

**Sensibilidad *in vitro* de *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary al extracto de fique (*Furcraea gigantea* Vent.) y fungicidas sistémicos**

**Sensitivity *in vitro* of *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary to sisal extract (*Furcraea gigantea* Vent.) and systemic fungicides**

David Alvarez<sup>1</sup>  
Derian Delgado<sup>1</sup>  
Claudia Salazar<sup>2</sup>  
Andrés Hurtado<sup>3</sup>

**RESUMEN**

En Nariño, el tizón tardío o gota de la papa, causada por *Phytophthora infestans* es la enfermedad de mayor incidencia en el cultivo, para su control los agricultores realizan aplicaciones de diferentes fungicidas, representando cerca del 20% de los costos de producción y provocando alta presión de selección y sensibilidad reducida. Con el objetivo de evaluar tratamientos alternativos de la enfermedad, se evaluó la respuesta de sensibilidad de *P. infestans* al bioinsumo de fique (*Furcraea gigantea* Vent), comparándolo con productos comerciales Ridomil gold<sup>®</sup> (Metalaxyl-M + Mancozeb), y Curzate<sup>®</sup> (Cymoxanil + Mancozeb). Para esto, se utilizó un diseño irrestrictamente al azar (D.I.A.) con arreglo factorial, en donde el factor A correspondió a los tratamientos evaluados y el factor B las diferentes concentraciones (10, 100, 1.000, 10.000, 100.000  $\mu\text{g mL}^{-1}$ ) enmendadas en el medio de cultivo agar tomate. Así, discos de micelio de 1,1 cm de diámetro fueron colocados en las diferentes unidades experimentales; el crecimiento radial *in vitro* fue medido después de 8 días. Los resultados mostraron diferencias altamente significativas ( $P \leq 0,05$ ) en los tratamientos evaluados; se analizaron con la escala de sensibilidad de Shattock (1988), mostrando que el aislamiento evaluado fue altamente susceptible a altas concentraciones del extracto de fique, se calculó la concentración efectiva cincuenta ( $EC_{50}$ ) obteniendo valores de 4,62  $\mu\text{g mL}^{-1}$  para el producto Ridomil Gold<sup>®</sup> y 4,31  $\mu\text{g mL}^{-1}$  para Curzate<sup>®</sup>, se exploró un rango preciso para el bioinsumo: 10.000, 25.000, 50.000, 75.000 y 100.000  $\mu\text{g mL}^{-1}$ , definiendo una  $EC_{50}$  de 8.912  $\mu\text{g mL}^{-1}$  y una concentración capaz de inhibir el crecimiento *in vitro* en 75.000  $\mu\text{g mL}^{-1}$ , estos valores se convierten en estimativos para el cálculo de la dosis de aplicación del extracto de fique en el control del patógeno *P. infestans* en condiciones de campo.

**Palabras clave:** Extracto vegetal, tizón tardío, papa (*Solanum tuberosum* L.).

<sup>1</sup> Estudiantes Programa de Ingeniería Agronómica. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño, Pasto-Colombia

<sup>2</sup> M.Sc. Profesora Asistente. Programa de Ingeniería Agronómica. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño, Pasto-Colombia

<sup>3</sup> Ph.D. Profesor Asociado. Facultad de Ingeniería Agroindustrial. Universidad de Nariño, Pasto-Colombia

## ABSTRACT

The different concentrations In Nariño Department, the potato late blight caused by *Phytophthora infestans* is the major disease incidence in the crop, for its control farmers are making applications of different fungicides, representing about 20% of production costs and resulting in high selection pressure and reduced sensitivity. In order to evaluate alternative treatments for the disease, the sensitivity response of *P. infestans* to sisal extract (*Furcraea gigantea* Vent) was evaluated, compared to commercial products Ridomil gold® (Metalaxyl-M + Mancozeb) and Curzate® (Cymoxanil + Mancozeb) molecules. For this, agar culture media were amended with different concentrations of plant extract and fungicides. Random unrestricted design with factorial arrangement was used. The A factor belonged to treatments and B factor were the different concentrations (10, 100, 1.000, 10.000, 100.000  $\mu\text{g mL}^{-1}$ ). So, mycelial discs of 1.1 cm in diameter were placed in different experimental units, the in vitro radial growth was measured after 8 days. The results showed highly significant differences ( $P < 0.05$ ) in the treatments evaluated and then were analyzed with the sensitivity scale of Shattock (1988), showing that the isolate evaluated is highly susceptible to high concentrations of sisal extract. In addition, the fiftieth effective concentration ( $\text{EC}_{50}$ ) were calculated obtaining values of 4.62  $\mu\text{g.L}^{-1}$  for the product Ridomil Gold®, 4.31  $\mu\text{g.L}^{-1}$  for Curzate®, finally, a precise range for the extract plant were explored: 10.000, 25.000, 50.000, 75.000 and 100.000  $\mu\text{g.L}^{-1}$ , defining an  $\text{EC}_{50}$  of 8.912  $\mu\text{g.L}^{-1}$  and concentration to inhibit the growth layers in vitro by 75.000  $\mu\text{g mL}^{-1}$ ; these values are converted into estimates to the calculation of the sisal extract dose application in the control of the pathogen *P. infestans* under field conditions.

**Key words:** Extract plant, late blight, potato (*Solanum tuberosum* L.).

## INTRODUCCIÓN

La “gota o tizón tardío” causado por el patógeno *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, se constituye en el agente fitopatológico más perjudicial de la papa (*Solanum tuberosum* L.) en las zonas húmedas del mundo (Proinpa, 2006). En Colombia se reporta como el limitante de mayor incidencia en el cultivo (Salazar, 2000; Castaño y Castro, 2006; Jaramillo, 2004), debido principalmente a condiciones climáticas favorables para el desarrollo del patógeno y a la siembra de materiales altamente susceptibles, como las variedades Diacol Capiro, Parda Pastusa, ICA Nevada y Tuquerreña (Jaramillo, 2004). Este patógeno es el responsable de pérdidas económicas de consideración, limitando la producción de la papa, puesto que, al no realizarse una adecuada estrategia de manejo, las pérdidas pueden oscilar entre el 70 y 100 % de la producción (Cevipapa, 2002).

El manejo de este problema fitosanitario se fundamenta en el uso de productos sintéticos, en donde los agricultores realizan aplicaciones calendario con moléculas protectantes como Mancozeb y sistémicos con productos a base de Metalaxyl-M y Cymoxanil de manera intensiva (Castaño y Castro, 2006; Martínez y Osorio, 2007). El uso indiscriminado de estos productos actuando en el mismo sitio de acción ha provocando una alta presión de selección y sensibilidad reducida del patógeno (Salazar, 2000; Carreño *et al.*, 2006; Pérez y Forbes, 2008; García *et al.*, 2008), sumado a esto, se destaca la contaminación por su residualidad y acumulación en suelos, plantas, animales y en el mismo hombre, lo que ocasiona alteraciones en los procesos bioquímicos normales y por tanto, graves enfermedades (Bravo *et al.*, 2000).

Como posible solución a esta problemática algunos autores han reconocido de los extractos de diferentes especies de plantas sus propiedades fungicidas, cualidades que han generado gran interés por sus resultados promisorios en laboratorio e invernadero (Castaño y Castro, 2006).

Hay que destacar que existe una vasta diversidad de especies vegetales con propiedades de interés para la investigación, de la cual menos del 10% de la población vegetal ha sido evaluada en la búsqueda de actividad biológica (Harvey, 2000).

Productos conocidos como bioinsumos definidos por el Instituto Colombiano Agropecuario-ICA (1995), como extractos de metabolitos secundarios de plantas cuyos principios activos se han confirmado en la práctica como plaguicidas, son considerados por Castaño y Castro (2006) como alternativas ambientalmente benignas que pueden constituirse a futuro como un método sostenible, competitivo y equitativo para el manejo integrado de patógenos, entre los cuales se encuentra *Phytophthora infestans*.

En papa criolla se han utilizado extractos de ajo (*Allium sativum* L.) y ajeno (*Artemisa absinthium* L.) que parecen tener un efecto de reducción en la severidad de la enfermedad del tizón tardío (Castaño y Castro, 2006). Cao y Van Bruggen (2001) evaluaron 88 extractos vegetales distribuidos en 44 familias botánicas valorando la capacidad de inhibir la formación de zoosporas y crecimiento *in vitro* del patógeno *P. infestans*, en este estudio 19 extractos eran eficientes para la reducción de ambas variables. Así mismo, extractos de *Cereus deficiens* Otto & D. (Zapata *et al.*, 2003), *Cassia tora* L. (Kim *et al.*, 2004), *Bazzania trilobata* L., *Diplophyllum albicans* L. (Mekuria *et al.*, 2005) y *Catalpa ovata* G. (Cho *et al.*, 2006) mostraron cierta inhibición del patógeno a nivel de laboratorio.

Preciado y Rangel (2006) y Rojas (2008), realizaron aproximaciones en la evaluación del potencial químico que tiene el jugo de fique en el control de *P. infestans*, encontrando que esta especie suculenta del género *Furcraea* spp. utilizada principalmente en la extracción de fibras, presenta cualidades fungicidas que pueden ser utilizadas en el manejo de este problema

fitosanitario, ya que posee propiedades tensoactivas, plaguicidas y presenta contenidos de esteroides naturales entre los que se han encontrado saponinas y fitoesteroles (Gómez y Vanegas, 2001), componentes que pueden interactuar como limitantes en el crecimiento del patógeno.

Hay que destacar que, de la planta de fique solamente se aprovecha la cabuya (fibra natural), la cual representa el 4% del peso de la hoja. Los residuos del proceso de extracción constituyen el 96%, siendo el jugo de fique el más representativo con el 70% del peso total; este residuo líquido al carecer de un manejo adecuado ocasiona problemas de contaminación hídrica afectando la ictiofauna de las quebradas y la disponibilidad del recurso hídrico para el consumo humano y animal (Mojica y Paredes, 2004), por ende, la transformación de este sub producto en un bioinsumo que pueda integrarse en un esquema de manejo integrado de la enfermedad del tizón tardío en el cultivo de la papa, puede convertirse en una solución a la problemática ecológica y de manejo agroecológico del patógeno *P. infestans*.

El objetivo del trabajo fue evaluar la respuesta de sensibilidad del patógeno *Phytophthora infestans* al bioinsumo de fique (*Furcraea gigantea* Vent.) comparándolo con productos comerciales Ridomil gold<sup>®</sup> (Metalaxyl + Mancozeb) y Curzate<sup>®</sup> (Cymoxanil + Mancozeb), así como el cálculo de la concentración efectiva cincuenta EC<sub>50</sub> a nivel *in vitro*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente ensayo se desarrolló en el laboratorio de fitopatología de la Universidad de Nariño, ubicado a una altura de 2.488 msnm, con una temperatura promedio de 14° C y una humedad relativa del 70%.

**Aislamiento de patógeno *Phytophthora infestans*.** El aislamiento del patógeno se realizó siguiendo la metodología descrita por Agrios (2002), trabajando a partir de muestras de tejido de papa afectado colectado en un lote experimental ubicado en el corregimiento de Catambuco, Vereda Cubijan bajo, Municipio de Pasto (Nariño), en el cual no se realizó ninguna aplicación de productos sintéticos para el control de la enfermedad, este material fue llevado al laboratorio de fitopatología de la Universidad de Nariño, el cual se cortó en pedazos pequeños (5mm x 5mm), se desinfectó con hipoclorito de sodio al 3% por dos minutos y enjuagados en agua destilada durante un minuto, este material se sembró en cajas de Petri con medio nutritivo agar tomate (agar 18 g, sacarosa 18 g, carbonato de calcio 0,5 g, solución madre tomate 200 mL, solución madre arveja 200 mL, agua destilada 600 mL; para 1 litro de medio de cultivo) de acuerdo al protocolo propuesto por Caicedo y Chalparizan (2008) y purificándose por transferencia continua a nuevas cajas de Petri hasta obtener una colonia pura de *P. infestans*.

**Obtención del bioinsumo de fique.** Hojas de fique de la variedad “negra común” (*Furcraea gigantea* Vent.), recolectadas en el Municipio de El Tambo (Nariño), fueron transportadas a la planta piloto de la Universidad de Nariño, en donde se procedió a realizar la extracción del jugo mediante un molino de rodillos y posterior filtrado por medio de cedazos artesanales de lona. Por último, el jugo fue centrifugado a 5.000 rpm por un lapso de cinco minutos con el objeto de eliminar el total de sustancias sólidas presentes; la fracción final fue colocada en beakers y fermentada de manera anaeróbica a una temperatura constante de 33°C, obteniendo sub muestras de 30 mL del bioinsumo, al cuarto día de fermentación.

**Diseño Experimental.** Se utilizó un diseño irrestrictamente al azar (D.I.A.) con arreglo factorial, donde el factor A correspondió a los tratamientos: bioinsumo de fique, Ridomil Gold® (Metalaxyl-M 4% y Mancozeb 64%), Curzate® (Cymoxanil 8% y Mancozeb 64%) y un testigo absoluto; El factor B hace relación a cinco concentraciones evaluadas: 10, 100, 1.000, 10.000 y 100.000 µg mL<sup>-1</sup>. La unidad experimental consistió en una caja de Petri, con cinco repeticiones, para un total de 95 unidades experimentales.

**Sensibilidad del patógeno *Phytophthora infestans*.** El comportamiento *in vitro* del patógeno se determinó por medio del crecimiento radial de las colonias de *P. infestans*, para esto, discos de micelio de 1,1 cm de diámetro del patógeno obtenidos con sacabocado, fueron establecidos en cajas de Petri con medio agar tomate enmendado con los diferentes tratamientos, cada unidad experimental fue evaluada mediante el programa gráfico Tpsdig2® (Rohlf, 2005) después de un período de incubación de 8 días a temperatura promedio de 18°C.

Se determinó el porcentaje de crecimiento utilizando la relación propuesta por Riveros *et al.*, (2003).

$$PC = \frac{DMCM - 1,1cm}{DMCA} \times 100$$

Donde: PC = porcentaje de crecimiento; DMCM = diámetro medio de colonia creciendo en el tratamiento; 1,1 cm = diámetro del cilindro con micelio; y DMCA = diámetro medio de colonia sin enmendar. Con base en el porcentaje de crecimiento se determinó la sensibilidad del aislamiento evaluado mediante la escala propuesta por Shattock (1988), en donde:

Sensibles (S): Menor del 10% del crecimiento del testigo

Intermedio (I): Entre 10 y 60% del crecimiento del testigo

Resistente (R): Mayor del 60% del crecimiento del testigo

Los datos obtenidos se analizaron mediante un análisis de varianza y prueba de comparación de medias LSD de Fisher a un nivel de significancia del 0,05 mediante el programa estadístico Statgraphics® (2000).

**Determinación de la concentración efectiva cincuenta (EC<sub>50</sub>).** Se realizó un análisis estadístico para determinar la concentración efectiva capaz de inhibir el 50% del crecimiento radial (EC<sub>50</sub>) tanto para el bioinsumo de fique como para los productos sintéticos comerciales. Estos valores se calcularon con base en una regresión lineal obtenida de la respuesta del crecimiento radial promedio de las cinco repeticiones, las cuales fueron graficadas contra las dosis (logaritmo de la concentración de tratamiento) (Riveros *et al.*, 2003).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis del efecto en el crecimiento del patógeno *P. infestans* en el medio de cultivo agar tomate enmendado con el bioinsumo de fique y los productos sintéticos, indican que existen diferencias altamente significativas ( $P \leq 0,01$ ) entre los tratamientos y las concentraciones evaluadas respecto al testigo absoluto. La acción antifúngica fue evidente en el desarrollo del experimento, puesto que, se redujeron los porcentajes en el crecimiento micelial del patógeno con el aumento de la dosis en cada uno de los tratamientos evaluados (Tab. 1), a partir de la concentración  $100 \mu\text{g mL}^{-1}$  para el bioinsumo de fique y  $10 \mu\text{g mL}^{-1}$  para los productos sintéticos con moléculas Metalaxyl-M + Mancozeb y Cymoxanil + Mancozeb. La evaluación de la sensibilidad del patógeno se realizó mediante la escala propuesta por Shattock (1988), puesto que permitió determinar el comportamiento de *P. infestans*, basándose en el crecimiento micelial relativo en presencia de los productos restrictivos considerando el crecimiento de un testigo absoluto (sin enmendar).

Los fungicidas utilizados como comparadores ante el bioinsumo de fique, mostraron un comportamiento similar en el total de evaluaciones realizadas, se destaca que la concentración más baja evaluada  $10 \mu\text{g mL}^{-1}$  causara una reducción en el crecimiento promedio del patógeno *P. infestans* del 87% para el producto Ridomil Gold<sup>®</sup> y 83% para el producto Curzate<sup>®</sup>, indicando un comportamiento de sensibilidad intermedia en esta concentración. Además, se observa un efecto fungistático para las concentraciones 100 y  $1.000 \mu\text{g mL}^{-1}$  de los productos comerciales, con porcentajes de crecimiento entre el 9,3 y 4,2% y una respuesta de sensibilidad al grupo de las fenilamidas y cianoacetamida-oximas. Cabe destacar que, a partir de la concentración  $10.000 \mu\text{g mL}^{-1}$ , ambos productos inhibieron completamente el crecimiento del patógeno, confirmando una acción fungicida a nivel *in vitro*.

**Tabla 1. Actividad antifúngica del bioinsumo de fique y productos sintéticos sobre el patógeno *Phytophthora infestans***

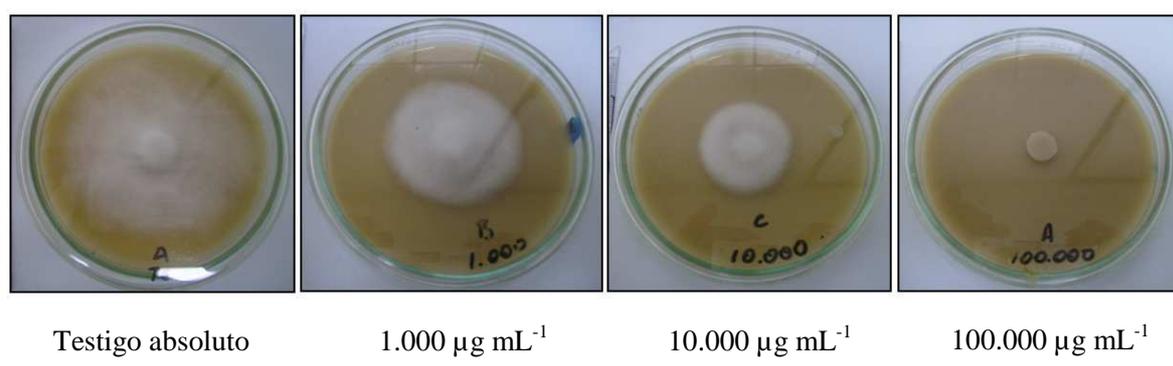
Concentraciones ( $\mu\text{g mL}^{-1}$ )	Crecimiento medio micelial (cm)	Porcentaje de crecimiento (%)	Actividad antifúngica**
<b>Bioinsumo de fique</b>			
0	5,42a*	100	-
10	5,25a	80,5	Ft
100	5,04b	72,9	Ft
1.000	4,25c	58,3	Ft
10.000	2,28d	21,8	Ft
100.000	0i	0	Fg
<b>Curzate<sup>®</sup> (8% Cymoxanil + 64% Mancozeb)</b>			
0	5,42a	100	-
10	1,98e	16,3	Ft
100	1,44h	6,2	Ft
1.000	1,04h	4,2	Ft
10.000	0i	0	Fg
100.000	0i	0	Fg
<b>Ridomil Gold<sup>®</sup> (4% Metalaxyl + 64% Mancozeb)</b>			
0	5,42a	100	-
10	1,79f	12,7	Ft
100	1,60g	9,3	Ft
1.000	1,03h	4,3	Ft
10.000	0i	0	Fg
100.000	0i	0	Fg

\*Letras diferentes en la columna indican diferencia significativas (LSD,  $P < 0,01$ ).

\*\* Ft = fungistáticas; Fg = fungicida.

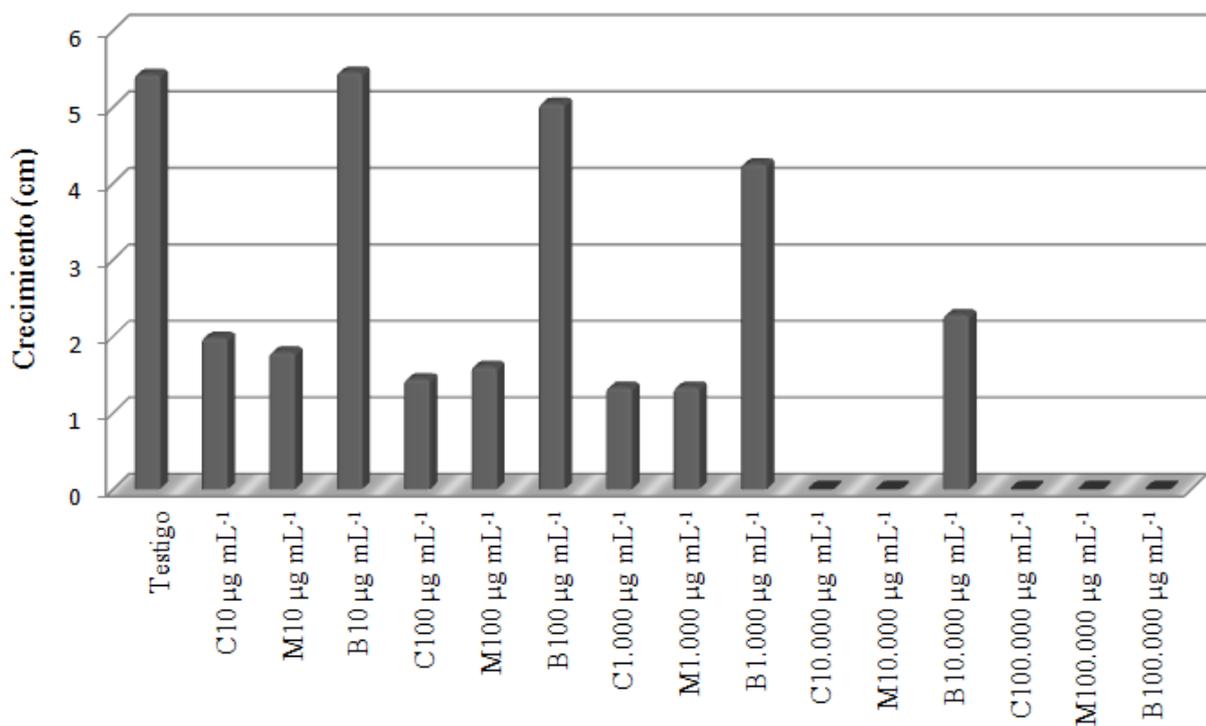
En esta evaluación se encontró una alta eficiencia de los fungicidas comerciales para reducir el crecimiento de *P. infestans*, sin embargo, no fue posible comparar estos resultados con la mayoría de trabajos de sensibilidad a las moléculas Metalaxyl y Cymoxanil, puesto que, no se utilizó el ingrediente activo en las evaluaciones realizadas en grado técnico. Garcia *et al.*, (2008) indican que, al incluir moléculas principales con características sistémicas acompañadas de un fungicida protectante, se puede conducir a un efecto de enmascaramiento que dificulte la lectura de la acción directa de los fungicidas sistémicos.

En cuanto a la evaluación del bioinsumo de fique (*Furcraea gigantea* Vent.), se determinó que, el extracto fermentado de esta agavaceae tiene efecto en la inhibición del patógeno *P. infestans* a nivel *in vitro* (Fig. 1), causando una reducción en el promedio de crecimiento del 27,1% con la dosis  $100 \mu\text{g mL}^{-1}$  y una clasificación en la escala de sensibilidad de Shattock (1988) como resistente (superior al 60% en relación al testigo absoluto), pero que, se incrementa en 41,7% y 78,2% en las concentraciones  $1.000$  y  $10.000 \mu\text{g mL}^{-1}$  del bioinsumo con clasificación de sensibilidad intermedia. No obstante, cuando el medio de cultivo fue enmendado con la proporción más alta del bioinsumo  $100.000 \mu\text{g mL}^{-1}$  fue evidente el efecto de este en la sensibilidad del patógeno, al inhibir totalmente el crecimiento micelial *in vitro* obteniendo el mismo efecto producido por los productos Ridomil Gold® y Curzate® aplicados en la misma concentración (Fig. 2), estos resultados pueden ser explicados por la gran proporción de metabolitos secundarios presentes en el extracto de esta agavacea (Gómez y Vanegas, 2001; Preciado y Rangel, 2006). Estos metabolitos, formados a través de las rutas de obtención de los metabolitos primarios y por procesos bioquímicos ayudados por enzimas provenientes de cadenas de oxidaciones y reducciones, han demostrado tener una fuerte actividad antibacteriana y antifúngica (Sanabria, 1983; Verpoorte y Memelink, 2002).



**Fig 1. Sensibilidad del patógeno *P. infestans* al bioinsumo de fique (0-100.000)  $\mu\text{g mL}^{-1}$**

Rojas (2008), caracterizó fisicoquímicamente el jugo de fique (*Furcraea gigantea* Vent.) determinando la presencia de alcaloides y saponinas dentro de los metabolitos secundarios importantes en esta planta. Fuertes y colaboradores (1998), indican que la acción antifúngica de los alcaloides presentes en un extracto vegetal podría deberse a la presencia de nitrógeno en su estructura como amina o amida infiriendo en el desarrollo del patógeno a evaluar. Así mismo, Preciado y Rangel (2006), en estudios de sensibilidad de *P. infestans* utilizando saponinas, encontraron inhibición del crecimiento micelial, aludiendo esta respuesta a la desactivación de la síntesis de varias enzimas a nivel de la célula y del metabolismo del oomycete.



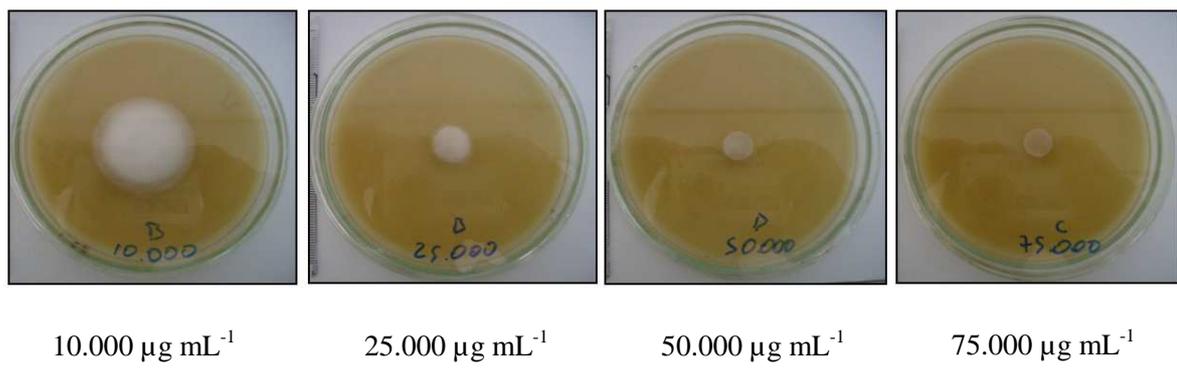
\*C= Curzate®; M=Ridomil Gold®; B= Bioinsumo de fique.

**Figura 2.** \*Crecimiento *in vitro* del patógeno *Phytophthora infestans* en los diferentes tratamientos.

Rodríguez y colaboradores (2000), plantean que la actividad de los extractos no sólo se debe a la presencia sino también a la concentración de algunos metabolitos que se identifiquen en el

análisis químico cualitativo y se les atribuya propiedades antimicrobianas, de ahí que se explique el comportamiento de las concentraciones más bajas 10 y 100  $\mu\text{g mL}^{-1}$  del bioinsumo de fique la cuales no afectan el crecimiento *in vitro* del patógeno.

Finalmente, se exploró un nuevo rango para el tratamiento del bioinsumo de fique, entre 10.000  $\mu\text{g mL}^{-1}$  y 100.000  $\mu\text{g mL}^{-1}$ , la primera corresponde a la concentración en la cual se obtuvo una respuesta de sensibilidad intermedia del aislamiento y la última aquella en la cual se inhibió totalmente el crecimiento del patógeno (10.000, 25.000, 50.000, 75.000 y 100.000  $\mu\text{g mL}^{-1}$ ) (Fig. 3), los resultados demostraron la necesidad de adicionar una dosis alta del extracto para generar un efecto fungistático o fungicida con relación en los productos sintéticos, reflejado en los valores de  $\text{EC}_{50}$ .



**Fig 3. Sensibilidad del patógeno *P. infestans* al bioinsumo de fique (10.000 – 100.000  $\mu\text{g mL}^{-1}$ )**

El cálculo de la concentración capaz de inhibir el cincuenta por ciento del crecimiento ( $\text{EC}_{50}$ ) a nivel *in vitro*, para el bioinsumo de fique correspondió a 8.912  $\mu\text{g mL}^{-1}$  ( $R^2 = 0,982$ ) comparado con valores tan bajos como 4,02  $\mu\text{g mL}^{-1}$  para el producto Ridomil gold<sup>®</sup> similar al reportado por García y colaboradores (2008) y 3,91  $\mu\text{g mL}^{-1}$  para el producto Curzate<sup>®</sup>; esta diferencia entre el tratamiento vegetal y los productos comerciales que presentan un carácter sistémico con acción protectante, curativa y erradicante exclusiva para el control de Oomycetes, obedece al hecho que el extracto de fique en su composición presenta 85% de

humedad y tan solo el 8% del volumen total representa la parte orgánica y amorfa (MADR, 2006), en la cual se encuentra los principios activos (metabolitos secundarios) reportados por los diferentes autores como antifúngicos, por lo anterior el tratamiento vegetal en el total de concentraciones presenta cierta desventaja al ser comparado con los productos comerciales.

La evaluación del efecto del bioinsumo en el presente rango de concentración (Fig. 3) permitió determinar, que al enmendar el medio de cultivo con  $75.000 \mu\text{g mL}^{-1}$  del tratamiento, se inhibe totalmente el crecimiento micelial *in vitro* del patógeno, determinando así, la concentración letal del bioinsumo; convirtiéndose junto al  $EC_{50}$  en un estimativo para el cálculo de la dosis de aplicación en campo del extracto, en el control de la enfermedad del tizón tardío de la papa, convirtiéndose en una atractiva fuente, no solo por la diversidad en la composición química que posee, sino por su acción biológica y su carácter menos nocivo sobre el medio ambiente.

## CONCLUSIONES

- Bajo condiciones *in vitro*, se demostró que el extracto fermentado de la especie *Furcraea gigantea* Vent. presenta un efecto de inhibición ante el patógeno *Phytophthora infestans* a una concentración de  $75.000 \mu\text{g mL}^{-1}$ , causando una respuesta similar a la obtenida por los fungicidas sistémicos evaluados.
- Se propone el cálculo de la  $EC_{50}$  ( $8.912 \mu\text{g mL}^{-1}$ ) y la concentración letal ( $75.000 \mu\text{g mL}^{-1}$ ) como un estimativo para la determinación de la dosis en campo del bioinsumo de fique en un programa de manejo integrado de la enfermedad del tizón tardío (gota de la papa).

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores agradecen al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia, al proyecto: Obtención y evaluación de un bioinsumo para el control agroecológico de la gota (*Phytophthora infestans*) a partir del jugo de fique (*Furcraea* spp.) en el departamento de Nariño; a la Universidad de Nariño, Facultad de Agroindustria y Facultad de Ciencias Agrícolas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Agrios, G. 2002. Fitopatología. 2ª ed. México: Limusa, 838 p.
- Bravo, L., Bermúdez, T. y Montes, B. 2000. Inhibición de *Fusarium moniliforme* mediante polvos vegetales y algunos de sus componentes químicos. Manejo Integrado de Plagas, 57:29-34, 56 p.
- Caicedo, D. y Chalparizan, M. 2008. Antagonismo *in vitro* de aislamientos de *Trichoderma* spp. Sobre el patógeno *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary provenientes de cultivos de tomate de árbol (*Solanum betaceum*) y papa (*Solanum tuberosum* L.) en el departamento de Nariño. Trabajo de grado (Biología) Facultad de ciencias exactas y naturales. Pasto-Nariño.
- Cao, K. y Van Bruggen A. 2001. Inhibitory efficacy of several plant extracts and plant products on *Phytophthora infestans*. Journal of agricultural university of hebei 24, 91 – 99 p.
- Carreño, N., Vargas, A., Bernal, A., Restrepo, S. 2006. Problemas fitopatológicos en especies de la familia solanaceae causadas por los género *Phytophthora*, *Alternaria* y *Ralstonia* en Colombia. En: Agronomía Colombiana, Vol. 25. No 2., Bogotá.
- Castaño, J. y Castro, R. 2006. Efecto de once extractos vegetales sobre el tizón tardío causado por *Phytophthora infestans* (Mont de Bary) en papa (*Solanum phureja* Juz. et Buk) en Revista Agronomía Vol. 10 No. 1-2, 148 p.
- Cevipapa. 2002. El correo de la papa: Evaluación de clones de papa con resistencia a *Phytophthora infestans* como estrategia para el manejo integrado de la gota. Bogotá: Boletín sinaipapa, 22 p.

- Cho, J., Kim, H., Choi, G., Jang, K., Lim, C., Cho, K. and Kim, J. 2006. Dehydro-alpha-lapachone isolated from *Catalpa ovata* stems: activity against plant pathogenic fungi. *Pest management science*, 62, 414 – 418 p.
- Fuertes, C., Alcarraz, M. y Vidalon, M. 1998. Flavonoides y alcaloides de *Lupinus ballianus* c.p. Smith con actividad antibacteriana y antifúngica. Lima, Perú. Instituto de Química Orgánica Aplicada a la Farmacia y Instituto de Microbiología, UNMSM. Facultad de Farmacia y Bioquímica. Ciencia e Investigación: Vol. 1 N° 2 - Diciembre 1998.
- García, H., Marín, M., Jaramillo, S. y Cotes, J. 2008. Sensibilidad de aislamientos colombianos de *Phytophthora infestans* a cuatro fungicidas sistémicos. *Agronomía Colombiana* 26 (1), p. 47-57.
- Gómez, M. y Vanegas, E. 2001. Evaluación de la producción de esteroides a partir del jugo de fique con *Cunninghamella* spp. Tesis de grado, Universidad Pontificia Bolivariana de Medellín. Facultad de Ingeniería Química.
- Harvey, A. 2000. Strategies for discovering drugs from previously unexplored natural products [On line] *Drug Discovery Today* 5(7): 294-300. <http://www.ibmb.uni.wroc.pl/prace2/praca18.pdf>; Consultado: Enero, 2010.
- Instituto colombiano agropecuario (ICA), 1995. RESOLUCIÓN N. 3079 (19 de octubre de 1995), 32p. [On line]: [http://www.ideam.gov.co/apc-aa/img\\_upload/a2b62d2f4edac7672b1b68bd101b3fb5/R\\_3079\\_95.pdf](http://www.ideam.gov.co/apc-aa/img_upload/a2b62d2f4edac7672b1b68bd101b3fb5/R_3079_95.pdf); Consultado: Enero, 2010.

- Jaramillo, S. 2004. Monografía sobre *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, 137 p.
- Kim, Y., Lee, C., Kim, H. y Lee, H. 2004. Anthraquinones isolated from *Cassia tora* (Leguminosae) seed show an antifungal property against phytopathogenic fungi. *Journal of agricultural and food chemistry* 52, 54 p.
- Martínez, E. y Osorio, J. 2007. Estudios preliminares para la producción de un biosurfactante bacteriano activo contra *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary. *Revista Corpoica - Ciencia y tecnología agropecuaria*, p.5 – 16 [On line: <http://www.corpoica.gov.co/SitioWeb/Archivos/Revista/1.Estudiospreliminares.pdf>; Consultado: Febrero, 2009.
- Mekuria, T., Steiner, U., Hindorf, H., Frahm, J. y Dehne, H. 2005. Bioactivity of bryophyte extracts against *Botrytis cinerea*, *Alternaria solani* and *Phytophthora infestans*. *Journal of applied botany and food quality*. 79, 89-93 p.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR). 2006. Guía ambiental del subsector figuero. Segunda Ed., Bogotá: 27 – 28 p.
- Mojica, A. y Paredes, J. 2004. El cultivo del fique en el departamento de Santander. Bucaramanga (Santander, Colombia). Centro Regional de Estudios Económicos. Bucaramanga, 154 p.
- Pérez, W. y Forbes, G. 2008. Manual técnico: El tizón tardío de la papa. Perú, Centro internacional de la papa (CIP), 41 p.

- Preciado, D. y Rangel, E. 2006. Extracción de un biofungicida a partir del jugo de fique (*Furcraea* spp). Medellín, Trabajo de grado Facultad de ingeniería química, Universidad pontificia bolivariana, 78 p.
- Proinpa. 2006. Papa andina: Innovación para el desarrollo en los Andes 2002 - 2006. En: [www.papandina.cip.cgiar.org/fileadmin/documentpool/Administrativo/Informe/Fase/06-10-11-Compendio\\_2002\\_2006.pdf](http://www.papandina.cip.cgiar.org/fileadmin/documentpool/Administrativo/Informe/Fase/06-10-11-Compendio_2002_2006.pdf); Consultado: Agosto, 2008.
- Riveros, F., Sotomayor, R., Rivera, V., Secor, G. y Espinoza, B. 2003. Resistencia de *Phytophthora infestans* (Montagne) de Bary a Metalaxyl en cultivo de papas en el norte de Chile. Agricultura técnica Chile 63 (2), 117 – 124 p.
- Rodríguez, A., Morales, D. y Ramírez, M. 2000. Efecto de extractos vegetales sobre el crecimiento *in vitro* de hongos fitopatógenos. Cultivos tropicales 21 (2): 79-82 p.
- Rohlf, F.J. 2005. tpsDig, digitize landmarks and outlines, version 2.05. Department of Ecology and Evolution, State University of New York at Stony Brook.
- Rojas, M. 2008. Características fisicoquímicas del jugo de fique (*Furcraea* spp.) elaboración y evaluación de un biofungicida útil en el control agroecológico de la gota (*Phytophthora infestans*) en la papa. San Juan de Pasto, Trabajo de grado. Universidad de Nariño, Facultad de ingeniería agroindustrial, 103 p.
- Salazar, C. 2000. Dinámica temporal de las poblaciones de *Phytophthora infestans* a los fungicidas Metalaxyl, Cymoxanil y Propamocarb en cultivos de papa. Tesis de maestría. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 70 p.
- Sanabria, A. 1983. Análisis fitoquímico preliminar: Metodología y su aplicación en la evaluación de 40 plantas de familia Compositae. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. p. 46-49.

- Shattock, R. 1988. Studies on the inheritance o resistance to metalaxyl in *Phytophthora infestans*. *Plant Pathology*. 37:4-11 p.
- Statgraphics Plus. 2000. Statistical Graphics Corp.
- Verpoorte, R. y Memelink, J. 2002. Biotechnology for the production of plant secondary metabolites. *Phytochemistry Rev* 1: 13-25.
- Zapata, J.Sanabria, M., Rodriguez, D. 2003. Reducción del desarrollo de hongos fitopatógenos con extractos de cardón lefaria (*Cereus deficiens* Otto & D.). *INCI*, vol 28, No. 5, p. 302-307.