

19

Fecha de presentación: septiembre, 2020

Fecha de aceptación: octubre, 2020

Fecha de publicación: diciembre, 2020

EFFECTO FITOPLAGUICIDA DEL ACEITE ESENCIAL DE CAÑA SANTA (*CYMBOPOGON CITRATUS* (DC.) STAPF SOBRE HONGOS PATÓGENOS EN SEMILLAS DE FRIJOL (*PHASEOLUS VULGARIS* L.)

FITOPLAGUID EFFECT OF HOLY CANE (*CYMBOPOGON CITRATUS* (DC.) STAPF ESSENTIAL OIL ON PATHOGENIC BEAN SEED FUNGI (*PHASEOLUS VULGARIS* L.)

Perla María Sierra Ricabal¹

E-mail: esp.micologia@sanveg.cfg.minag.gob.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5195-5729>

Rigoberto Miguel García Batista²

E-mail: rmgarcia@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2403-0135>

Irán Rodríguez Delgado²

E-mail: irodriguez@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6453-2108>

¹ Laboratorio de Sanidad Vegetal. Cienfuegos. Cuba.

² Universidad Técnica de Machala. El Oro. Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Sierra Ricabal, P. M., García Batista, R. M., & Rodríguez Delgado, I. (2020). Efecto fitoplaguicida del aceite esencial de Caña Santa (*Cymbopogon Citratus* (Dc.) Stapf sobre hongos patógenos en semillas de frijol (*Phaseolus Vulgaris* L.). *Revista Científica Agroecosistemas*, 8(3), 127-137.

RESUMEN

El cultivo del frijol se ha visto afectado en nuestra provincia fundamentalmente por hongos. La obtención de aceites esenciales de plantas con propiedades fungicidas como la caña Santa para el control de hongos en el tratamiento de semillas proporcionaría una vía menos costosa y más amigable con el medio ambiente. El objetivo del estudio fue evidenciar la acción antifúngica de los aceites esenciales de caña Santa, sobre hongos patógenos en semillas de frijol. El estudio se realizó en el Laprosav Cienfuegos en la sección de Micología. Para la extracción de los aceites esenciales se utilizó el método de hidrodestilación, analizando dos factores de estudio, cultivares de frijol (CC-25-9C, Liliana y La Cuba 154) y diferentes concentraciones de esencia de caña Santa (0, 100, 300 y 500 ppm). El aceite esencial de caña Santa en condiciones de laboratorio, ejerció control sobre la mayoría de los hongos patógenos que se manifestaron en las semillas de los cultivares de frijol en estudio, *Alternaria* sp, *Penicillium* sp, *Aspergillus* sp, *Nigrospora* sp, *Rhizoctonia* sp, *Cladosporium* sp y *Macrophomina phaseolina*, excepto en *Fusarium* sp. De un total de nueve organismos presentes solamente uno no fue controlado por el aceite vegetal elaborado a base de caña Santa, sin afectarse el porcentaje de germinación, alcanzando efectividad biológica de más de un 70%, umbral a partir del cual se clasifica una efectividad técnica de buena.

Palabras clave:

Aceite esencial, efectividad biológica, caña Santa, cultivares, incidencia de hongos, frijol, patógenos.

ABSTRACT

The cultivation of beans has been affected in our province mainly by fungi. Obtaining essential oils from plants with fungicidal properties such as holy cane for the control of fungi in the treatment of seeds would provide a less expensive and more environmentally friendly way. The objective of the study was to demonstrate the antifungal action of the essential oils of caña santa, on pathogenic fungi in bean seeds. The study was carried out at Laprosav Cienfuegos in the Mycology section. For the extraction of essential oils, the hydrodistillation method was used, analyzing two study factors, bean cultivars (CC-25-9C, Liliana and La Cuba 154) and different concentrations of essence of cane Santa (0, 100, 300 and 500 ppm). The essential oil of cane Santa under laboratory conditions, exerted control over most of the pathogenic fungi that manifested in the seeds of the bean cultivars under study, *Alternaria* sp, *Penicillium* sp, *Aspergillus* sp, *Nigrospora* sp, *Rhizoctonia* sp, *Cladosporium* sp and *Macrophomina phaseolina*, except in *Fusarium* sp. Out of a total of nine organisms present, only one was not controlled by the vegetable oil made from holy cane, without affecting the germination percentage, reaching biological effectiveness of more than 70%, a threshold from which a technical effectiveness is classified of good.

Keywords:

Essential oil, biological effectiveness, cane Santa, cultivars, fungal incidence, beans, pathogens.

INTRODUCCIÓN

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) constituye una de las especies de leguminosas de granos más importante del mundo y en Cuba, atribuido al aporte proteico que realiza en la dieta de las personas, así como de vitaminas, minerales y fibra (Mederos, 2006), por lo que, el incremento de la producción de este rubro es un indicador importante en su contribución a la soberanía alimentaria de los países Del Tercer Mundo fundamentalmente.

En Cuba, el rendimiento del cultivo es de 900 y 1100 kg ha⁻¹ en el sector agrícola estatal y no estatal, respectivamente; y una producción total de 68,1 miles de toneladas, lo cual no satisface la demanda de este importante grano (De la Fe, et al., 2016).

El cultivo del frijol se ha visto afectado seriamente en este año en la provincia de Cienfuegos por hongos, las estadísticas de esta leguminosa reportan rendimientos muy bajos atribuidos principalmente a la semilla de mala calidad, el empleo de variedades susceptibles a plagas, prácticas inadecuadas en la agronomía del cultivo, entre otras. Los análisis realizados a las semillas de frijol procedente de la empresa de semilla (Cuba. Ministerio de la Agricultura, 2019), reportan una alta incidencia de patógenos fungosos lo cual atenta contra la germinación y el buen desarrollo del cultivo en la época de siembra, lo que hace necesaria la búsqueda de alternativas más amigables con el medio ambiente, que sean de fácil acceso y que a su vez sean capaces de sustituir importaciones.

El frijol común es la especie de leguminosa más importante para Cuba, durante el 2012 se cosecharon en el país 123 434 ha para una producción de 127 100 toneladas del grano. La mayoría de los hongos fitopatógenos asociados al frijol emplean las semillas como vehículos de introducción en nuevas áreas, donde, bajo condiciones favorables pueden causar pérdidas considerables en el cultivo. Las especies de mayor frecuencia de aparición fueron *Penicillium* sp. (78,4%), *Rhizoctonia solani* (77,5%), *Aspergillus niger* (68,6%) y *Fusarium solani* (51,0%). (Martínez de la Parte, et al., 2014).

Los aceites de origen vegetal que desde la antigüedad han sido utilizados, tienen acciones tóxicas sobre los microorganismos plagas, al ser aplicados crean una película de aceite que impide el intercambio gaseoso patógeno-medio y realiza su acción, por lo que, constituyen una interesante alternativa para controlar las plagas en el almacenamiento de semillas de frijol, resultando ser un tratamiento natural que ayuda a reducir la contaminación ambiental, sin que repercuta en la calidad de la semilla.

La obtención de aceites esenciales de plantas procedentes de fincas, patios o jardines con propiedades fungicidas como la caña Santa (*Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf), constituye una alternativa para el control de hongos en el tratamiento de semillas, ya que proporcionan a los productores de este cultivo, una vía menos costosa para la obtención de un material de siembra protegido (Ortega, et al., 2019). La caña Santa es una planta perenne, originaria de la India y otras regiones de Asia suroriental, perteneciente a la familia Poaceae, que presenta hojas aromáticas (sabor alimonado), con propiedades medicinales (antihipertensiva, antiespasmódico, antiasmático y antifúngica) y puede

obtenerse en cualquier mercado del país. El objetivo del estudio fue evidenciar la acción antifúngica del aceite esencial de caña Santa sobre hongos patógenos en semillas de frijol.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la determinación de la efectividad in vitro de los aceites esenciales a diferentes concentraciones de caña santa en semillas de frijol, se analizaron dos factores de estudio, los cuales fueron representados por tres variedades de frijol y diferentes concentraciones de aceite de caña Santa, así como, las combinaciones de tratamientos conformadas (Tabla 1).

Tabla 1. Factores de estudio (diferentes concentraciones de aceites esenciales a base de caña santa y cultivares de frijol) y combinaciones de tratamientos conformadas.

Factores de estudio	Tratamientos	Combinaciones de tratamientos conformadas (12)
Cultivares de frijol (3)	CC-25-9C, Liliana y La Cuba 154	CC-25-9C-0, 100, 300 y 500 ppm.
Concentraciones de Caña Santa (ppm) (4)	0 (testigo), 100 (dosis baja), 300 (dosis media) y 500 (dosis alta)	Liliana-0, 100, 300 y 500 ppm. La Cuba 154-0, 100, 300 y 500 ppm.

Las hojas fueron recolectadas en horas de la mañana en el área del lote de la Delegación Provincial de la Agricultura en Cienfuegos, se escogieron plantaciones con más de nueve meses, que no estuviesen sometidas a fertilización o aplicación de productos plaguicidas químicos, el momento de la cosecha se realizó cuando las plantas manifestaban síntomas de envejecimiento del ápice caracterizado por un color pardo amarillento, presentándose este síntoma a los 11 meses, coincidiendo esta fecha con el momento en que las hojas se encuentran completamente maduras y su rendimiento en aceite esencial es óptimo, seleccionándose hojas sanas y uniformes en cuanto a tamaño y coloración, el material vegetal cosechado fue correctamente identificado antes de su traslado, consignándose lugar, fecha y hora de cosecha, así como la masa fresca obtenida.

La extracción de aceites esenciales se realizó mediante el método de hidrodestilación. Una vez obtenido el aceite esencial y preparada la solución (solución madre aceite esencial/dispersante) se tomaron las cantidades deseadas para obtener las concentraciones de 100, 300, 500 ppm de aceite de caña Santa.

El método utilizado para el tratamiento de la semilla fue de inmersión propuesto por Sáenz, et al. (1994). Una vez tratada la semilla con el aceite esencial por un tiempo de 10 minutos a las diferentes concentraciones, se dejaron secar y se preparó una cámara húmeda, colocando un total de 25 semillas por réplicas para un total de 100 por tratamiento, las cuales fueron colocadas en placas de Petri, posteriormente incubadas a temperatura de 25±2°C, con alternancia de luz. La recolección de datos se realizó a los 3, 7 y 10 días de iniciado el ensayo.

Para calcular la efectividad antifúngica de las diferentes concentraciones de aceite de caña Santa se utilizó la fórmula de Abbott modificada (Ciba-Geygi, 1981).

$$EB = \frac{A - B}{A} \times 100$$

Donde:

EB=Efectividad biológica.

A=Testigo.

B=Tratamiento

Se utilizó el Análisis de Varianza (ANOVA) factorial intergrupos para conocer la presencia o no de diferencias estadísticas significativas entre las diferentes concentraciones de aceite vegetal de caña Santa y los cultivares (efecto de interacción), así como, entre las diferentes concentraciones del aceite y los cultivares (efectos principales), previo cumplimiento de los supuestos de independencia de observaciones (se garantizó mediante aleatorización), normalidad de datos (test de Shapiro-Wilk) y homogeneidad de varianzas (Test de Levene). Cuando se presentaron diferencias estadísticas se aplicó la prueba de rangos y comparaciones múltiples de Duncan, para conocer entre que concentración de aceite de caña Santa y cultivar se encuentran las diferencias o similitudes. Para una mejor representación de los resultados se construyeron gráficos de perfil que posibilitan visualizar el comportamiento de la incidencia de hongos y la efectividad del aceite vegetal a diferentes concentraciones y en distintos cultivares. La matriz de datos construida fue procesada con el Paquete Estadístico SPSS versión 22 de prueba para Windows, con un 99% de confiabilidad en la estimación ($\alpha=0,01$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el análisis de la semilla de frijol (cultivar CC-25-9C) a los tres días de efectuado el ensayo mostró que en el testigo sin tratamiento de aceite vegetal a base de caña Santa se presentaron seis organismos, de estos solamente en la variante con tratamiento a 100 ppm (dosis baja) se observaron dos, *Alternaria* sp (3,0%) y *Fusarium* sp (6,5%), manifestando disminución en los porcentajes de afectación con respecto al testigo en el caso de *Alternaria* sp, mientras que *Fusarium* sp no tuvo diferencia. Con 300 ppm (dosis media) se mostraron los organismos antes mencionados, disminuyendo el porcentaje de incidencia en *Alternaria* sp (2,0%), mientras que *Fusarium* sp (5,0%) continuo sin manifestar diferencia con respecto al testigo. En la dosis alta (500 ppm) se presentó solamente *Fusarium* sp (6,0%) sin manifestar diferencia respecto al testigo.

El comportamiento del cultivar Liliana a los tres días, en el testigo (sin tratamiento) se presentaron seis organismos, de estos solamente en las variantes con tratamientos se observó *Fusarium* sp (4,0%), a la dosis baja 100 ppm, (5,0%) a la dosis de 300 ppm y 6,5% a la dosis alta (500 ppm), si manifestar diferencia con respecto al testigo. En igual momento en el análisis de la semilla de frijol del cultivar La Cuba 154, en el testigo se presentaron seis organismos, de estos solamente en la variante con tratamiento a la dosis baja (100 ppm) se observaron dos hongos patógenos; *Alternaria* sp (1,5%) y *Fusarium* sp (13,0%), manifestando disminución en los porcentajes de afectación con respecto al testigo en el caso de *Alternaria* sp, mientras que *Fusarium* sp no presento diferencia, resultados similares coinciden con la dosis media (300 ppm) se mostraron solamente dos *Alternaria* sp. (2,0%) y *Fusarium* sp (12,0%), disminuyendo el porcentaje de incidencia en *Alternaria* sp, mientras que *Fusarium* sp continuo sin manifestar diferencia con respecto al testigo. En la dosis alta (500 ppm) se presentó solamente *Fusarium* sp sin manifestar diferencia respecto al testigo (Tabla 2).

Tabla 2. Incidencia de patógenos fúngicos en semillas de frijol (cultivares CC-25-9C, Liliana y La Cuba 154) bajo diferentes concentraciones de aceite de caña Santa (0, 100, 300 y 500 ppm) a los 3 días de iniciado el ensayo.

	Cultivares de <i>P. vulgaris</i>											
	CC-25-9C				Liliana				La Cuba 154			
	Concentraciones de aceite de Caña Santa											
Hongos presentes	0	100	300	500	0	100	300	500	0	100	300	500
<i>Alternaria</i> sp	6,5	3,0	2,0	6,0	-	-	-	-	4,0	1,5	2,0	0
<i>Fusarium</i> sp	5,5	6,5	6,5	0	6,0	4,0	5,0	6,5	12,0	13,0	12,0	11,0
<i>Penicilium</i> sp	3,0	0	0	0	5,0	0	0	0	7,0	0	0	0
<i>Aspergillus</i> sp	8,5	0	0	0	4,5	0	0	0	-	-	-	-
<i>Nigrospora</i> sp	3,0	0	0	0	3,5	0	0	0	-	-	-	-
<i>Rhizoctonia</i> sp	2,5	0	0	0	1,0	0	0	0	3,0	0	0	0
<i>Cladosporium</i> sp	-	-	-	-	4,5	0	0	0	15,0	0	0	0
Macrophomina phaseolina	-	-	-	-	-	-	-	-	2,0	0	0	0
<i>Cercospora</i> sp	-	-	-	-	-	-	-	-	1,5	0	0	0

En la evaluación realizada a los 7 días de iniciado el ensayo se observó, que, aunque en el testigo se mantuvieron los mismos patógenos se apreció un incremento en los porcentajes de incidencia, mientras que en los tratamientos se

mantuvieron los patógenos y el mismo porcentaje de incidencia en el caso de *Alternaria* sp, mientras que *Fusarium* sp continuó aumentando.

En el cultivar Liliana se pudo confirmar que, aunque en el testigo se mantuvieron los mismos patógenos se apreció un incremento en los porcentajes de incidencia, mientras que en los tratamientos se mantuvo el mismo organismo *Fusarium* sp, sin diferencia en los porcentajes con respecto al testigo. Se pudo constatar que, aunque en el testigo se mantuvieron los mismos patógenos se apreció un incremento en los porcentajes de incidencia, mientras que en los tratamientos se mantuvo el mismo patógeno con el mismo porcentaje de incidencia en el caso de *Alternaria* sp, mientras que *Fusarium* sp continuó aumentando (Tabla 3).

Tabla 3. Incidencia de patógenos fúngos en semillas de frijol (cultivares CC-25-9C, Liliana y La Cuba 154) bajo diferentes concentraciones de aceite de Caña Santa (0, 100, 300 y 500 ppm) a los 7 días de iniciado el ensayo.

Hongos presentes	Cultivares de <i>P. vulgaris</i>											
	CC-25-9C				Liliana				La Cuba 154			
	Concentraciones de aceite de Caña Santa											
	0	100	300	500	0	100	300	500	0	100	300	500
<i>Alternaria</i> sp	8,0	3,0	2,0	0	-	-	-	-	6,5	1,5	2,0	0
<i>Fusarium</i> sp	8,0	9,5	8,0	9,0	10,5	8,5	9,0	10,0	15,0	16,0	15,0	16,5
<i>Penicilium</i> sp	6,5	0	0	0	8,5	0	0	0	11,0	0	0	0
<i>Aspergillus</i> sp	10,0	0	0	0	7,0	0	0	0				
<i>Nigrospora</i> sp	4,5	0	0	0	8,5	0	0	0				
<i>Rhizoctonia</i> sp	4,0	0	0	0	3,0	0	0	0	6,0	0	0	0
<i>Cladosporium</i> sp	-	-	-	-	9,0	0	0	0	18,5	0	0	0
Macrophomina phaseolina	-	-	-	-	-	-	-	-	5,0	0	0	0
<i>Cercospora</i> sp	-	-	-	-	-	-	-	-	3,5	0	0	0

Los resultados de la evaluación de patógenos fúngos en semillas de diferentes cultivares de frijol a los 10 días de iniciado el ensayo, muestra que en el testigo se mantuvieron los mismos patógenos, apreciándose de igual manera que en los análisis anteriores, un incremento en los porcentajes de incidencia, mientras que en los tratamientos se manifestaron los mismos patógenos, con aumento solamente en el porcentaje de *Fusarium* sp. El análisis anterior conduce a establecer que se evidencia un control del aceite esencial en estudio sobre todos los organismos patógenos presentes excepto *Fusarium* sp.

A los 10 días de iniciado el experimento, para el caso del testigo, donde no se aplicó aceite esencial de caña Santa, se mantuvieron los mismos patógenos, apreciándose de igual manera que en los análisis anteriores un incremento en los porcentajes de incidencia, mientras que en los tratamientos se manifestó el mismo hongo *Fusarium* sp, con un comportamiento similar al testigo.

En el experimento el testigo mantuvo la misma afectación de hongos patógenos apreciándose de igual manera que en los análisis anteriores un incremento en los porcentajes de incidencia, mientras que en los tratamientos se mantuvieron los mismos patógenos con el mismo porcentaje, con aumento solamente en el caso de *Fusarium* sp, lo que evidencio que sobre este organismo el aceite esencial de caña Santa no ejerció control (Tabla 4).

Tabla 4. Incidencia de patógenos fúngos en semillas de frijol (cultivares CC-25-9C, Liliana y La Cuba 154) bajo diferentes concentraciones de aceite de Caña Santa (0, 100, 300 y 500 ppm) a los 10 días de iniciado el ensayo.

Hongos presentes	Cultivares de <i>P. vulgaris</i>											
	CC-25-9C				Liliana				La Cuba 154			
	Concentraciones de aceite de Caña Santa											
	0	100	300	500	0	100	300	500	0	100	300	500
<i>Alternaria</i> sp	11,5	3,0	2,0	0	-	-	-	-	10,0	1,5	2,0	0
<i>Fusarium</i> sp	15,0	15,0	16,5	14	18,0	17,5	19,0	18,0	20,0	18,0	19,5	21,0
<i>Penicilium</i> sp	10,0	0	0	0	20,0	0	0	0	14,5	0	0	0
<i>Aspergillus</i> sp	12,5	0	0	0	11,5	0	0	0				
<i>Nigrospora</i> sp	10,0	0	0	0	10,0	0	0	0				

<i>Rhizoctonia</i> sp	6,0	0	0	0	7,0	0	0	0	12,0	0	0	0
<i>Cladosporium</i> sp	-	-	-	-	15,0	0	0	0	23,5	0	0	0
Macrophomina phaseolina	-	-	-	-	-	-	-	-	8,0	0	0	0
<i>Cercospora</i> sp	-	-	-	-	-	-	-	-	7,0	0	0	0

El contraste de hipótesis realizado evidencia que no se presenta efecto de interacción entre las dosis de aceite vegetal a base de caña Santa y los cultivares de frijol objeto de estudio en relación con el porcentaje de incidencia de hongos patógenos, ya que el p-valor obtenido a los 3 días (0,997), 7 días (0,998) y 10 días (0,997) es mayor a 0,01.

Por otro lado, al analizar los efectos principales de los factores de estudio (concentraciones de aceite y cultivares de frijol) en relación con la incidencia de hongos, se muestra que no se presenta diferencias estadísticas significativas entre los cultivares, debido a que el p-valor obtenido a los 3 días (0,357), 7 días (0,585) y 10 días (0,901) es mayor a 0,01, demostrándose que los hongos patógenos no tienen predilección específica sobre un tipo específico de cultivar, sin embargo, en relación con las concentraciones de aceite vegetal a base de caña Santa se presentan diferencias estadísticas altamente significativas a los 3 días (0,001), 7 días (0,000) y 10 días (0,000), ya que el p-valor obtenido es menor a 0,01, indicando que la aplicación de aceite de caña Santa presenta un control efectivo de hongos patógenos en semillas de frijol (Tabla 5).

Tabla 5. Pruebas de efectos intergrupos utilizada para conocer la presencia o no de efecto de interacción y efectos principales en relación con la incidencia de hongos a los 3, 7 y 10 días de iniciado el ensayo.

Día del muestreo	Fuentes de variación	Suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	p-valor
3 días	Cultivares	23,911	2	11,955	1,046	0,357
	Concentraciones	200,929	3	66,976	5,862	0,001
	Cultivares*Concentraciones	6,214	6	1,036	0,091	0,997
	Error	731,244	64	11,426		
	Total	1372,750	76			
7 días	Cultivares	21,782	2	10,891	0,541	0,585
	Concentraciones	523,938	3	174,646	8,670	0,000
	Cultivares*Concentraciones	9,393	6	1,565	0,078	0,998
	Error	1289,220	64	20,144		
	Total	2765,000	76			
10 días	Cultivares	9,008	2	4,504	0,105	0,901
	Concentraciones	1333,495	3	444,498	10,347	0,000
	Cultivares*Concentraciones	22,536	6	3,756	0,087	0,997
	Error	2749,482	64	42,961		
	Total	6352,250	76			

En el análisis de cultivares de frijol teniendo en cuenta las observaciones realizadas a los 3 días, se corrobora que, aunque no se presentaron diferencias estadísticas, se presentaron diferencias numéricas a tener en cuenta, en las semillas del cultivar La Cuba 154 se obtuvo la mayor incidencia de hongos (3,00%), y en Liliana el menor (1,67%); a los 7 días la mayor afectación se presentó igualmente en La Cuba 154, sin embargo, el menor valor fue en CC-25-9C. A los 10 días de efectuado el ensayo el mayor porcentaje de influencia se presentó en el cultivar Liliana (5,67%) y el menor valor se alcanzó en CC-25-9C (4,90%) (Tabla 6).

Tabla 6. Porcentaje de incidencia promedio de hongos patógenos en las semillas de frijol procedentes de diferentes cultivares a los 3, 7 y 10 días de iniciado el ensayo.

Cultivares de frijol	n	Día en que se realizó el muestreo*		
		3 días	7 días	10 días
Liliana	24	1,67a	3,08a	5,67a
CC-25-9C	24	2,15a	3,02a	4,90a
La Cuba 154	28	3,00a	4,16a	5,61a
p-valor		0,357	0,585	0,901

*Letras diferentes difieren estadísticamente dentro de cada día en que se realizó el muestreo para un p-valor<0,01 (prueba de rangos y comparaciones múltiples de Duncan).

Para el caso de las concentraciones de aceite esencial elaborado a base de caña Santa las observaciones a los 3 días muestras que se presentan diferencias estadísticas altamente significativas entre las distintas dosis, en el testigo sin aceite esencial se obtuvo la mayor incidencia de hongos (5,16%), y en la dosis de 500 ppm el menor (1,24%); a los 7 días la mayor afectación se presentó igualmente en el testigo (8,05%), sin embargo, el menor valor fue en la dosis de 300 ppm (1,60%). A los 10 días de efectuado el ensayo el mayor porcentaje de influencia se presentó en el testigo (12,71%) y el menor valor en las dosis de 100 y 5000 ppm (2,90%) (Tabla 7).

Tabla 7. Porcentaje de incidencia promedio de hongos patógenos en las semillas de frijol bajo el efecto de diferentes dosis de aceite esencial a base de caña Santa a los 3, 7 y 10 días de iniciado el ensayo.

Concentraciones de aceite de caña Santa	n	Día en que se realizó el muestreo		
		3 días	7 días	10 días
500 ppm de caña Santa	19	1,24a	1,87a	2,90a
300 ppm de caña Santa	19	1,37a	1,60a	3,11a
100 ppm de caña Santa	19	1,47a	2,03a	2,90a
0 ppm de caña Santa	19	5,16b	8,05b	12,71b
p-valor		0,001	0,000	0,000

*Letras diferentes difieren estadísticamente dentro de cada día en que se realizó el muestreo para un p-valor<0,01 (Prueba de rangos y comparaciones múltiples de Duncan).

En la Figura 1 se muestra el comportamiento del porcentaje de incidencia de hongos patógenos bajo diferentes concentraciones de esencia de caña Santa en los cultivares de frijol estudiados a los 3 días de iniciado el ensayo, donde se aprecia la disminución de la afectación de los patógenos cuando se aplica el aceite vegetal en las semillas de los tres cultivares utilizados, evidenciándose un mayor control en el cultivar Liliana cuando se aplican las dosis de 100 ppm (0,7%) y 300 ppm (0,8%), aunque cuando se aplican 500 ppm (1,0%) se alcanza la menor incidencia en el cultivar CC-25-9C.

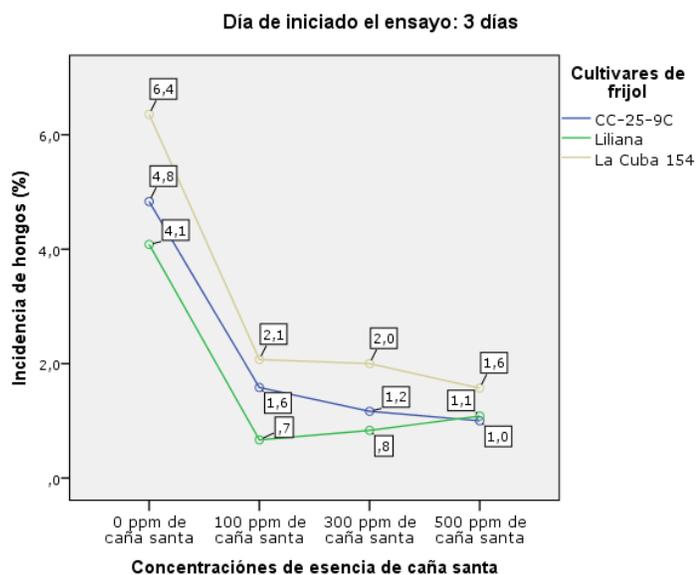


Figura 1. Efecto de las concentraciones de aceite de caña Santa en la incidencia de hongos en semillas de cultivares de frijol a los 3 días de iniciado el ensayo.

La Figura 2 muestra una disminución de la afectación de hongos cuando se aplica el aceite vegetal en las semillas de los tres cultivares utilizados a los 7 días de efectuado el ensayo, evidenciándose un mayor control en el cultivar Liliana cuando se emplean las dosis de 100 ppm (1,4%) y 300 ppm (1,5%), sin embargo, en el cultivar CC-25-9C se alcanza el menor porcentaje de incidencia en la dosis de 500 ppm (1,5%).

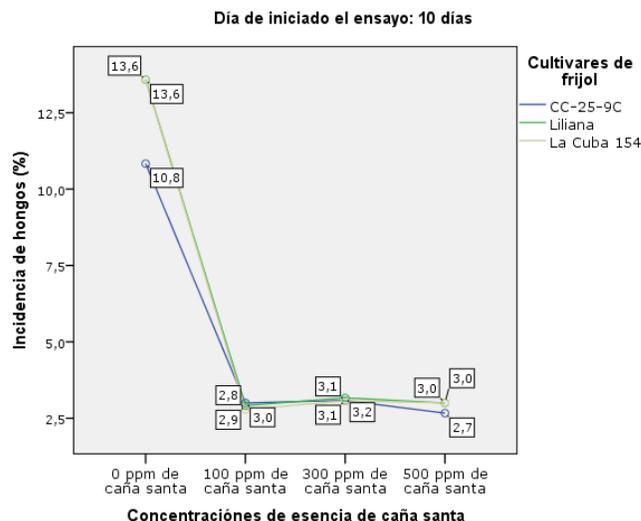
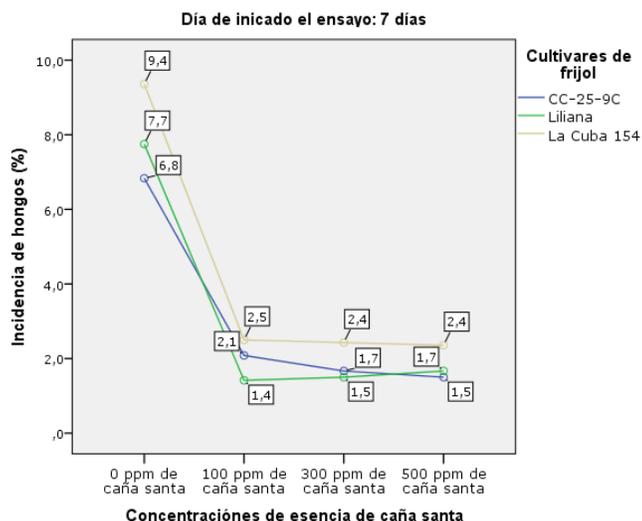


Figura 2. Efecto de las concentraciones de aceite de caña Santa en la incidencia de hongos en semillas de cultivares de frijol a los 7 días de iniciado el ensayo.

Figura 3. Efecto de las concentraciones de aceite de caña Santa en la incidencia de hongos en semillas de cultivares de frijol a los 10 días de iniciado el ensayo.

En la Figura 3 se evidencia una disminución de la incidencia de patógenos cuando se aplica el aceite vegetal en las semillas de los tres cultivares utilizados a los 10 días de efectuado el ensayo (similar a los 3 y 7 días). Se observa un mayor control en el cultivar La Cuba 154 cuando se emplea la dosis de 100 ppm (2,8%) y en el cultivar CC-25-9C se obtuvo una incidencia menor de hongos en las dosis de 300 ppm (3,1%) y 500 ppm (2,7%).

A los tres días de iniciado el experimento las diferentes concentraciones de aceite vegetal de caña Santa en los diferentes cultivares de frijol mostraron un control total (100%) de los hongos patógenos *Penicilium* sp, *Aspergillus* sp, *Nigrospora* sp, *Rhizoctonia* sp, *Cladosporium* sp, *Macrophomina phaseolina* y *Cercospora* sp y parcial (entre 50 y 100%) sobre el patógeno *Alternaria* sp (Tabla 8); a los siete días se observó un control total (100%) de los hongos

patógenos *Penicilium* sp, *Aspergillus* sp, *Nigrospora* sp, *Rhizoctonia* sp, *Cladosporium* sp, *Macrophomina phaseolina* y *Cercospora* sp y parcial (entre 62,5 y 100%) sobre el patógeno *Alternaria* sp (Tabla 9); y a los 10 días un control total (100%) de los hongos patógenos *Penicilium* sp, *Aspergillus* sp, *Nigrospora* sp, *Rhizoctonia* sp, *Cladosporium* sp, *Macrophomina phaseolina* y *Cercospora* sp y parcial (entre 80 y 100%) sobre el patógeno *Alternaria* sp (Tabla 10); sin embargo, a los tres, siete y 10 días de iniciado el ensayo las concentraciones de aceite vegetal de caña Santa no ejercieron control sobre el hongo *Fusarium* sp en ningún cultivar.

Tabla 8. Efectividad biológica (%) del aceite esencial de caña Santa (0, 100, 300 y 500 ppm) en semillas de frijol (cultivares CC-25-9C, Liliana y La Cuba 154) a los 3 días de iniciado el ensayo.

Hongos presentes	Cultivares de <i>P. vulgaris</i>								
	CC-25-9C			Liliana			La Cuba 154		
	100	300	500	100	300	500	100	300	500
<i>Alternaria</i> sp	53,8	69,2	100				62,5	50	100
<i>Fusarium</i> sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Penicilium</i> sp	100	100	100	100	100	100	100	100	100
<i>Aspergillus</i> sp	100	100	100	100	100	100			
<i>Nigrospora</i> sp	100	100	100	100	100	100			
<i>Rhizoctonia</i> sp	100	100	100	100	100	100	100	100	100
<i>Cladosporium</i> sp	-	-	-	100	100	100	100	100	100
M. phaseolina	-						100	100	100
<i>Cercospora</i> sp	-	-	-				100	100	100

Tabla 9. Efectividad biológica (%) del aceite esencial de Caña Santa (0, 100, 300 y 500 ppm) en semillas de frijol (cultivares CC-25-9C, Liliana y La Cuba 154) a los 7 días de efectuado el ensayo.

	Cultivares de <i>P. vulgaris</i>								
	CC-25-9C			Liliana			La Cuba 154		
	Concentraciones de aceite de Caña Santa								
Hongos presentes	100	300	500	100	300	500	100	300	500
<i>Alternaria</i> sp	62,5	75	100				76,9	69,2	100
<i>Fusarium</i> sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Penicilium</i> sp	100	100	100	100	100	100	100	100	100
<i>Aspergillus</i> sp	100	100	100	100	100	100			
<i>Nigrospora</i> sp	100	100	100	100	100	100			
<i>Rhizoctonia</i> sp	100	100	100	100	100	100	100	100	100
<i>Cladosporium</i> sp	-	-	-	100	100	100	100	100	100
M. phaseolina	-	-	-				100	100	100
<i>Cercospora</i> sp	-	-	-				100	100	100

Tabla 10. Efectividad biológica (%) del aceite esencial de Caña Santa (0, 100, 300 y 500 ppm) en semillas de frijol (cultivares CC-25-9C, Liliana y La Cuba 154) a los 10 días de efectuado el ensayo.

	Cultivares de <i>P. vulgaris</i>								
	CC-25-9C			Liliana			La Cuba 154		
	Concentraciones de aceite de Caña Santa								
Hongos presentes	100	300	500	100	300	500	100	300	500
<i>Alternaria</i> sp	73,9	82,6	100				85	80	100
<i>Fusarium</i> sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Penicilium</i> sp	100	100	100	100	100	100	100	100	100
<i>Aspergillus</i> sp	100	100	100	100	100	100			
<i>Nigrospora</i> sp	100	100	100	100	100	100			
<i>Rhizoctonia</i> sp	100	100	100	100	100	100	100	100	100
<i>Cladosporium</i> sp	-	-	-	100	100	100	100	100	100
M. phaseolina	-	-	-				100	100	100
<i>Cercospora</i> sp	-	-	-				100	100	100

El contraste de hipótesis muestra que no se presenta efecto de interacción entre las dosis de aceite vegetal a base de caña Santa y los cultivares de frijol objeto de estudio en relación con la efectividad biológica, ya que el p-valor obtenido a los 3 días (0,999), 7 días (1,000) y 10 días (1,000) es mayor a 0,01. El análisis de los efectos principales (concentraciones de aceite y cultivares de frijol) en relación con la efectividad biológica, muestra que no se presentan diferencias estadísticas significativas entre los cultivares, debido a que el p-valor obtenido a los 3 días (0,949), 7 días (0,956) y 10 días (0,968) y entre concentraciones de aceite vegetal de caña Santa a los 3 días (0,932), 7 días (0,964) y 10 días (0,983), es mayor a 0,01, indicando que la aplicación de cualquier dosis de aceite de caña Santa presenta una igual efectividad biológica de hongos patógenos en semillas de frijol (Tabla 11).

Tabla 11. Pruebas de efectos intergrupos utilizada para conocer la presencia o no de efecto de interacción y efectos principales en relación con la efectividad biológica a los 3, 7 y 10 días de iniciado el ensayo.

Día de efectuado el muestreo	Fuentes de variación	Suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	p-valor
3 días	Cultivares	166,349	2	83,174	0,052	0,949
	Concentraciones	225,263	2	112,631	0,071	0,932
	Cultivares*Concentraciones	140,318	4	35,080	0,022	0,999
	Error	76565,067	48	1595,106		
	Total	454089,330	57			

7 días	Cultivares	140,388	2	70,194	0,045	0,956
	Concentraciones	115,890	2	57,945	0,037	0,964
	Cultivares*Concentraciones	75,478	4	18,869	0,012	1,000
	Error	75054,161	48	1563,628		
	Total	460233,500	57			
10 días	Cultivares	101,589	2	50,795	0,033	0,968
	Concentraciones	53,090	2	26,545	0,017	0,983
	Cultivares*Concentraciones	35,407	4	8,852	0,006	1,000
	Error	74619,975	48	1554,583		
	Total	465908,970	57			

La efectividad biológica del aceite vegetal a base de caña Santa no muestra diferencias estadísticas significativas en los cultivares estudiados (CC-25-9C, Liliana y La Cuba 154) a los 3, 7 y 10 días de efectuado el experimento, ya que el p-valor obtenido en cada fecha de muestreo es mayor a alfa. Los valores promedios obtenido en cada cultivar presentan muy poca diferencia numérica también, lo que evidencia que su aplicación en cualquier cultivar de frijol presenta un efecto positivo en el control de hongos patógenos en las semillas de este cultivo (Tabla 12).

Tabla 12. Eficiencia biológica del aceite de Caña Santa en el control de hongos patógenos en las semillas de diferentes cultivares de frijol a los 3, 7 y 10 días de iniciado el ensayo.

Cultivares de frijol	n	Días en que se realizó el muestreo*		
		3 días	7 días	10 días
Liliana	18	79,1a	79,9a	80,9a
CC-25-9C	21	81,6a	83,1a	83,3a
La Cuba 154	18	83,3a	83,3a	84,0a
p-valor		0,949	0,956	0,968

*Letras diferentes difieren estadísticamente dentro de cada día en que se realizó el muestreo para un p-valor<0,01 (Prueba de rangos y comparaciones múltiples de Duncan).

La efectividad biológica de las diferentes concentraciones de aceite vegetal a base de caña Santa no muestra diferencias estadísticas significativas en las diferentes dosis utilizadas (100, 300 y 500 ppm) a los 3, 7 y 10 días de efectuado el experimento, ya que el p-valor obtenido en cada fecha de muestreo es mayor a alfa. Los valores promedios obtenido en cada dosis presentan muy poca diferencia numérica, lo que evidencia que su aplicación presenta un efecto positivo en el control de hongos patógenos en las semillas de este cultivo (Tabla 13).

Tabla 13. Eficiencia biológica de diferentes concentraciones de aceite de Caña Santa en el control de hongos patógenos en semillas de frijol a los 3, 7 y 10 días de iniciado el ensayo.

Concentraciones de aceite de caña Santa	n	Días en que se realizó el muestreo*		
		3 días	7 días	10 días
500 ppm de caña Santa	19	84,2a	84,2a	84,2a
300 ppm de caña Santa	19	79,9a	81,3a	82,2a
100 ppm de caña Santa	19	79,8a	81,0a	82,1a
p-valor		0,932	0,964	0,983

*Letras diferentes difieren estadísticamente dentro de cada día en que se realizó el muestreo para un p-valor<0,01 (Prueba de rangos y comparaciones múltiples de Duncan).

La efectividad biológica de las concentraciones de aceite de caña Santa (100, 300 y 500 ppm) sobre hongos patógenos en semillas procedentes de diferentes cultivares de frijol (CC-25-9C, Liliana y La Cuba 154) a los 3 días (Figura 4), 7 días (Figura 5) y 10 días (Figura 6) de iniciado el ensayo, muestra valores promedios similares, siempre por encima del 50%, por lo que constituye una alternativa eficaz en el control de patógenos en semillas de frijol.

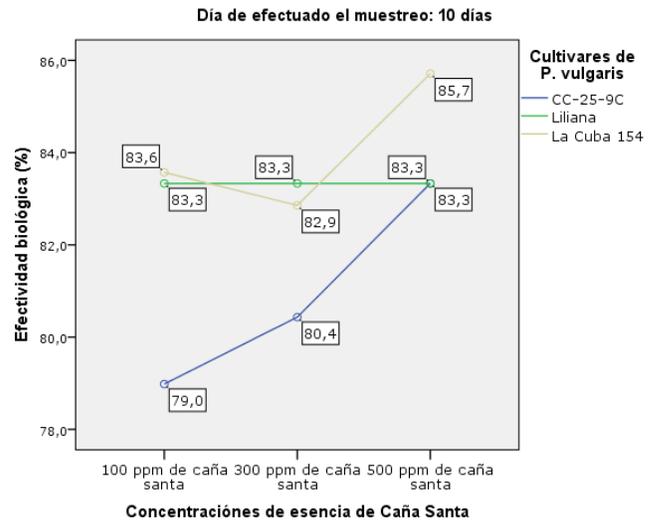
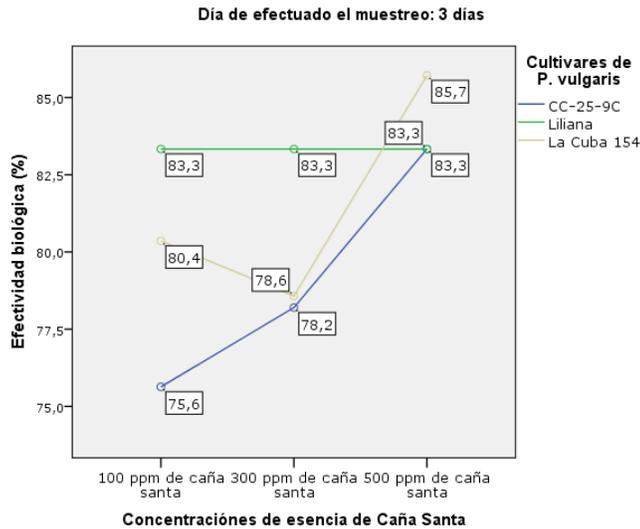


Figura 4. Influencia de las concentraciones de aceite de caña Santa y los cultivares de frijol en la efectividad biológica (%) a los 3 días de efectuado el muestreo.

Figura 6. Influencia de las concentraciones de aceite de caña Santa y los cultivares de frijol en la efectividad biológica (%) a los 10 días de efectuado el muestreo.

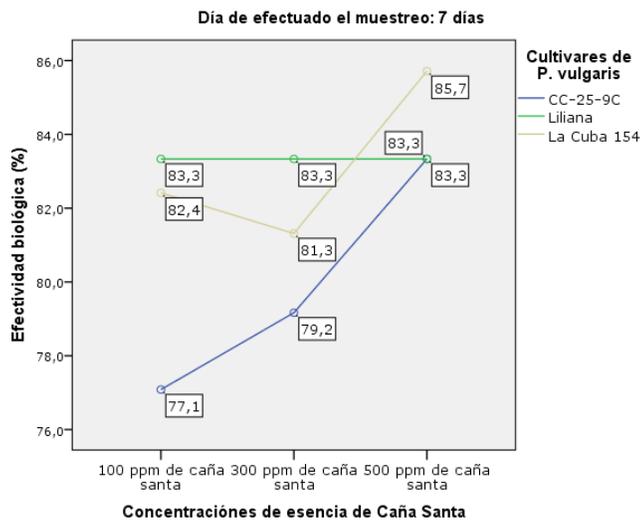


Figura 5. Influencia de las concentraciones de aceite de caña Santa y los cultivares de frijol en la efectividad biológica (%) a los 7 días de efectuado el muestreo.

El aceite esencial de caña santa en los tres cultivares de frijol en estudio ejerció control sobre los hongos *Alternaria sp*, *Penicillium sp*, *Aspergillus sp*, *Nigrospora sp*, *Rhizoctonia sp*, *Cladosporium sp*, *Macrophomina phaseolina* y *Cercospora sp*, excepto sobre *Fusarium sp*, resultados que coinciden con lo planteado por Ruilova (2007), en experimentos realizados para el control de *Alternaria sp*. En el caso del hongo *Macrophomina phaseolina* concuerda con los resultados obtenidos por Mena et al. (2018), donde se obtuvieron resultados similares en el control de *Mycosphaerella sp*, fase sexual de *Cercospora sp* por parte de Ávila (2016). En el caso del *Fusarium sp* difiere con los resultados obtenidos por Cárdena (2014) el cual observó control de este organismo con el aceite esencial en estudio, en los demás organismos *Penicillium sp*, *Aspergillus sp*, *Rhizoctonia sp* y *Cladosporium sp* en las bibliografías y sitios consultados no se encontraron referencias. La semilla tratada no debe ser almacenada ya que los aceites esenciales pueden ocasionar efecto sobre la calidad fisiológica de la misma, aunque las dosis bajas 100, 300 y 500 ppm dañan menormente dicha calidad (Chepeila, 2009).

La Tabla 13 muestra que el porcentaje de germinación en los tres cultivares estudiados, no resultó afectado y sus valores superaron el 90% de germinación, resultados similares han sido reportado por Sierra & García (2020).

Tabla 13. Porcentaje de germinación de la semilla en los diferentes cultivares a los 3, 7 y 10 días.

Cultivar	Días en que se realizó el muestreo (germinación %)		
	3 días	7 días	10 días
Liliana	98	98	98
CC-25-9C	96	96	98
La Cuba 154	90	90	90

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos muestran que el aceite esencial de caña Santa en concentraciones de 100, 300 y 500 ppm en condiciones de laboratorio, ejercieron control sobre la mayoría de los hongos patógenos que se manifestaron en la semilla de las tres variedades de frijol en estudio, excepto en *Fusarium sp*. De un total de nueve organismos presentes solamente uno no fue controlado, pero no tuvo afectación sobre el porcentaje de germinación de la semilla de ninguno de los

cultivares estudiados. Se apreció una efectividad biológica superior al 70%, umbral a partir del cual clasifica como una efectividad técnica como buena.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ávila, J. J. (2016). Efecto antifúngico de seis extractos vegetales sobre el hongo *Mycosphaerella* sp en el cultivo de banano. (Trabajo de titulación). Universidad Técnica de Machala.
- Cárdenas, J. E. (2014). Control Biológico de *Fusarium* spp en hortalizas de la parroquia de San Joaquín. (Trabajo de titulación). Universidad del Azuay.
- Chepeila, D. (2009). Aceites Vegetales Usados en Tratamiento en Semillas de Frijol Almacenado y su Efecto en la Calidad Fisiológica. (Trabajo de titulación). Universidad Autónoma Agraria.
- Ciba-Geygi S. A. (1981). Manual para ensayos de campo en protección vegetal. Ciba-Geygi.
- Cuba. Ministerio de la Agricultura. (2019). Registro de muestra de la sección de micología. Laprosav Cienfuegos.
- De la Fe, C. F., Lamz, A., Cárdenas, R. M., & Hernández, J. (2016). Respuesta agronómica de cultivares de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) de reciente introducción en Cuba. *Revista Cultivos Tropicales*, 37(2), 102-107.
- Martínez, E., Cantillo, T., & García, D. (2014). Hongos asociados a semillas de *Phaseolus vulgaris* L. cultivadas en Cuba. *Bioteología Vegetal*, 14(2), 99-105.
- Mederos, Y. (2006). Revisión bibliográfica: indicadores de la calidad en el grano de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Cultivos Tropicales*, 27(3), 55-62.
- Ortega, I., Alonso, P., Iglesias, F., González, I., Rodríguez, L., Peña y Pérez, Y. (2019). Diversidad de especies de plantas con acción repelente o fitoplaguicida en la provincia de Cienfuegos. (Ponencia). I Taller Provincial de Alternativa Biológica. Cienfuegos, Cuba.
- Ruilova, A. (2007). Determinación de la concertación inhibitoria mínima de aceites esenciales ante bacterias y hongos fitopatógenos. (Trabajo de titulación). Universidad del Azuay.
- Sáenz, M., Sandoval, I., & Martínez, M. L. (1994). Uso de la materia orgánica en semillero de tabaco como vehículo de *Trichoderma* spp. para el biocontrol de *Phytophthora nicotianae*, (Ponencias). VII Jornada Científica 90 Aniversario del INIFAT. La Habana, Cuba.
- Sierra Ricabal, P. M., & García Batista, R. M. (2020). Efecto fitoplaguicida del aceite esencial de guayaba *Psidium guajaba* L. sobre hongos patógenos de semillas de frijol *Phaseolis vulgaris* L. *Revista Científica Agroecosistemas*, 8(1), 39-46.