T3	EM + <i>Trichoderma harzianum</i> .(cepa comercial)	40 cm ³ 40 cm ³	----- 15 días	Siembra. En adelante
		0.4 g/lit	----- 15 días	Siembra. En adelante
T4	<i>Trichoderma</i> sp. (cepa nativa)	20 cm ³ 15 cm ³	----- 15 días	Siembra. En adelante
T5	<i>Trichoderma</i> (cepa comercial)	0.4 g/lit	----- 15 días	Siembra. En adelante
T6	TESTIGO ABSOLUTO	(Sin aplicaciones para el control de la enfermedad)		

Cuadro 1. Tratamientos, dosificación y frecuencia de aplicación.

TRATAMIENTOS	ALTURA (cm)	INCIDENCIA (%)	SEVERIDAD (%)	RENDIMIENTO (gr/planta)
1	57,0	66,7	21,1	315,0
2	54,3	83,3	41,3	354,4
3	58,0	75,0	24,0	344,4
4	56,3	79,2	40,8	379,4
5	55,4	79,2	26,5	346,9
6	58,0	70,8	39,6	376,9

Cuadro 2. Efecto de seis tratamientos evaluados sobre la altura de plantas, la incidencia, severidad del patógeno y rendimiento del cultivo del brócoli en el primer ciclo de cultivo.

de cultivo del brócoli, se observaron valores entre 66,7% como mínimo para el tratamiento 1 y 83,3% como máximo para el tratamiento 2 (Cuadro 2), sin presentar diferencias estadísticas significativas, lo cual indica que los tratamientos evaluados no ejercieron ningún control de la enfermedad en este primer ciclo de cultivo. (Figura 1)

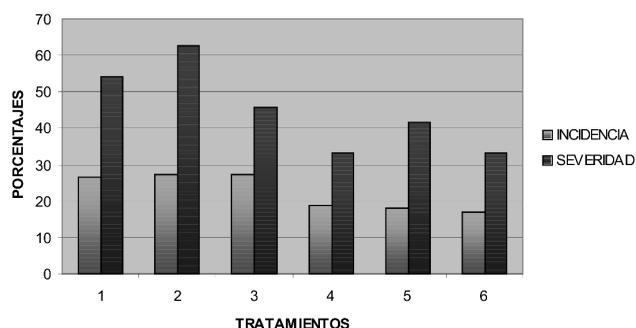


Figura 1. Efecto de los tratamientos sobre el porcentaje de incidencia y severidad del patógeno *P. brassicae* en el primer ciclo de cultivo del brócoli.

En el porcentaje de severidad encontrado en cada uno de los tratamientos, se obtuvieron valores de 21,1% como mínimo para el tratamiento 1 y 41,3% como máximo para el tratamiento 2. (Cuadro 2)

No se encontraron diferencias estadísticas significativas, para la severidad del patógeno, lo que indica que los tratamientos evaluados no ejercieron ningún control contra el patógeno *P. brassicae*, durante todo el ciclo del cultivo, puesto que se obtuvieron porcentajes de incidencia y severidad de la hernia, estadísticamente similares al tratamiento testigo en el cual no se hizo ninguna aplicación de productos para controlar esta enfermedad. (Figura 1)

En cuanto al rendimiento, evaluado al momento de la cosecha, representado en el peso de las cabezas de las plantas de brócoli, se obtuvieron valores entre 315 gr. para el tratamiento 1 y 379,4 gr. para el

tratamiento 4 (Cuadro 2), sin presentar diferencias significativas entre los tratamientos. Se observó que ninguno tuvo un efecto directo en el rendimiento del cultivo para este primer ciclo, sin ejercer efecto en el control en el patógeno, ni en el desarrollo de las plantas ya que no se presentaron diferencias con el tratamiento testigo. (Figura 2)

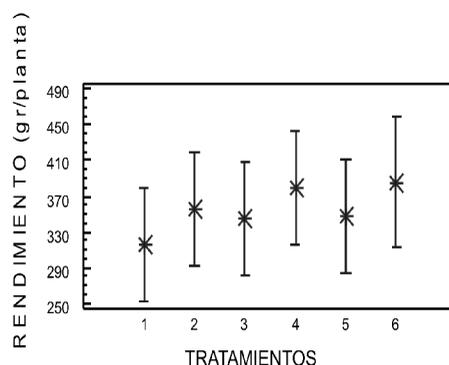


Figura 2. Efecto de los tratamientos sobre el peso de las cabezas de brócoli en el primer ciclo de cultivo.

Al hacer el análisis comparativo de los porcentajes de incidencia y severidad de la hernia de acuerdo con las tres fechas de evaluación en este primer ciclo del cultivo, se observó que en la primera evaluación efectuada a los 15 días después del trasplante, tanto para incidencia como para severidad el porcentaje fue bajo, con 35,4 y 14,2 % respectivamente, incrementándose la incidencia en la segunda fecha hasta un 95,8% y la severidad en un 30,5%, manteniéndose la incidencia así hasta el final del ciclo mientras que el porcentaje de severidad se incrementó de 30,5 a 51,9 en la tercera fecha de evaluación. (Cuadro 3)

FECHAS	INCIDENCIA (%)	SEVERIDAD (%)
1	35,4	14,2
2	95,8	30,5
3	95,8	51,9

Cuadro 3. Comportamiento de *P. brassicae* en la incidencia y severidad para las tres fechas de evaluación en el primer ciclo de cultivo.

Se presentaron diferencias significativas para las fechas 1 y 2 y 1 y 3, sin encontrarse entre 2 y 3 (Figura 3), ésta situación se debe probablemente a que la enfermedad empieza a mostrar mayor presencia (ma-

yor número de plantas infectadas) en la época media del cultivo, manteniéndose hasta la fase terminal del mismo. Esta situación se presentó probablemente porque el patógeno necesita de cierto período que aún no se ha establecido en condiciones de la Sabana de Bogotá para formar las agallas en las raíces del brócoli. Al respecto Narisawa, K., Kageyama, K. & Hashiba, T., (1996) mencionan que cuando aislaron e inocularon en plántulas de *Brassica campestris*, esporas de reposo simples, obtuvieron síntomas de agallas dos meses después de la inoculación.

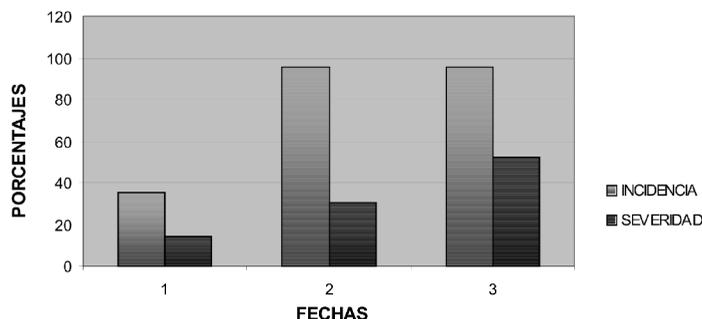


Figura 3. Comportamiento del patógeno *P. brassicae* en incidencia y severidad para el primer ciclo de cultivo de brócoli.

En cuanto a la evaluación de severidad, tomada a los 15 días después del transplante, las plantas presentaron un 14,2% de atrofiamiento de raíces. Para la segunda fecha, el valor fue de 30,5%, llegando las plantas al final del ciclo con un porcentaje de 51,9 (Cuadro 3). Se presentaron diferencias significativas para las fechas 1 y 3 y 2 y 3. (Figura 3). A pesar de presentarse un significativo aumento de la incidencia en la etapa media del cultivo, no se observó lo mismo con el porcentaje de severidad, siendo ascendente y más agresiva al final del ciclo, ya que el patógeno continuo desarrollando probablemente varios ciclos de vida en un solo ciclo de cultivo, situación que esta de acuerdo con lo mencionado por diferentes autores (Agríos 2005; Narisawa, K. et al 1996; Ingeniería Agrícola, s.f.).

Segundo ciclo de cultivo (7 abril/06 - 29 junio/06)

En el segundo ciclo de cultivo del Brócoli, la altura final tomada al momento de la cosecha en cada uno de los tratamientos fluctuó entre 40,8 cm para el tratamiento 1 como mínima y 44,7 cm para el tratamiento 6 como máxima, (Cuadro 4), disminuyendo con respecto al primer ciclo del cultivo, donde muy probablemente hubo una incidencia directa de la lluvia. No se presentaron diferencias estadísticas significativas.

TRATAMIENTO	ALTURA (cm)	INCIDENCIA (%)	SEVERIDAD	RENDIMIENTO (gr./plata)
1	40,9	79,2	59,2	87,5
2	41,8	79,2	64,7	96,9
3	41,9	79,2	63,7	106,3
4	41,5	83,3	65,3	118,8
5	40,8	79,2	64,3	75,0
6	44,7	79,2	59,4	118,6

Cuadro 4. Efecto de seis tratamientos sobre la altura, rendimiento del cultivo del brócoli, incidencia y severidad del patógeno *P. brassicae* en el segundo ciclo de cultivo.

En cuanto a los resultados obtenidos sobre el porcentaje de incidencia de *P. brassicae* en el segundo ciclo de cultivo del brócoli, se observaron valores iguales de 79,2% para los tratamientos 1,2,3,5 y 6 y un máximo de 83,3% para el tratamiento 4, (Cuadro 4), sin presentar diferencias estadísticas significativas, lo cual indica que los tratamientos evaluados no ejercieron ningún control de la enfermedad en este segundo ciclo de cultivo. (Figura 4)

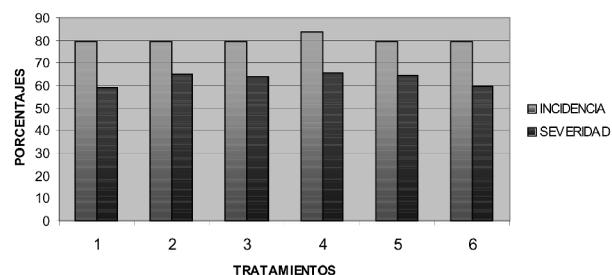


Figura 4. Efecto de los tratamientos sobre el porcentaje de incidencia y severidad del patógeno *P. brassicae* en el segundo ciclo de cultivo.

En el porcentaje de severidad encontrado en cada uno de los tratamientos, se obtuvieron valores de 59,2% como mínimo para el tratamiento 1 y 65,3% como máximo para el tratamiento 4, coincidiendo con el comportamiento de la incidencia en el mismo ciclo de cultivo, con 79,2% para el tratamiento 1 como mínimo y 83,3% para el tratamiento 4 como máximo (Cuadro 4), aumentando casi en un 20% con respecto al ciclo de cultivo anterior.

No se encontraron diferencias estadísticas significativas, mostrando como resultado que los tratamientos no ejercieron ningún control contra el patógeno *P. brassicae*. (Figura 4)

Los rendimientos evaluados al momento de la cosecha no presentaron diferencias significativas entre

los tratamientos para este segundo ciclo, mostrando que ninguno tiene un efecto directo en el rendimiento del cultivo (Figura 5); se encontraron valores de 87,5 gr/planta como mínimo para el tratamiento 1 y 118,6 gr/planta como máximo para los tratamiento 4 y 6, viéndose una gran disminución con respecto del ciclo anterior, por sus altos niveles de incidencia y severidad que afectaron el rendimiento de la planta, ayudado por una fuerte época de lluvia que acompañó al ciclo. (Cuadro 4)

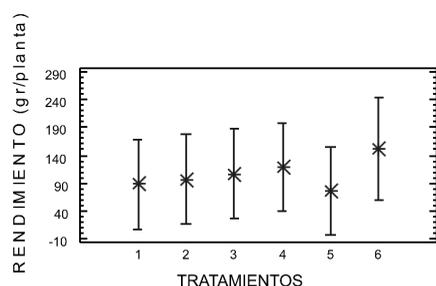


Figura 5. Efecto de los tratamientos sobre el rendimiento de las cabezas de brócoli en el segundo ciclo de cultivo.

En cuanto al comportamiento de la enfermedad en este segundo ciclo del cultivo de brócoli, se observó que en las primeras evaluaciones realizadas a los 15 días después del transplante tanto para incidencia como para severidad el porcentaje fue bajo, 41,8% y 7,5% respectivamente, incrementándose, con mayor cantidad de plantas afectadas para las dos variables a partir de la etapa media del cultivo, con porcentajes de incidencia de 100% y severidad de 94,7%, llegando a la etapa final con porcentajes de 100% de incidencia y 88,1% de severidad. Cuadro 5. Se presentaron diferencias significativas para las fechas 1 y 2 y 1 y 3, sin presentarse entre 2 y 3. (Figura 6)

Durante este segundo ciclo hubo un incremento significativo de la cantidad de lluvia, esta mayor precipitación hizo que las plantas posiblemente estuvieron más predispuestas al ataque de *P. brassicae*.

Este resultado está acorde con lo observado por Velandia, (1992) y Tamayo, P.J. & Jaramillo, J.E., (1992) quienes indican que *P. brassicae* es mucho más agresivo en condiciones de una alta precipitación y alta retención de humedad del suelo.

FECHAS	INCIDENCIA (%)	SEVERIDAD (%)
1	41,8	7,5
2	100,0	94,7
3	100,0	88,1

Cuadro 5. Comportamiento del patógeno *P. brassicae* en incidencia y severidad para las tres fechas de evaluación en el segundo ciclo de cultivo.

A pesar de que en este ciclo de cultivo los porcentajes de incidencia fueron altos en la etapa media y final, los porcentajes de severidad disminuyeron de 94,7% a 88,1% o sea en un 6,6% pero sin diferencias estadísticas (Cuadro 5 y Figura 6), Se observó la aparición de raíces nuevas en las plantas con síntomas e agallas lo cual puede indicar ciertos niveles de tolerancia de la planta hacia el patógeno. Se presentaron diferencias significativas para las fechas 1 y 2 y 1 y 3, sin encontrarse entre 2 y 3. (Figura 6)

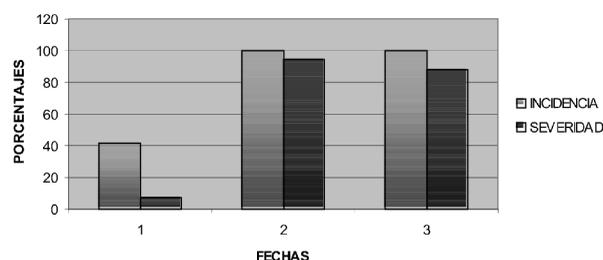


Figura 6. Comportamiento del patógeno *P. brassicae* en incidencia y severidad para el segundo ciclo de cultivo de brócoli.

Tercer ciclo de cultivo (13 julio/06 – 04 octubre/06)

En el tercer ciclo de cultivo del Brócoli, la altura tomada al momento de la cosecha en cada uno de los tratamientos se mantuvo entre 46,6 cm para el tratamiento 3 como mínima y 53,3 cm para el tratamiento 5 como máxima, (Cuadro 6), se incrementó la altura de la planta con respecto al ciclo anterior, lo que muestra un efecto directo de la precipitación en el desarrollo del cultivo, aparte de la presencia de la enfermedad.

TRATAMIENTO	ALTURA (cm)	INCIDENCIA (%)	SEVERIDAD (%)	RENDIMIENTO (gr/plata)
1	52,0	91,7	40,0	411,3
2	48,9	91,7	42,0	357,5
3	46,6	87,5	50,4	361,3
4	49,9	91,7	43,8	347,5
5	53,3	83,3	42,1	378,8
6	51,7	95,9	35,5	403,8

Cuadro 6. Efecto de los seis tratamientos evaluados sobre la altura y rendimiento del cultivo del brócoli y la incidencia y severidad del patógeno *P. brassicae* en el tercer ciclo de cultivo.

Los resultados obtenidos sobre el porcentaje de incidencia de *P. brassicae* en el tercer ciclo de cultivo del brócoli, estuvieron entre 87,5% para el tratamiento 3 y de 95,8% para el tratamiento 6, (Cuadro 6), disminuyendo con respecto del ciclo anterior, sin presentar diferencias estadísticas significativas, lo cual indica que los tratamientos evaluados no ejercieron

ningún control de la enfermedad en este tercer ciclo de cultivo. (Figura 7)

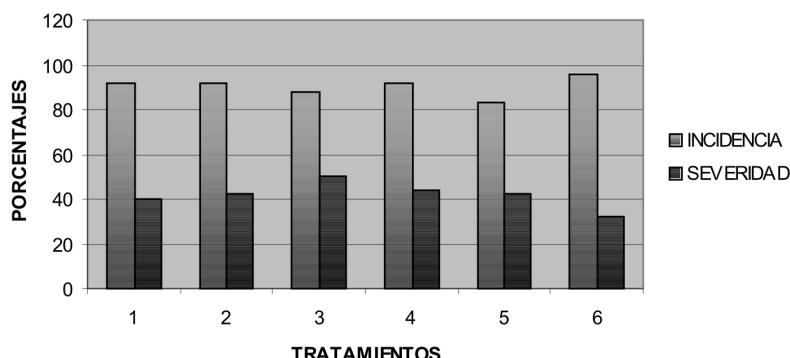


Figura 7. Efecto de los tratamientos sobre el porcentaje de incidencia y severidad del patógeno *P. brassicae* en el tercer ciclo de cultivo.

En el porcentaje de severidad encontrado en cada uno de los tratamientos, se observan valores de 32,5% como mínimo para el tratamiento 6 y 50,4% como máximo para el tratamiento 3 (Cuadro 6), No se encontraron diferencias estadísticas significativas, mostrando como resultado que los tratamientos no ejercieron ningún control contra el patógeno *P. brassicae*. (Figura 7)

Al observar el comportamiento de la enfermedad en las tres fechas de evaluación, la incidencia, al contrario de los dos ciclos anteriores, fue alta desde la primera fecha de evaluación con valores de 79,2% para la primera fecha, ascendiendo en la segunda con un 91,7% y finalizando el ciclo con un 100%; la severidad también fue mas alta en la primera fecha comparada con los dos ciclos anteriores, pero con una disminución más notoria al final del ciclo que la del ciclo anterior, con valores de 28,8%, 56,8% y 39,8% respectivamente. (Cuadro 7)

FECHAS	INCIDENCIA (%)	SEVERIDAD (%)
1	79,2	28,8
2	91,7	56,8
3	100,0	39,8

Cuadro 7. Comportamiento del patógeno *P. brassicae* en incidencia y severidad para las tres fechas de evaluación en el tercer ciclo de cultivo.

Se presentaron diferencias significativas en incidencia para las fechas 1 y 3, sin encontrarse entre 1 y 2 y 2 y 3 (Figura 8), cambiando su comportamiento, puesto que en los dos ciclos anteriores se incremen-

taba a su pico máximo en la época media del cultivo, mientras que en este tercero, el incremento fue progresivo a lo largo del tiempo.

No obstante que se incrementó la severidad de la enfermedad en la primera fecha de evaluación del tercer ciclo, comparado con los dos ciclos anteriores, es bajo el porcentaje de agallas en raíces inicio del cultivo y luego se va incrementado la severidad de los síntomas. Esta situación corrobora los resultados de Narisawa, K., Kageyama, K. & Hashiba, T., (1996) quienes mencionan que *P. brassicae* forma agallas en las raíces de repollo a los dos meses después de haberse inoculado las esporas de reposo del patógeno.

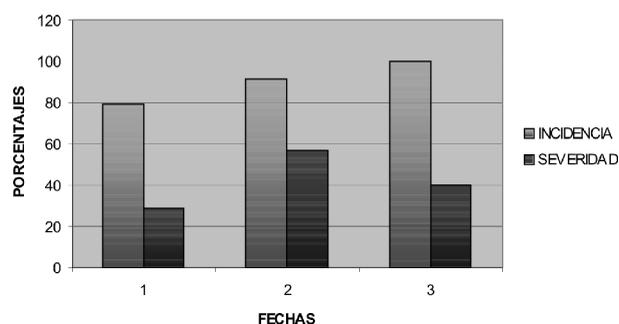


Figura 8. Comportamiento del patógeno *p. brassicae* en incidencia y severidad para el tercer ciclo de cultivo de brócoli.

En la severidad de la enfermedad evaluadas en las tres fechas en el tercer ciclo de cultivo se vio un comportamiento muy interesante de disminución en sus niveles, siendo más alta a mitad del ciclo, incrementando la cantidad de raíces nuevas al final del mismo y por consiguiente reduciendo el porcentaje de severidad encontrado (Cuadro 7), presentando diferencias significativas entre las fechas 1 y 2.

A pesar de que la incidencia fue progresiva la planta mostró niveles de tolerancia al patógeno, con la aparición de raíces sanas, acentuándose más que en el ciclo anterior, permitiendo mantener la producción sin que se vea seriamente afectada. (Figura 8)

En el rendimiento, evaluado al momento de la cosecha, no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos para este tercer ciclo, mostrando que ninguno tuvo un efecto directo en el rendimiento del cultivo (Figura 9). Se encontraron valores de 357,5 gr./planta como mínimo para el tratamiento 2 y 411,3 gr/planta como máximo para el tratamiento 1, aumentando con respecto al ciclo anterior, dada

la disminución en sus porcentajes de incidencia y severidad, que afectan el rendimiento de la planta; además, una disminución en la precipitación permitió un mejor desarrollo de plantas y un menor ataque del patógeno. (Cuadro 6)

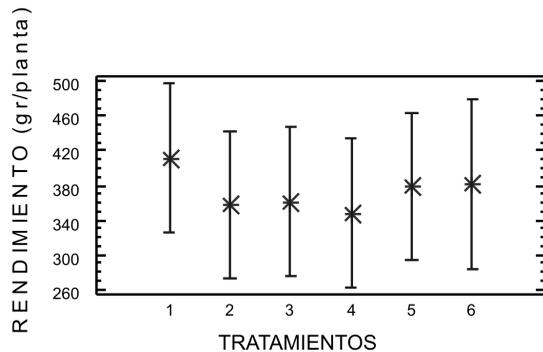


Figura 9. Efecto de los tratamientos sobre el peso de las cabezas de brócoli en el tercer ciclo de cultivo.

Análisis comparativo de los tres ciclos de cultivo

Al comparar los tres ciclos en que se evaluó el cultivo de brócoli se observa que la altura de las plantas presenta diferencias significativas entre los tres tratamientos, siendo menor en el segundo ciclo debido posiblemente al aumento de la precipitación en este período que no permitió un buen desarrollo de las plantas. Se observó un aumento de la altura en el tercer ciclo, debido a una posible tolerancia del híbrido Legacy al patógeno. (Cuadro 8)

En cuanto a la incidencia se observó que hay un incremento del inóculo en el suelo cuando se hacen siembras continuas de brócoli en el mismo lote.

Se presentó mayor severidad en el segundo ciclo de cultivo con 63,4% posiblemente como efecto directo de la mayor precipitación, lo cual se explicaría posiblemente por la mayor liberación de zoosporas y germinación de esporas de reposo para luego penetrar en los tejidos de las raíces y producir agallas, como lo menciona Agrios (2005).

CICLO DE CULTIVO	ALTURA (cm)	INCIDENCIA (%)	SEVERIDAD (%)
1	56,5	75,7	32,2
2	41,9	80,7	63,4
3	50,4	90,3	41,8

Cuadro 8. Promedio de altura de plantas, porcentaje de incidencia y porcentaje de severidad de la hernia de las crucíferas en los tres ciclos de cultivo de Brócoli.

En cuanto a la altura de las plantas se observó una disminución estadísticamente diferente entre los tres ciclos de cultivo, donde la menor fue en el segundo ciclo (Cuadro 8), debido a la cantidad de lluvia que hizo incrementar el inóculo en el suelo y debilitar las plantas. (Figura 10)

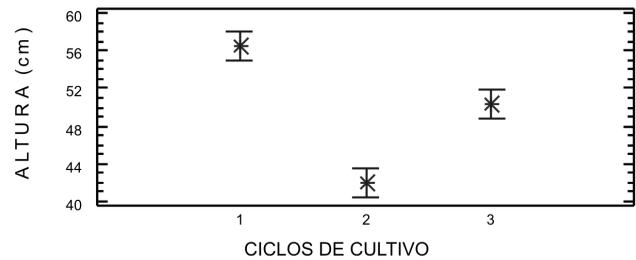


Figura 10. Comparación de altura de planta en los tres ciclos de cultivo de brócoli.

Con respecto a la incidencia se presentaron diferencias significativas entre los ciclos 1 y 3, con una tendencia a aumentar a lo largo de la realización de los tres ciclos de cultivo de brócoli que se realizaron en la presente investigación. (Figura 11)

Se presentaron diferencias significativas entre los ciclos 1 y 2 y 2 y 3, donde se observó una severidad mayor en el ciclo dos (Cuadro 8), coincidiendo con una fuerte época de lluvia durante ese ciclo, reiterando el posible efecto de la precipitación, que permitió un incremento del inóculo en el suelo, reflejado en el aumento de la severidad en las raíces con agallas. (Figura 11)

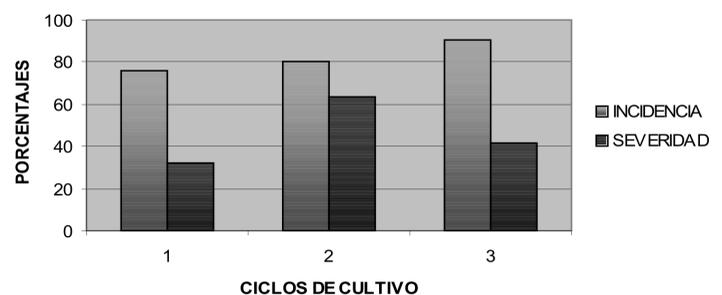


Figura 11. Porcentaje promedio de incidencia y severidad del patógeno *P. brassicae* en cada uno de los tres ciclos de cultivo de brócoli.

Al momento de realizar el análisis comparativo de los tres ciclos de cultivo en cuanto a fechas de evaluación para incidencia y severidad, se puede observar que hubo un incremento gradual en la incidencia, llegando casi a un 100%. En la severidad inicia baja en los primeros estados de desarrollo del cultivo y va aumentando en la medida que se desarrollan las plantas. (Cuadro 9)

FECHAS	INCIDENCIA (%)	SEVERIDAD (%)
1	52,1	16,9
2	95,8	60,7
3	98,6	59,9

Cuadro 9. Comportamiento del patógeno *P. brassicae* en incidencia y severidad para las tres fechas de evaluación en los tres ciclos de cultivo de brócoli.

Al momento de realizar el análisis comparativo de los tres ciclos de cultivo en cuanto a fechas de evaluación para incidencia y severidad, se puede observar que hubo un incremento gradual en la incidencia, llegando casi a un 100%. En la severidad inicia baja en los primeros estados de desarrollo del cultivo y va aumentando en la medida que se desarrollan las plantas. (Cuadro 9)

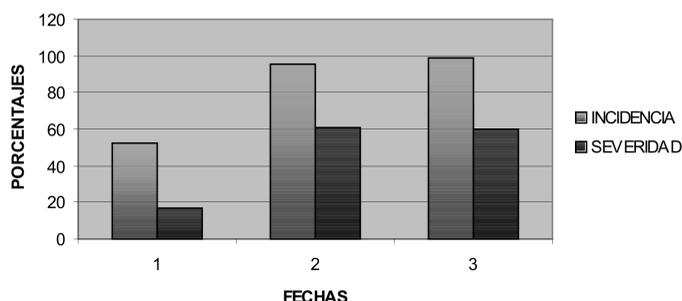


Figura 12. Comportamiento del porcentaje de incidencia y severidad de la enfermedad respecto a las tres fechas de evaluación en los tres ciclos de cultivo del brócoli.

En el porcentaje de severidad se presentaron diferencias significativas entre las fechas 1 y 2 y 1 y 3, donde al inició de cada ciclo el porcentaje de raíces afectadas fue bajo con respecto a la etapa media, presentándose en éste su mayor atrofiaamiento (Cuadro 9), sin embargo, en los últimos dos ciclos de cultivo, al momento de realizar el muestreo en la cosecha, se vio la emisión de raíces sanas disminuyendo la severidad, ayudando a que las plantas se recuperen sin que se vea muy afectada su producción. (Figura 12)

Respecto al rendimiento obtenido en cada uno de los tres ciclos del cultivo, se presentaron diferencias significativas entre el primero y tercer ciclo, con respecto al segundo, ya que el ciclo dos se vio gravemente afectado por la época de lluvia Figura 13. Esto resultado concuerdan con lo anotado por Tamayo & Jaramillo (1992) y Velandia (1992) quienes afirman también que la enfermedad hernia de las crucíferas causada por *P. brassicae*, es mas grave en condiciones de alta precipitación y alta humedad en el suelo.

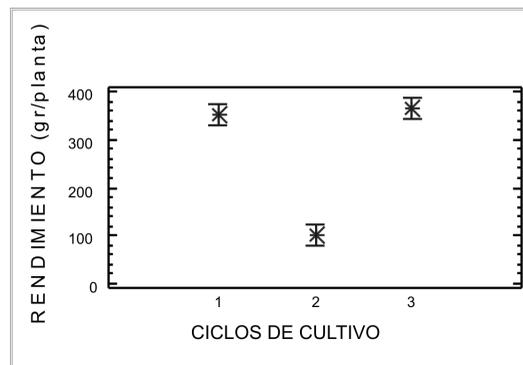


Figura 13. Comportamiento del rendimiento (gr/planta) promedio en los tres ciclos de cultivo.

III. Conclusiones

- El producto EM (Microorganismos Eficaces) y el hongo *Trichoderma* sp no controlaron en forma curativa la enfermedad Hernia de las Crucíferas en el cultivo de Brócoli.
- Debido a que los rendimientos de Brócoli en condiciones climáticas normales (ciclo 1 y 3) no se vieron afectados por la enfermedad, se puede considerar que el híbrido Legacy es tolerante al ataque de *P. brassicae*.
- Se observó mayor incidencia y severidad de la Hernia de las Crucíferas a medida que aumento el desarrollo del cultivo.
- Una alta precipitación hace que se incremente la severidad del *P. brassicae*.
- Cultivos permanentes (sin rotación) de Brócoli hace que aumente el inóculo de *P. brassicae* en el suelo.

IV. Referencias

- [1] Agrios, G. (2005). *Fitopatología*. (2a.ed., pp. 298-302). México: Editorial LIMUSA.
- [2] Ávila De Moreno, C. (1992). Memorias, *Seminario Manejo de Enfermedades en Especies Hortícolas de Impacto Económico en Clima Frío* (pp. 24-32). Instituto Colombiano Agropecuario. ICA. Centro de Investigación "Tibaitatá". Colombia
- [3] Ávila De Moreno, C. & Velandia, J. (1999). Enfermedades de algunas especies hortícolas y su manejo. En: *Enfermedades y plagas de las Hortalizas y su Manejo*. Boletín de Sanidad Vegetal No 16. Instituto Colombiano Agropecuario. ICA. División de Sanidad Vegetal. (pp. 7 – 30)
- [4] Bustamante, E. (1995). Control Biológico de Patógenos en Plantas. En: *Curso Internacional de Manejo Integrado de Plagas* (pp. 19-31). San Juan de Pasto, Colombia
- [5] FUNDASES, s.f. *Asesorías para el Sector Rural*. Recuperado el 26 de junio de 2005 de www.fundases.com

- [6] Ingeniería Agrícola, s.f. Recuperado el 26 de junio de 2005, de <http://www.angelfire.com/ia2/ingenieriaagricola/brocoli.htm>
- [7] Jaramillo, J. & Lobo, M. (1983). *Manual de Hortalizas*. Instituto Colombiano Agropecuario. ICA. Bogotá. Manual de asistencia Técnica No 28.
- [8] Narisawa, K., Kageyama, K. & Hashiba, T. (1996). Efficient root infection with single resting spores of *Plasmidiophora brassicae*. *Micological Research*. 100 (7), 855 – 858
- [9] Pinzón, H. & Isshiki, M (2001). *El Cultivo de Algunas Hortalizas Promisorias en Colombia*. Corpoica. Regional 4.
- [10] Siqueira, M., Sudré, C. & Almeida, L, (2005). *Influence of Effective Microorganisms on Seed Germination and Plantlet Vigor of Selected Crops*. Río de Janeiro, Brasil.
- [11] Tamayo, P. (2001). Enfermedades de las Crucíferas y su Manejo. En: *Hortalizas Plagas y Enfermedades*. Rionegro, Colombia. Corpoica, Regional 4, Sociedad Colombiana de Entomología.
- [12] Tamayo, P.J. & Jaramillo, J.E. (1992). Situación Patológica de las Hortalizas Cultivadas en el Oriente Antioqueño. *Revista ICA informa* 26, 29-38
- [13] Velandia, J. (1992). Evaluación de cinco niveles de cal apagada en el control de *Plasmidiophora brassicae* en repollo Bola Verde. Informe Anual de Actividades, Sección de Hortalizas, ICA-TIBAITATA. pp. 7-11. Bogotá. Colombia
- [14] Velandia, J., Galindo, R. & Avila, C. (1998). Evaluación de la Gallinaza en el Control de *Plasmidiophora brassicae* en Repollo. *Revista de Agronomía Colombiana*. XV (1), 1 – 6.
- [15] <http://www.controlbiologicochile.cl/content/view/33/130/>
- [16] http://www.oriusbiotecnologia.com/site/content/fichastecnicas/agricola/2008-04-17_TRICHO-D-COLOMBIA-FICHA_TECNICA.pdf

Jully A. Castillo M. Ingeniera en Agroecología de la Corporación Universitaria Minuto de Dios, (UNIMINUTO).

Omar Guerrero G. M. Sc. en Fitopatología de la Universidad Nacional de Colombia, 1978. Ingeniero Agrónomo de la Universidad Nariño, 1972. Fitopatólogo, Investigador del Instituto Colombiano Agropecuario ICA; Coordinador del Laboratorio de Diagnóstico Vegetal de Pasto – Tibaitatá, Cundinamarca, Instituto Colombiano Agropecuario ICA. Consultor del Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria IBTA en Enfermedades Radicales de las Leguminosas de Grano. Docente de microbiología y fitopatología en UNIMINUTO. Docente de Microbiología, Patología de Semillas, Epidemiología Agrícola, y Fitopatología en la Universidad de Nariño.