

Efecto de *Beauveria bassiana* irradiada (UV-C) en el control de *Spodoptera frugiperda* y *Cosmopolites sordidus*

Effect of irradiated *Beauveria bassiana* (UV-C) on the control of *Spodoptera frugiperda* and *Cosmopolites sordidus*

 Paico-Marín, Stell R.¹

 Fernández-Gaitán, Cinthya E.¹

 Iglesias-Osores, Sebastian^{1*}

¹Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú

Recibido: 03 Abr. 2023 | Aceptado: 19 May. 2023 | Publicado: 10 Jul. 2023

Autor de correspondencia*: sebasiglo@gmail.com

Cómo citar este artículo: Paico-Marín, S. R., Fernández-Gaitán, C. E. & Iglesias-Osores, S. (2023). Efecto de *Beauveria bassiana* irradiada (UV-C) en el control de *Spodoptera frugiperda* y *Cosmopolites sordidus*. *Revista Agrotecnológica Amazónica*, 3(2), e451. <https://doi.org/10.51252/raa.v3i2.451>

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo establecer la efectividad de la cepa de *Beauveria bassiana* irradiada con UV-C en el control de adultos de *Cosmopolites sordidus* y larvas del III estadio de *Spodoptera frugiperda*. Se utilizaron 10 larvas del estadio III de la plaga del cogollero y diez adultos del picudo negro del banano que fueron enfrentadas a cinco concentraciones de dos cepas de *Beauveria bassiana*, una cepa no irradiada sin tratamiento y una experimental irradiada con luz UV-C a 12h (BI12H) a una concentración de: 3×10^7 , 4×10^7 , 5×10^7 , 6×10^7 , 7×10^7 conidias/ml con 3 repeticiones cada una. Los resultados mostraron una actividad entomopatógena para la cepa irradiada en donde la efectividad se obtuvo con la concentración letal media CL_{50} de las plagas infectadas con el entomopatógeno y en la concentración mínima efectiva de 3×10^7 conidias/ml para ambas cepas trabajadas. Se concluyó que la cepa irradiada *Beauveria bassiana* tiene efecto entomopatógeno frente a las plagas *Cosmopolites sordidus* y larvas del III estadio de *Spodoptera frugiperda*.

Palabras clave: CL_{50} ; cogollero; entomopatógeno; larvas; UV-C

ABSTRACT

The present study aimed to establish the effectiveness of UV-C irradiated *Beauveria bassiana* strain in controlling adults of *Cosmopolites sordidus* and third instar larvae of *Spodoptera frugiperda*. Ten third instar larvae of the fall armyworm and ten adults of the banana weevil were exposed to five concentrations of two strains of *Beauveria bassiana*, an untreated non-irradiated strain and an experimental strain irradiated with UV-C light for 12 hours (BI12H) at a concentration of 3×10^7 , 4×10^7 , 5×10^7 , 6×10^7 , 7×10^7 conidia/ml with 3 replicates each. The results showed entomopathogenic activity for the irradiated strain, where effectiveness was obtained with the median lethal dose LC_{50} of the pests infected with the entomopathogen and at the effective minimum concentration of 3×10^7 conidia/ml for both strains studied. It was concluded that the irradiated *Beauveria bassiana* strain has entomopathogenic effect against *Cosmopolites sordidus* and third instar larvae of *Spodoptera frugiperda* pests.

Keywords: LC_{50} ; army camp; entomopathogenic; larvae; UV-C

1. INTRODUCCIÓN

Lograr una reducción en la tasa de crecimiento de la población humana es esencial para abordar a largo plazo la cuestión de la seguridad alimentaria en el mundo. Aunque producir suficientes alimentos para la población actual es importante, esto solo puede ser considerado como una solución temporal a la problemática, que pospone la necesidad de tomar medidas concretas para controlar el crecimiento poblacional (Smith & Calvert, 2019). En la agricultura de arroz (*Oryza sativa*) a pequeña escala, por ejemplo, el manejo de plagas de insectos no es una tecnología atractiva para los agricultores si el mensaje es solo usar menos insecticidas (Iglesias-Osores & Alcántara-Mimbela, 2020), basando las decisiones en umbrales económicos u otros criterios (Litsinger, 2019). Las consecuencias de la escasez serán cada vez más graves a menos que se reduzca drásticamente la tasa de crecimiento de la población o aumente considerablemente la cantidad de alimentos producidos (Smith & Calvert, 2019).

Una plaga se refiere a cualquier organismo, ya sea animal o planta, que cause daño a los seres humanos o a los cultivos (Van Emden, 2004). Los problemas de las plagas de insectos en la agricultura han mostrado un cambio considerable durante la primera década del siglo XXI, debido a los cambios tecnológicos y de los ecosistemas (Dhaliwal et al., 2010). Las plagas de insectos causan pérdidas significativas en los cultivos alimentarios en numerosos países, constituyendo una preocupación de gran importancia (Smith & Calvert, 2019). En el caso de la agricultura en la India, se estima que sufre anualmente una pérdida económica de aproximadamente 863 884 millones de rupias debido a las plagas de insectos (Dhaliwal et al., 2010).

En el departamento de Lambayeque, Perú, se cultivan diversos cultivos como el maíz, la caña de azúcar y el banano, entre otros. Sin embargo, los agricultores se enfrentan a graves problemas causados por plagas reconocidas como el *Cosmopolites sordidus* y el *Spodoptera frugiperda*. El primero de ellos, conocido como el "picudo negro del banano", es especialmente perjudicial desde el punto de vista económico, ya que ataca directamente los cultivos de banano (Dassou et al., 2016).

La presencia del picudo negro del banano tiene graves consecuencias en los cultivos de importancia económica, ya que afecta negativamente a las raíces, inhibe su crecimiento, limita la absorción de nutrientes, retrasa la floración y debilita el vigor de las plantas. Estos factores aumentan la susceptibilidad de las plantas a plagas y enfermedades (Abagale et al., 2019). En ocasiones, las pérdidas producidas por el picudo negro del banano pueden superar el 40% del cultivo, incluso desde las primeras etapas de desarrollo de la planta y durante la época de floración (Alba-Alejandre et al., 2018; Fotso Kuate et al., 2019).

El Cogollero del maíz, conocido científicamente como *Spodoptera frugiperda* (*S. frugiperda*), es la principal plaga que afecta tanto al maíz como al sorgo (*Sorghum* spp.). Esta plaga puede causar la muerte de la planta en sus primeras etapas de desarrollo al atacar la mazorca y la panoja (Svobodova et al., 2017). A fin de permitir a los agricultores elegir entre distintos niveles de intervención, es importante que las recomendaciones de manejo integrado de plagas no sean inflexibles. La falta de adopción de estas recomendaciones no necesariamente indica una tecnología inapropiada (Litsinger, 2019).

Los insectos cuentan con enemigos naturales, como los hongos entomopatógenos, que han evolucionado y desarrollado para controlar las poblaciones de plagas. Estos enemigos naturales pueden actuar de manera antagónica, a través del parasitismo (Roy & Pell, 2000), como el hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana*, que puede ser utilizado de forma segura y viable para el control de plagas (Zimmermann, 2007).

Beauveria bassiana es un efectivo agente de control biológico contra las plagas *Spodoptera frugiperda* y *Cosmopolites sordidus* (Gutiérrez-Cárdenas et al., 2019). Este hongo entomopatógeno puede ser utilizado para controlar estas plagas, ya que infecta a los insectos con esporas provocando su muerte (Ortiz-Urquiza & Keyhani, 2016). Recientes estudios han demostrado que la efectividad de este método de control puede ser mejorada mediante la irradiación con UV-C de cepas de *Beauveria bassiana* (Al-Ubaidy, 2023; Spurgeon & Cooper, 2012). Estos estudios han revelado que las cepas irradiadas presentan mayor actividad

entomopatógena y pueden ser efectivas a concentraciones más bajas en comparación con las cepas no irradiadas. En este trabajo de investigación, se evaluó el efecto de la irradiación en *Beauveria bassiana* y su impacto en su actividad entomopatógena contra *Cosmopolites sordidus* y *Spodoptera frugiperda* y determinar si la irradiación afectaba la capacidad del hongo para controlar estas plagas.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

En la presente investigación, se llevaron a cabo evaluaciones de dos cepas de *Beauveria bassiana*: una cepa control sin tratamiento y otra que fue irradiada con luz ultravioleta de una longitud de onda de 254 nm. Estas evaluaciones se realizaron en relación a dos plagas que afectan los cultivos de banano (*Cosmopolites sordidus*) y maíz (*Spodoptera frugiperda*).

La población que se utilizó como objeto de estudio estuvo constituida por larvas del III estadio y adultos de las especies *Spodoptera Frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) y *Cosmopolites sordidus* (Germar) (Coleoptera: Curculionidae). La muestra estuvo conformada por larvas del estadio III de *Spodoptera frugiperda* y 10 adultos de *Cosmopolites sordidus*, así como por dos cepas de *Beauveria bassiana*, una que actuó como control sin tratamiento y una cepa irradiada con luz UVC por 12 horas (BI12H).

Se utilizaron diez unidades experimentales por cada repetición, se trabajaron tres tratamientos. Se emplearon cinco concentraciones de cada cepa de *Beauveria bassiana*: 3×10^7 , 4×10^7 , 5×10^7 , 6×10^7 , 7×10^7 conidios/ml y se trabajó por tres repeticiones para cada concentración obteniendo un total de 600 repeticiones: 300 larvas del estadio III de *Spodoptera frugiperda* y 300 adultos de *Cosmopolites sordidus* durante los meses mayo a octubre de 2018.

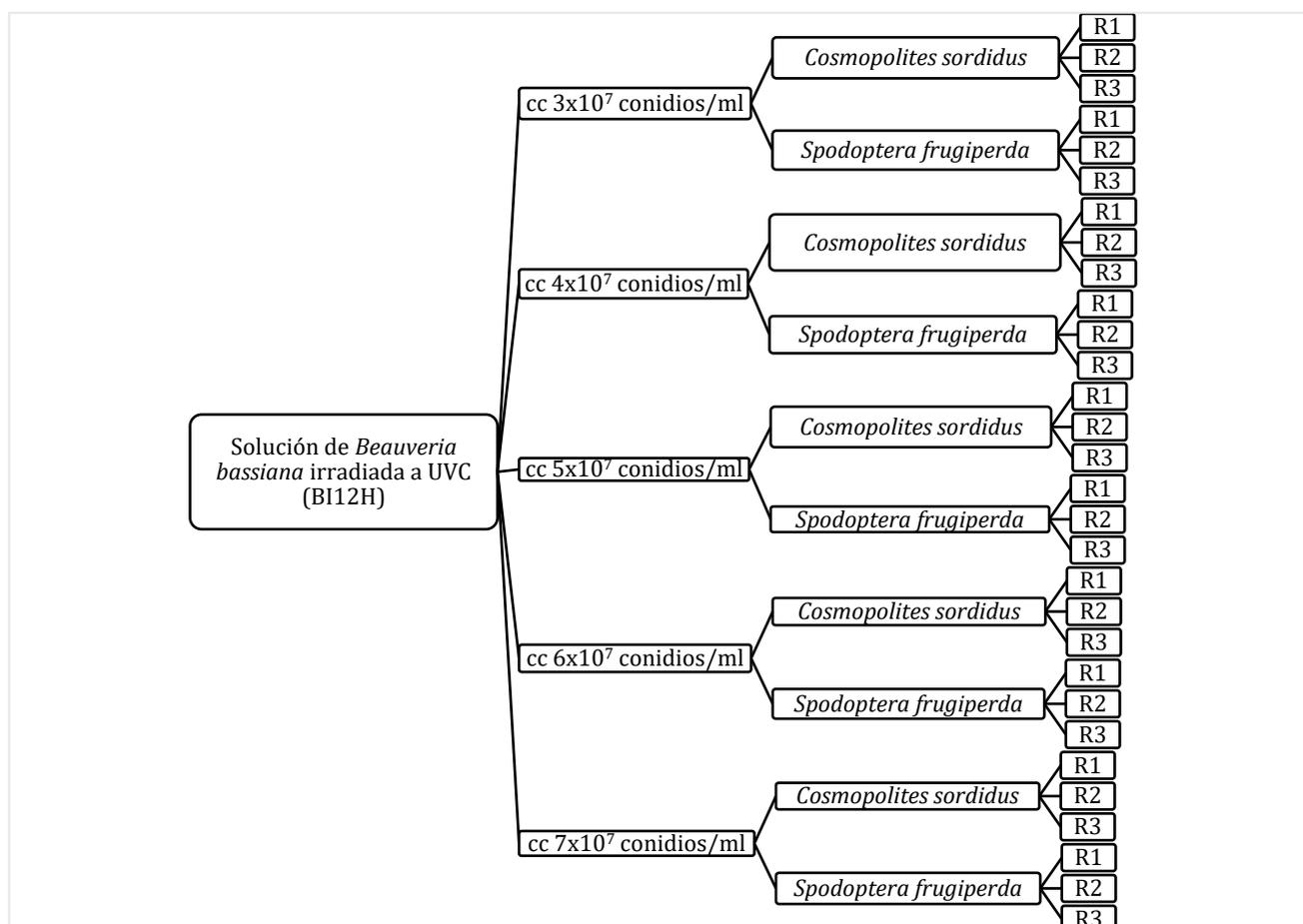


Figura 1. Diseño experimental para la efectividad del entomopatógeno *Beauveria bassiana* expuesta a radiación UV-C sobre adultos de *Cosmopolites sordidus* y larvas del III estadio de *Spodoptera frugiperda*

2.1. Irradiación de *Beauveria bassiana*

Se cultivaron cepas de *Beauveria bassiana* en tubos con medio Agar Sabouraud, luego se le agregó solución estéril de cloruro de sodio al 0,9% (p/v), agitándolo suavemente hasta que las esporas se desprendieran en la solución a una concentración de $1,5 \times 10^8$ esporas/ml de la Escala Mc Farland.

Se tomó 1 ml de este inóculo y se colocó en el centro de la Placa de Petri de 100 mm con medio agar Dextrosa Sabouraud, y se expuso la placa recién inoculada a la cámara de radiación ultravioleta (UV-C) durante un tiempo de 12 h. Se retiró la placa de Petri de la cámara de UV-C, y se incubó a 23 °C durante una semana. Después de los 4 días de incubación se observó la formación de colonias pequeñas de color blanco y aspecto algodonoso, la parte posterior presentaba una coloración amarilla. Luego se realizó una observación en fresco, usando azul de algodón para describir las características morfológicas de la cepa.

2.2. Preparación del inóculo

A los cultivos de *Beauveria bassiana* control y *Beauveria bassiana* 12 h UV-C (BI12H) de 15 días de incubación se les agregó una solución con solución estéril de cloruro de sodio al 0,9 % (p/v) y Tween 80 al 0,1 %, se agitaron vigorosamente los frascos para desprender las esporas y dejar reposar un día, luego se filtró en un matraz estéril. Se hizo el conteo de esporas utilizando una cámara de Newbauer, y se prepararon las concentraciones a experimentar: 3×10^7 , 4×10^7 , 5×10^7 , 6×10^7 , 7×10^7 conidios/ml.

2.3. Obtención y mantenimiento de plagas

Spodoptera frugiperda se recolectó las especies en campos de cultivo de maíz en la ciudad de Reque – Lambayeque - Perú, centro poblado de “Monte Grande”. Para su alimentación se utilizó hojas de higuera (*Ricinus communis*) hasta obtener el estadio de las larvas requeridas en el ensayo. *Cosmopolites sordidus* se recolectó las especies en campos de cultivo de banano en el distrito de Olmos Reque – Lambayeque - Perú, caserío “El Imperial”. Para su alimentación se utilizó troncos de bananos maduros (*Musa paradisiaca*) hasta la semana del enfrentamiento.

2.4. Enfrentamiento de *Beauveria bassiana* con insectos plaga

***Spodoptera frugiperda*:** Se prepararon 30 ml de inóculo en la concentración establecida; la experimentación consistió en tres repeticiones por concentración, agregando 1 ml de la concentración requerida por placa Petri con agar Sabouraud; por cada placa se colocó 1 larva del estadio III de *S. frugiperda*.

La evaluación se realizó cada 3 días durante 2 semanas, evaluando los efectos, determinando la CL_{50} de las larvas del estadio III de *Spodoptera frugiperda*.

***Cosmopolites sordidus*:** Para la experimentación, se preparó un total de 60 ml de inóculo en las concentraciones establecidas. Se realizaron tres repeticiones por concentración, agregando 5 ml de la concentración cada 3 días durante 2 semanas. En envases de plástico se colocaron 10 adultos de *C. sordidus*, junto con alimento simulando su actividad natural. La evaluación se realizó una vez por semana durante un mes, evaluando los efectos, determinando la CL_{50} en los adultos de *Cosmopolites sordidus*. La aplicación en ambos casos se hizo con un gotero estéril, los volúmenes fueron esparcidos en todo el medio, tratando de que se distribuya de manera homogénea.

2.5. Análisis estadístico

Los datos recolectados fueron organizados en una hoja de cálculo, se obtuvo las medidas de tendencia central y de dispersión por grupo experimental y se comparó con prueba de ANOVA factorial de 2 factores (Concentración, plagas muertas infectadas) con arreglo ($5 \times 2 \times 2 \times 10 \times 3$) donde cinco es el número de

concentraciones de la solución de *B. bassiana* (3×10^7 , 4×10^7 , 5×10^7 , 6×10^7 , 7×10^7 conidias/ml) con un nivel de significancia del 95% con el software Minitab, dos es el número de cepas utilizadas (no irradiada y BI12H), dos es el número de especies plagas trabajadas, 10 es la unidad muestral y tres es el número de repeticiones, lo que nos da un total de 600 unidades muestrales en Excel.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. *Cosmopolites sordidus*

Se evaluaron diferentes concentraciones de 3×10^7 , 4×10^7 , 5×10^7 , 6×10^7 y 7×10^7 conidios/ml mediante una prueba de regresión para determinar la concentración mínima efectiva en el control de adultos de la plaga *C. sordidus* para la cepa control. Los resultados mostraron que, la concentración mínima efectiva y con una alta actividad entomopatógena fue de 3×10^7 conidios/ml, lo que indicó una eficacia significativa en el control de la plaga. Para la cepa experimental BI12H, también se obtuvo una LD50 de 3×10^7 conidios/ml en la concentración menor, lo que demostró una actividad entomopatógena efectiva en el control de la plaga a la misma concentración mínima que la cepa control.

Los valores obtenidos demostraron que todos los individuos de *C. sordidus* en el estudio fueron infectados por el hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana*. Los promedios de mortalidad para *C. sordidus* para la cepa control de *B. bassiana*, se observó que en la menor concentración (3×10^7 conidios/ml) alcanzó un promedio de tres muertos infectados (MI) y para la concentración mayor (7×10^7 conidios/ml) llegó a un promedio de cuatro muertos infectados en la primera semana; aumentando en las siguientes tres semanas los promedios de muertos infectados, siendo para la menor concentración (3×10^7 conidios/ml) un promedio de siete MI y para la mayor concentración (7×10^7 conidios/ml) en un promedio alcanzado de nueve durante la cuarta semana, lo que nos indica que conforme aumenta el tiempo de exposición al entomopatógeno, asciende los promedios de muertos infectados (Tabla 1).

Tabla 1.

Determinación de la CL50 y DL90 de las cepas para C. sordidus

Cepa	Semana	Promedio MI	%
Sin irradiar	2	5	50
	4	9	90
Irradiada	1	4,7	50
	3	8,7	90

Leyenda: MI=Muestrados infectados

Se analizaron los promedios obtenidos en la que se describió la CL50 y CL90 para cada una de las cepas: Control y la irradiada (BI12H). Se observó en los adultos de *Cosmopolites sordidus* que la CL50 para la cepa control ocurrió durante la segunda semana de exposición a *B. bassiana*, mientras que para la cepa irradiada (BI12H) la CL50 se observó en la primera semana de exposición. La CL90 para la cepa control se evidenció en la cuarta semana, mientras que para la cepa irradiada ocurrió en la tercera semana. Demostrando así la efectividad de las cepas y una mejor actividad entomopatógena de la cepa experimental BI12H.

La concentración de la cepa BI12H de *B. bassiana* (3×10^7 conidios/ml) obtuvo un promedio de 3 MI en la primera semana y la concentración mayor (7×10^7 conidios/ml) obtuvo un promedio de 7 MI en la misma semana, incrementando en las siguientes tres semanas los promedios de muertos infectados, siendo en la última para la menor concentración (3×10^7 conidios/ml) un promedio de 7 MI y para la mayor concentración (7×10^7 conidios/ml) un promedio alcanzado de 10 MI, indicándonos que conforme va pasando las semanas de exposición al entomopatógeno, incrementa los promedios de muertos infectados. Observándose una mejor actividad en la cepa (BI12H) de *B. bassiana*, el promedio de adultos muertos infectados de *Cosmopolites sordidus* por la acción tóxica de *Beauveria bassiana* durante un periodo de 4

semanas obteniéndose en la última semana una mortalidad del 90% de los insectos para la concentración (7×10^7 conidias/ml). Se observa el promedio de adultos muertos infectados de *Cosmopolites sordidus* por la acción tóxica de *Beauveria bassiana* durante un periodo de 4 semanas observándose en ésta última una mortalidad del 100% de los insectos para la concentración (6×10^7), lo cual nos demuestra que los efectos de la irradiación UVC han incrementado el poder de toxicidad de la cepa (Tabla 2).

Tabla 2.

Promedios de mortalidad en cepas irradiadas y no irradiadas de Cosmopolites sordidus por acción de Beauveria bassiana

Cepa no irradiada				
Semana	Concentración	MI	MSI	Vivos
1	3	2,7	3,3	4
1	4	3,3	2,7	4
1	5	3,7	4,3	2
1	6	4,3	3,3	2,3
1	7	4,3	4,3	1,3
2	3	3,7	3	3,3
2	4	4	3,3	2,7
2	5	5	3,7	1,3
2	6	4,7	3,7	1,7
2	7	5,3	3,7	1
3	3	5	2,7	2,3
3	4	5,7	3	1,3
3	5	5,7	3,7	0,7
3	6	6,7	2,3	1
3	7	7	3	0
4	3	7	2	1
4	4	8,3	1,7	0
4	5	7	3	0
4	6	8,3	1,7	0
4	7	9	1	0
Cepa irradiada				
Semana	Concentración	MI	MSI	Vivos
1	3	3,3	3,3	3,3
1	4	4,7	2	3,3
1	5	5	3,3	1,7
1	6	5,7	3	1,3
1	7	6,7	2	1,3
2	3	4,7	3,3	2
2	4	5,7	2,3	2
2	5	6	3,3	0,7
2	6	6,7	3	0,3
2	7	7,3	2,7	0
3	3	5,3	4,7	0
3	4	6,3	3,3	0,3
3	5	7	3	0
3	6	7,7	2,3	0
3	7	8,7	1,3	0
4	3	7	3	0
4	4	8	2	0
4	5	8,3	1,7	0
4	6	9,7	0,3	0
4	7	10	0	0

Leyenda: MI= muertos infectados; MSI= muertos sin infectar

Se observó una mayor mortalidad en la cuarta semana y una diferencia en la tercera, mientras que en las primeras dos semanas no se observó una diferencia significativa de la actividad del entomopatógeno. Omukoko et al. (2017) en su estudio observaron mortalidades de entre 20-50% por 40 días después de la exposición. De tal manera, se pudo afirmar que a medida aumenta el tiempo de acción del entomopatógeno mayor es la mortalidad de la plaga *C. sordidus*.

En las cepas utilizadas se puede observar que la cepa irradiada BI12H tiene una mejor actividad entomopatógena que la cepa control, esto se debe quizás a que las cepas irradiadas aumentan su patogenicidad y virulencia, haciéndolas más efectivas para controlar insectos plaga.

La mortalidad de la plaga tratada, según las concentraciones empleadas, nos demuestra que, a medida que incrementan las concentraciones, la actividad entomopatógena de las cepas aumenta. Se observó que las concentraciones 4×10^7 y 5×10^7 de la cepa control no presentaron diferencia significativa, lo que nos indica que tienen una actividad entomopatógena similar. Del mismo modo, se pudo observar para las concentraciones 6×10^7 y 7×10^7 de la cepa control. Se demostró diferencias significativas en las concentraciones de la cepa BI12H con respecto a las mismas concentraciones de la cepa control, lo que nos indica que tienen una mayor actividad entomopatógena.

A medida que aumenta la concentración, incrementa el promedio de muertos infectados de las plagas *C. sordidus* para cada una de las cepas; evidenciándose mayor diferencia significativa entre las concentraciones de la cepa BI12H, la cual demostró mejor actividad entomopatógena.

3.2. *Spodoptera frugiperda*

Se determinó la concentración letal media para *Spodoptera frugiperda*, CL50 y CL90 para cada una de las cepas: sin irradiar y BI12H en la que se observó que la CL50 para la cepa control y cepa irradiada (BI12H) ocurrió en el día tres de evaluación de larvas del III estadio de *Spodoptera frugiperda*. La CL90 para la cepa control se evidenció en el día doce, mientras que para la cepa irradiada ocurrió en el día nueve de evaluación. Esto demuestra la efectividad de las cepas y una mejor actividad entomopatógena de la cepa experimental BI12H.

Se realizaron pruebas utilizando diferentes concentraciones de 3×10^7 , 4×10^7 , 5×10^7 , 6×10^7 y 7×10^7 conidios/ml, a fin de determinar la concentración mínima efectiva en el control de adultos de la plaga *C. sordidus* para la cepa control, mediante una prueba de regresión. Los resultados demostraron que, la concentración mínima efectiva y con una alta actividad entomopatógena fue de 3×10^7 conidios/ml, lo que indicó una eficacia significativa en el control de la plaga. Para la cepa experimental BI12H, también se obtuvo una LD50 de 3×10^7 conidios/ml en la concentración menor, lo que demuestra una actividad entomopatógena efectiva en el control de la plaga con la misma concentración mínima que la cepa control (Tabla 3).

Tabla 3.

Determinación de la CL50 y DL90 de las cepas para S. frugiperda

Cepa	Semana	Promedio MI	%
Sin irradiar	3	5	50
	12	9	90
Irradiada	3	5	50
	9	9,3	90
	12	9,6	100

Leyenda: MI=Muestras infectadas

Los valores obtenidos demostraron que, todos los individuos de *S. frugiperda* en este estudio fueron infectados por el hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana*, encontrándose algunas diferencias en la acción de las cepas, debido a que fueron enfrentados a diferentes concentraciones de la solución.

Se obtuvieron los promedios de mortalidad para *S. frugiperda*, de tal modo que para la cepa no irradiada de *B. bassiana*, se observó que en la menor concentración (3×10^7 conidias/ml) alcanzó un promedio de 3 muertos infectados (MI) y para la concentración mayor (7×10^7 conidias/ml) llegó a un promedio de 6 muertos infectados en el día 3; aumentando en los siguientes 6, 9 y 12 días los promedios de muertos infectados, siendo para la menor concentración (3×10^7 conidias/ml) un promedio de 6 MI y para la mayor concentración (7×10^7 conidias/ml) en un promedio alcanzado de 9 durante el día 12, lo que nos indica que conforme va aumentando los días de exposición al entomopatógeno, asciende los promedios de muertos infectados.

La cepa (BI12H) de *B. bassiana*, la menor concentración (3×10^7 conidias/ml) obtuvo un promedio de 3 MI en el día 3 y la concentración mayor (7×10^7 conidias/ml) obtuvo un promedio de 6 MI en el mismo día, incrementando en los siguientes 6, 9 y 12 días los promedios de muertos infectados, siendo en el último día para la menor concentración (3×10^7 conidias/ml) un promedio de 7 MI y para la mayor concentración (7×10^7 conidias/ml) un promedio alcanzado de 10 MI, indicándonos que conforme va pasando las semanas de exposición al entomopatógeno, incrementa los promedios de muertos infectados.

Se observó una similitud en la mortalidad de las plagas trabajadas al comparar la actividad inicial de ambas cepas, sin embargo, en los resultados posteriores de los días evaluados, se notó una mayor eficacia en la cepa BI12H de *B. bassiana*. Se observa el promedio de *larvas del III estadio* muertos infectados de *S. frugiperda* por la acción tóxica de *Beauveria bassiana* durante un periodo de 4 días observándose en el día 12 una mortalidad del 90 % de los insectos para la concentración (7×10^7 conidias/ml). Se observa el promedio de *larvas del III estadio* que han muerto infectados de *S. frugiperda* por la acción entomopatógena de *Beauveria bassiana* durante un periodo de 4 días observándose en ésta última una mortalidad del 100% de los insectos para la concentración (6×10^7), lo cual nos demuestra que los efectos de la irradiación UVC han incrementado el poder de toxicidad de la cepa. Ver tabla 4.

La mortalidad de la plaga tratada es mayor en el día 12 y existe diferencia con el día 9, mientras que en los días 3 y 6 no se observó una diferencia significativa de la actividad del entomopatógeno. De tal manera se pudo afirmar que a medida aumenta el tiempo de acción del entomopatógeno mayor es la mortalidad de la plaga *S. frugiperda*. Se puede observar que la cepa irradiada tiene una mejor actividad entomopatógena que la cepa no irradiada.

Tabla 4.

Promedios de mortalidad de larvas del III estadio de S. frugiperda frente a Beauveria bassiana

Cepa no irradiada				
Días	Concentración	MI	MSI	Vivos
3	3	2,7	2,3	5
3	4	3,3	2	4,7
3	5	4	3,3	2,7
3	6	5	2,7	2,3
3	7	5,7	2,3	2
6	3	3,7	2,7	3,7
6	4	3,7	2,7	3,7
6	5	5,3	2,3	2,3
6	6	6,3	2	1,7
6	7	6,7	1,7	1,7
9	3	4,7	2	3,3
9	4	5,3	2	2,7
9	5	6,7	1,7	1,7

9	6	7,7	1,3	1
9	7	7,7	2	0,3
12	3	5,7	2	2,3
12	4	6,7	1,7	1,7
12	5	7,3	2	0,7
12	6	8	1,7	0,3
12	7	9	1	0

Cepa irradiada

Días	Concentración	MI	MSI	Vivos
3	3	3,3	4	2,7
3	4	4,3	3	2,7
3	5	4,3	4,3	1,3
3	6	5	3,3	1,7
3	7	5,7	2,7	1,7
6	3	4,3	4	1,7
6	4	5	3	2
6	5	5,3	4	0,7
6	6	6,3	3,7	0
6	7	6,7	3,3	0
9	3	5,7	3,3	1
9	4	5,7	4	0,3
9	5	7,3	2,7	0
9	6	8,3	1,7	0
9	7	9,3	0,7	0
12	3	6,7	3,3	0
12	4	7,7	2,3	0
12	5	8,7	1,3	0
12	6	9,7	0,3	0
12	7	10	0	0

Leyenda: MI=Muertos infectados; MSI= muertos sin infectar

La mortalidad de la plaga estudiada según las concentraciones empleadas presentó una diferencia significativa que nos demostraron que a medida incrementan las concentraciones, la actividad entomopatógena de las cepas aumenta.

Los promedios de mortalidad de la plaga estudiada según la cepa y concentración empleadas demostraron estadísticamente que para cada cepa utilizada control y BI12H existió diferencias significativas con respecto al tiempo en días empleado en el presente trabajo, lo cual nos permitió reafirmar una regla directamente proporcional donde al aumentar el tiempo de acción de las cepas entomopatógenas, incrementó el promedio de muertos infectados para la plaga *Spodoptera frugiperda*.

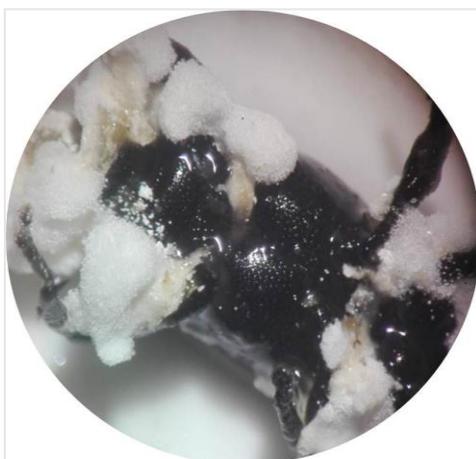


Figura 2. *Cosmopolites sordidus* infectados con diferentes concentraciones de la cepa *B. bassiana* 12H

Los resultados obtenidos en el presente trabajo nos indican que, ambas cepas de *B. bassiana* tuvieron efecto nocivo sobre el picudo negro de banano y el cogollero del maíz, dicha actividad entomopatogena se debe a la capacidad del hongo de colonizar y penetrar a través de los tejidos formando hifas que se ramifican en la superficie de la quitina penetrando luego hacia el interior de los tejidos musculares, cuerpos grasos, hemocitos produciendo sustancias tóxicas que constituyen el principal factor de virulencia que ocasiona la muerte de las plagas en estudio (Dhawan & Joshi, 2017; Mascarín & Jaronski, 2016; Ortiz-Urquiza & Keyhani, 2016; Wei et al., 2017).

Investigadores como Valdés-Gutiérrez et al. (2011) demostraron que, cepas de *Beauveria bassiana* irradiadas con UV causaban elevada mortalidad sobre la plaga de la Broca del café (68%) y del (95%) bajo condiciones de laboratorio. Dicha toxicidad ocasionada por la cepa *B. bassiana* se asocia con la producción de toxinas peptídicas como Beauvericin la conocida como Basonólido que presenta una fuerte acción insecticida (Mallebrera et al., 2018). En este estudio se trabajaron cinco concentraciones que van desde 3×10^7 a 7×10^7 conidias/ml para cada una de las cepas, siendo la concentración de 5×10^7 de la cepa control que mató al 50 % de individuos de *C. sordidus* en la segunda semana de evaluación (CL₅₀) y la concentración de 7×10^7 que mató al 90% (CL₉₀) en la cuarta semana de haber infectado al insecto. Para la cepa (BI12H) la CL50 se observó en la concentración de 4×10^7 en el lapso de una semana y la CL90 estuvo en la concentración de 7×10^7 en un tiempo de 3 semanas.

Nuestros resultados coinciden con los de Bastidas et al. (2009), quienes determinaron que concentraciones de 10^4 a 10^8 conidias/ml presentaron una mortalidad del 97 y 98% sobre la Broca en un tiempo de 4,4 y 4,7 días. Carballo V et al. (2001) demostraron que, la virulencia de *B. bassiana* a una concentración de 1×10^9 conidias/ml con una mortandad del 72,5 al 100% sobre el picudo negro, así mismo menciona que la cepa A-4 a una concentración de 4×10^9 conidias/ml dieron una mortandad del 97.5% a los 21 días después de inoculado los insectos.

La concentración letal 50 para la cepa control sobre *S. frugiperda* estuvo en 6×10^7 conidias/ml observado en un tiempo de 3 días y de la CL90 fue a una concentración de 7×10^7 conidias/ml en un tiempo de 12 días de exposición. Para la cepa de (BI12H) fue de 6×10^7 conidias/ml al tercer día después de la exposición y la CL90 fue de 7×10^7 conidias/ml fue en un tiempo de nueve días después de la exposición. Nuestros resultados no concuerdan con los de Aliaga Fuentes & Cruz Gutiérrez (2009) quienes determinaron la CL50 en 1.90×10^{24} conidias/gr. y el valor del CL90 fue del 2.30×10^{31} conidias/gr. frente al estadio I de *S. frugiperda*; para el estadio II el valor del CL50 fue de 7.9×10^{24} conidias/gr el valor del CL90 fue de 9.10×10^{31} conidias/gr sin embargo para el estadio III no encontró letalidad con *B. bassiana*.

Al evaluar las variables en estudio a través del análisis de varianza observamos que existen diferencias significativas entre el tiempo de exposición, el tipo de cepa y las concentraciones empleadas tanto para *C. sordidus* como para *S. frugiperda*. La diferencia observada en el tiempo de exposición entre ambas plagas se debe a la estructura misma del insecto ya que *C. sordidus* se trabajó con individuos adultos cuya estructura corporal está básicamente por quitina, mientras que las larvas de *S. frugiperda* presenta un tejido blando que favorece una mayor colonización del hongo en menor tiempo (Wang & Wang, 2017) éstos resultados se corroboran con la prueba de significancia de TUKEY en donde el tiempo promedio de infección se aprecia entre el tercera y cuarta semana para *C. sordidus* mientras que para *S. frugiperda* estuvo entre 9 a 12 días.

Los cultivos irradiados tuvieron una mayor velocidad de crecimiento que la cepa control, asimismo se observó una variación a nivel del diámetro de las hifas y del tamaño de microconidias observadas microscópicamente en comparación con la cepa control. La prueba de significancia de Tukey se corrobora que ambas cepas presentan un comportamiento distinto frente a la actividad entomopatogena de *C. sordidus* y *S. frugiperda*.

En cuanto a las concentraciones empleadas para ambas cepas se observó que existen diferencias significativas, lo que se evidencia en la prueba de significancia de Tukey a medida que se incrementa las concentraciones aumenta la mortandad de *C. sordidus* y *S. frugiperda*, siendo la concentración de 7×10^7 la que logra una mortalidad del 100 %.

En cuanto a la concentración mínima efectiva fue de 2.2686 (cepa no irradiada) y de 2.0568 (cepa BI12H) de la plaga *Cosmopolites sordidus* y la concentración mínima para la plaga *Spodoptera frugiperda* fue de 3.3593 y 2.3753 cepa control y cepa BI12H respectivamente, lo cual nos permite demostrar que ambas cepas tienen un alto grado de efectividad en comparación con los trabajos realizados por Aliaga Fuentes & Cruz Gutiérrez (2009) quienes reportaron concentraciones por encima de 10^{24} debido a que usó productos comerciales.

La tasa de mortalidad (CL50) y (CL90) que representa el 50 y 90% para la plaga *Cosmopolites sordidus* estuvo entre las concentraciones 5×10^7 a 7×10^7 conidias/ml para la cepa control, en tanto que para la cepa irradiada BI12H estuvo entre 4×10^7 a 7×10^7 conidias/ml. Para la plaga *Spodoptera frugiperda* estuvo entre las concentraciones de 6×10^7 a 7×10^7 conidias/ml para ambas cepas. La concentración que tuvo mejor actividad entomopatogena fue la de 7×10^7 para ambas cepas en las dos plagas, adultos de *Cosmopolites sordidus* y *Spodoptera frugiperda* y la concentración mínima efectiva fue de 2.2686 (cepa control) y de 2.0568 (cepa BI12H) de la plaga *Cosmopolites sordidus* y para la plaga *Spodoptera frugiperda* fue de 3.3593 y 2.3753 cepa control y cepa BI12H respectivamente.

Se recomienda aplicar el presente trabajo con vectores patógenos que afectan al humano y/o animales. Continuar la investigación aplicando concentraciones de *Beauveria bassiana* en campo. Realizar trabajos experimentales tanto en laboratorio como en campo con otras plagas de importancia para nuestra región Lambayeque. Efectuar otros estudios que permitan demostrar la variabilidad genética de la cepa irradiada con luz UV-C. Trabajar a diferentes distancias del foco de luz, irradiaciones de luz UV-C sobre *Beauveria bassiana*.

CONCLUSIONES

La cepa irradiada (BI12H) tiene un mayor efecto entomopatogeno frente a las plagas, adultos del picudo negro del banano y larvas del III estadio del cogollero que la cepa Nativa. La concentración que tuvo mejor actividad entomopatogena fue la de 7×10^7 para ambas cepas en las dos plagas, adultos de *Cosmopolites sordidus* y *Spodoptera frugiperda*.

FINANCIAMIENTO

Ninguno.

CONFLICTO DE INTERESES

No existe ningún tipo de conflicto de interés relacionado con la materia del trabajo.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización: Paico-Marín, S. R., Fernández-Gaitán, C. E. y Iglesias-Osores, S.

Curación de datos: Fernández-Gaitán, C. E. y Iglesias-Osores, S.

Análisis formal: Paico-Marín, S. R. y Fernández-Gaitán, C. E.

Investigación: Paico-Marín, S. R., Fernández-Gaitán, C. E. y Iglesias-Osores, S.

Metodología: Paico-Marín, S. R., Fernández-Gaitán, C. E. y Iglesias-Osores, S.

Supervisión: Iglesias-Osores, S.

Validación: Paico-Marín, S. R., Fernández-Gaitán, C. E.

Redacción - borrador original: Paico-Marín, S. R., y Iglesias-Osores, S.

Redacción - revisión y edición: Paico-Marín, S. R., Fernández-Gaitán, C. E. y Iglesias-Osores, S.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abagale, S. A., Woodcock, C. M., Chamberlain, K., Osafo-Acquaah, S., van Emden, H., Birkett, M. A., Pickett, J. A., & Braimah, H. (2019). Attractiveness of host banana leaf materials to the banana weevil, *Cosmopolites sordidus* in Ghana for development of field management strategies. *Pest Management Science*, 75(2), 549–555. <https://doi.org/10.1002/ps.5182>
- Al-Ubaidy, H. K. S. (2023). Effect of ultraviolet irradiations on growth and development entomopathogenic fungi *metarhizium anisopliae* to control potato tuber moth. *AIP Conference Proceedings*, 2475(1), 20008. <https://doi.org/10.1063/5.0103391>
- Alba-Alejandre, I., Alba-Tercedor, J., & Vega, F. E. (2018). Observing the devastating coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*) inside the coffee berry using micro-computed tomography. *Scientific Reports*, 8(1), 17033. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-35324-4>
- Aliaga Fuentes, J. C., & Cruz Gutiérrez, J. S. (2009). *Determinación de las CL50 y CL90 del hongo Beauveria bassiana CBLE-265 para el control de las plagas Spodoptera frugiperda y Aphis craccivora*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/1637>
- Bastidas, A., Velásquez Salamanca, E., Marín Marín, P., Benavides Machado, P., Bustillo Pardey, A. E., & Orozco C, F. J. (2009). Evaluación de pre formulados de *Beauveria bassiana* (Bálsamo) vuillemin, para el control de la broca del café. *Agronomía*, 17(1).
- Carballo V, M., Rodríguez, L., & Duran, J. (2001). Evaluación de *Beauveria bassiana* para el control del picudo del chile en laboratorio. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)*, 62. <https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/6257/A2114e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Dassou, A. G., Carval, D., Dépigny, S., Fansi, G., & Tixier, P. (2016). Dataset on the abundance of ants and *Cosmopolites sordidus* damage in plantain fields with intercropped plants. *Data in Brief*, 9, 17–23. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2016.08.027>
- Dhaliwal, G., Jindal, V., & Dhawan, A. (2010). Insect pest problems and crop losses: changing trends. *Indian Journal of Ecology*, 37(1), 1–7. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20113091848>
- Dhawan, M., & Joshi, N. (2017). Enzymatic comparison and mortality of *Beauveria bassiana* against cabbage caterpillar *Pieris brassicae* LINN. *Brazilian Journal of Microbiology*, 48(3), 522–529. <https://doi.org/10.1016/j.bjm.2016.08.004>
- Fotso Kuate, A., Hanna, R., Doumtsop Fotio, A. R. P., Abang, A. F., Nanga, S. N., Ngatat, S., Tindo, M., Masso, C., Ndemah, R., Suh, C., & Fiaboe, K. K. M. (2019). *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae) in Cameroon: Case study on its distribution, damage, pesticide use, genetic differentiation and host plants. *PLOS ONE*, 14(4), e0215749. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0215749>
- Gutiérrez-Cárdenas, O. G., Cortez-Madrugal, H., Malo, E. A., Gómez-Ruíz, J., & Nord, R. (2019). Physiological and pathogenical characterization of *beauveria bassiana* and *metarhizium anisopliae* isolates for management of adult *spodoptera frugiperda*. *Southwestern Entomologist*, 44(2), 409–421. <https://doi.org/10.3958/059.044.0206>
- Iglesias-Osores, S., & Alcántara-Mimbela, M. (2020). Epidemiología de la roya amarilla del trigo (*Puccinia striiformis* f. sp. tritici). *Manglar*, 17(3), 279–280. <https://erp.untumbes.edu.pe/revistas/index.php/manglar/article/view/188>
- Kaur, G., & Padmaja, V. (2009). Relationships among activities of extracellular enzyme production and

- virulence against *Helicoverpa armigera* in *Beauveria bassiana*. *Journal of Basic Microbiology*, 49(3), 264–274. <https://doi.org/10.1002/jobm.200800156>
- Litsinger, J. A. (2019). A Farming Systems Approach to Insect Pest Management for Upland and Lowland Rice Farmers in Tropical Asia. In *Crop Protection Strategies for Subsistence Farmers* (pp. 45–101). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780429040894-3>
- Mallebrera, B., Prosperini, A., Font, G., & Ruiz, M. J. (2018). In vitro mechanisms of Beauvericin toxicity: A review. *Food and Chemical Toxicology*, 111, (537–545). <https://doi.org/10.1016/j.fct.2017.11.019>
- Mascarin, G. M., & Jaronski, S. T. (2016). The production and uses of *Beauveria bassiana* as a microbial insecticide. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 32(11), 177. <https://doi.org/10.1007/s11274-016-2131-3>
- Omukoko, C., Maniania, K., Wesonga, J., Kahangi, E., & Wamocho, L. (2017). Pathogenicity of isolates of *Beauveria bassiana* to the banana weevil *Cosmopolites sordidus*. *Journal of Agriculture, Science and Technology*, 13(2). <http://journals.jkuat.ac.ke/index.php/jagst/article/view/597>
- Ortiz-Urquiza, A., & Keyhani, N. O. (2016). Molecular Genetics of *Beauveria bassiana* Infection of Insects. *Advances in Genetics*, 94, 165–249. <https://doi.org/10.1016/bs.adgen.2015.11.003>
- Roy, H. E., & Pell, J. K. (2000). Interactions between entomopathogenic fungi and other natural enemies: Implications for biological control. *Biocontrol Science and Technology*, 10(6), 737–752. <https://doi.org/10.1080/09583150020011708>
- Smith, R. F., & Calvert, D. J. (2019). Insect Pest Losses and the Dimensions of the World Food Problem. *World Food, Pest Losses, and the Environment*, (17–38). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780429268076-2>
- Spurgeon, D. W., & Cooper, W. R. (2012). Disinfestation of *beauveria bassiana* from adult *lygus hesperus* 1 using ultraviolet-c radiation. *Southwestern Entomologist*, 37(4), 449–457. <https://doi.org/10.3958/059.037.0402>
- Svobodova, Z., Burkness, E. C., Skokova Habustova, O., & Hutchison, W. D. (2017). Predator Preference for Bt-Fed *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) Prey: Implications for Insect Resistance Management in Bt Maize Seed Blends. *Journal of Economic Entomology*, 110(3), 1317–1325. <https://doi.org/10.1093/jee/tox098>
- Valdés-Gutiérrez, S. P., Escobar-López, L. M., Córdoba-Castro, L. A., & Góngora-Botero, C. E. (2011). Efecto de la luz ultravioleta sobre *Beauveria bassiana* y su virulencia a la broca. *Cenicafé*, 62(2), 58–68. <https://www.cenicafe.org/es/documents/4.pdf>
- Van Emden, H. F. (2004). *Pest and vector control*. Cambridge University Press.
- Wang, C., & Wang, S. (2017). Insect Pathogenic Fungi: Genomics, Molecular Interactions, and Genetic Improvements. *Annual Review of Entomology*, 62(1), 73–90. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-031616-035509>
- Wei, G., Lai, Y., Wang, G., Chen, H., Li, F., & Wang, S. (2017). Insect pathogenic fungus interacts with the gut microbiota to accelerate mosquito mortality. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 114(23), 5994–5999. <https://doi.org/10.1073/pnas.1703546114>
- Zimmermann, G. (2007). Review on safety of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Beauveria brongniartii*. *Biocontrol Science and Technology*, 17(6), 553–596. <https://doi.org/10.1080/09583150701309006>