



EFECTO DE *Bacillus subtilis* COHN. EN EL CONTROL DE ENFERMEDADES FUNGOSAS FOLIARES EN EL CULTIVO DE FRÉJOL (*Phaseolus vulgaris* L.), VARIEDAD INIAP 484 CENTENARIO, IBARRA, IMBABURA

Ana YANDÚN¹, Ima SÁNCHEZ¹, Lucía VÁSQUEZ¹, Jefferson ANDRADE¹.

Universidad Técnica del Norte

ajyandunm@utn.edu.ec

RESUMEN

La realización de un manejo integrado de enfermedades adecuado nos lleva a buscar nuevas alternativas, como el uso del control biológico. La investigación tuvo como finalidad evaluar el efecto de *Bacillus subtilis* Cohn. en el control de enfermedades fungosas foliares en el cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.). El estudio se llevó a cabo en la parroquia San Francisco, sector El Tejar (Ibarra), con un área total de 376 m². Se estableció un Diseño de Bloques Completos al Azar en franjas (DBCA), con 15 unidades experimentales y con cinco tratamientos: Dosis 1 (10 g/l), Dosis 2 (8 g/l), Dosis 3 (6 g/l), TC (testigo convencional) y TA (Testigo absoluto). Se evaluaron seis variables agronómicas relacionadas con: crecimiento de la planta, días a la floración, número de vainas por plantas, número de granos por vaina, peso en 100 granos tiernos, rendimiento y siete variables fitosanitarias: incidencia y severidad de *Phoma exigua* Sacc, Incidencia y severidad de *Colletotrichum lindemuthianum* Sacc. & Magnus, Incidencia y severidad de *Uromyces appendiculatus* Link. La dosificación que presentó mejores resultados fue la Dosis 3 con un rendimiento de 307.82 kg, la misma que refleja ser económicamente rentable con un 1.69 USD. Además, se observó disminución de incidencia con la Dosis 1 la cual presentó 49.87% en comparación al TA que presentó 68.60%. lo mismo pasa con la severidad en donde se observó que el TA presentó los valores de severidad más altos que se diferencian de los tratamientos hasta en un 5.59%.

Palabras clave: Manejo integrado, *Phoma exigua*, *Bacillus subtilis*, testigo convencional, fungosas, fitopatógenos.

ABSTRACT

The realization of an adequate integrated management of diseases leads us to look for new alternatives, such as the use of biological control. The research aimed to evaluate the effect of *Bacillus subtilis* Cohn. on the control of foliar fungal diseases in the cultivation of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) The study was carried out in the parish of San Francisco, El Tejar sector (Ibarra), with a total area of 376 m². A Random Complete Block Design in stripes (DBCA) was established, with 15 experimental units and with five treatments: Dose 1 (10 g/l), Dose 2 (8 g/l), Dose 3 (6 g/l), CT (conventional control) and TA (Absolute control). Six agronomic variables related to: plant growth, days to flowering, number of pods per plant, number of grains per pod, weight in 100 seeds, yield and seven phytosanitary variables were evaluated: incidence and severity of *Phoma exigua* Sacc, Incidence and severity of *Colletotrichum lindemuthianum* Sacc. & Magnus, Incidence and severity of *Uromyces appendiculatus* Link. The dosage that presented the best results was Dose 3 with a yield of 307.82 kg, which reflects being economically profitable with a 1.69 USD. In addition, a decrease in incidence was observed with Dose 1 which presented 49.87% compared to the TA which presented 68.60%. the same happens with the severity where it was observed that the AT presented the highest severity values that differ from the treatments by up to 5.59%.

.....

KEYWORDS: *Phoma Exigua*, *Bacillus Subtilis*, Conventional Witness, Fungosas, Phytopathogens.



1. INTRODUCCIÓN

En Ecuador existe producción de dos tipos de fréjol común: los arbustivos y los volubles (Pucuji, 2016). Los primeros, son cultivados por lo general en los valles de la Sierra, mientras que los segundos usualmente los encontramos de forma asociada con maíz en la sierra ecuatoriana (Basantes, 2015). Este es un cultivo muy importante para la soberanía alimentaria del país, en la Provincia de Imbabura encontramos 757 hectáreas (Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua [ESPAC], 2020), la producción de estas es sacada al mercado por parte de los agricultores considerándose así una fuente importante de ingresos (Cabascango, 2015).

En la provincia de Imbabura, el principal problema en el cultivo de fréjol son las enfermedades causadas por hongos y bacterias entre las más perjudiciales están la mancha anillada (*Phoma exigua* Sacc), roya (*Uromyces appendiculatus* Link.) y antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum* Sacc. & Magnus.), enfermedades que, según el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP, 2005) pueden llegar a causar hasta un 30 a 40% de pérdidas. Es por eso que se plantean métodos de control en los cuales se recomiendan utilizar semillas puras, libres de patógenos y que tengan resistencia genética. Además, proponen aplicaciones de fungicidas cuyos ingredientes activos son Benomil 250 g/ha o Clorotalonil 700 – 1000 cc/ha (Peralta et al., 2013).

Otra alternativa para el manejo de enfermedades es el control biológico, Castellanos et al. (2008), mencionan que el mismo, de una manera u otra reduce la cantidad de inóculo de los patógenos o su actividad productora de la enfermedad. De este modo, en la actualidad el uso de estas técnicas ayuda a disminuir la afección causada por hongos fitopatógenos es calificado como un componente de manejo integrado de enfermedades, ya que no solo ayuda a combatir la presencia de microorganismos dañinos, sino que también es amigable con el ambiente (Murquidó et al., 2002). El interés por adoptar este método en los cultivos va creciendo cuando se ve el aumento significativo de nuevas afecciones y la disminución o restricción del uso de plaguicidas (Hidalgo, 2014).

Es por eso por lo que se realiza este estudio con el fin de buscar nuevas alternativas para combatir hongos fitopatógenos, considerando que en la actualidad se ha moderado el uso de productos químicos que atenta contra la salud de los productores y los consumidores. Además, se busca también reducir los índices de pérdidas económicas en el sector agrícola, brindando nuevas alternativas para cultivos más sanos y tener la capacidad de sacar productos de calidad al mercado. Weller y Thomashow (2016).

En la provincia de Imbabura, en el cultivo de fréjol se encuentra un alto porcentaje de pérdidas económicas que oscilan entre el 50% a 60%. Además, Pucuji (2016) menciona que por la presencia de varios hongos como *Phoma exigua* Sacc, *Uromyces appendiculatus* Link, *Colletotrichum lindemuthianum* Sacc. & Magnus y *Fusarium solani* Mart. Se registran muchas pérdidas, es por eso que se aplicará *B. subtilis* Cohn, en el cultivo, pues en la actualidad no se han desarrollado estudios de este biocontrolador aplicando al cultivo de fréjol anteriormente.

De este modo, se ha evidenciado que *B. subtilis* Cohn tiene la capacidad de reprimir la presencia de hongos fitopatógenos en varios cultivos como son cacao, caña de azúcar, semillas de calabaza entre otros, y de esta manera combatir enfermedades de una forma más saludable, es así como se intenta reducir los daños causados por fitopatógenos (Cuervo et al., 2016). Ya que se probará la efectividad de una nueva tecnología que fácilmente puede ser adaptada por productores en los cultivos de fréjol, al mismo tiempo, este método de control es seguro, porque no tiene sustancias nocivas para el ser humano, no causa resistencia en el cultivo y su costo es bajo y promover las buenas prácticas agrícolas (García, 2006).

2. METODOLOGÍA O DESARROLLO

Caracterización del área de estudio

La presente investigación se realizó en la provincia de Imbabura en el cantón de Ibarra, parroquia San Francisco, sector El Tejar. Con una altitud de 2220 m s.n.m. con una precipitación anual de 623 mm y una temperatura media anual de 16.3° C.

Diseño experimental

Se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar en franjas (DBCA). Se recurrió a implantar una barrera viva utilizando la semilla de avena (*Avena sativa* L.) para delimitar el testigo de los tratamientos. Se estableció 15 unidades experimentales. Para el análisis estadístico se empleó el software InfoStat-Statistical, en el cual se realizó un análisis de varianza (ADEVA).

Factor en estudio

Los factores en estudio se detallan a continuación:

- D1: Dosis 1 de *Bacillus subtilis* Cohn
- D2: Dosis 2 de *Bacillus subtilis* Cohn
- D3: Dosis 3 de *Bacillus subtilis* Cohn
- TA: Testigo absoluto
- TC: Testigo convencional

Manejo específico del experimento

La siembra se realizó en surcos, con una densidad de siembra de 60 cm entre surco y 25 cm entre planta, ubicando dos semillas por punto, para lo cual se implementaron 15 unidades experimentales con una dimensión de 12.15 m² por cama.

Tratamientos

En campo se desarrolló el experimento utilizando tres dosis de *B. subtilis* Cohn y se utilizó un testigo absoluto, en el cual no se aplicó ninguna dosis y testigo convencional en el cual se aplicó un fungicida comercial.

Tabla 1

Descripción de dosis aplicada en el estudio.

Cod	Aplicaciones	Dosis lt/ha	C bacteriana ufc/gr
D1	Dosis <i>B subtilis</i>	10	1.368x10 ¹¹
D2	Dosis <i>B subtilis</i>	8	1.094x10 ¹¹
D3	Dosis <i>B subtilis</i>	6	8.21x10 ¹⁰
TA	Testigo absoluto	0	0
TC	Testigo convencional	0	C. químico

Nota. Las dosis están en función de la carga bacteriana del producto *Serenade ASO*[®], *Bacillus subtilis* Cohn 1.368% (cepa QST 713), que es de 1x10⁹ ufc/g.

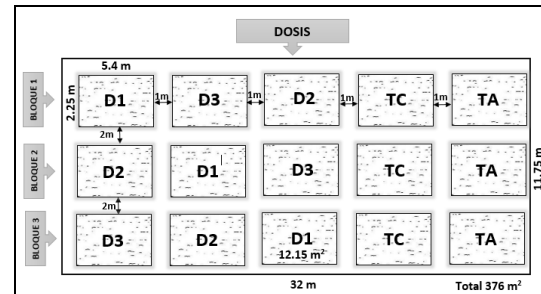
Diseño experimental

Se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar en franjas (DBCA). Se recurrió a implantar una

barrera viva utilizando la semilla de avena (*Avena sativa* L.) para delimitar el testigo de los tratamientos. Se estableció 15 unidades experimentales.

Figura 1

Diseño en Bloques Completos al Azar en Franjas



3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se evaluaron seis variables agronómicas las mismas que son: crecimiento, días a la floración, número de vainas por plantas, número de granos por vaina, peso en 100 semillas, rendimiento y siete variables fitosanitarias las cuales son incidencia de *Phoma exigua* Sacc, severidad de *Phoma exigua* Sacc, Incidencia de *Colletotrichum lindemuthianum* Sacc. & Magnus, Severidad de *Colletotrichum lindemuthianum* Sacc. & Magnus, Incidencia de *Uromyces appendiculatus* Link, Severidad de *Uromyces appendiculatus* Link y análisis costo beneficio. A continuación se plantean los resultados obtenidos del estudio en respuesta a los objetivos que se plantearon.

3.1. Variables agronómicas

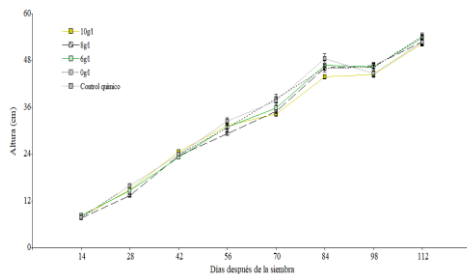
3.1.1. Crecimiento de la planta (cm)

En la figura 2, se muestra la variable crecimiento de la planta la cuál tuvo ocho lecturas durante todo el ciclo fenológico. En las ocho lecturas recopiladas para la presente variable no existe supremacía de ningún tratamiento evaluado. Es así que en el dds 14 el tratamiento 6 g/l presentó mayor altura de la planta con una media de 8.30 cm, en tanto que para el dds 28 el testigo convencional mostró mejor desarrollo con una media de 15.93 cm, así mismo en el dds 42 el tratamiento 10 g/l es el que presentó mayor crecimiento con una media de 24.58 cm, en el día 70 el testigo absoluto presentó mayor crecimiento con una media de 38.20 cm. Entonces se puede inferir que el uso de *Bacillus subtilis* Cohn no tiene incidencia directa sobre el desarrollo de la planta, la

interacción entre dds y tratamientos está dada por la dinámica del desarrollo fenológico.

Figura 2

Análisis de medias para crecimiento de la planta



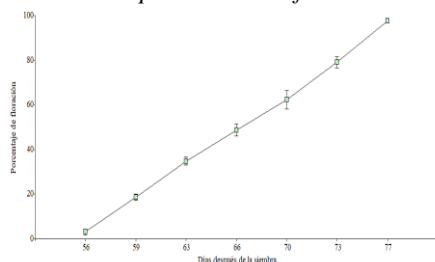
Al respecto Tejera et al. (2011) mencionan que el mecanismo de acción de *Bacillus subtilis* Cohn tiene efecto directo o indirecto para la promoción del crecimiento vegetal, uno de los efectos directos es que posee la capacidad de fijar el nitrógeno, producir hormonas reguladoras de crecimiento vegetal (auxinas, citoquininas y giberelinas), por otra parte el efecto indirecto en el crecimiento vegetal está asociado con la producción de sustancias que ayudan a la generación de resistencia del cultivo.

3.1.2. Días a la floración

En la figura 3, se muestra el porcentaje de floración según los dds en donde se evalúa el rango desde el día 56 al 77. Es necesario recalcar que la diferencia estadística está relacionada con el desarrollo del ciclo de floración según los dds, más no con la utilización de los tratamientos. Se evidencia la presencia de floración a los 56 dds con el 3.20%. Lo cual indica que en este momento inicia la fase de reproducción del cultivo; a los 66 dds se observa el 48.80% de floración y esta etapa se completa a los a los 77 dds en donde la floración alcanza el 97.73%.

Figura 3

Análisis de media para días a la floración



Chávez (2020) considera que la aplicación de *Bacillus subtilis* Cohn no influye en los días a la floración, al contrario menciona que los días a la

floración se ve asociado directamente con las condiciones climáticas, el manejo agronómico del cultivo y depende aun más de la variedad. Es por eso que no se observan diferencias estadísticas en la aplicación de los tratamientos con respecto a el porcentaje de floración.

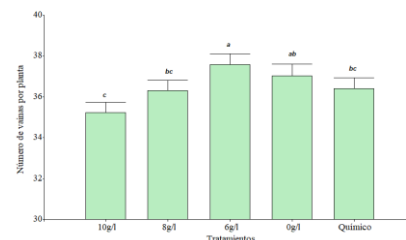
Asimismo, Cevallos (2008) considera que los días a la floración siempre van a depender del manejo que se le brinde al cultivo, además es necesario tomar en cuenta que esta etapa fisiológica está relacionada directamente con las condiciones climáticas y a la variedad que se utilice.

3.1.3. Número de vainas por planta

En la figura 4, se observa el comportamiento de las medias según los tratamientos implementados, en donde se puede observar que el tratamiento 6 g/l obtuvo el mejor rendimiento en cuanto a número de vainas por plantas con una media de 37.58, el cual no presenta diferencias estadísticas con el testigo, resultando con una media de 37.03; además el control químico y los tratamientos de 8 y 10 g/l presentan el mismo rango estadístico con diferencias numéricas.

Figura 4

Número de vainas por plantas en relación con el tratamiento



Chávez (2020) recalca que *Bacillus subtilis* Cohn (500 ml) tuvo un efecto positivo en el número de vainas por planta con 34 vainas a diferencia del testigo el cual obtuvo 25. Además, Calero et al. (2019) informan que la utilización de *Bacillus subtilis* Cohn en el cultivo de fréjol incrementa la capacidad fotosintética y tiene la facultad de absorber nutrientes en los cultivos, además puede mejorar la calidad agronómica y previene el ataque de plagas y enfermedades

3.1.4. Número de granos por vaina

En la tabla 1, se observa el análisis de la variable número de granos por vaina, en la cual se utilizó la prueba de Friedman's, y se observa que no existe diferencias estadísticas.



Tabla 2

Prueba de Friedman's en la variable número de granos por vaina.

T ²	Valor P
1,28	0.2138

CV: 12.92

Chávez (2020) informa que el llenado de vaina no infiere directamente con la aplicación de *Bacillus subtilis* Cohn, sino que está directamente relacionado con la variedad de la semilla y el manejo agronómico del cultivo. Además, Villanueva (2010) indica que el hecho de que exista aumento de vainas en algunas variedades no implica que va a incrementar el llenado de vainas o el peso de estas, es por eso por lo que no se registró diferencias estadísticas en el experimento.

De igual manera Ávila et al. (2015) reportan que con el uso de *Bacillus subtilis* Cohn, *Trichoderma harzianum* spp. y *Mesorhizobium ciceri* Jarvis et al. 1997. En la evaluación del rendimiento del garbanzo, no obtuvieron resultados con diferencias estadísticas en cuanto a la variable número de granos por vaina.

3.1.5. Peso en 100 semillas

En la tabla 2, se presentan los resultados del ADEVA para la variable peso en 100 semillas, la cual muestra que no existe diferencias estadísticas en los tratamientos (F=1.18; gl=4.40; p=0.3328).

Tabla 3

ADEVA para la variable peso en 100 semillas

Fuentes de variación	Grados de libertad	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Tratamiento	4	40	1.18	0.3328

En la variable peso en 100 semillas, a pesar de no presentar diferencias estadísticas el tratamiento con mejor peso fue el testigo absoluto, el cual obtuvo una media de 125.67, el tratamiento 10 g/l y el 6 g/l obtuvieron una media de 124.67, el tratamiento 8 g/l obtuvo una media de 122.78 y el testigo convencional obtuvo una media de 122.33. En este sentido Chávez Melanie (2020) informa que no existen diferencias estadísticas con la aplicación de *Bacillus subtilis* Cohn en tres tipos de variedades de

fréjol, la diferencia que notó fue que el peso cambiaba dependiendo de la variedad que utilizó, en este caso la variedad que mostró mayor peso en grano fue la Centenario.

3.1.6. Rendimiento

En la tabla 3, se presentan los resultados del análisis de ADEVA para la variable rendimiento, la cual muestra que no existe diferencias estadísticas en los tratamientos (F=1.24; gl=4.8; p=0.3680).

Tabla 4

ADEVA para la variable rendimiento.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Tratamiento	4	8	1.24	0.3680

En la variable rendimiento, todos los tratamientos mantuvieron una regularidad constante para la cantidad de producto cosechado, mismo que es ligeramente inferior, aproximadamente con un 10% con respecto de los valores obtenidos por el INIAP al desarrollar el paquete tecnológico de la variedad centenario, la media de producción obtenida en este estudio es de 3078 kg/ha. Corrales et al. (2017) reporta que la aplicación de *Bacillus subtilis* Cohn en los cultivos mejora la biodisponibilidad de minerales por lo tanto mejora el rendimiento, el proceso de producción y la calidad del cultivo.

3.2. Variables fitopatogénicas

En el presente estudio investigativo para la evaluación de las dosis de *Bacillus subtilis* Cohn en el cultivo de fréjol no se evidenció la presencia de *Roya Uromyces appendiculatus* Link y Antracnosis

Colletotrichum lindemuthianum Sacc. & Magnus. Por lo tanto, no existieron datos para que permitiera el respectivo análisis.

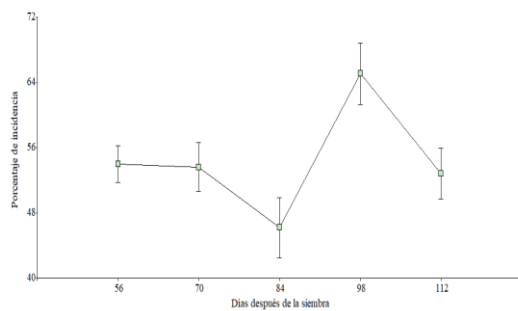
3.2.1. Incidencia de *Phoma exigua* Sacc

En la figura 5, se observa la incidencia de la enfermedad en relación con los dds y se registra el inicio para el día 56 y coincide con la fase de floración, el resultado es 54%, la siguiente lectura se la efectuó en el día 70 cuando el cultivo estuvo en la fase de desarrollo de las vainas, la incidencia que se

obtuvo fue de 53.60% determinando que la variación en estas dos fases es mínima. En el día 84 se evidencia un descenso de la incidencia de la enfermedad la cual obtiene un 46.20%, pero para el día 98 la enfermedad presenta un ascenso y alcanza el pico más alto de incidencia con 65.07%, y en la última lectura efectuada el día 112, cuando el cultivo se encontraba en la fase de cosecha, la incidencia volvió a disminuir y se obtuvo una media de 52.80%.

Figura 5

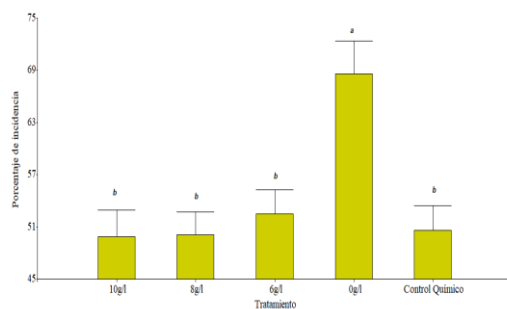
Comportamiento de la variable porcentaje de incidencia de *Phoma exigua* Sacc en relación con dds.



En la figura 6, se muestra el comportamiento de la variable porcentaje de incidencia en relación con los tratamientos que se usaron en la investigación, en donde se evidencia que el testigo absoluto presenta mayor incidencia con un 68.60%, a diferencia de los tratamientos 10, 8, 6 g/l y testigo convencional que presentan un mismo rango numérico.

Figura 6

Comportamiento de la variable porcentaje de incidencia de *Phoma exigua* Sacc en relación con los tratamientos.



Plaza et al. (2013) evaluaron las propiedades antifúngicas y antibacterianas de la surfactina aislada de *Bacillus subtilis* Cohn la cual crece en

melaza, e informan que la bacteria presenta un 20% de inhibición en *Phoma exigua* Sacc.

Corrales et al. (2017) informa que *Bacillus subtilis* Cohn es capaz de fijar el nitrógeno en el suelo. En este sentido, Tejera et al. (2011) recalca que *Bacillus subtilis* Cohn cumple un papel muy importante en los cultivos ya que es capaz de suprimir la presencia de enfermedades, actuando como un antibiótico el cual impide el crecimiento de microorganismos que afectan directamente a los cultivos de interés agrícola.

3.2.2. Severidad de *Phoma exigua* Sacc

En la tabla 4, se detalla el análisis de varianza para la variable severidad de *Phoma exigua* Sacc, en donde se verifica que existe interacción ($F=4.32$; $gl=16.4473$; $p<0.0001$) entre los tratamientos y los dds.

Tabla 5

ADEVA de la variable porcentaje de severidad de *Phoma exigua* Sacc

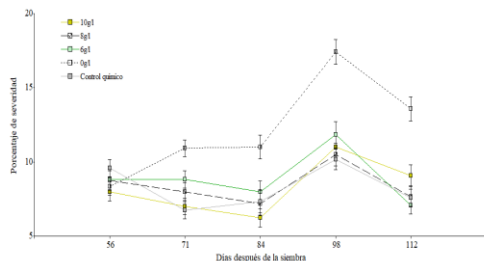
Fuentes de variación	Grados de libertad	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
dds	4	4473	24.88	<0.0001
tratamiento	4	4473	27.49	<0.0001
dds:trat	16	4473	4.32	<0.0001

En la figura 7, se observa el comportamiento de *Phoma exigua* Sacc que está en relación con los dds, los datos se tomaron cada 15 días a partir del día 56 después de la siembra. De las cinco lecturas recopiladas, en cuatro el testigo absoluto presenta los valores de severidad más altos que se diferencian de los tratamientos hasta un 5.59%.

Asimismo, se observa que todos los tratamientos, incluyendo al control químico no obtuvieron diferencias estadísticas, además la aplicación de *Bacillus subtilis* Cohn si presenta incidencia en la severidad de *Phoma exigua* Sacc según los días de aplicación, de la misma manera se observa que en el día 98 *Bacillus subtilis* Cohn tiene un margen de efectividad similar al control químico.

Figura 7

Análisis de medias para la variable porcentaje de severidad de *Phoma exigua* Sacc en el cultivo de fréjol.



Caballero et al. (2018) informan que en el cultivo de frutilla, con la aplicación de *Bacillus subtilis* Cohn obtuvieron una severidad del 3 al 21% usando una dosis máxima de 5 g/l para controlar antracnosis, en tanto que el testigo absoluto presentó una severidad alta con un rango del 75 al 97%. Además, Morocho y Mora (2019) indican que el uso de *Bacillus subtilis* Cohn ayuda a mitigar la severidad de hongos fitopatógenos presentes en los cultivos, además de incrementar el desarrollo, productividad y calidad de los mismos.

3.2.3. Análisis costo beneficio

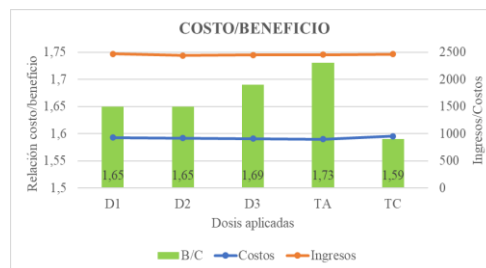
Para realizar el análisis beneficio/costo, se tomaron en cuenta los costos directos e indirectos que se obtuvieron durante toda la investigación, además se procedió a investigar cuales son los precios de venta en vaina de grano tierno en los mercados. De acuerdo con el Sistema de Información Pública Agropecuaria (SIPA, 2021) se ha establecido el precio del saco de 45kg de fréjol en vaina tierna en 22.50 USD a 0.50 USD/kg.

Además, se tomaron los datos de rendimiento para evaluar esta variable, expresados en kilogramos por hectárea y los costos de ingresos y egresos en USD/ha. El costo de la semilla fue de (3.00 USD/kg) y el precio de fréjol en vaina tierna fue de (0.50 USD/kg). Se consideró el 10% de imprevistos y el costo del *Bacillus subtilis* Cohn fue de (9.50 USD/l), el costo del control químico fue de (15.00 USD/ml), y el costo de mano de obra fue de (15.00 USD/ha).

En la figura 8, se puede observar los resultados de la Relación Beneficio/Costo aplicado a cada uno de los tratamientos en estudio, se puede inferir que los tratamientos fueron económicamente rentables para la producción de fréjol, con la aplicación de riego por aspersión.

Figura 8

Relación costo beneficio de los tratamientos en estudio.



Chávez (2020) señala que en su estudio realizado en el cultivo de fréjol probando varias dosis de *Bacillus subtilis* Cohn la que mejor resultados obtuvo fue la de 500ml en la variedad Centenario en la cual obtuvo 0.32 USD de ganancia por cada dólar invertido, lo que se relaciona con al presente estudio el cual obtuvo 0.69 USD de ganancia con una dosis de 6 g/l de *Bacillus subtilis* Cohn.

4. CONCLUSIONES

- La investigación realizada determinó que la aplicación de *Bacillus subtilis* Cohn tiene efecto sobre las enfermedades fúngicas foliares presentes en el cultivo de fréjol, sin embargo, el uso de control químico (50.60%) y presentó un comportamiento similar al control biológico (50.82%), los datos no mostraron diferencias numéricas significativas. Al contrario del testigo absoluto (68.60%). Los resultados mostraron que la aplicación de *Bacillus subtilis* Cohn reduce la presencia de enfermedades más no las elimina en su totalidad.
- El uso de *Bacillus subtilis* Cohn con una dosis de 10 g/l presentó 49.87%, sin embargo, la dosis 6 g/l presentó 52.47% lo que demuestra que no hay una diferencia significativa, al contrario, esto representa menores gastos de producción. Además de presentar mejores características agronómicas como productivas en el cultivo.
- Con respecto a la relación beneficio costo el tratamiento que obtuvo mejor resultado fue la Dosis 3 (6 g/l) la cual obtuvo valores de 1.69 USB. Lo cual quiere decir que por cada dólar invertido se obtuvo 0.69 USD de ganancia. Además, se puede inferir en que la aplicación de *Bacillus subtilis* Cohn ayuda a disminuir la presencia de enfermedades y es económicamente rentable.



5. RECOMENDACIONES

- Si bien la aplicación de *Bacillus subtilis* Cohn mitiga la presencia de enfermedades, se puede inferir en que ayuda tanto a la producción como al rendimiento, no obstante, se recomienda aplicar una dosis de 6 g/l ya que se ha demostrado que presenta excelentes resultados, tanto en características agronómicas como productivas, además, de que representa menores gastos de producción para los productores.
- Además, para futuros estudios realizar una aplicación de *Bacillus subtilis* Cohn directamente al suelo con el propósito de mejorarlo y aportar microorganismos benéficos al cultivo desde la etapa de germinación y aplicar el tratamiento cada quince días para de esta manera no dar pie al crecimiento de hongos fitopatógenos en el cultivo.
- De la misma manera además de aplicar un tratamiento biológico para contrarrestar las enfermedades aplicar un control como es la instalación de trampas en el cultivo para prevenir plagas que se pueden presentar a futuro.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Basantes, E. (2015). *Manejo de cultivos andinos del Ecuador*. Editorial de las Fuerzas Armadas ESPE.
- Cabascango, E. (2015). *Evaluación fitosanitaria y agronómica en mezclas de poblaciones locales de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) de Cotacachi y Saraguro*. Cotacachi, Gualaceo y Saraguro. 2013 [Tesis de pregrado. Universidad Central del Ecuador]. Repositorio Digital. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/5915>
- Castellanos, J., Guillán, L. O., Oliva, P., Dueñas, M., Fresneda, J. y Meléndez, S. F. (2008). Estudios relacionados con el uso de *Bacillus subtilis* en el control de hongos fitopatógenos. *Revista Agrotécnica de Cuba*, págs. 3-8. http://www.actaf.co.cu/revistas/agrotecnia_05_2008/agrot2005-1/EPRO65.pdf
- Corrales, L., Caycedo, L., Gómez, M., Ramos, S. y Rodríguez, J. (2017). *Bacillus spp*: una alternativa para la promoción vegetal por dos caminos enzimáticos. *NOVA*, 15, 16-19. <http://www.scielo.org.co/pdf/nova/v15n27/1794-2470-nova-15-27-00046.pdf>
- Cuervo, M., Ramírez, J., Balcázar, M., Muñoz, L., Martínez, A., Hernández, A. y Debouck, D. (2016). Manual de procedimientos del laboratorio de sanidad de germoplasma. En Cuervo, J. Ramírez, M. Balcázar, L. Muñoz, A. Martínez, A. Hernández, D. Debouck, *Certificación Sanitaria del germoplasma de Frijol, Tropicales y Leguminosas forrajeras*. (págs. 14-15). CIAT: Bitstream.
- Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua [ESPAC]., (2020). *Tabulados*. Tabulados de la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua. ESPAC 2020.
- García, E., (2006). *Guía técnica para el cultivo de fréjol*. ASOPROL: Boaco.
- Hidalgo, E. (2014). Control de Plagas Agrícolas y Forestales con Agentes Microbiológicos. En E. Hidalgo, *Manual Técnico – práctico (Págs. 11-25)*. Costa Rica, Turrialba: CATIE.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP]. (2005). Variedad de fréjol arbustivo de grano rojo moteado. En E. INIAP, *Programa nacional de leguminosas y granos andinos Estación Experimental Santa Catalina* (Págs. 2-4). Ecuador, Quito: PRODECI.
- Murguido, C., Vázquez, L., Ibis, A., Neyra, M., Velázquez, Y., Pupo, E., Reyes, S., Rodríguez I. y Toledo, C. (2002). Manejo Integrado de Plagas de insectos. *Fitosanidad*, 3-11.
- Peralta, E., Murillo, A., Mazón, N., Pinzón, J. y Villacrés, E. (2013). *Manual agrícola de fréjol y otras leguminosas: Cultivos, variedades, costos de producción*. E. E. Santa Catalina. INIAP.
- Pucují, W. (2016). *Evaluación del manejo agronómico y reacción a enfermedades de variedades mezcla de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) allphas y chacras de Cotacachi* [trabajo de pregrado. Universidad Central del Ecuador]. Repositorio Digital. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/8324>
- Tejera-Hernández, B, Rojas-Badía MM y Heydrich-Pérez M. (2011). Potencialidades del género *Bacillus* en la promoción del crecimiento vegetal y el control de hongos fitopatógenos. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*. 42:131-138. <http://www.redalyc.org/pdf/1812/181222321004.pdf>
- Weller, D. M. y Thomashow, L. (2016). Contribution of biocontrol agents to sustainable agriculture: Do insights from microbiome research and bca “omics” pay off. *iobc Bulletin*, Vol. 117, (Págs. 2-6).