

## BIOFUNGICIDA A PARTIR DEL JUGO DE FIQUE (*Furcraea spp.*) Y EVALUACIÓN DE SU EFECTIVIDAD SOBRE LA GOTA (*Phytophthora infestans*) EN EL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum*)

### FUNGICIDE FROM SISAL JUICE (*Furcraea spp.*) AND EVALUATION OF ITS EFFECTIVENESS ON THE DROP (*Phytophthora infestans*) IN THE POTATO CROP (*Solanum tuberosum*)

**Myriam Carmenza Rojas Salas**

Universidad de Nariño, San Juan de Pasto (Colombia) • [mayrim04@gmail.com](mailto:mayrim04@gmail.com)

**Ernesto Luque Turriago**

Universidad de Nariño, San Juan de Pasto (Colombia) • [ernestoluquet@yahoo.com](mailto:ernestoluquet@yahoo.com)

#### Resumen

El fique (*Furcraea spp.*) se cultiva ampliamente en Colombia en zonas con temperaturas entre 19°C y 23°C. Del fique solo se aprovecha un 4% del total, para la producción de fibra (cabuya). El 96% restante se desecha al ambiente, lo cual causa severos problemas de contaminación. De los desechos (96% del total), el 70% es líquido (jugo).

Para demostrar el potencial biocida del jugo de fique se evaluó su efecto sobre *Phytophthora infestans*, causante de la gota en la papa (*Solanum tuberosum*). En este trabajo se determinó la presencia de saponinas, flavonoides y alcaloides en el jugo de fique. Posteriormente, se elaboró un biofungicida con vida útil de seis meses. Se evaluó la efectividad del mismo frente a la *Phytophthora infestans*. Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con tratamientos a diferentes concentraciones (3.25%, 7.5% y 11.25%) de biofungicida y se comparó con el efecto de un fungicida comercial (Manzate) y un testigo, al que no se le aplicó fungicida. Se consideró como variable respuesta el porcentaje de incidencia de la enfermedad. Mediante el análisis de varianza se encontró que no hay diferencias estadísticamente significativas entre el nivel de efectividad del fungicida Manzate y las concentraciones de 7.5% y 11.25% del biofungicida. De acuerdo con estos resultados, el jugo de fique se puede utilizar como biofungicida para el control de la gota de la papa, por su efecto protector frente al hongo *Phytophthora infestans*. Probablemente, su efectividad biofungicida se deba a las saponinas, alcaloides y flavonoides que contiene.

**Palabras clave:** *Phytophthora infestans*, *Furcraea spp.*, jugo de fique, compuestos bioactivos, cultivo de papa, *Solanum tuberosum*, biofungicida

## Abstract

Fique (*Furcraea spp*) is cultivated thoroughly in Colombia in areas with temperatures between 19°C and 23°C. Only 4% of fique is used to obtain fiber (cabuya). The 96% remaining is thrown to be discarded to the environment without any treatment. This produces severe contamination problems. 70% of the wastes (96% everything) are liquids (fique).

To demonstrate the biocide potential of the fique juice, effect was evaluated on *Phytophthora infestans* fungus, which causes “gota” in potato (*Solanum tuberosum*). In this work, the presence of flavonoids, saponins and alkaloids were determined in the fique juice. Then a biofungicide with six months of duration was elaborated. Its effectivity was evaluated against the “gota” of the potato. A Completely Random Design (CRD) was used with treatment at different concentrations (3.25%, 7.50% and 11.25% of biofungicide). Its effect was compared with a commercial fungicide (Manzate) and witness treatment, without fungicide. The percentage of incidence of the illness was the variable answer. According to the variance analysis, there is not statistically significant difference between the level of effectiveness of not Manzate fungicide and 7.5% and 11.25% concentrations of biofungicide. According to the results the fique juice can be useful as biofungicide in the control of potato’s gota because of the protector effect on *Phytophthora Infestans* fungus. It is possible that this effect is due to the presence of saponins, alkaloids and flavonoids.

**Keywords:** *Phytophthora infestans*, *Furcraea spp*, fique juice, compound bioactives, potato cultivation, *Solanum tuberosum*, biofungicide

## Introducción

La agricultura ecológica promueve la obtención de alimentos sanos, libres de residuos tóxicos, organolépticamente aceptables, de alto valor nutritivo y que durante el desarrollo de la producción no causen alteraciones a los recursos naturales.

Existen diversas tecnologías consideradas como agricultura limpia que incorporan una forma de producción más ética y humana. Un elemento muy importante para el desarrollo de la agricultura ecológica es el desarrollo y uso de los biocidas botánicos los cuales al ser aplicados en los cultivos presentan grandes ventajas comparativas frente a los biocidas sintéticos: son biodegradables, económicos, fáciles de usar y tienen un bajo nivel de toxicidad (O’Farril, 2004).

Teniendo en cuenta que en la actualidad se busca una producción de alimentos sanos, la agricultura ecológica, orgánica o biológica (o cualquier sinónimo) es la estrategia que se debe impulsar en el sector rural para alcanzar el desarrollo sostenible.

Los metabolitos secundarios presentes en los extractos de diversas plantas presentan actividad biocida que

puede ser útil en el control de plagas y enfermedades de los cultivos. Es así como De la Cuadra et al. (1994) demostraron que los alcaloides esparteina y gramina contenidos en el extracto de Lupino, presentan inhibición contra los hongos *F. Avenaceum*, *F. Solani*, *Phytium aphanidermatum* y *Botrytis cinérea*. Por su parte, Bernald et al. (2005) mencionan que existe actividad fungicida de extractos ricos en alcaloides obtenidos de semillas de *Lupinus exaltatus*, *rotundiflorus* y *montanus* contra los hongos *Sclerotium rolfsii*, *Alternaria solani*, *Rhizoctonia solani* y *Fusarium oxisporum*.

Apablaza et al. (2002) encontraron que las saponinas presentes en extractos de *Quillaja saponaria*, en concentraciones de 32 a 400 ppm, poseen actividad biocida sobre el oídio de las cucurbitáceas en condiciones de invernadero y en campo abierto. Así mismo, Niño et al., (2007) comprobaron que las cumarinas, flavonoides, saponinas y quinonas tienen actividad fungicida sobre el hongo *Mycosphaerella fijiensis*, con deformación de las ascosporas.

Hasta el momento, la aplicación del jugo de fique para el control de enfermedades en diferentes cultivos se ha realizado de manera artesanal por los agricultores quienes han comprobado de manera empírica su efecto.

En el departamento de Nariño, como subproducto del beneficio del fique, se producen aproximadamente 103.000 toneladas/año de jugo de fique que, en la actualidad, no se aprovechan de forma alguna y, por el contrario, causan un grave impacto ambiental.

Con esta investigación se pretende lograr un aprovechamiento del jugo de fique mediante el desarrollo de un proceso para la obtención de un biofungicida que pueda ser útil en el control de la gota (*Phytophthora Infestans*) de la papa, lo cual a su vez contribuiría a mejorar la competitividad de la cadena del fique, pues se valorizaría un residuo al convertirlo en un producto con valor comercial y alto potencial de comercialización y se contribuiría a mitigar el impacto ambiental causado por el jugo de fique depositado en ríos y quebradas.

## Metodología

El jugo de fique se recolectó en el municipio de El Tambo, Nariño (Colombia), se empacó en un recipiente plástico hermético, enfriado con hielo y se guardó en una caja de icopor para su transporte, vía terrestre, hacia la Universidad de Nariño.

## Caracterización fisicoquímica

Se determinaron las siguientes características fisicoquímicas del jugo de fique: densidad relativa, pH y punto de ebullición. La densidad se determinó con un picnómetro; el pH se midió con un potenciómetro Thomas Scientific y el punto de ebullición se encontró mediante el análisis térmico diferencial, utilizando agua destilada como referencia (Douglas et al. 1970).

Se realizó un análisis fitoquímico con las siguientes pruebas cualitativas: para detectar presencia de alcaloides se utilizaron las pruebas de Dragendorff, Wagner y Mayer (Domínguez, 1976); para detectar saponinas se utilizaron la prueba de la espuma, Molish y hemólisis; para taninos, las pruebas de Vainillina y FeCl<sub>3</sub>; para flavonoides, las pruebas de Shinoda y vapores de amoníaco y para esteroides, las pruebas de Liebermann–Buchard y Rosenhein (Domínguez, 1976).

A tres muestras de jugo de fique se les realizó un análisis cromatográfico de las sustancias principales

encontradas en el análisis cualitativo así: análisis de alcaloides mediante Cromatografía de gases (CG-FID) y análisis de flavonoides mediante Cromatografía Líquida de Alta Eficiencia (HPLC-DAD), según el método de Ruiz y Poveda (1995).

## Estabilización del jugo de fique y elaboración del biofungicida

Este proceso se realizó a nivel de laboratorio aplicando una combinación de métodos que permitieron detener la acción de las enzimas y los microorganismos causantes de la fermentación del jugo de fique. Para ello, se trabajó con muestras de 100 ml de jugo que se sometieron a diferentes procesos como pasteurización lenta (65°C durante 30 min), filtración, adición de conservante (sorbato de potasio), en una proporción de 1000 mg de conservante/L de jugo y envasado del producto en caliente, para evitar la recontaminación con lo cual se logró una vida útil de seis meses. Para elaborar el biofungicida se dejó autofermentar 80 litros de jugo durante 4 días y luego se aplicó el procedimiento de estabilización optimizado en el laboratorio.

## Evaluación de biofungicida *in situ*

Se probó el biofungicida obtenido mediante pruebas y aplicaciones sobre el cultivo de papa a campo abierto, con el fin de determinar su actividad fungicida y su nivel de acción frente a la gota de la papa ocasionada por el hongo *Phytophthora infestans*. Se trabajó con un lote correspondiente a 1/8 de hectárea, ubicado en el municipio de El Tambo, Nariño.

Se realizaron evaluaciones semanales, desde la quinta semana de edad donde apareció el primer bote de la enfermedad hasta la décima primera semana, pero desde la novena semana en adelante, el TE (Testigo sin aplicación de fungicida), no se tuvo en cuenta porque alcanzó el 100% de incidencia.

## Diseño experimental

Para los experimentos se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA), en donde se evaluaron cinco tratamientos con tres repeticiones, como se presenta en la tabla 1.

Tabla 1. Tratamientos de jugo de fique, Manzate y testigo aplicados en la evaluación *in situ* sobre cultivo de papa

Tratamiento	Aplicación	Dosis
TA	Jugo de fique	3.75%
TB	Jugo de fique	7.5%
TC	Jugo de fique	11.25%
TD	Manzate (Testigo Comercial)	500g/Ha (2,5g/L)
TE	Testigo sin ninguna aplicación	

El análisis de datos resultantes se realizó a través del *software* Statgraphics Centurion versión XV. La variable respuesta es el porcentaje de incidencia de la enfermedad en las plantas, dado por la siguiente fórmula:

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

En el análisis de varianza ANOVA, si el valor P es menor a 0,05 se considera que existe diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos, en cuanto al porcentaje de incidencia. Para identificar cuáles son los tratamientos que se diferencian se analizan los diagramas de cajas simultáneas, donde si se traslapan se considera que existe similitud y, si no, existe diferencia. La comparación de rangos múltiples o procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher, identifica que no hay diferencias entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's.

## Resultados y discusión

**Características fisicoquímicas:** el jugo de fique, presenta un olor fuerte a celulosa, es muy fluido, de color verde, brillante y espumoso.

La densidad relativa a las cero horas de autofermentación fue de 1.027g/ml y al cabo de cuatro días, después de filtrar, disminuyó a 0.99 g/ml. El pH, a temperatura ambiente, del jugo sin autofermentación, fue de 4.86 y al cabo de los cuatro días de autofermentación fue de 4.23. El Punto de ebullición del jugo de fique es 93°C, inferior al del agua (94°C) a una presión ambiental de 575.27 mmHg.

**Análisis fitoquímico:** del total de ensayos realizados resultaron positivos alcaloides, saponinas y flavonoides como se presenta en la tabla 2.

Tabla 2. Resultados de las pruebas cualitativas para metabolitos secundarios

Tipo de metabolitos	Tipo de prueba	Resultado
Alcaloides	Dragendorff	(+++)
	Wagner	ND
	Mayer	ND
Saponinas	Espuma	(+++)
	Molish	(+++)
	Hemólisis	(+++)
Taninos	Cloruro férrico	ND
	Vainillina	ND
Flavonoides	Shinoda	(+++)
	Vapores de amoníaco	ND
Esteroides	Lieberman Burchard	ND
	Rosenhein	ND

Observaciones: (+++): Positivo ND: No detectado

**Análisis cromatográfico:** del análisis para alcaloides del jugo de fique, mediante CG-FID, y con base en el índice de Kovalts se identificaron 9 alcaloides tropánicos que se presentan en la tabla 3.

Tabla 3. Resultados del análisis de alcaloides en Extracto de fique por CG -FID

N°	Tr (min)	Ik Exp.	Posible compuesto
1	10,32	1412	3 $\alpha$ -Hidroxy-6 $\beta$ -acetixytrapano, 3 $\beta$ -Hidroxy-6 $\beta$ -acetoxitytrapano.
2	11,08	1424	3-Hidroxyacetoxitytrapano
3	11,55	1431	6-Hidroxyacetoxitytrapano
4	20,96	1675	3-Hidroxy-6-(2-metilbutiriloxitytrapano)
5	21,24	1680	3-Hidroxy-6-Metilbutiriloxitytrapano
6	23,11	1810	3 $\alpha$ -Tigloyloxy-6 $\beta$ .Acetoxitytrapano.
7	27,83	1890	3 $\alpha$ -Tigloyloxy-6-Propioniloxitytrapano.

IK: Índice de Kovalts Tr: Tiempo de Retención

Por no contar con un estándar de saponinas, no se cuantificaron estas sustancias. Entonces, se realizó una investigación bibliográfica y se encontraron los resultados de un estudio realizado en la Universidad Nacional de Colombia donde se analizaron las

sapogeninas del jugo de fique mediante CCD y CG-MS. De acuerdo con Segura (2004), por CCD se identificaron la hecogenina, con un Rf de 0,74 y la tigogenina con un Rf de 0,51 y se encontraron dos sapogeninas más, sin identificar.

En la cuantificación de sapogeninas, según Barbosa (2002), se encontró que, en el jugo de fique, el contenido de hecogenina es de aproximadamente 1198.3mg/L y el de tigogenina de 518.7mg/L. Con base en los datos anteriores se puede asegurar que el jugo de fique tiene un contenido estimado igual o superior a 1717 mg/L de saponinas sin hidrolizar ya que además de las saponinas precursoras de la hecogenina y tigogenina posiblemente se encuentran las precursoras de otras sapogeninas aún no identificadas. El análisis de flavonoides por HPLC, se presenta en la tabla 4.

Tabla 4. Resultados del análisis por HPLC para el estándar (quercetina) y tres muestras de jugo de fique

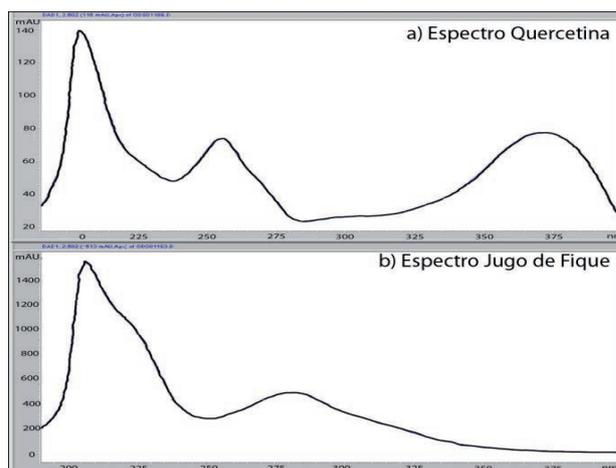
Estándar (mg/L)	Pico	TR (min)	%Área
60	2	2.594	75.036
160	1	2.555	94.081
260	2	*2.606	94.995
Jugo Fique (Muestra 1)	1	2.475	46.601
	2	3.423	2.9556
	3	3.526	9.4129
Jugo Fique (Muestra 2)	1	2.435	30.935
	*2	*2.639	15.094
	3	2.995	12.895
Jugo Fique (Muestra 3)	1	2.416	40.417
	*2	2.638	6.6600
	3	2.768	18.253

\*Picos con tiempos de retención similares al estándar

El jugo de fique no presentó ningún pico que corresponda a quercetina (estándar).

Aunque se encontraron picos con tiempos de retención muy cercanos, con el espectro UV de la quercetina y el jugo de fique (figura 1). Se comprobó que eran diferentes. El espectro resultante para la quercetina presenta tres picos mientras que el espectro del jugo de fique presenta dos, demostrando que son estructuras diferentes, con lo cual se descarta la presencia de quercetina en la muestra.

Figura 1. a) Espectro UV de la quercetina, b) Espectro UV del jugo de fique



### Evaluación del biofungicida *in situ*

Tabla 5. Resultados de porcentajes de incidencia para los tratamientos

Edad del cultivo (semanas)	Tratamientos	Repeticiones			Media
		1	2	3	
5	TA	6,7	5,4	7,9	6,66
	TB	8.2	6.5	6.7	7,13
	TC	7.9	6.3	6.7	6,96
	TD	8	5.4	6.5	6,63
	TE	16	15	18	16,33
6	TA	12	11	10,5	11,16
	TB	9,6	12	11	10,86
	TC	11,8	9,3	11	10,7
	TD	12	11	10,4	11,13
	TE	43	49	50	47,33
7	TA	16	14	15,8	15,26
	TB	14	13	12	13,0
	TC	14,5	12	13	13,16
	TD	13	11	14,3	12,76
	TE	68	72	75	71,66
8	TA	21,3	20	19,7	20,33
	TB	19	21	19	19,66
	TC	19,7	17	19	18,56
	TD	17	18	19,5	18,16
	TE	93	97	94	94,66
9	TA	24	26	26,3	25,43
	TB	23	22	25	23,33
	TC	21,1	21	24	22,03
	TD	23	20	22,1	21,7
	TE	100	100	100	100
10	TA	36	38	36,8	36,93
	TB	33	34	37	34,66
	TC	31,6	33	36	33,53
	TD	33	32	32,5	32,5
11	TA	54,7	53	55,3	54,33
	TB	52	51	49	50,66
	TC	43,4	51	48	47,46
	TD	49	50	46,8	48,6

Los porcentajes de incidencia de *Phytophthora Infestans* de cada tratamiento aplicado TA, TB, TC, TD Y TE (jugo de fique al 3,75%, 7,5% y 11,25%, manzate y testigo sin aplicación de fungicidas) según la edad del cultivo se presentan en la tabla 5.

Del análisis estadístico de los anteriores resultados mediante Statgraphics se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 6. Resultados de valor P del análisis de varianza (ANOVA)

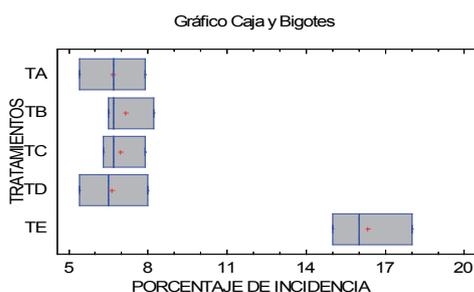
Edad del cultivo (semanas)	Valor P
5	0,0000
6	0,0000
7	0,0000
8	0,0000
9	0,0000
10	0,0498
11	0,0280

En el análisis de varianza ANOVA que se presenta en la tabla 6, se encontró que todos los valores P fueron inferiores a 0,05, por lo tanto, existe diferencia significativa en los porcentajes de incidencia de los tratamientos (Jugo de fique al 3,75%, 7,5%, 11,25%, Manzate y Testigo).

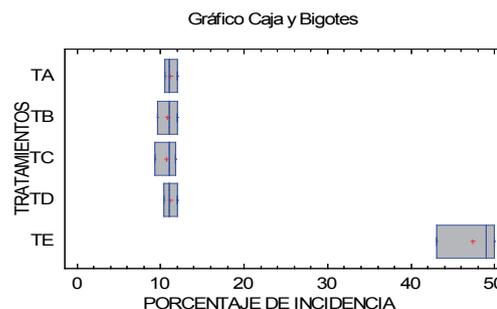
De acuerdo con los gráficos de cajas simultáneas correspondientes a la edad del cultivo de 5 a 9 semanas de la figura 2 se observa que sólo el tratamiento TE (testigo sin aplicación de ningún fungicida) no se traslapa, entonces se evidencia que tiene un efecto diferente de los demás, mientras que el biofungicida de jugo de fique en las tres concentraciones aplicadas (3.75, 7.5 y 11.25%) y el Manzate han presentado similar efecto protectante sobre el cultivo lo cual se puede verificar tanto porque estos tratamientos se traslapan en los diagramas de cajas simultáneas de la figura 2, como en la Comparación de Rangos Múltiples o de diferencia mínima significativa de Fisher de la Tabla 7, donde se observa la alineación de las X's en la misma columna para estos tratamientos. Además el testigo (TE) a la novena semana alcanzó el 100% de incidencia de la enfermedad, donde la totalidad de las plantas murieron.

Figura 2. Diagramas de cajas simultáneas, de porcentajes de incidencia para los tratamientos desde las quinta a la novena semana de edad del cultivo

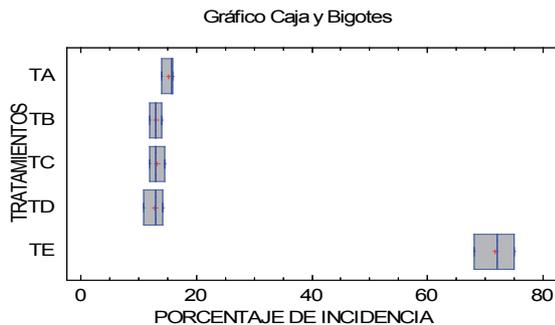
a. Edad del cultivo: cinco semanas



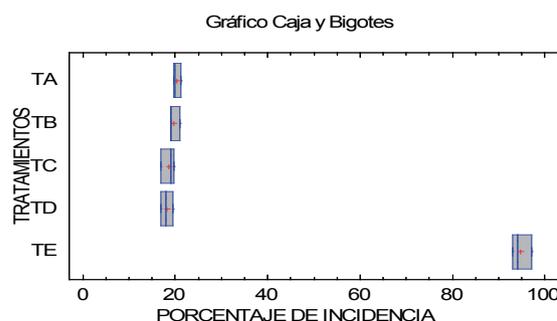
b. Edad del cultivo: seis semanas



c. Edad del cultivo: siete semanas



d. Edad del cultivo: ocho semanas



e. Edad del cultivo: nueve semanas

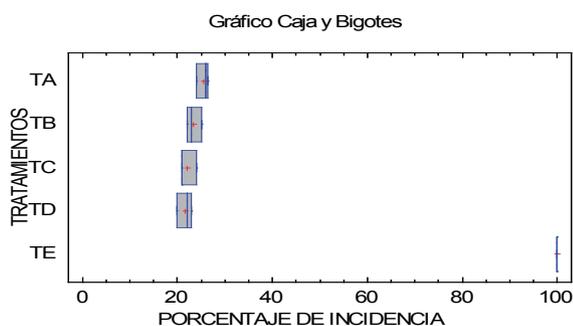


Tabla 7. Comparación de rangos múltiples ó prueba de Fisher (LSD) para los tratamientos

Edad del cultivo: Cinco semanas			
Tratamientos	Casos	Media % Incidencia	Grupos Homogéneos
TD	3	6,63333	X
TA	3	6,66667	X
TC	3	6,96667	X
TB	3	7,13333	X
TE	3	16,3333	X
Edad del cultivo: Seis semanas			
TC	3	10,7	X
TB	3	10,8667	X
TD	3	11,1333	X
TA	3	11,1667	X
TE	3	47,3333	X
Edad del cultivo: Siete semanas			
TD	3	12,7667	X
TB	3	13,0	X
TC	3	13,1667	X
TA	3	15,2667	X
TE	3	71,6667	X
Edad del cultivo: Ocho semanas			
TD	3	18,1667	X
TC	3	18,5667	X
TB	3	19,6667	X
TA	3	20,3333	X
TE	3	94,6667	X
Edad del cultivo: Nueve semanas			
TD	3	21,7	X
TC	3	22,0333	X
TB	3	23,3333	X
TA	3	25,4333	X
TE	3	100,0	X

A la edad del cultivo de 10 y 11 semanas (figura 3), se puede notar que el TA (biofungicida al 3,75%) se aleja de los tratamientos TC y TD (biofungicida al 11,25% y Manzate), es decir que el nivel de eficacia y protección

del jugo de fique al 3,75% (TA) frente a la enfermedad disminuyó de manera considerable, lo cual también se evidencia en la comparación de rangos múltiples de la tabla 8, donde además se puede ver que tiene los mayores porcentajes de incidencia promedio en comparación con los demás tratamientos alcanzando el 54,3% a las 11 semanas de edad del cultivo, lo que significa que este tratamiento se puede considerar como ineficiente en el control de la enfermedad.

De esta manera, se obtiene que el biofungicida de jugo de fique al 11,25% (TC) es el más apropiado para prevenir la gota ya que su porcentaje promedio de incidencia de la enfermedad del 47,46% es comparable con el 48,6% (tabla 8) que presentó el Manzate (TD) o testigo comercial.

El TB (biofungicida de jugo de fique al 7,5%) presenta una eficacia media: su nivel de protección y control de la enfermedad es menor que el de los tratamientos TC y TD. Por lo anterior, se recomienda aplicar esta concentración cuando el cultivo se esté desarrollando en condiciones normales de lluvias o para el caso de variedades de papa que son tolerantes a la gota como la variedad parda suprema.

Figura 3. Diagramas de cajas simultáneas de porcentajes de incidencia para los tratamientos de décima y undécima semana de edad del cultivo

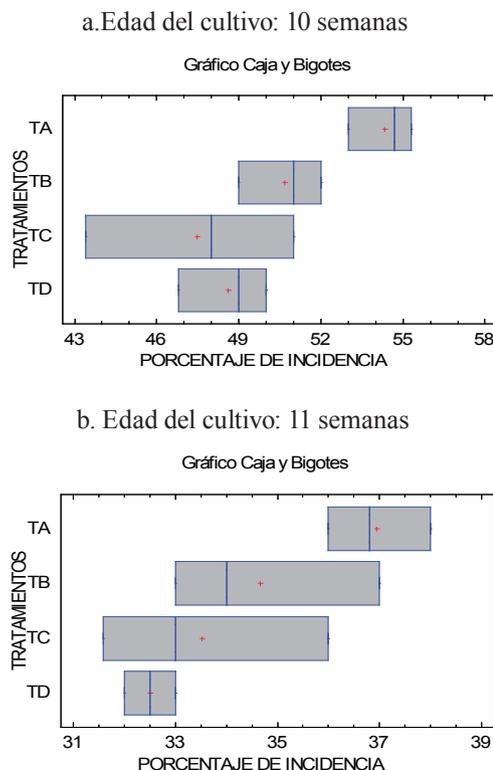
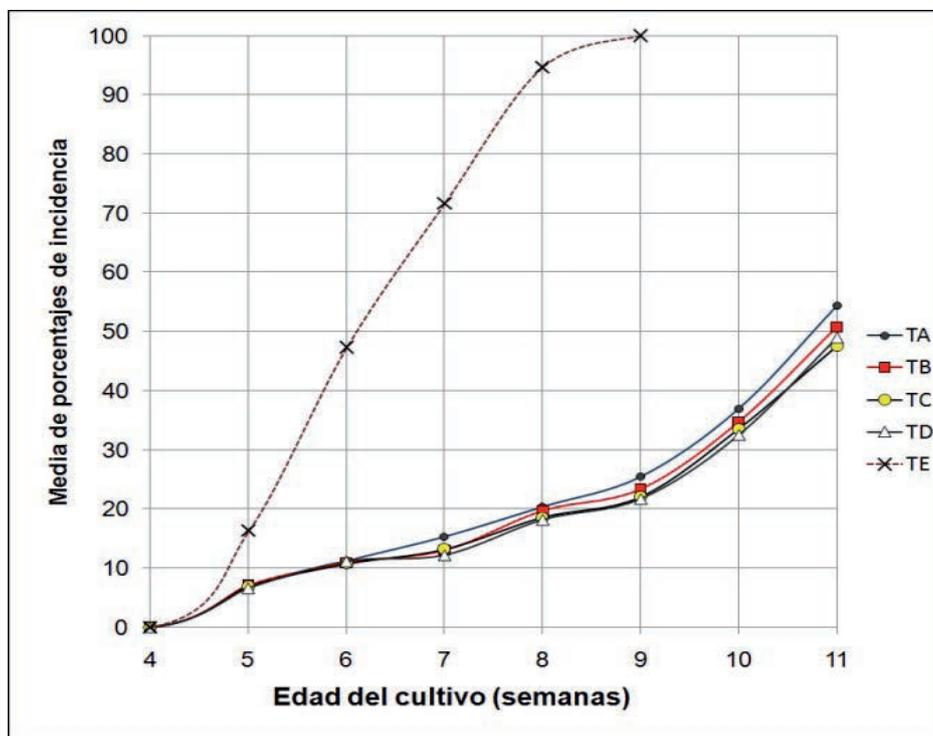


Tabla 8. Comparación de rangos múltiples ó prueba de Fisher (LSD) para los tratamientos

Edad del cultivo: 10 semanas			
TRATAMIENTOS	Casos	Media	Grupos Homogéneos
TD	3	32,5	X
TC	3	33,5333	X
TB	3	34,6667	XX
TA	3	36,9333	X
Edad del cultivo: 11 semanas			
TC	3	47,4667	X
TD	3	48,6	X
TB	3	50,6667	XX
TA	3	54,3333	X

En la curva de la figura 4 se observa las medias de porcentajes de incidencia de cada tratamiento versus la edad del cultivo, cuyos datos se presentaron en la tabla 5, donde el TE (testigo sin aplicación) se diferencia del resto de tratamientos de tal manera que logra alcanzar el 100% de incidencia de gota en la novena semana mientras que los tratamientos con el biofungicida y con manzate presentan un comportamiento similar entre sí, con lo que se demostró que el biofungicida de jugo de fique es apto para prevenir el desarrollo del hongo *Phytophthora Infestans* en el cultivo de papa. Además, es posible notar gráficamente que los tratamientos TC (biofungicida al 11,25%) y TD (Fungicida Manzate) son similares. Con ello se demuestra que el jugo de fique es más eficiente si se aplica en concentraciones elevadas (11,25%); de esta forma es posible alcanzar un nivel de protección comparable al otorgado por el Manzate.

Figura 4. Edad del cultivo (semanas) versus promedio de porcentajes de incidencia



La actividad fungicida del jugo de fique también se comprueba en investigaciones previas como el caso de Gómez (2001) quien encontró actividad fungicida del jugo de fique contra los hongos

fitopatógenos *Colletotrichum gloeosporoides* y *Sclerotinia sclerotiorum*, causantes de las enfermedades conocidas como la pudrición algodonosa del lulo (*Solanum quitoense*) y antracnosis del tomate de

Árbol (*Solanum betacea*). Acevedo y Serna (2004), demostraron el efecto fungicida del jugo de fique sobre los hongos *Trichoderma spp.* y *Fusarium spp.* Así mismo, Arias y Cano (1996) determinaron la actividad disuasora o repelente del jugo de fique sobre las plagas *Liriomyza trifolii* y *Trialeurodes vaporariorum* en condiciones de invernadero.

De acuerdo con los resultados del análisis fitoquímico (tabla 2) y del análisis de alcaloides por GC-FID (tabla 3), donde se encontró la presencia de saponinas, alcaloides y flavonoides en el jugo de fique y según investigaciones acerca de la actividad fungicida de estos grupos de metabolitos secundarios mencionadas en la introducción del presente artículo, se puede decir que son éstos componentes los responsables de la actividad fungicida del jugo de fique frente a *Phytophthora Infestans*.

## Conclusiones

El jugo de fique en una concentración del 11.25% se puede utilizar como un biofungicida eficiente para prevenir la gota (*Phytophthora infestans*) en el cultivo de papa.

El tratamiento efectivo para lograr estabilizar el jugo de fique y obtener un biofungicida de vida útil de seis meses fue aquel en el que se realizó un proceso de filtración al vacío, tratamiento térmico para inactivar enzimas y adición de conservante, evitando al máximo la recontaminación del producto.

Las saponinas, alcaloides y flavonoides tienen incidencia sobre las propiedades fungicidas del jugo de fique (*Furcraea spp.*).

## Referencias

- Acevedo, J. y Serna, E. (2005). Optimización del proceso de extracción de material orgánico procedente de fique (*Furcraea spp.*) y observación del efecto biofungicida. *Memorias de la IX Jornada de Investigación*, Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, Colombia.
- Apablaza, G., Díaz, M.J., San Martín, R. y Moya, E. (2002). Control de oidio de las cucurbitáceas con saponinas presentes en extractos de quillay (*Quillaja saponaria*). *Ciencia e Investigación Agraria*, 29(2), 83-90.
- Arias, G. y Cano, D. (1996). *Evaluación de propiedades insecticidas del jugo de fique*. Tesis presentada en la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, para optar el grado de Ingeniero Agrónomo, Medellín, Colombia.
- Barbosa, E. S. (2002). *Evaluación de la calidad del jugo de fique en la obtención de hecogenina y análisis fitoquímico del extracto heptánico del jugo hidrolizado de Furcraea macrophylla, variedad negra común*. Tesis presentada en la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, para optar al grado de Químico, Bogotá, Colombia.
- Bernald, A.A., Zamora, J.F., Calleros, G.V., y Nuño, R.R. (2005). Actividad biológica *in vitro* de extractos de *Lupinos spp.* Sobre hongos fitopatógenos. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 23(2), 139-146.
- De la Cuadra, C., Tello, J. C., Muzquiz, M., y Calvo R. (1994). Poder fungicida *in vitro* de esparteína y gramina, alcaloides del Lupino amargo. *Studia Botánica*, 13, 99-101.
- Domínguez, X.A. (1976). *Métodos de investigación fitoquímica*. Centro Regional de Ayuda Técnica. México: Gráfica Panamericana.
- Douglas, S.A., Donal, W. M., Casassas, S. E. (1970). *Introducción a la química analítica*. España: Reverté (Ed).
- O'Farrill N. H. (2004). *Insecticidas Ecológicos*. Portal del Servicio de Extensión Agrícola. Puerto Rico: Universidad de Puerto Rico.
- Gómez, Jorge E. (2001). Evaluación del extracto de fique en el desarrollo *in vitro* de *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz) Sacc., y *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary. Popayán: Corpoica.
- Niño, J., Ospina, J., Correa Y., y Mosquera, O. (2007). Determinación de la actividad antifúngica de extractos vegetales sobre el hongo *Mycosphaerella fijiensis morelet*, *Scientia et Technica*, 8(33), 425-426.
- Ruiz, P. y Poveda, O. (1995). *Flavonoides del género (Lamiaceae) por HPLC*. Tesis para optar el grado de Doctor en Farmacia. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- Segura, R. (2004). *Estudio de factibilidad para el montaje de una planta experimental de producción de hecogenina a partir de los jugos de fique en el Municipio de El Tambo Nariño*. Universidad Nacional de Colombia.

## Sobre los autores

---

### **Myriam Carmenza Rojas Salas**

Ingeniera Agroindustrial de la Universidad de Nariño. Estudiante de Maestría en Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Investigadora Grupo de Investigación para el Desarrollo Agroindustrial GIDA de la Universidad de Nariño.  
mayrim04@gmail.com.

### **Julio Ernesto Luque Turriago**

Químico M.Sc., en Bioquímica, Universidad Nacional de Colombia. Docente investigador pensionado del Departamento de Química, Universidad de Nariño, Colombia. Docente de la Universidad San Martín.  
ernestoluquet@yahoo.com.

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.