



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN

CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

“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.”

Trabajo de grado previa a la obtención del Título de Ingeniero Agropecuario

AUTORA:

ANA JUDITH YANDÚN MONTENEGRO

DIRECTORA:

LIC. IMA SUMAC SÁNCHEZ DE CÉSPEDES MSC.

Ibarra – Ecuador

2022

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES
CARRERA DE AGROPECUARIA

**“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.”**

Trabajo de grado revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación
como requisito parcial para obtener Título de:
INGENIERA AGROPECUARIA

APROBADO:

Lic. Ima Sumac Sánchez de Céspedes MSc.

Directora de trabajo de titulación



FIRMA

Ing. Lucia del Rocío Vásquez Hernández PhD.

Asesora de trabajo de titulación



FIRMA

Ing. Jefferson Vladimir Andrade Villareal MSc.

Asesor de trabajo de titulación



FIRMA

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN A
FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	172414329-0		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Yandún Montenegro Ana Judith		
DIRECCIÓN:	Ibarra – Barrio La Primavera		
EMAIL:	any_086@hotmail.com		
TELÉFONO FIJO:	062600521	TELÉFONO MÓVIL:	0981377492

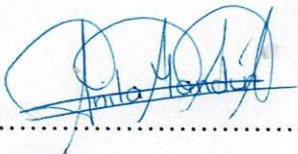
DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Efecto de <i>Bacillus subtilis</i> Cohn. en el control de enfermedades fungosas foliares en el cultivo de fréjol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.), variedad INIAP 484 centenario, Ibarra, Imbabura
AUTOR:	Yandún Montenegro Ana Judith
FECHA:	25 de mayo del 2022
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA	Ingeniera Agropecuaria
DIRECTORA	Lic. Ima Sumac Sánchez de Céspedes MSc.

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrollo, sin los derechos de autores terceros, por lo tanto, la obra es original y es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de esta y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 25 días del mes de mayo del 2022

EL AUTOR



.....

Yandún Montenegro Ana Judith

C.I.: 172414329-0

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN

Fecha: Ibarra, a los 30 días del mes de mayo del 2022

Ana Judith Yandún Montenegro: “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” /Trabajo de titulación. Ingeniera Agropecuaria.

Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra, a los 30 días del mes de mayo del 2022. 80 páginas.

DIRECTOR (A): Lic. Ima Sumac Sánchez de Céspedes MSc.

El objetivo principal de la presente investigación fue: Evaluar el efecto de *Bacillus subtilis* Cohn, en el control de enfermedades fungosas foliares en el cultivo de fréjol en la variedad INIAP 484 Centenario.

Entre los objetivos específicos se encuentran: Identificar la incidencia y severidad de enfermedades fungosas foliares presentes en el cultivo de fréjol. Determinar las características agronómicas y productivas del cultivo de fréjol con la aplicación de *Bacillus subtilis* Cohn. y Establecer la relación costo beneficio de la aplicación del biocontrolador *Bacillus subtilis* Cohn en el cultivo de fréjol.

.....
Lic. Ima Sumac Sánchez de Céspedes MSc.

Director de Trabajo de Grado

.....
Yandún Montenegro Ana Judith

Autora

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios por estar siempre a mi lado e iluminar a diario mi camino universitario para así culminar esta etapa de mi vida.

Un agradecimiento infinito a mis padres Gerardo Yandún y María Montenegro por todo su esfuerzo y dedicación, por enseñarme a luchar por mis sueños y siempre estar a mi lado, por siempre brindarme las palabras necesarias para no rendirme.

A mi madre por ser la mejor, amorosa, responsable, trabajadora y dedicada a sus hijos y por siempre brindarnos su amor sin medida ni condición alguna.

A mi padre por ser trabajador e inculcarnos valores y principios, por siempre estar para cada uno de sus hijos en el momento preciso.

Agradecer a mis hermanos Julia, Gladys, Gerardo, Cristian, Ruby, Mauricio por ser siempre ese ejemplo de superación y de persistencia, por sus palabras de aliento y apoyo incondicional.

A David por ser ese compañero ideal durante toda mi etapa universitaria, agradecer que siempre estuvo a mi lado, apoyándome y ayudándome en todo momento, gracias por brindarme tu tiempo y tu amor incondicional.

A mis sobrinas y sobrinos por ese amor inocente y sincero que con sus sonrisas y caritas hermosas han sido un motivo de alegría y superación.

Un agradecimiento a mi tutora Lic. Ima Sumac Sánchez de Céspedes MSc. Por la ayuda y por haber sido esa persona que con sus directrices pudo explicarme aquellos detalles para poder culminar mi trabajo de grado.

Un agradecimiento especial a quien fue mi tutor Ing. Franklin Eduardo Sánchez Pila MSc. Quien impartió en mí sus conocimientos y fue mi guía para poder culminar con éxito mi trabajo de grado, además de agradecerle todo el tiempo brindado.

DEDICATORIA

Este logro quiero dedicar a Gerardo Yandún y María Montenegro quienes son los mejores padres, por ser ese soporte fundamental ya que sin su trabajo y sacrificio no hubiera podido cumplir con mis metas.

Quiero dedicar a mi madre ya que nunca me dejó sola, y me ha enseñado a luchar por mis sueños.

Quiero dedicar a mi padre ya que siempre ha estado pendiente de mis estudios y pendiente de que nunca me falte nada.

Quiero dedicar este logro a cada uno de mis hermanos, ya que siempre han sido ese ejemplo a seguir, guía para siempre ir por el camino correcto. Sus logros siempre han sido míos y hoy mi logro se los dedico a ustedes.

Dedicó este logro a David, por siempre estar allí en el momento exacto, por siempre brindarme su tiempo y su apoyo incondicional a lo largo de la carrera.

Dedico a cada uno de mis sobrinos por ser esos angelitos que dan alegría a mi vida.

Ana Judith Yandún Montenegro

INDICE DE CONTENIDOS

INDICE DE CONTENIDOS	I
ÍNDICE DE FIGURAS	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VI
ÍNDICE DE ANEXOS.....	VII
RESUMEN.....	VIII
ABSTRACT	IX
CAPITULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. ANTECEDENTES.....	1
1.2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	2
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	3
1.4 OBJETIVOS.....	4
1.4.1 <i>Objetivo general</i>	4
1.4.2 <i>Objetivos específicos</i>	4
1.5 HIPÓTESIS O PREGUNTAS DIRECTRICES	4
CAPITULO II.....	5
MARCO TEÓRICO	5
2.1. CULTIVO DE FRÉJOL.....	5
2.1.1. <i>Origen del cultivo</i>	5
2.1.2 <i>Clasificación taxonómica</i>	6
2.2 VARIEDAD INIAP 484 CENTENARIO	6
2.3 ENFERMEDADES DEL FRÉJOL	7
2.3.1 <i>Mancha anillada (Phoma exigua Sacc)</i>	7
2.3.2 <i>Antracnosis (Colletotrichum lindemuthianum Sacc. & Magnus)</i>	9
2.3.3. <i>Roya (Uromyces appendiculatus Link.)</i>	11
2.4. CONTROL BIOLÓGICO	12
2.4.1. <i>Uso de Bacillus subtilis Cohn en el cultivo de fréjol</i>	12
2.5. MARCO LEGAL.....	14
CAPITULO III.....	15

MARCO METODOLÓGICO.....	15
3.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	15
3.1.1. <i>Ubicación</i>	15
3.1.2. <i>Características agroclimáticas</i>	16
3.2. MATERIALES Y MÉTODOS	16
3.2.1. <i>Materiales</i>	16
3.3. MÉTODOS	17
3.3.1. <i>Factores en estudio</i>	17
3.3.2. <i>Tratamientos</i>	17
3.3.3. <i>Diseño experimental</i>	18
3.3.4. <i>Características del experimento</i>	19
3.3.5. <i>Análisis estadístico</i>	19
3.3.6 <i>Variables a evaluarse</i>	20
3.4 MANEJO DEL EXPERIMENTO	25
3.4.1. <i>Selección del terreno</i>	25
3.4.2. <i>Análisis de suelo</i>	26
3.4.3. <i>Preparación del suelo</i>	26
3.4.4. <i>Fertilización</i>	27
3.4.5. <i>Delimitación de parcelas</i>	27
3.4.6. <i>Siembra</i>	28
3.4.7. <i>Deshierbe</i>	28
3.4.8. <i>Riego</i>	28
3.4.9. <i>Aplicación de los tratamientos</i>	29
3.4.10. <i>Cosecha</i>	29
CAPÍTULO IV	30
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	30
4.1. VARIABLES AGRONÓMICAS	30
4.1.1. <i>Crecimiento de la planta</i>	30
4.1.2. <i>Días a la floración</i>	31
4.1.3. <i>Número de vainas por planta</i>	33
4.1.4. <i>Número de granos por vaina</i>	34
4.1.5. <i>Peso en 100 granos tiernos</i>	34

4.1.6. Rendimiento.....	35
4.2. VARIABLES FITOPATOGÉNICAS	36
4.2.1. Incidencia de <i>Phoma exigua</i> Sacc.....	36
4.2.2. Severidad de <i>Phoma exigua</i> Sacc.....	38
4.2.3. Análisis costo beneficio.....	39
CAPÍTULO V	42
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	42
5.1 CONCLUSIONES	42
5.2 RECOMENDACIONES	43
REFERENCIAS	44
ANEXOS	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Ciclo del crecimiento de la planta de fréjol</i>	5
Figura 2 <i>Variedad de fréjol INIAP 484 Centenario</i>	7
Figura 3 <i>Phoma exigua Sacc. en el cultivo de fréjol</i>	8
Figura 4 <i>Ciclo biológico de Phoma exigua Sacc.</i>	9
Figura 5 <i>Antracnosis en el cultivo de fréjol</i>	10
Figura 6 <i>Roya en el cultivo de fréjol</i>	11
Figura 7 <i>Ciclo reproductivo de Bacillus subtilis Cohn</i>	13
Figura 8 <i>Mapa base de la parroquia San Francisco de los Tejares</i>	15
Figura 9 <i>Diseño en Bloques Completos al Azar en Franjas</i>	18
Figura 10 <i>Toma de datos del crecimiento de la planta</i>	20
Figura 11 <i>Floración en la planta de fréjol</i>	20
Figura 12 <i>Número de vainas por planta</i>	21
Figura 13 <i>Número de granos por vaina</i>	21
Figura 14 <i>Peso de 100 granos tiernos</i>	22
Figura 15 <i>Presencia de Phoma exigua Sacc</i>	23
Figura 16 <i>Severidad de Phoma exigua Sacc</i>	23
Figura 17 <i>Severidad de Colletotrichum lindemuthianum Sacc. & Magnus.</i>	24
Figura 18 <i>Severidad de roya en el cultivo de fréjol</i>	25
Figura 19 <i>Toma de muestras de suelo</i>	26
Figura 20 <i>Preparación del suelo</i>	26
Figura 21 <i>Fertilización de suelo</i>	27
Figura 22 <i>Delimitación y medición de parcelas</i>	27
Figura 23 <i>Siembra de fréjol</i>	28
Figura 24 <i>Deshierbe del cultivo de fréjol</i>	28

Figura 25 <i>Aplicación de tratamientos</i>	29
Figura 26 <i>Cosecha de fréjol en grano tierno</i>	29
Figura 27 <i>Análisis de medias para crecimiento de la planta</i>	31
Figura 28 <i>Análisis de media para días a la floración</i>	32
Figura 29 <i>Número de vainas por plantas en relación con el tratamiento</i>	33
Figura 30 <i>Comportamiento de la variable porcentaje de incidencia de <i>Phoma exigua</i> Sacc en relación con dds.</i>	37
Figura 31 <i>Comportamiento de la variable porcentaje de incidencia de <i>Phoma exigua</i> Sacc en relación con los tratamientos.</i>	37
Figura 32 <i>Análisis de medias para la variable porcentaje de severidad de <i>Phoma exigua</i> Sacc en el cultivo de fréjol.</i>	39
Figura 33 <i>Relación costo beneficio de los tratamientos en estudio.</i>	41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Clasificación taxonómica del cultivo de fréjol</i>	6
Tabla 2 <i>Clasificación taxonómica de mancha anillada</i>	8
Tabla 3 <i>Clasificación taxonómica de antracnosis</i>	10
Tabla 4 <i>Clasificación taxonómica de Roya</i>	12
Tabla 5 <i>Clasificación taxonómica de Bacillus subtilis Cohn</i>	13
Tabla 6 <i>Características climáticas del lugar de estudio</i>	16
Tabla 7 <i>Descripción de dosis aplicada en el estudio.</i>	18
Tabla 8 <i>Características de la Unidad experimental</i>	19
Tabla 9 <i>Esquema de ADEVA del Diseño de Bloques Completos al Azar en Franjas</i>	19
Tabla 10 <i>ADEVA de crecimiento de la planta a los 14, 28, 42, 56, 70, 84, 98 y 122 días después de la siembra del cultivo</i>	30
Tabla 11 <i>ADEVA días a la floración</i>	32
Tabla 12 <i>Prueba de Friedman´s en la variable número de granos por vaina</i>	34
Tabla 13 <i>ADEVA para la variable peso en 100 granos tiernos</i>	34
Tabla 14 <i>ADEVA para la variable rendimiento.</i>	35
Tabla 15 <i>ADEVA para la variable incidencia de Phoma exigua Sacc en el cultivo de fréjol</i>	36
Tabla 16 <i>ADEVA de la variable porcentaje de severidad de Phoma exigua Sacc</i>	38
Tabla 17 <i>Análisis económico por tratamiento expresado en hectáreas</i>	40

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Análisis de suelo de macro y micronutrientes y contenido de materia orgánica.	51
Anexo 2. Media y error estándar para la interacción de los días después de la siembra y los tratamientos en la variable crecimiento de la planta (altura).	53
Anexo 3. Media y error estándar para los dds en la variable días a la floración.	54
Anexo 4. Rangos de media y error estándar para los tratamientos en relación con la variable número de vainas por planta.	54
Anexo 5. Media y error estándar para la interacción de dds y tratamientos en la variable número de granos por vaina	55
Anexo 6. Media y error estándar para los tratamientos en la variable peso en 100 granos tiernos.	55
Anexo 7. Media y error estándar para los tratamientos en la variable rendimiento.	56
Anexo 8. Rango de medias y errores estándares para los días después de la siembra en la variable incidencia de <i>Phoma exigua</i> Sacc.	56
Anexo 9. Rango de medias y errores estándares para los tratamientos en la variable incidencia de <i>Phoma exigua</i> Sacc.	57
Anexo 10. Rango de medias y errores estándares para los tratamientos en la variable incidencia de <i>Phoma exigua</i> Sacc.	58
Anexo 11. Esquema de costos de producción del cultivo de fréjol con la aplicación de <i>Bacillus subtilis</i> Cohn.	62
Anexo 12. Esquema de costos de producción del cultivo de fréjol con la aplicación del testigo convencional y el testigo absoluto.	63

EFFECTO 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 SÁNCHEZ, Lucia VÁSQUEZ, Jefferson ANDRADE.

Universidad Técnica del Norte

1. 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: *Phoma exigua*, *Bacillus subtilis*, testigo convencional, enfermedades fungosas, fitopatógenos.

EFFECT OF *Bacillus subtilis* Cohn. IN THE CONTROL OF FUNGAL FOLIAR DISEASES IN THE CULTIVATION OF BEAN (*Phaseolus vulgaris* L.), VARIETY INIAP 484 CENTENARIO, IBARRA, IMBABURA

Ana YANDÚN¹, Ima SÁNCHEZ, Lucia VÁSQUEZ, Jefferson ANDRADE.
Universidad Técnica del Norte
1. ajyandunm@utn.edu.ec

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, fungi diseases, phytopathogens.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

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 proponen 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 y 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 (Murguido 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).

Además, Weller y Thomashow (2016) mencionan que *B. subtilis* Cohn, ejerce antibiosis sobre *Botrytis* spp., *Rhizoctonia solani* J.G. Kúng, *Alternaria* spp. y *Fusarium* spp. de igual manera señalan que la bacteria, tiene efectos que reprimen la presencia de hongos patógenos. De este modo es que *B. subtilis* Cohn, ha sido usada en gran número de variedades y especies de plantas, por su alta capacidad de intervención y cuidado de enfermedades. Por tal motivo se ha considerado que el biocontrolador es perfecto para realizar controles biológicos, Además, que tiene un extenso espectro, por las sustancias secretadas y competencia física por factores comunes con patógenos es por ello que esta es usada en algunos cultivos (Lagunas et al., 2001).

En Ecuador se han desarrollado experimentos en laboratorio con un medio de cultivo *in vitro* y campo en los cuales evaluaron la efectividad de *B. subtilis* Sacc, para combatir patógenos presentes en los cultivos. Además, observaron que la subtilina expulsada por los microorganismos benéficos actúa en la pared celular del hongo patógeno degradándola, dando como resultado una efectividad de 80% a la de un control químico (Pérez et al., 2016). Las propiedades antagónicas del este biocontrolador han sido usadas para controlar enfermedades como mancha anillada, roya, antracnosis y más, dando un buen resultado en cuanto a mitigar la presencia de hongos en los cultivos (Castellanos et al., 2008).

Además, Gregan (2016) señala que *B. subtilis* Cohn., presenta propiedades antifúngicas ya que en un ensayo en donde se presentaron 10 fitopatógenos este biocontrolador tuvo efecto inhibitorio en el crecimiento de hongos como: *Botrytis cinerea* Whetzel, *Sclerotinia sclerotiorum* Lib, *Colletotrichum gloeosporoides* Penz, *Phoma complanata* (Tode) Desm y *Phoma exigua* Sacc. Además, Tumpa et al. (2016) mencionan que *B. subtilis* Cohn, es capaz de suprimir la presencia de *Phoma exigua* Sacc, totalmente en tratamientos para combatir fitopatógenos transmitidos en semillas de distintas variedades de calabazas en una concentración 10^3 de formulación acuosa de *B. subtilis* Cohn, durante dos horas se mantiene las semillas en la fórmula acuosa, seguido de secado al aire que se realiza durante 30 minutos.

Por su parte, Villa et al. (2007) resaltan que se ha realizado estudios de *B. subtilis* C., para combatir hongos patógenos en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) y descubrieron que presenta amplias potencias, y que este es capaz de disminuir el crecimiento micelial de este hongo patógeno *Phoma exigua* Sacc, entre el 50 y 60% en comparación al testigo. Igualmente, destacan que podrían remplazar a los agroquímicos comerciales por este control biológico ya que es más eficiente y al usarlo es menos riesgoso para el agricultor (Ruiz et al., 2007).

1.2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En la provincia de Imbabura, el fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) es un componente primordial de la dieta de la población. Sin embargo, la presencia de los fitopatógenos afecta directamente al cultivo, causando altas pérdidas económica que llegan hasta un 95% y en ocasiones los daños llegarían a ser tan fuertes que causarían la pérdida total de la producción (Cornelio, 2015). *Phoma exigua* Sacc, es una enfermedad que se dispersa por conidios llevados por el viento, sus principales síntomas son lesiones necróticas pequeñas en las hojas, posteriormente se van desarrollando manchas en forma de anillos en las mismas con 1 cm de diámetro. Este hongo no solo se presenta en las hojas, sino que también en el tallo, flor, raíz y vainas (Cruz, 2013).

También, en investigaciones realizadas por Albuja (2016) las enfermedades que más atacan al cultivo de fréjol en Ecuador son: Roya (*Uromyces appendiculatus*. Link), Ascochyta o mancha anillada *Phoma exigua* Sacc, Antracnosis *Colletotrichum lindemuthianum* Sacc, al tener afecciones graves se ve la necesidad de buscar alternativas

para el manejo tradicional adecuado en el cual se genere menos contaminación y menos riesgos.

De igual manera, según Cuervo et al. (2016), *Phoma exigua* Sacc es capaz de esparcirse en toda la planta incluyendo las semillas y causa la muerte de esta. Además, se transmite por residuos contaminados de la semilla o de anteriores cosechas, siendo esta difícil de controlar una vez que se aloja en el cultivo.

Para contrarrestar la *Phoma exigua* Sacc, en el cultivo de fréjol se usa la aplicación de números fungicidas o controles químicos (García, 2006), pero no se obtiene el resultado deseado, lo cual hace una producción más costosa y como consecuencia existen pérdidas económicas graves para los productores, ya que la mayor inversión es la fumigación (Jarquín et al., 2017).

Además, el uso indiscriminado de los pesticidas tiene como consecuencia problemas graves en la salud humana, ya que, mediante la digestión de alimentos con residuos químicos, se pueden presentar intoxicaciones agudas que resultan en náuseas, dolores abdominales, diarrea, vómito, ansiedad y confusiones, efectos que pueden llegar a ser graves pero que en ocasiones son reversibles (Montaña et al., 2008) sin embargo, en la actualidad se evidencia que el uso masivo de productos químicos atenta contra el bienestar de quien los usa, adicionalmente la residualidad de estos, en los productos alimenticios son un serio riesgo para la salud del consumidor (Ruiz et al., 2014).

1.3. JUSTIFICACIÓN

La provincia de Imbabura se ha consolidado en la producción de fréjol siendo la segunda más importante en siembra y en productividad a nivel país, con 2 567 t de cultivo de fréjol en vaina tierna y 2 437 t de fréjol designado para la venta (ESPAC, 2020), por tal motivo es necesario desarrollar nuevos e innovadores procedimientos técnicos para el control de enfermedades en el cultivo dentro de la provincia, buscando un método sencillo y seguro que no afecte la salud de quien lo usa. La presente investigación se la realizará en Imbabura en el cantón Ibarra, parroquia San Francisco, sector el Tejar.

Por ello 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 tener 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.

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 manera más saludable, es así como se intenta reducir los daños causados por hongos (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 además de promover las buenas prácticas agrícolas (García, 2006).

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de *Bacillus subtilis* Cohn., en el control de enfermedades fungosas foliares presentes en el cultivo de fréjol *Phaseolus vulgaris* L., variedad INIAP 484 Centenario, Ibarra, Imbabura.

1.4.2 Objetivos específicos

- Identificar la incidencia y severidad de enfermedades fungosas foliares presentes en el cultivo de fréjol.
- Determinar las características agronómicas y productivas del cultivo de fréjol con la aplicación de *Bacillus subtilis* Cohn.
- Establecer la relación costo beneficio de la aplicación del biocontrolador *Bacillus subtilis* Cohn en el cultivo de fréjol.

1.5 HIPÓTESIS O PREGUNTAS DIRECTRICES

Ho: La aplicación de *Bacillus subtilis* Cohn no influye en incidencia y severidad de enfermedades fungosas foliares en el cultivo de fréjol.

Ha: La aplicación de *Bacillus subtilis* Cohn influye en incidencia y severidad de enfermedades fungosas foliares en el cultivo de fréjol.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Cultivo de fréjol

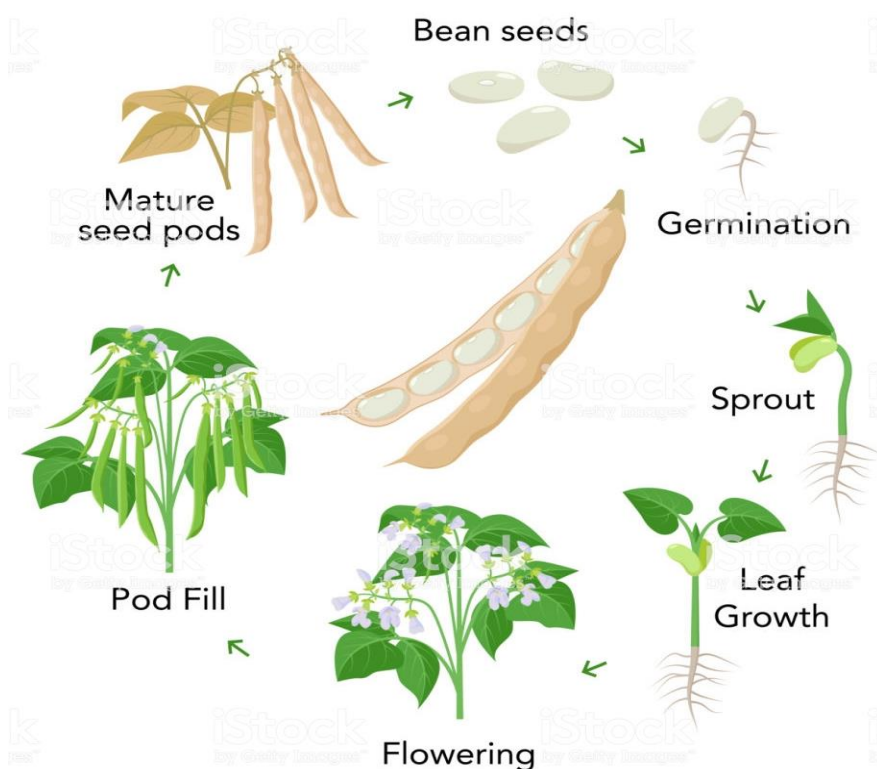
2.1.1. Origen del cultivo

El fréjol *Phaseolus vulgaris* L., es una leguminosa muy reconocida por su importancia nutritiva en Centro y Suramérica (Ulloa et al., 2011). Si bien se dice que el origen de este grano no ha sido establecido con certeza, Gaibor (2019) menciona que el cultivo es originario de la parte tropical del suroeste de Guatemala, Honduras, México y una parte de Costa Rica.

Asimismo, fréjol es su nombre común y es una planta muy conocida por ser anual, herbácea, perteneciente a la familia Fabaceae. Y se lo cultiva en zonas templadas, así como también en zonas tropicales, según Canacuán (2019) la planta es nativa de América y es llamada por diferentes nombres: fréjol, habichuela, poroto, caraota, judía, aluvia, haricot, etc., siendo una especie cultivada a nivel mundial (Figura 1).

Figura 1

Ciclo del crecimiento de la planta de fréjol



Fuente: García (2006)

2.1.2 Clasificación taxonómica

La taxonomía de fréjol (Tabla 1) es un aporte de Ochoa (1995) y se describe a continuación:

Tabla 1

Clasificación taxonómica del cultivo de fréjol

Clasificación taxonómica	Descripción
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Fabales
Familia	Fabaceae
Género	<i>Phaseolus</i>
Especie	<i>P. vulgaris</i>
Nombre científico	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.
Nombre común	Fréjol, frijol, poroto, habichuela

2.2 Variedad INIAP 484 CENTENARIO

Esta variedad de fréjol arbustivo sin guía INIAP 484 centenario, descende de un cruce entre líneas AMPR5 de grano rojo moteado y CAL 143 (Figura 2), estas líneas tienen una alta resistencia a roya (*U. appendiculatus* Link.), antracnosis (*C. lindemuthianum* Sacc. & Magnus) y mancha anillada (*P. exigua* Sacc). En el año 2006 en la Granja Experimental Tumbaco del INIAP, realizaron por primera vez esta variedad y fue realizada por el Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos (INIAP, 2005). La variedad tiene un grano de color rojo con crema (moteado), de tamaño grande, de forma arriñonado. Presenta buena adaptación en localidades de los valles de los ríos Chota, Mira y Urcuquí. Además, tiene alto potencial de adaptación en otras áreas productoras de fréjol arbustivo de la Sierra ecuatoriana (Peralta et al., 2013).

Además, Murillo et al. (2012) informan que las épocas de siembra para la variedad INIAP 484 Centenario es en los meses de febrero a marzo y de agosto a septiembre, con una distancia de 60 cm entre surcos y de 25 a 30 cm entre planta, aplicando de 2 a 3 semillas por punto. Conjuntamente señalan que los riegos deberían ser cada ocho días con énfasis en la época de floración y llenado de grano.

Figura 2

Variedad de fréjol INIAP 484 Centenario



Fuente: Peralta et al. (2013)

2.3 Enfermedades del fréjol

2.3.1 Mancha anillada (*Phoma exigua* Sacc)

Según Cuervo et al. (2016) este patógeno presenta alta severidad en regiones con altitudes superiores a los 1500 m s.n.m. con temperaturas moderadas y humedad alta. Las lesiones son manchas de color café a gris casi circulares y concéntricas. Estas dan como resultado de las lesiones o quemaduras severas en las hojas, dichas lesiones forman anillos y son tan severas que pueden causar la muerte de la planta.

De igual manera, en algunas ocasiones, las lesiones inician con manchas angulares y luego se toman de forma redonda, incrementando de tres a cuatro veces su tamaño, en el tallo, las ramas y los peciolo, son de color café-rojizo.

Además, en las vainas, las lesiones se tornan de forma de manchas circulares de color rojo marrón. Estas lesiones pueden aumentar de tamaño, como consecuencia, puede presentar malformación y pérdida de tamaño en la semilla (Peralta et al., 2007).

Asimismo, en Ecuador ya existen variedades de fréjol que muestran resistencia a la presencia de *Phoma exigua* Sacc, tanto en fréjol de tipo arbustivo como de tipo voluble, (Figura 3).

Figura 3

Phoma exigua Sacc. en el cultivo de fréjol



a. Clasificación taxonómica

La clasificación taxonómica (Tabla 2) de la mancha anillada es una contribución de INIAP (2016) expuesta a continuación:

Tabla 2

Clasificación taxonómica de mancha anillada

Clasificación taxonómica	Descripción
Reino	Fungi
Filo	Ascomycota
Clase	Dothideomycetes
Orden	Pleosporales
Familia	Incertae sedis
Género	<i>Phoma</i>
Especie	<i>P. exigua</i> (Saccardo, 1880)

b. Ciclo biológico

El hongo penetra por los estomas y aberturas naturales. El ciclo de vida del hongo dura entre 60 y 70 días, dependiendo de las condiciones ambientales (Figura 4).

Figura 4

Ciclo biológico de *Phoma exigua* Sacc.



Fuente: Valencia (2019)

c. Descripción de *Phoma exigua* Sacc

Phoma exigua Sacc, es un hongo que, en estados muy avanzados de infección, forma pequeñas estructuras circulares sobre las lesiones en tallos y hojas en las plantas. Esta se halla en los tejidos jóvenes de las plantas y son frecuentes en casi todos los cultivos. Es un fitopatógeno que produce manchas grandes, claras y redondas sobre las hojas, con anillos concéntricos formados por una gran cantidad de picnidios del hongo (Limaico y Ortiz, 2019).

d. Reproducción

El hongo presenta reproducción sexual y asexual. La reproducción asexual se da con la formación de numerosos picnidios inmersos en el tejido, los cuales poseen una abertura al exterior. Mediante un poro en el extremo superior se liberan los conidios, lo que permite al hongo esparcirse hacia las hojas y el tallo de las plantas (Pompozzi, 2015). Además, los hongos al carecer de reproducción sexual, esta se produce mediante mecanismos genéticos especiales como es el sobrecruzamiento somático o la recombinación mitótica (Limaico y Ortiz, 2019).

2.3.2 Antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum* Sacc. & Magnus)

Antracnosis es causada por el hongo *Colletotrichum lindemuthianum* (Figura 5). Ataca a toda la parte aérea de la planta. Produce lesiones alargadas o circulares hundidas de color café oscuras, además en la vaina presenta necrosis de color café y borde rojizo. En los últimos años, se ha convertido en un problema importante, pues el impacto socioeconómico es considerable porque el fréjol común es una de las leguminosas de grano de mayor consumo en el país, y porque esta enfermedad, bajo condiciones favorables, puede causar pérdidas de hasta 90% en la producción del cultivo (Sepúlveda, 2015).

Además, este es un hongo que puede sobrevivir en el suelo como saprófito por varios días, también puede sobrevivir dentro de las semillas en épocas de invierno. C.

lindemuthianum es un organismo que se presenta con más frecuencia en lugares con elevaciones por encima de los mil metros, en temperaturas frescas entre 16 – 24 °C, este organismo puede atacar desde la germinación hasta el llenado de vainas. Se puede decir que este hongo tiene una reproducción sexual que se da de forma natural (Vargas, 2018).

Figura 5

Antracnosis en el cultivo de fréjol



Fuente: Montero (2009)

a. Clasificación taxonómica

La clasificación taxonómica de Antracnosis (Tabla 3), detallada a continuación, es una contribución de Flores y González (2016).

Tabla 3

Clasificación taxonómica de antracnosis

Clasificación taxonómica	Descripción
Reino	Fungi
Filo	Ascomycota
Clase	Sordariomycetes
Orden	Phyllachorales
Familia	Phyllachoraceae
Género	<i>Colletotrichum</i>
Especie	<i>C. lindemuthianum</i> Sacc. & Magnus

b. Reproducción

Colletotrichum lindemuthianum Sacc. es un hongo que tiene una reproducción asexual. Aún no se ha reportado que tenga una reproducción sexual natural. Este fitopatógeno en los cultivos es muy peligroso, pues en condiciones ambientales favorables

suele desarrollarse con alta humedad relativa, temperaturas entre 18 – 22 °C y precipitaciones frecuentes. Además, tiene la habilidad de sobrevivir por más de 22 meses en desechos vegetales (Pastor 2015).

2.3.3. Roya (*Uromyces appendiculatus* Link.)

La roya del fréjol es provocada por *Uromyces appendiculatus* Link. La enfermedad está ampliamente distribuida alrededor del mundo, siendo una de las primeras causas que dificultan la producción. Las pérdidas en rendimiento son aún más graves, cuando la infección ocurre durante período de prefloración y floración, llegando a estimarse pérdidas en alrededor del 18 - 28% en el rendimiento del cultivo (Pucuji, 2016).

La roya es un hongo que se reproduce asexualmente, se encuentra ampliamente distribuida en todas las regiones del país, ya que ataca a varios cultivos ocasionando pérdidas económicas graves (Colmenares et al., 2015).

As, esta enfermedad puede ser muy drástica dependiendo de la etapa fenológica en la que se encuentre el cultivo, la reducción en rendimiento es mayor cuando las plantas son atacadas durante los períodos de prefloración o floración, aproximadamente 30 a 35 días después de la siembra (Ochoa, 1995).

Además, Cruz (2013) señala que la infección inicial puede mostrarse en el haz y en el envés de las hojas, por lo general los síntomas brotan primero en el envés y se reflejan en pequeñas manchas de color blanco, al crecer se tornan de color rojizo y posteriormente aparecen en los dos lados de las hojas, en ocasiones las variedades más susceptibles a esta enfermedad presentan las manchas rodeadas de un halo amarillo (Figura 6).

Figura 6

Roya en el cultivo de fréjol



Fuente: Villa et al. (2007)

a. Clasificación taxonómica.

La clasificación taxonómica de roya (Tabla 4) es una aportación de Zuluaga et al. (2008), puntualizada a continuación:

Tabla 4

Clasificación taxonómica de *Roya*

Clasificación taxonómica	Descripción
Reino	Fungi
División	Basidiomycota
Clase	Pucciniomycetes
Orden	Uredinales
Familia	Pucciniaceae
Género	<i>Uromyces</i>
Especie	<i>U. appendiculatus</i> Link.

2.4. Control biológico

2.4.1. Uso de *Bacillus subtilis* Cohn en el cultivo de fréjol

Además, según Valencia (2019), los organismos que producen metabolitos secundarios, las especies del género *Bacillus*, especialmente *Bacillus subtilis* Cohn, han demostrado un gran potencial antifúngico y en los últimos años se ha convertido en el centro de interés para desarrollar una nueva forma de control biológico para enfermedades en los cultivos. También, Ruano (2018) menciona que *Bacillus* sp., ha confirmado inhibición en el crecimiento de diversos hongos patógenos, además de ayudar con el desarrollo de las plantas.

Igualmente, de manera particular la especie *Bacillus subtilis* Cohn, es una de las más estudiadas debido a sus lipopéptidos (Sansinenea y Ortiz, 2011). Estos compuestos están formados por una cadena lipídica que puede estar unida a un oligopéptido cíclico o de cadena. Pueden clasificarse en tres familias, teniendo en cuenta su tipo y secuencia de residuos de aminoácidos, así como el tipo de ciclación y la longitud y ramificación de la cadena de ácidos grasos.

En el mecanismo de acción del control biológico está el parasitismo directo y muerte del patógeno, estos compiten por nutrientes, induce la resistencia sistémica en la planta, disminuyendo el efecto dañino que produce el hongo. Además, tiene la capacidad de competir eficientemente por la colonización de la rizósfera. Disminuyendo la posibilidad de que el hongo pueda interactuar con las raíces de la planta (Méndez et al., 2017).

a. Clasificación taxonómica

La clasificación taxonómica de *Bacillus subtilis* Cohn (Tabla 5) es un aporte de Ñacato y Valencia (2016), descrita a continuación:

Tabla 5

Clasificación taxonómica de Bacillus subtilis Cohn.

Clasificación taxonómica	Descripción
Reino	Bacteria
Clase	Bacilli
Orden	Bacillales
Familia	Bacillaceae
Género	<i>Bacillus</i>
Especie	<i>Bacillus subtilis</i> Cohn.

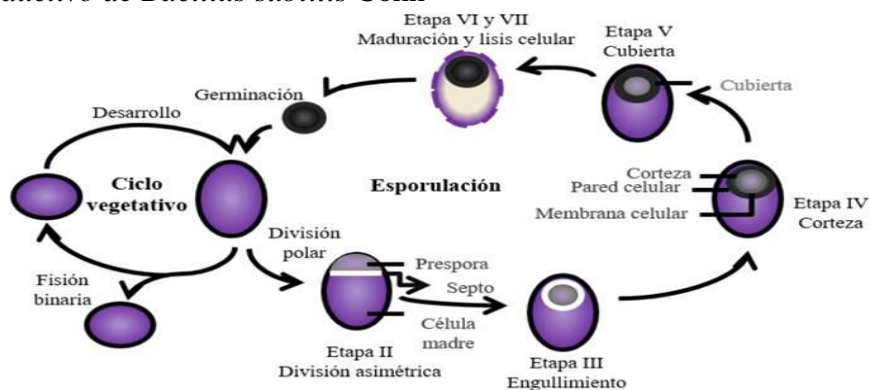
b. Ciclo reproductivo

La reproducción de *B. subtilis* Cohn, es asexual, y se encuentra dividido en dos fases (Figura 7), la primera es el crecimiento vegetativo y la segunda es la esporulación, la esporulación se puede ver favorecida por circunstancias medioambientales adversas, como por ejemplo la falta de luz o nutrientes (Villareal et al., 2018).

Este microorganismo tiene la capacidad de diseminar y prevalecer en el ecosistema. Durante la primera fase, la bacteria crece de manera acelerada por medio de fisión binaria mientras que la segunda etapa inicia con una prueba la cual consiste en cambiar el ambiente para ver su supervivencia y de esta manera la célula vegetativa comienza con la formación de la endospora (Pérez et al., 2016).

Figura 7

Ciclo reproductivo de Bacillus subtilis Cohn



Fuente: Villareal et al. (2018).

c. Producción de lipopéptidos

Una de las características más relevantes de *B. subtilis* Cohn., es la gran capacidad que tiene de producir una variedad de antibióticos, además de su facultad de inhibir el crecimiento de agentes fitopatógenos. En la actualidad, se ha dicho que algunos lipopéptidos tienen múltiples mecanismos de acción, al alterar los procesos celulares como la homeostasis intracelular de calcio, procesamiento del RNA y metabolismo energético. Los mismos influyen en el establecimiento de *B. subtilis* Cohn. Por medio de la regulación de procesos celulares como movilidad y formación de biopelículas (Gregan, 2016).

Además, Sánchez (2016) menciona que los lipopéptidos se encuadran en agentes biológicos de amplio potencial, ya que estos demuestran su efectividad al momento de controlar enfermedades en las plantas, igualmente tienen la habilidad de inducir resistencia sistémica en los cultivos y la propiedad de proliferar células bacterianas.

2.5. Marco legal

En la Constitución de la República del Ecuador (2008), capítulo segundo, sección segunda, Derechos del buen vivir, artículo 13, menciona que las personas tienen derecho al acceso permanente de alimentos sanos y nutritivos, de preferencia si son producidos de forma natural.

En el Art 14, en la sección segunda, de la constitución de la República del Ecuador, menciona que el derecho a vivir en un ambiente sano, mismo que garantice la sostenibilidad y el buen vivir de la población (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

En la Constitución de la República del Ecuador (2008), en el artículo 281 en el capítulo tercero, sección soberanía alimentaria, ítem 8, se menciona que se debe asegurar el progreso de la innovación tecnológica que nos ayude a asegurar y sustentar la soberanía alimentaria.

Además, en el objetivo 3, llamado salud y bienestar, se menciona que debe garantizar una vida sana y promover un bienestar en todas las edades, de igual manera en el ítem 3.a indica que se debe reducir el número de muertes y enfermedades producida por productos químicos y la contaminación del agua, suelo y aire, que sean peligrosos para la salud

En los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), objetivo 12, producción y consumo responsable, menciona que se puede aumentar la eficiencia de recursos además de promover estilos de vida sostenibles más aptos para el nivel de vida.

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Descripción del área de estudio

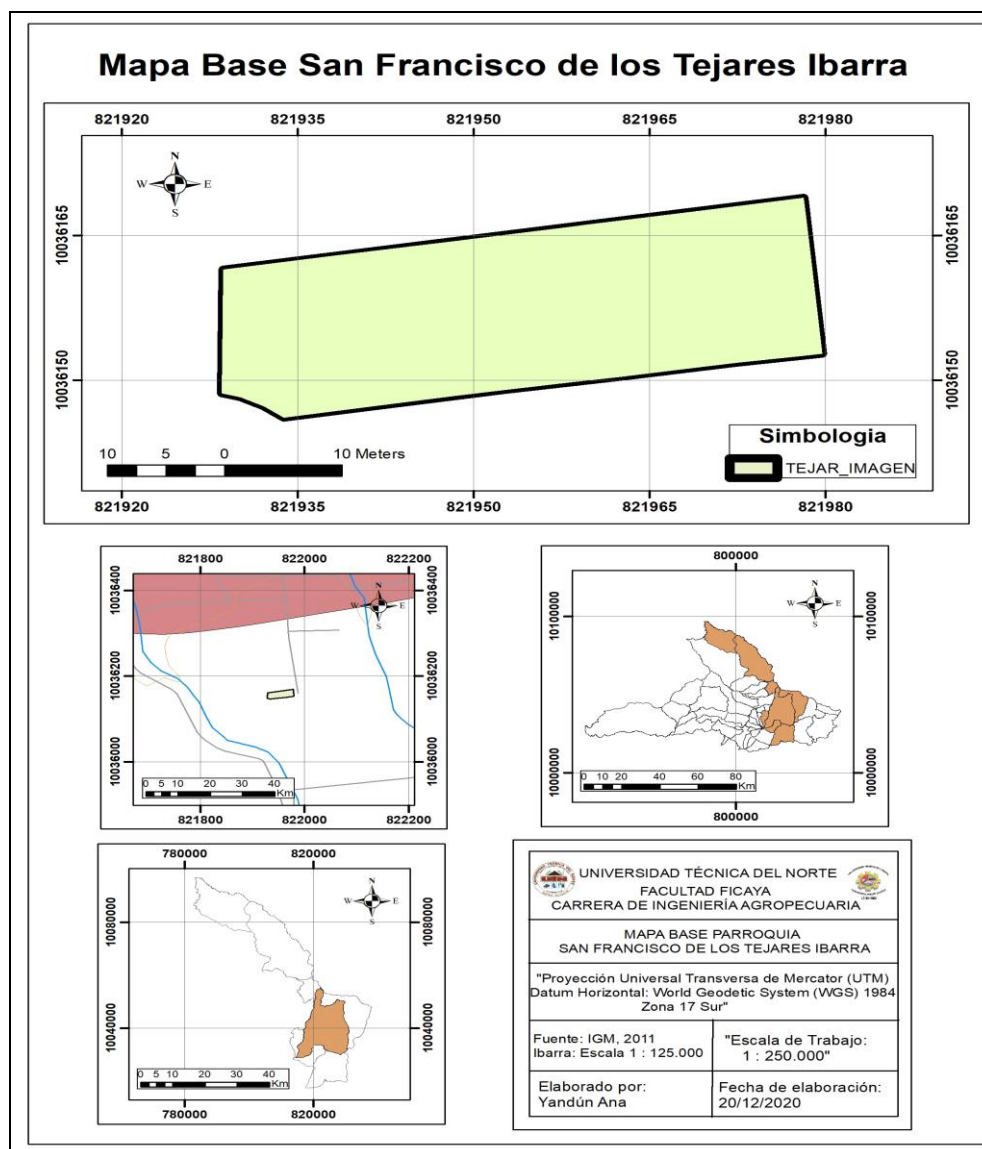
El área experimental donde se ejecutó el estudio se especifica a continuación:

3.1.1. Ubicación

La presente investigación se realizó en la provincia de Imbabura en el cantón de Ibarra, parroquia San Francisco, sector El Tejar (Figura 8).

Figura 8

Mapa base de la parroquia San Francisco de los Tejares



3.1.2. Características agroclimáticas

Se detallan a continuación las características agronómicas del lugar en estudio (Tabla 6).

Tabla 6

Características climáticas del lugar de estudio

Características	Sector El Tejar
Altitud	2220 m s.n.m.
Temperatura media anual	16.3 °C
Precipitación media anual	623 mm
Humedad relativa	71%
Coordenadas geográficas	0°19'36.3" Norte - 78°06'27.7" Oeste

3.2. Materiales y métodos

Se establecieron parcelas experimentales utilizando tres dosis de *B. subtilis* Cohn. más un testigo absoluto y un control químico convencional. Se utilizó la variedad INIAP 484 Centenario y se empleó una distancia de siembra de 25 cm entre planta y 60 cm entre surcos.

3.2.1. Materiales

- Libro de campo
- Estacas
- Piola
- Rótulos

3.2.1.1. Equipos

- Computadora
- Impresora
- Celular
- Balanza gramera digital marca camry

3.2.1.2. Insumos

- Semilla de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) var. INIAP 484 Centenario

- *Bacillus subtilis* Cohn cepa QST713
- Control químico

3.2.1.3. Herramientas manuales

- Azadón
- Rastrillo
- Mangueras
- Aspersores
- Carretilla
- Letreros
- Estacas
- Flexómetro

3.3. Métodos

3.3.1. Factores 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

3.3.2. 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 7).

Tabla 7

Descripción de dosis aplicada en el estudio.

Codigo	Aplicaciones	Dosis l/ha	Carga bacteriana UFC/g
D1	Dosis <i>Bacillus subtilis</i> Cohn	10	1.37×10^{11}
D2	Dosis <i>Bacillus subtilis</i> Cohn	8	1.09×10^{11}
D3	Dosis <i>Bacillus subtilis</i> Cohn	6	8.21×10^{10}
TA	Testigo absoluto	0	0
TC	Testigo convencional	0	Control químico

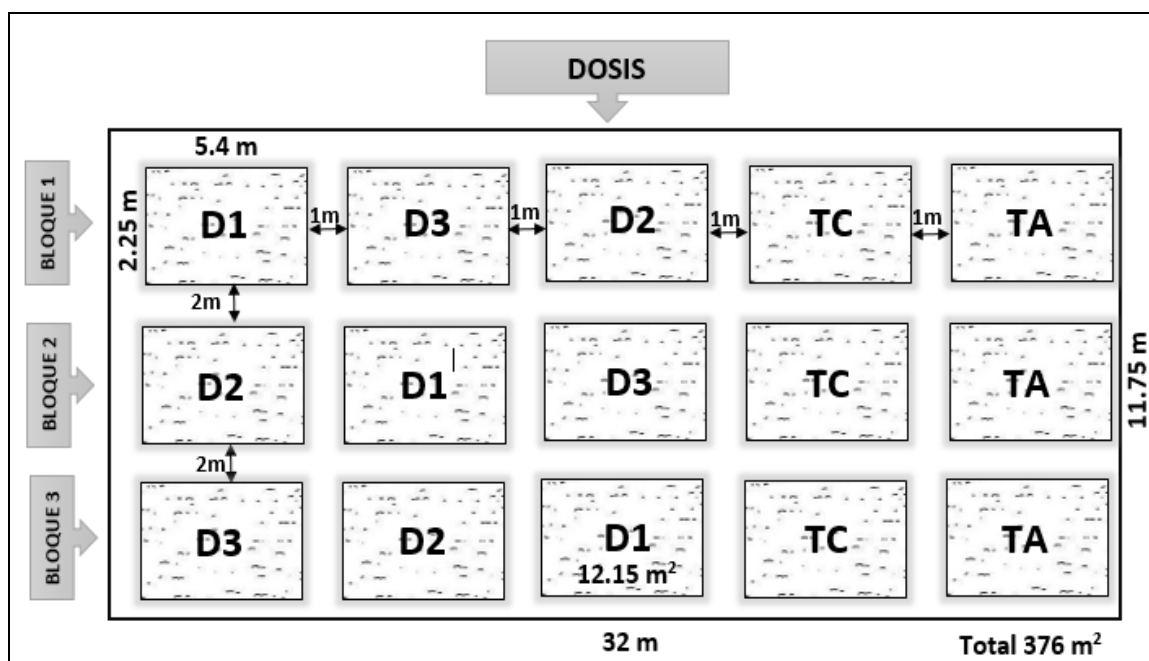
Nota. Las dosis están en función de la carga bacteriana del producto *Serenade ASO*[®], *Bacillus subtilis* Cohn 1.368% (cepa QST 713), que es de 1×10^9 ufc/g, usando las dosis recomienda de 10 l/ha.

3.3.3. Diseño experimental

Se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar en franjas (DBCA) (Figura 9). Se recurrió a implantar una barrera viva utilizando la semilla de avena (*Avena sativa* L.) para delimitar el testigo de los tratamientos. Se establecieron 15 unidades experimentales.

Figura 9

Diseño en Bloques Completos al Azar en Franjas



3.3.4. Características del experimento

Para el estudio se utilizó un diseño DBCA en franjas (Tabla 8), el cual se detalla a continuación:

Tabla 8

Características de la Unidad experimental

Descripción	Total
Factores en estudio	5
Bloques	3
Número de unidades experimentales	15
Largo de la parcela	5.4 m
Ancho de la parcela	2.25 m
Distancia entre surcos	0.60 m
Distancia entre planta	0.25 m
Total de plantas	1500
Total número de plantas por parcela	100
Total plantas parcela neta	36
Superficie	12.15 m ²
Área total	376 m ²

3.3.5. Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se empleó el software InfoStat-Statistical, en el cual se realizó un análisis de varianza (ADEVA), además se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar en Franjas (Tabla 9).

Tabla 9

Esquema de ADEVA del Diseño de Bloques Completos al Azar en Franjas.

Fuentes de Variación	Grados de libertad
Bloques	2
Dosis	4
Error	8
Total	14

3.3.6 Variables a evaluarse

3.3.6.1. Variables agronómicas

a) *Crecimiento de planta (altura)*

Con la ayuda de un flexómetro se procedió a medir la altura de la planta cada quince días, los datos se expresaron en cm. El procedimiento se efectuó desde la base del tallo principal hasta la última hoja trifoliada correctamente formada, se seleccionaron 20 plantas al azar (Figura 10).

Figura 10

Toma de datos del crecimiento de la planta



b) *Días a la floración*

En esta variable se contaron los días después de la germinación hasta que el cultivo obtuvo un 50% de floración en la parcela neta (Figura 11). El mismo procedimiento se realizó en las 15 unidades experimentales.

Figura 11

Floración en la planta de fréjol



c) Número de vainas por planta

Este dato se tomó mientras se realizó la cosecha, contando el número total de vainas en punto de cosecha en las 20 plantas seleccionadas al azar (Figura 12).

Figura 12

Número de vainas por planta



d) Número de granos por vaina

De 20 plantas seleccionadas al azar, se escogieron cinco vainas para proceder a calcular el promedio del número de granos por vaina (Figura 13).

Figura 13

Número de granos por vaina



e) *Peso de 100 granos tiernos*

Utilizando una balanza gramera marca Camry, se registró el peso de 100 granos cosechados por cada parcela neta (Figura 14).

Figura 14

Peso de 100 granos tiernos



f) *Rendimiento*

Se procedió a cosechar las vainas con madurez fisiológica de la parcela neta y se realizó el cálculo de la producción por hectárea en vaina y en grano fresco.

3.3.6.2. *Variables fitopatogénicas*

Se cuantificaron las enfermedades fungosa presentes en el cultivo y para realizar el muestreo de los fitopatógenos, se procedió a seleccionar 20 plantas al azar de la parcela neta, de la cuales se tomaron tres hojas trifolidas cada quince días; este material vegetal se utilizó para la incidencia y severidad de las enfermedades que se evaluaron en el presente estudio. Este proceso se realizó cuando el cultivo alcanzó la fase de prefloración. En las fases iniciales de desarrollo del cultivo los trifolios no fueron extraídos de la planta.

La aplicación del manejo integrado de enfermedades en el testigo convencional se realizó con la utilización de umbrales y la cuantificación de la presencia de los fitopatógenos se indica a continuación, recalando las tres afecciones más importantes del fréjol.

Para evaluar la incidencia se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Incidencia} = \frac{\text{número de hojas afectadas}}{\text{total de hojas}} \times 100$$

a) *Incidencia de Phoma exigua Sacc*

Según el muestreo, se valoró en las hojas trifoliadas la presencia o ausencia de *Phoma exigua* Sacc, los síntomas se evidenciaron cuando se presentaron círculos concéntricos en el haz de la hoja según la figura 3 y la figura 15.

Figura 15

Presencia de Phoma exigua Sacc

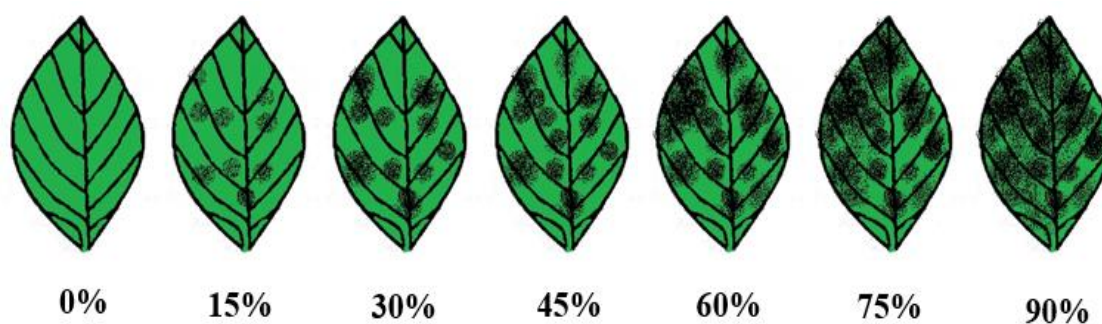


b) *Severidad de Phoma exigua Sacc*

Se utilizó un esquema de cuantificación para los fitopatógenos, para estimar el porcentaje de presencia de mancha anillada en el cultivo. Además, para evaluar esta variable se tomaron tres hojas trifoliadas afectadas de cada planta, en cada unidad experimental (Figura 16).

Figura 16

Severidad de Phoma exigua Sacc



c) *Incidencia de Colletotrichum lindemuthianum Sacc. & Magnus.*

Se efectuó un monitoreo de forma visual en cada unidad experimental, para comprobar la presencia o ausencia de la enfermedad en el cultivo. Los síntomas a tomar en

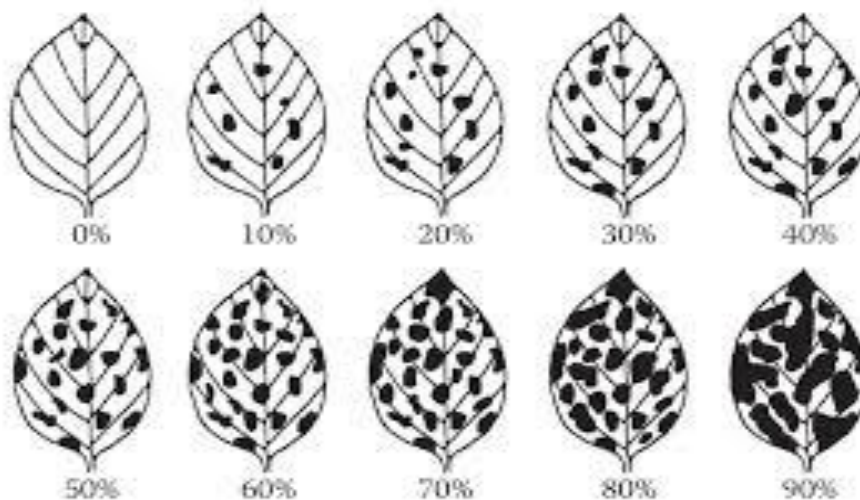
cuenta para valorar de la misma fueron la presencia de tejidos necrosados y oscurecidos en las intersecciones de las nervaduras en las hojas, como lo muestra la figura 5.

d) Severidad de *Colletotrichum lindemuthianum* Sacc. & Magnus.

Se utilizó un esquema de cuantificación, que comprende estimar el porcentaje de presencia de antracnosis en el cultivo. Si el muestreo presenta 10% de severidad se aplicará los tratamientos (Figura 17).

Figura 17

Severidad de Colletotrichum lindemuthianum Sacc. & Magnus.



Fuente: Ayala y Hernández (2006).

e) Incidencia de *Uromyces appendiculatus* Link.

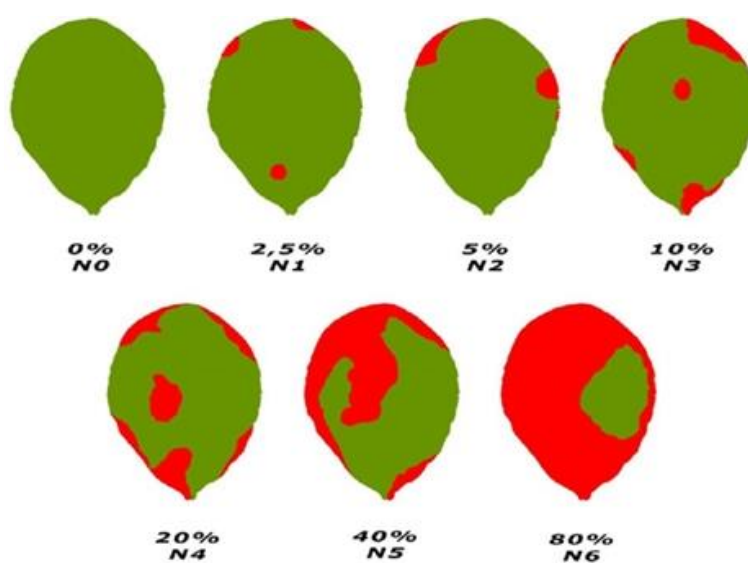
Se realizó un monitoreo en cada parcela de forma visual, para establecer la presencia o ausencia del hongo fitopatógeno, para evidenciar la presencia de esta enfermedad se observaron puntos anaranjados en el haz y envés de las hojas, síntomas que se ven visibles en la figura 6.

f) Severidad de *Uromyces appendiculatus* Link.

Se utilizó un esquema de cuantificación, que comprende estimar el porcentaje de presencia de roya en el cultivo, Cabascango (2015), propone el método de cuantificación según la figura 18. Si el muestreo presenta el 2.5% de severidad se aplicarán los tratamientos.

Figura 18

Severidad de roya en el cultivo de fréjol



Fuente: Reyes y Mendoza (2013)

g) Análisis costo beneficio

Este análisis se realizó al finalizar el ciclo del cultivo, mediante la tabla de costos de producción variables y fijos. Finalmente, se establecerá cual dosis tiene la mejor relación de beneficio/costo.

Para calcular la relación beneficio / costo se utilizó la siguiente fórmula:

$$RB / C = IT / CT \times 100$$

En donde:

RB/C= Relación Beneficio Costo

IT= Ingresos Totales

CT= Costos Totales

3.4 Manejo del experimento

3.4.1. Selección del terreno

Para realizar la implementación del experimento se seleccionó un terreno plano con disponibilidad de agua de riego.

3.4.2. Análisis de suelo

Antes de establecer el experimento se tomó muestras de suelo, mismas que fueron llevadas al laboratorio con un peso de 1kg de muestra, para realizar un estudio completo de macro y micronutrientes y contenido de materia orgánica (Anexo 1), las muestras fueron enviadas el día 02 de febrero del 2021, al laboratorio de análisis agrícolas Agrarprojekt que está ubicado en la ciudad de Quito (Figura 19).

Figura 19

Toma de muestras de suelo



3.4.3. Preparación del suelo

Se procedió a arar y rastrar el suelo que fue seleccionado para realizar el experimento con la ayuda de un tractor, con la finalidad de soltar y nivelar el suelo para facilitar el surcado. Posteriormente se realizaron 15 camas con una dimensión de 12.15 m² por cama (Figura 20).

Figura 20

Preparación del suelo



3.4.4. Fertilización

La fertilización en el ensayo de campo se realizó una vez se obtuvieron los resultados del análisis de suelo. De acuerdo con los requerimientos se aplicó una fertilización convencional, misma que se realizó el día 13 de febrero del 2021 (Figura 21).

Figura 21

Fertilización de suelo



3.4.5. Delimitación de parcelas

Una vez preparado el suelo se procedió a la delimitación de 15 parcelas las cuales tuvieron una superficie de 12.15 m². También se realizaron 10 surcos en cada unidad experimental y en cada surco estaba a una distancia de 25 cm entre planta, misma que se realizó el día 15 de febrero del 2021 (Figura 22).

Figura 22

Delimitación y medición de parcelas



3.4.6. Siembra

La siembra se realizó el día 16 de febrero del 2021 con semillas certificadas de la variedad INIAP 484 Centenario, adquirida del INIAP ubicado en la ciudad de Cuenca, con una densidad de siembra de 60 cm entre surcos y 25 cm entre planta, con una siembra de dos semillas por punto (Figura 23).

Figura 23

Siembra de fréjol



3.4.7. Deshierbe

El deshierbe y aporque se realizó a los 30 días después de la siembra, mismo que se elaboró con la ayuda de un azadón y una pala recta (Figura 24).

Figura 24

Deshierbe del cultivo de fréjol



3.4.8. Riego

Durante el ciclo de germinación el riego se realizó dos veces por semana para que las semillas germinen de una manera adecuada.

3.4.9. Aplicación de los tratamientos

Los tratamientos fueron aplicados según las etapas fenológicas del cultivo, se realizaron aplicaciones foliares al cultivo utilizando dos bombas de mochila, uno para los tratamientos y otro para la aplicación de testigo convencional (Figura 26). En el testigo convencional se aplicaron controladores químicos para el control de enfermedades.

Figura 25

Aplicación de tratamientos



Nota. la figura a) muestra la aplicación de *Bacillus subtilis* Cohn y b) muestra la aplicación del testigo convencional.

3.4.10. Cosecha

Se realizó una cosecha manual, mediante la recolección de las vainas, una vez que el cultivo alcanzó el estado de madurez fisiológica, para la cosecha se realizaron tres pasadas. Mismas que se realizaron el 6 de junio, 15 de junio y 21 de junio del 2021 (Figura 26). La cosecha se realizó en grano tierno.

Figura 26

Cosecha de fréjol en grano tierno



CAPÍTULO IV

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 granos tiernos, 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.

4.1. Variables agronómicas

4.1.1. Crecimiento de la planta

En la tabla 10, se describe el análisis de varianza para la variable crecimiento de la planta, donde se determinó que existe interacción entre los días después de la siembra (dds) y la dosis de aplicación de los tratamientos (F=3.32; gl=28.2353; p<0.0001).

Tabla 10

ADEVA de crecimiento de la planta a los 14, 28, 42, 56, 70, 84, 98 y 122 días después de la siembra del cultivo

Fuentes de variación	Grados de libertad	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Dds	7	2353	6639.66	<0.0001
Tratamiento	4	2353	5.66	0.0002
dds:trat	28	2353	3.32	<0,0001

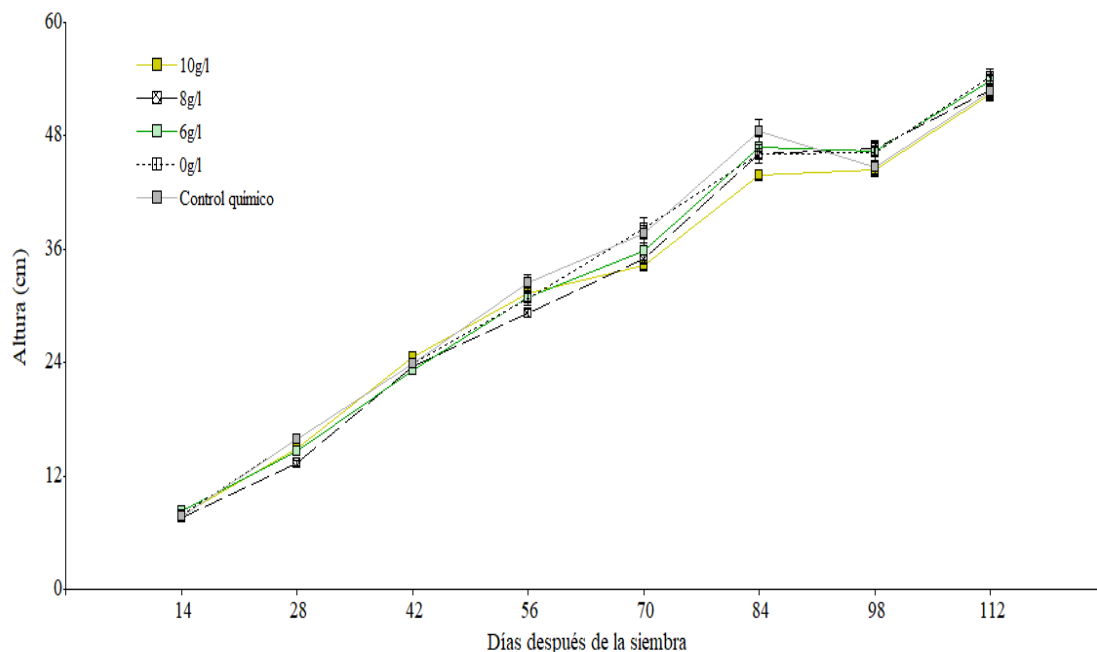
En la figura 28, se muestra la variable crecimiento de la planta la cual tuvo ocho lecturas durante todo el ciclo fenológico y se implementaron a los 14, 28, 42, 56, 70, 84, 98 y 112 días después de la siembra. Como es lógico las diferencias estadísticas se resaltan entre los dds puesto que el tamaño de la planta tiene relación directa con el estado fenológico.

En las ocho lecturas recopiladas para la presente variable no existe supremacía de ningún tratamiento evaluado (Anexo 2), 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 27

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, el primero 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.

De igual manera Corrales et al. (2017) sugieren la aplicación de *Bacillus*, para promover el crecimiento de las plantas debido a los mecanismo de resistencia incluida, además menciona que presenta un crecimiento vegetativo significativo, ya que este actúa como agente biofertilizante.

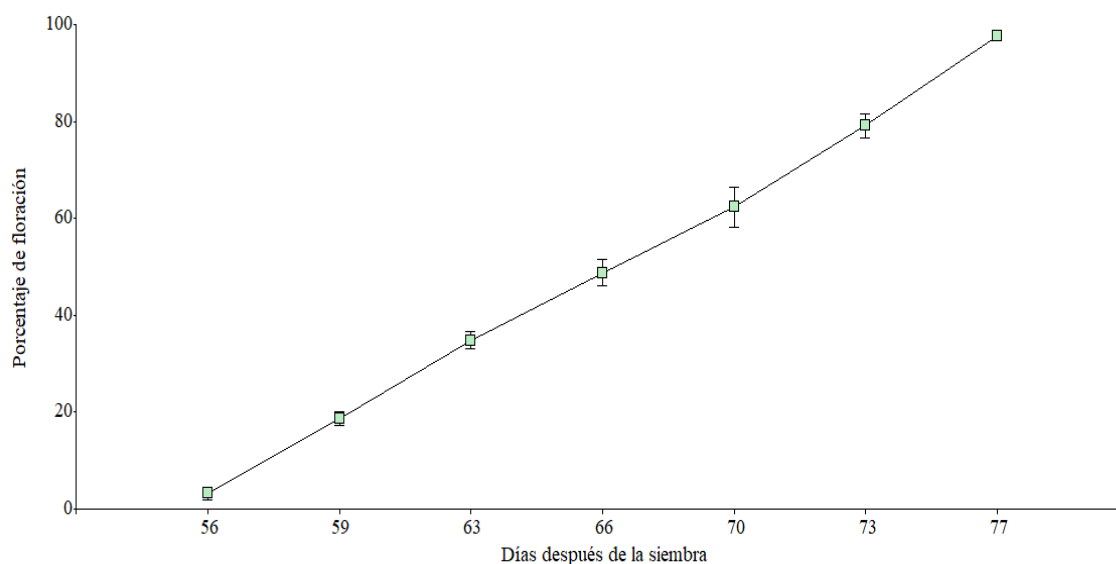
4.1.2. Días a la floración

En la tabla 11, se muestra el análisis de varianza para la variable días a la floración, en la cual se evidencia que no existe interacción entre los factores dds y tratamientos ($F=0.33$; $gl=24.68$; $p=0.9982$). En los resultados se evidencia que el factor dds mostró diferencias estadísticas ($F=686.36$; $gl=6.68$; $p=<0.0001$) independientemente de los tratamientos.

Tabla 11*ADEVA días a la floración*

Fuentes de variación	Grados de libertad	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
dds	6	68	686.36	<0.0001
Tratamiento	4	68	0.41	0.7979
dds:trat	24	68	0.33	0.9982

En la figura 28, 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 (Anexo 3). 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 28*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.

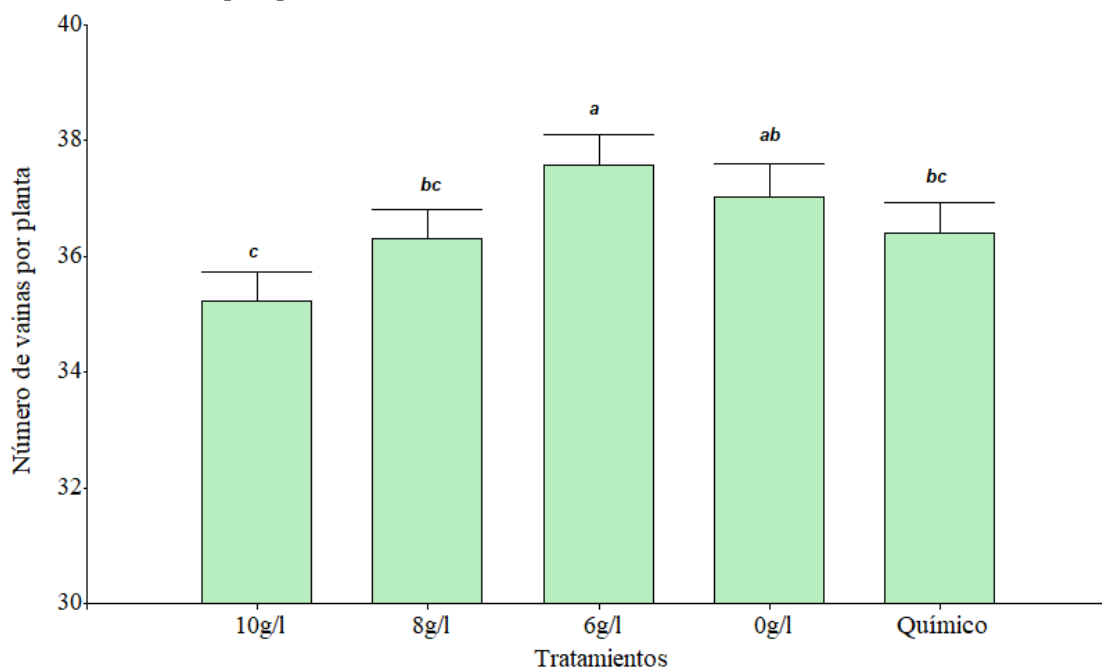
Asimismo, Cevallos (2008) considera que los días a la floración siempre van a depender del manejo que se le brinde al cultivo, además es necesario tomar en cuenta que esta etapa fisiológica está relacionada directamente con las condiciones climáticas y a la variedad que se utilice.

4.1.3. Número de vainas por planta

En la figura 29, 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 (Anexo 4).

Figura 29

Número de vainas por plantas en relación con el tratamiento



Según Baque (2014) el incremento de número de vainas esta asociado con el rendimiento del cultivo, de tal manera que si existe mayor número de vainas también existirá mayor rendimiento. Además también se relaciona con la longitud de la planta, la altura y con la ubicación donde se desarrolla el cultivo. Además, 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.

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, esta es la razón del incremento en el rendimiento y por ende mayor número de vainas.

4.1.4. Número de granos por vaina

En la tabla 12, 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 (Anexo 5).

Tabla 12

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.

4.1.5. Peso en 100 granos tiernos

En la tabla 13, se presentan los resultados del ADEVA para la variable peso en 100 granos tiernos (Anexo 6), la cual muestra que no existe diferencias estadísticas en los tratamientos (F=1.18; gl=4.40; p=0.3328).

Tabla 13

ADEVA para la variable peso en 100 granos tiernos

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 granos tiernos, 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 (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.

De la misma manera Colina et al. (2017) realizaron un estudio con resultados similares al presente estudio, sin diferencias estadísticas en el peso del grano, con la aplicación de *Azotobacter* sp. y *Bacillus* sp. en el cultivo de arroz, pero en esta ocasión encontró diferencias en el rendimiento de los tratamientos en comparación con el testigo.

4.1.6. Rendimiento

En la tabla 14, se presentan los resultados del análisis de ADEVA para la variable rendimiento (Anexo 7), la cual muestra que no existe diferencias estadísticas en los tratamientos ($F=1.24$; $gl=4.8$; $p=0.3680$).

Tabla 14

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) reportaron 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. Además, Chávez (2020) indica que la dosificación de 500 ml de *Bacillus subtilis* Cohn en el fréjol incremento el rendimiento en comparación al testigo absoluto, situación que se contrapone a los resultados obtenidos en este estudio

4.2. 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 poder hacer los análisis correspondientes.

4.2.1. Incidencia de *Phoma exigua* Sacc

En la tabla 15, se detalla el análisis de varianza para la variable incidencia de *P. exigua* S., la cual se evidencia que no existe interacción entre los dds y las dosis de *B. subtilis* (F=1.03; gl=16.48; p=0.4483). de forma independiente existe diferencias estadísticas significativas para las aplicaciones de *Bacillus* (F=9.30; gl=4.48; p=<0.0001) y dds (F=6.63; gl=4.48; p=0.0002).

Tabla 15

ADEVA para la variable incidencia de Phoma exigua Sacc en el cultivo de fréjol

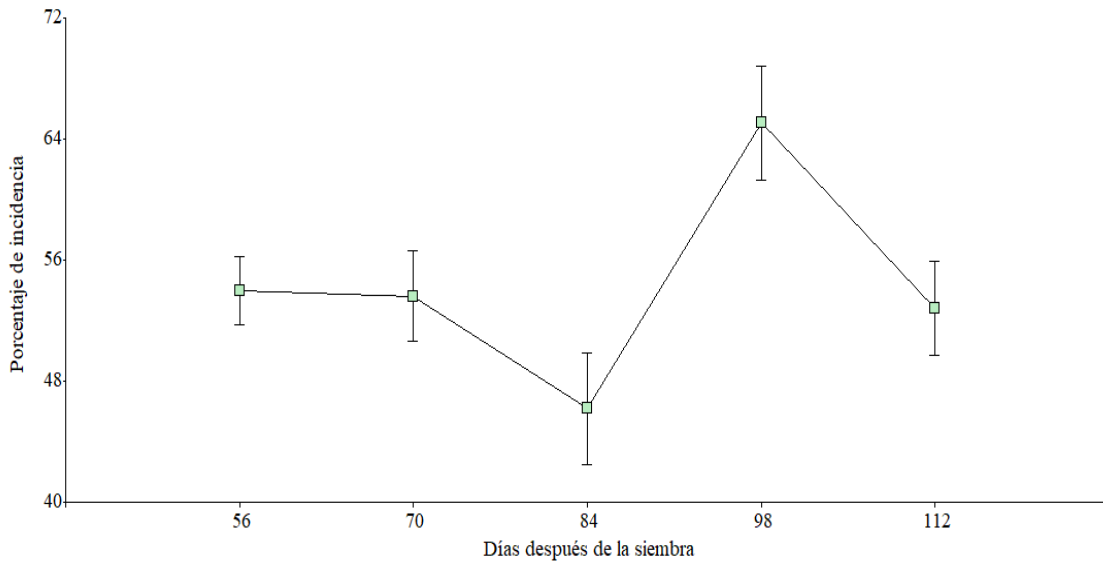
Fuentes de variación	Grados de libertad	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Dds	4	48	6.63	0.0002
tratamiento	4	48	9.30	<0.0001
dds:trat	16	48	1.03	0.4483

En la figura 30, 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 (Anexo 8).

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 afección 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, el porcentaje volvió a disminuir y se obtuvo una media de 52.80%.

Figura 30

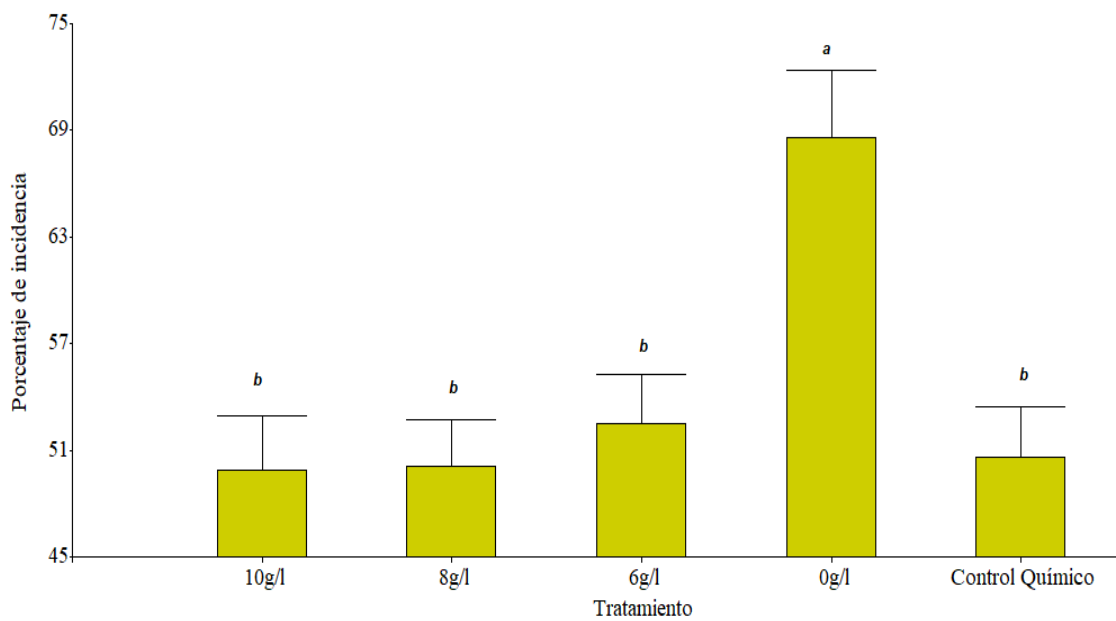
Comportamiento de la variable porcentaje de incidencia de Phoma exigua Sacc en relación con dds.



En la figura 31, 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 31

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.

Del mismo modo, Chávez (2020) reporta que *Bacillus subtilis* Cohn tiene la capacidad de secretar metabolitos y proteínas para contrarrestar la incidencia de hongos fitopatógenos y plagas presentes en los cultivos, además causan un mejor desarrollo vegetal. Además, Corrales et al. (2017) informan que *Bacillus subtilis* Cohn es capaz de fijar el nitrógeno en el suelo.

En este sentido, Tejera et al. (2011) recalcan 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.

Asimismo, en un estudio realizado por Caballero et al. (2018) indican que los resultados obtenidos con la aplicación de *Bacillus subtilis* Cohn alcanzaron una incidencia del 8% en el cultivo de frutilla para controlar antracnosis a diferencia del testigo que presentó 100%, lo cual difiere con los resultados de la presente investigación puesto que el valor más bajo se registró con el tratamiento de 8 g/l que obtuvo un valor medio de 50.13%

4.2.2. Severidad de *Phoma exigua* Sacc

En la tabla 16, 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 (Anexo 9).

Tabla 16

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

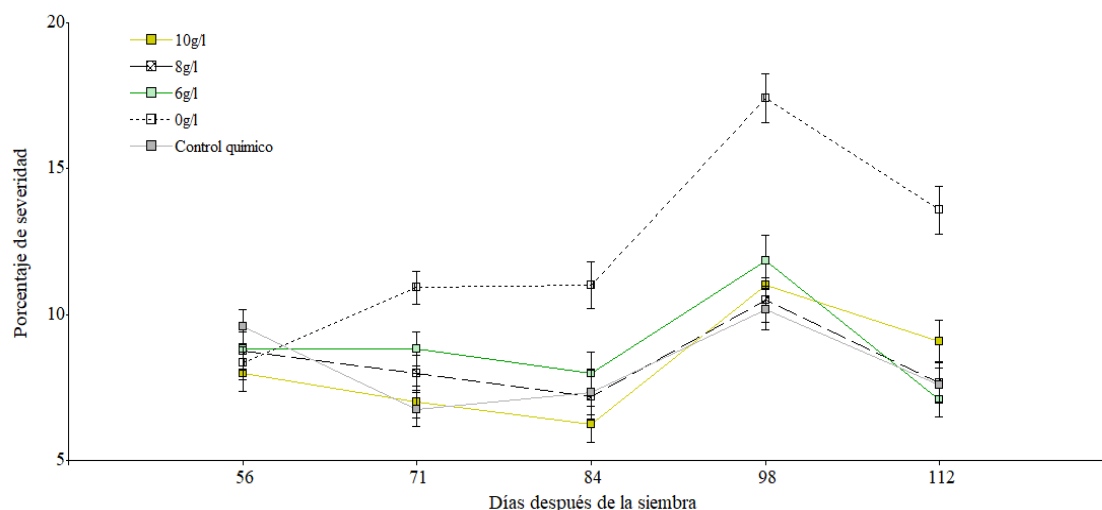
En la figura 32, se observa el comportamiento de *Phoma exigua* Sacc que está en relación con los dds, los datos se tomaron cada 15 días a partir del día 56 después de la siembra. De las cinco lecturas recopiladas, en cuatro el testigo absoluto presenta los valores de severidad más altos que se diferencian 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 la bacteria 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 *B subtilis* tiene un margen de efectividad similar al control químico.

Figura 32

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 (*Fragaria vesca* L.), 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 un porcentaje alto con un rango del 75 al 97%. Además, Morocho y Mora (2019) indican que el uso de *Bacillus subtilis* Cohn ayuda a mitigar la presencia de hongos fitopatógenos presentes en los cultivos, además de incrementar el desarrollo, productividad y calidad de los mismos.

4.2.3. Análisis costo beneficio

Los costos de producción se realizaron una vez finalizó el ciclo del cultivo de fréjol mediante la tabla, los cuales están detallados en el Anexo 10. En donde se puede observar que los costos se realizaron en base a lo invertido en la presente investigación mismo que fue de 12.15 m²/parcela con una extensión de terreno de 376 m².

Para realizar el análisis beneficio/costo, se tomaron en cuenta los valores 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 valores de ingresos y egresos en USD/ha. El

precio 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 valor de mano de obra fue de (15.00 USD/ha).

En la tabla 17, se muestra los costos de producción en los cuales se observa que tratamiento con aplicación de *Bacillus subtilis* Cohn obtuvo un valor de 919.12 USD/ha la aplicación del control químico obtuvo el costo más alto con 951.52 USD/ha finalmente el testigo absoluto el cual tuvo el valor más bajo con un 897.34 USD/ha. Cabe mencionar que los costos elevados se deben a la demanda de mano de obra, de igual manera se debe al sistema de riego mismo que fue de un riego por aspersión (Anexo 11).

Los beneficios se evidencian en la tabla 18 en donde se observa que obtuvieron un 1.65, 1.65, 1.69, 1.59 y 1.56, respectivamente. Es decir que por cada dólar invertido se obtuvo 0.65, 0.65, 0.69, 0.59 y 0.56 USD de ganancia. Según el análisis beneficio/costo el tratamiento que logró mejor comportamiento con el índice financiero fue el D3 seguido de la D2 y D3, puesto que resultan con un valor de 1.69 y 1.65 respectivamente, lo que demuestra que el nivel de productividad resulta de un ejercicio económicamente rentable (Anexo 12).

Tabla 17

Análisis económico por tratamiento expresado en hectáreas.

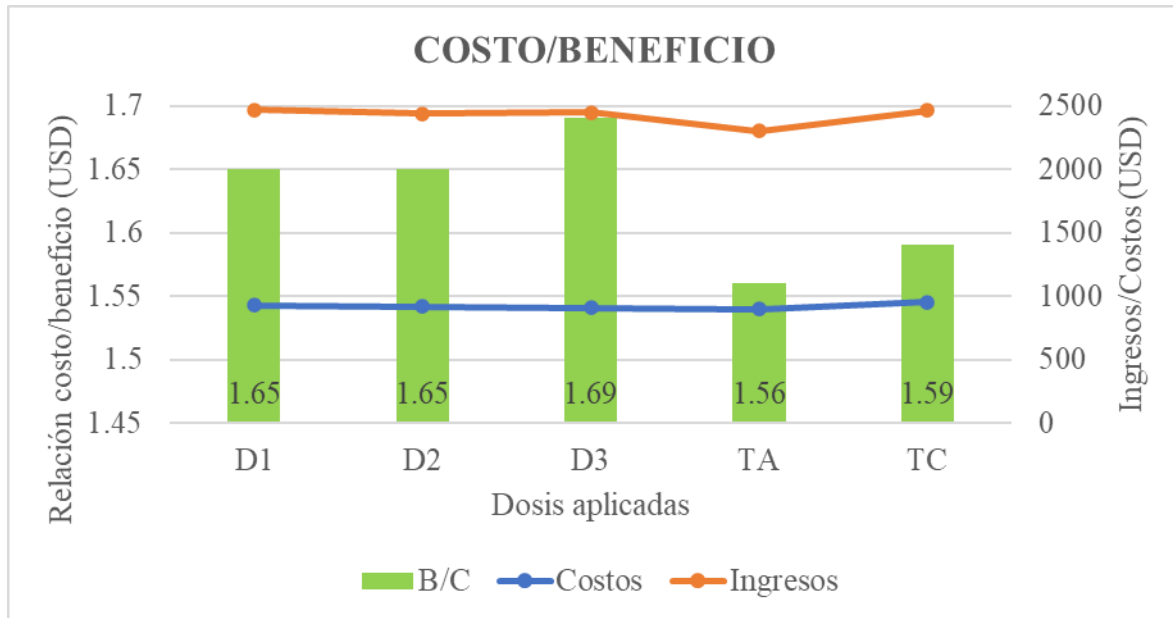
Indicadores	Dosis 1 (10 g/l)	Dosis 2 (8 g/l)	Dosis 3 (6 g/l)	Testigo convencional	Testigo absoluto
Costos producción USD	930.01	919.12	908.23	951.24	897.34
Ingresos por ventas USD	1539	1515.5	1539	1510	1404.5
Rendimiento kg/ha	3078	3031	3078	3020	2809
Utilidad bruta	608.99	596.38	630.77	558.76	507.16
B/C	1.65	1.65	1.69	1.59	1.56

En la figura 33, 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 33

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.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- La investigación realizada determinó que la aplicación de *Bacillus subtilis* Cohn tiene efecto sobre las enfermedades fungosas 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.

5.2 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

- Albuja, W. (2016). *Análisis epidemiológico y comportamiento agronómico del manejo de la diversidad genética de fréjol (Phaseolus vulgaris L.) en Cotacachi, Imbabura* [Trabajo de pregrado. Universidad Central del Ecuador]. Repositorio Digital <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/8224>
- Ávila, J., Padilla, G., Martínez, D., Rivas, F., Coronado, M. y Ortega, P. (2015). Respuesta de algunos componentes del rendimiento del cultivo de garbanzo (*Cicer arietinum* L.) a la inoculación de *Mesorhizobium ciceri*, *Trichoderma harzianum* y *Bacillus subtilis* en la Región Agrícola de la costa de Hermosillo. *Revista BIOtecnia* 17(3), 3-8. <https://doi.org/10.18633/bt.v17i3.212>
- Baque, J. (2014). *Adaptación de 26 líneas avanzadas de frjol voluble (Phaseolus vulgaris L.), asociado con maíz (Zea mays L.) en el Campo Docente Experimental "La Tola", Tumbaco, Pichincha* [Tesis de pregrado. Universidad Central del Ecuador]. Repositorio Digital. <http://www.dspace.uce.edu.ec:8080/bitstream/25000/4540/1/T-UCE-0004-6.pdf>
- Basantes, E. (2015). *Manejo de cultivos andinos del Ecuador*. Editorial de las Fuerzas Armadas ESPE.
- Caballero, M., Giuliana, G., Duarte, S. y Concepción, L. (2018). *Efecto del producto biológico a base de Bacillus subtilis sobre la antracnosis (Colletotrichum fragariae Brooks) y la mancha marrón (Pestalotiopsis sp.) en plantines de frutilla (Fragaria x ananassa Duch.)* [Tesis de pregrado. Universidad Nacional de Cuyo]. Repositorio Digital. https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/12843/20-productos-naturales-bioactivos-caballero-gabriela-una.pdf
- 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>
- Canacuán, M., (2019). *Evaluación agronómica del cultivo de fréjol arbustivo (Phaseolus vulgaris L.) var. Paragachi bajo el método biointensivo, Cantón Antonio Ante* [Trabajo de pregrado. Universidad Técnica del Norte]. Repositorio Digital. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/9855>
- Calero, A., Quintero, E., Pérez, Y., Olivera, D., Peña, K. y Jiménez, J. (2019). Efecto entre microorganismos eficientes y fitomas-e en el incremento agroproductivo del frijol. *Revista Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial*, 17(1), 25-33 http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612019000100025

- 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 Agrotecnia de Cuba*, págs. 3-8. http://www.actaf.co.cu/revistas/agrotecnia_05_2008/agrot2005-1/EPRO65.pdf
- Cevallos, R. (2008). *Comportamiento agronómico del fréjol (Phaseolus vulgaris L.) variedad rojo del valle, en monocultivo y sistemas agroforestales en la parroquia Peñaherrera – cantón Cotacachi* [Tesis de pregrado. Universidad Técnica del Norte]. Repositorio Digital. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/5339/2/03%20AGP%20201%20AR%20TICULO.pdf>
- Colina, E., Castro, C., Rodríguez, J., García, G., Uvidia, M. y Santana, D. (2017). Eficiencia agronómica del arroz INIAP-17 con niveles de fertilización química y biológica en el Litoral Ecuatoriano. *Journal of Science and Research*, 2(6), 10-15. <https://revistas.utb.edu.ec/index.php/sr/index>
- Colmenares, R., Bolívar, Y., Cabriles, N., Torres, N. & León, A. (2015). Insectos asociados al cultivo de fréjol. *INIA Divulga*, págs,11-18.
- Constitución de la República del Ecuador [Const]. (2008).
- Cornelio, M., (2015). *Adaptabilidad de cinco variedades de frijol (Phaseolus vulgaris), en la finca Angamarca la vieja del cantón Pangua, Provincia de Cotopaxi año 2013* [Trabajo de pregrado. Universidad Técnica de Cotopaxi]. Repositorio Digital. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/3551>
- 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 forrajes*. (págs. 14-15). CIAT: Bitstream.
- Cruz, G. (2013). *Producción de frijol (Phaseolus vulgaris L.) para evaluar la respuesta a la inoculación con cepas de Rhizobium* [Tesis de pregrado. Escuela Agrícola Panamericana]. Repositorio Digital. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/3454/1/CPA-2014-022.pdf>
- Chávez, M. (2020). *Efecto de la aplicación de Bacillus subtilis en el cultivo de fréjol (Phaseolus vulgaris L.) en tres variedades a tres dosis* [Tesis de pregrado. Universidad Central del Ecuador]. Repositorio Digital. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/21980>

- Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua [ESPAC]., (2020). *Tabulados*. Tabulados de la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua. ESPAC 2020.
- Flores, A. y González, M. (2016). *Efecto insecticida de eugenol purificado en el control del gorgojo Callosobruchus maculatus en fréjol del género Vigna* [Tesis de pregrado. Universidad Nacional de Loja]. Repositorio Digital. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/17592>
- Gaibor, J., (2019). *Determinación de los requerimientos hídricos para el cultivo de fréjol (Phaseolus vulgaris) Var. Calima en base al tanque de evaporación Tipo A, y fórmulas empíricas (FAO), en Macaji, cantón Riobamba provincia de Chimborazo* [Tesis de pregrado. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Repositorio Digital. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/12340>
- García, E., (2006). *Guía técnica para el cultivo de fréjol*. ASOPROL: Boaco.
- Gregan, K. (2016). Antifungal and antibacterial properties of surfactin produced by *Bacillus subtilis* cultured on molasses. *Global Journal of Biological and Biomedical Research*, (págs. 1-7).
- Hidalgo, E. (2014). Control de Plagas Agrícolas y Forestales con Agentes Microbiológicos. En E. Hidalgo, *Manual Técnico – practico (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.
- Jarquín, R., Huerta, A. (2017). Agricultura sostenible como base para los agronegocios. En ITSON. *Revista Mexicana de Agricultura*, (Págs.101-110).
- Lagunas, J., Zavaleta, E., Kawasoe, O. y Aranda, S. (2001). *Bacillus* como agente de control biológico de *Phytophthora capsici* Leo. en Jitomate. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 19(1), 57- 65. <https://www.redalyc.org/pdf/612/61219108.pdf>
- Limaico, K. y Ortiz, R. (2019). *Determinación de las fechas de siembra de tres cultivos al temporal, con base en Kc del cultivo y el agua disponible en Tumbaco* [Tesis de pregrado. Universidad Central del Ecuador]. Repositorio Digital. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/18511>
- Méndez, J., Flores, M., & Páramo, L. (2017). Aislamiento e identificación de *Bacillus subtilis* y evaluación del antagonismo in vitro frente hongos fitopatógenos. *NEXO Revista Científica*, 30(2), 96-110. <https://doi.org/10.5377/nexo.v30i2.5530>

- Montaña, M., Montilla, J., Perdomo, V., Valera, Y. y Valenzuela, J. (2008). Causas y efectos del mal manejo de los insecticidas sobre la salud del agricultor. *Revista Creando*, 7-8, 183-188. <http://erevistas.saber.ula.ve/index.php/creando/article/view/1681>
- Montero, M. (2009). Principales enfermedades que afectan el cultivo de frijól común (*Phaseolus vulgaris*) en la región Brunca. *InfoAgro Costa Rica*, Recuperado de <http://www.infoagro.go.cr/Infoagro/HojasDivulgativas/Principales%20enfermedades%20que%20afectan%20el%20cultivo%20de%20frijol%20com%C3%BAAn.pdf>.
- Morocho, M y Mora, M. (2019). Microorganismo eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Revista centro agrícola*, 46(2). 93-103. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852019000200093
- Murillo, A., Peralta, E., Mazón, N., Rodríguez, D. y Pinzón, J. (2012). Variedad de fréjol arbustivo con resistencias múltiples a enfermedades INIAP 484 Centenario. Publicación Miscelánea No. 421. Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos. Estación Experimental Santa Catalina. INIAP. Quito, Ecuador. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/384/4/iniapscbd421.pdf>
- 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 en Cuba. *Fitosanidad*, 3-11.
- Ñacato, C. y Valencia, M. (2016). *Aislamiento, identificación y pruebas in vitro de cepas autóctonas de Bacillus subtilis como agentes de biocontrol de Alternaria spp. En Brassica oleracea var. itálica* [Tesis de pregrado. Universidad Politécnica Salesiana SEDE Quito]. Repositorio Digital. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/12144>
- Ochoa, R. (1995). *Estudio morfoagronómico y taxonómico del fréjol voluble (Phaseolus vulgaris L.) en la Parroquia Shaglli* [Tesis de pregrado. Universidad de Cuenca]. Repositorio Digital. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/17746>
- Saigua, L. (2015). *Evaluación fitosanitaria y agronómica en poblaciones locales de fréjol en unicultivo en Cotacachi, Saraguro y Gualaceo* [Tesis de pregrado. Universidad Central del Ecuador]. Repositorio Digital. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/7776>
- Pastor C., M.A. (2006). Enfermedades del fréjol causadas por hongos. En: López Genes, Marceliano; Fernández O., Fernando O.; Schoonhoven, Aart van (eds.). *Frijol: Investigación y producción*. Programa de las Naciones Unidas (PNUD); Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, (págs. 169-206).
- Peralta, E., Murillo, A., Falconí, E., Mazón, N. y Pinzón, J. (2007). *Manual de campo para el reconocimiento y control de las enfermedades más importantes que afectan al cultivo del fréjol (Phaseolus vulgaris L.) en Ecuador*. Publicación Miscelánea No.

136. Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos. Estación Experimental Santa Catalina. INIAP. Quito, Ecuador.
- 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.
- Pérez, D. H., Castellanos, M. D., Ramos, R., Bermúdez, R. S., González, N. P. e Isla, L. H. (2016). Efecto de medios biológicos y productos naturales sobre *Sclerotium rolfisii* Sacc. en frijol común. *Centro Agrícola*. 43(4). 79-87.
- Plaza, G., Turek, A., Krol, E & Szczyglowska, R. (2013). Antifungal and antibacterial properties of surfactin isolated from *Bacillus subtilis* growing on molasses. *African Journal of Microbiology Research*. 7, 3165-3170. <https://pdfs.semanticscholar.org/310a/2f43317c27f15a7892693ae91a08acc04499.pdf>
- Pompozzi, G. (2015). *Estudio de la diversidad de arañas (Araneae) en cultivos invernales de la provincia de Buenos Aires y su importancia como enemigos naturales de insectos plaga* [Tesis de postgrado. Universidad Nacional del Sur]. Repositorio Digital. <http://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/2371>
- Pucuji, 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>
- Ruano, J. (2018). *Aplicación de Bacillus subtilis para el control de Uromyces phaseoli y Colletotrichum lindemuthianum en ejote francés orgánico* [Tesis de grado. Universidad Rafael Aldívar]. Repositorio Digital. <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjrcd/2018/06/17/Ruano-Jose.pdf>
- Ruiz, E., Mejía, M., Cristóbal, J., Valencia, A. y Reyes, A. (2007). Actividad antagónica de filtrados de *Bacillus subtilis* contra *Collectotrichum gloeosporioides*. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 5(7), 1325-1332. <https://www.redalyc.org/pdf/2631/263131533015.pdf>
- Ruiz, D., Schneider, M., Autino, J. y Romanelli, G. (2014). La química verde como fuente de nuevos compuestos para el control de plagas agrícolas. *Ciencia en Desarrollo*. 4(2). 83-91.
- Sansinenea, E. y Ortiz, A. (2011). Secondary metabolites of soil *Bacillus spp.* *Biotechnology Letters*, 33(8), 1523–1538. <https://doi.org/10.1007/s10529-011-0617-5>.
- Sánchez, F. (2016). Importancia de los lipopéptidos de *Bacillus subtilis* en el control biológico de enfermedades en cultivos de gran valor económico. *Revista Bionatura*, 3, 135-138. <http://revistabionatura.com/files/lipopeptidos.pdf>

- Sepúlveda, P. (2016). Virosis en fréjol. INIA, (págs. 1-2). <https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/66769>
- SIPA., (2021). *Sistema de Información Pública Agropecuaria*. SIPA 2021.
- 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>
- Tumpa, F., Sultana, A., Alam, M., & Khokon, M. (2016). Bio-stimulation by seed priming with *Bacillus subtilis* for suppressing seed-borne fungal pathogens of vegetables in Bangladesh. *Journal of the Bangladesh Agricultural University*, 14(2), 177-184.
- Ulloa, J., Rosas, P., Ramírez, C. y Ulloa, E. (2011). El frijol (*Phaseolus vulgaris* L): su importancia nutricional y como fuente de fitoquímicos. *Centro de Tecnología de Alimentos*, 1-5. Obtenido de Centro de Tecnología de Alimentos.
- Valencia, L. (2019). *Evaluación de las cepas Bacillus subtilis EA-CB0015 y Bacillus amyloliquefaciens EA-CB0959 sobre cuatro hongos patógenos de arroz* [Trabajo de pregrado. Universidad EAFIT]. Repositorio Digital. <http://hdl.handle.net/10784/13529>
- Vargas, F. (2018). *Identificación de las principales plagas y enfermedades del fréjol (Phaseolus vulgaris L.) en la parroquia de San Blas, cantó Urcuquí* [Trabajo de pregrado. Universidad Técnica de Babahoyo]. Repositorio Digital. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/4358>
- Villa, P., Rivero, M. y Gonzales, G. (2007). Evaluación de cepas de *Bacillus subtilis* bioantagonistas de hongos fitopatógenos de género *Fusarium* ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, 41(1), 52-56.
- Villanueva, D. (2010). *Evaluación de seis variedades de fréjol (Phaseolus vulgaris L.), bajo condiciones de cultivo tradicional en localidades de Chimaltenango y Sololá* [Tesis de pregrado. Universidad de San Carlos de Guatemala, Instituto de Investigaciones agronómicas]. Repositorio Digital. <https://core.ac.uk/download/84773546.pdf>
- Villareal, M., Villa, E., Cira, L., Estrada, M., Parra, F. y Villalobos, S. (2018). El género *Bacillus* como agente de control biológico y sus implicaciones en la bioseguridad agrícola. *Revista mexicana de fitopatología*, 36(1), 95-130. <https://www.smf.org.mx/rmf/ojs/index.php/RMF/article/view/100>
- 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).

Zuluaga, C., Céspedes, P. y Marín, M (2008). Generalidades de la uredinales (*fungi: basidiomycota*) y de sus relaciones filogenéticas, (págs. 1-17).

ANEXOS

Anexo 1. Análisis de suelo de macro y micronutrientes y contenido de materia orgánica.



Agrarprojekt S.A.
 Urb. El Condado, Calle V #941 y Av. A, Quito
 Tel: 02-2490575/02-2492148/0984-034148
 info@agrارprojekt.com
 www.agrarprojekt.com

INFORME: ANÁLISIS DE SUELO

PT0901.REV01

Pág 1/2

Código Agrarprojekt:	UTN-020221	Informe de Ensayo N°	161
Fecha de recepción:	02-02-21	Fecha de Informe:	10-02-21

DATOS DEL CLIENTE			
Cliente:	Gerardo Yandun Ibutjes		
Solicitado por:	Ana Judith Yandun		
Ubicación:	Ibarra	Teléfono:	0993696613

PROCESO DE ANÁLISIS
<p>Método utilizado para la preparación de la muestra y elaboración de extractos: Secado → Tamizar para excluir partículas mayores y desmenuzar terrones → Mezcla homogénea pH: en H₂O y KCl, Método Volumen 1:2 C.E.: Método Volumen 1:2 (extracto en H₂O) NH₄, K, Ca y Mg: Extracción con NaCl 0.05 M Fe, Mn, Zn y Cu: Extracción con DTPA / CaCl₂ P: Extracción con NaHCO₃ 0,5 M (Método Olsen) NO₃, SO₄, Na, Cl y B: Extracto Agua</p>

MÉTODOS DE REFERENCIA UTILIZADOS	
PARÁMETROS	MÉTODO
pH	EPA 9045 D
Conductividad (C.E.)	SM 2510 B
Nitrato (NO ₃)	ISO 7890-1 / DIN-38405-D9-2
Amonio (NH ₄)	SM 4500-NH ₄ D
Fosfato (PO ₄)	SM 4500-P C
Potasio (K)	SM 3500-K B
Magnesio (Mg)	EPA 7000 B
Calcio (Ca)	EPA 7000 B
Sulfato (SO ₄)	SM 4500-SO ₄ E
Sodio (Na)	SM 3500-Na B
Cloruro (Cl ⁻)	SM 4500-Cl G / SM-4500-CL-D Método Potenciométrico
Hierro (Fe)	EPA 7000 B
Manganeso (Mn)	EPA 7000 B
Cobre (Cu)	EPA 7000 B
Zinc (Zn)	EPA 7000 B
Boro (B)	DIN-38405-D17
Molibdeno (Mo)	EPA 7010
Silicio (Si)	EPA 7010
Aluminio (Al)	EPA 7010
Bicarbonatos (HCO ₃)	SM 2320 B
Materia Orgánica (LOI, "Loss On Ignition")	AOAC 967.05 / DIN 19684-3
Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)	EPA 9081
% Saturación de Bases	EPA 9081
Fracción de Partículas	ISO 11277

RESULTADOS

Código Agrarprojekt:

UTN-020221

Pág 2/2

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA	
Tipo de Muestra:	Suelo
Cultivo:	Fréjol
Número de Muestra:	# 1
Información Proporcionada por el Cliente:	Muestra de Suelo

Contenido de macro- y microelementos en mg / kg de suelo seco

	Análisis	Unidades	*Método de Extracción	*Niveles Óptimos para Fréjol - Cultivo Intensivo	Resultado
Características del Suelo	Materia Orgánica	%	-	3 - 15	3.6
	Conductividad (CE)	mS/cm	Vol. 1:2	0.2 - 0.4	0.34
	pH (en H ₂ O)	-	Vol 1:2	-	7.7
	pH (en KCl)	-	Vol 1:2	5.6 - 7.0	6.8
Macronutrientes	Nitrato (NO ₃ -N)	mg/kg	Extracto Agua	-	21.9
	Amonio (NH ₄ -N)	mg/kg	NaCl 0.05 M	-	1.0
	(NO ₃ +NH ₄)-N	mg/kg	-	**10 - 20	22.9
	Fósforo (P)	mg/kg	NaHCO ₃ 0.5M	25 - 40	36.3
	Potasio (K)	mg/kg	NaCl 0.05 M	130 - 200	152
	Magnesio (Mg)	mg/kg	NaCl 0.05 M	60 - 120	97.0
	Calcio (Ca)	mg/kg	NaCl 0.05 M	400 - 1000	560
	Azufre (SO ₄ -S)	mg/kg	Extracto Agua	10 - 15	3.7
Micronutrientes	Hierro (Fe)	mg/kg	DTPA/CaCl ₂	20 - 50	37.3
	Manganeso (Mn)	mg/kg	DTPA/CaCl ₂	6 - 30	11.6
	Cobre (Cu)	mg/kg	DTPA/CaCl ₂	1.0 - 4.0	2.9
	Zinc (Zn)	mg/kg	DTPA/CaCl ₂	1.2 - 6.0	3.3
	Boro (B)	mg/kg	Extracto Agua	0.15 - 0.60	0.18
Peligro de Salinidad	Sodio (Na)	mg/kg	Extracto Agua	< 140	22.5
	Cloruro (Cl ⁻)	mg/kg	Extracto Agua	< 210	22.2
	Sales Totales	mg/kg	Extracto Agua	< 2000	280

* Fuente: Soil Science Society of America Inc. (Ed.). 2001. Methods of Soil Analysis. 1390 pp.

** Nivel Óptimo de N: con presencia de nódulos fijadores de nitrógeno (Rhizobium spp.)

- = No Aplica

Nota: - Los datos y resultados están basados en la información y muestras entregadas por el cliente para quien se ha realizado este informe de manera exclusiva y confidencial.

- La fecha de ensayo y los métodos utilizados están a disposición del cliente cuando lo requiera.
- El Laboratorio no realizó el muestreo por lo tanto no certifica el origen de las muestras.
- Prohibida la reproducción total o parcial de los resultados. No procede copia.

Karl Wilhelm Sponagel

Agrarprojekt S.A.
 Dr. Karl Sponagel
 Director del Laboratorio

Anexo 2. Media y error estándar para la interacción de los días después de la siembra y los tratamientos en la variable crecimiento de la planta (altura).

dds	Tratamiento	Media	Error Estándar
14	D1	7.93	0.17
14	D2	7.58	0.13
14	D3	8.30	0.17
14	TA	7.83	0.14
14	TC	7.73	0.13
28	D1	14.90	0.43
28	D2	13.35	0.22
28	D3	14.58	0.39
28	TA	15.92	0.40
28	TC	15.93	0.41
42	D1	24.58	0.37
42	D2	23.57	0.30
42	D3	23.17	0.29
42	TA	23.83	0.26
42	TC	23.88	0.28
56	D1	31.40	0.55
56	D2	29.18	0.44
56	D3	30.90	0.58
56	TA	30.82	0.80
56	TC	32.45	0.79
70	D1	34.22	0.53
70	D2	35.02	0.59
70	D3	35.77	0.91
70	TA	38.20	1.17
70	TC	37.63	0.91
84	D1	43.85	0.54
84	D2	46.08	0.97
84	D3	46.73	1.22
84	TA	46.07	0.97

84	TC	48.50	1.18
98	D1	44.43	0.66
98	D2	46.67	0.81
98	D3	46.38	0.96
98	TA	46.17	1.03
98	TC	44.73	1.08
112	D1	52.38	0.57
112	D2	52.85	0.72
112	D3	53.87	0.61
112	TA	54.25	0.86
112	TC	52.63	0.89

Anexo 3. Media y error estándar para los dds en la variable días a la floración.

dds	Media	Error Estándar
56	3.20	1.30
59	18.73	1.48
63	34.87	1.81
66	48.80	2.74
70	62.33	4.14
73	79.13	2.52
77	97.73	0.77

Anexo 4. Rangos de media y error estándar para los tratamientos en relación con la variable número de vainas por planta.

Tratamiento	Media	Error Estándar	Rango	
D3	12.53	0.18	A	
TA	12.34	0.18	A	B
TC	12.13	0.18	B	C
D2	12.11	0.18	B	C
D1	11.74	0.18	C	

Anexo 5. Media y error estándar para la interacción de dds y tratamientos en la variable número de granos por vaina

dds	Tratamiento	Media	Error Estándar
110	D1	5.35	0.05
110	D2	5.50	0.04
110	D3	5.40	0.05
110	TA	5.34	0.05
110	TC	5.38	0.05
119	D1	5.39	0.04
119	D2	5.41	0.04
119	D3	5.49	0.04
119	TA	5.40	0.04
119	TC	5.32	0.04
124	D1	5.40	0.04
124	D2	5.39	0.04
124	D3	5.38	0.04
124	TA	5.47	0.04
124	TC	5.43	0.04

Anexo 6. Media y error estándar para los tratamientos en la variable peso en 100 granos tiernos.

dds	Media	Error Estándar
D1	124.67	1.29
D2	122.78	1.36
D3	124.67	1.28
TA	125.67	1.32
TC	122.33	1.21

Anexo 7. Media y error estándar para los tratamientos en la variable rendimiento.

Tratamiento	Media	Error Estándar	Rango
TA	310.95	3.33	A
D1	307.82	3.33	A
D3	307.82	3.33	A
D2	303.16	3.33	A
TC	302.06	3.33	A

Anexo 8. Rango de medias y errores estándares para los días después de la siembra en la variable incidencia de *Phoma exigua* Sacc.

dds	Media	Error Estándar	Rango
98	65.07	2.64	A
56	54.00	2.64	B
70	53.60	2.64	B C
112	52.80	2.64	B C
84	46.20	2.64	C

Anexo 9. Rango de medias y errores estándares para los tratamientos en la variable incidencia de *Phoma exigua* Sacc.

dds	Trat	Media	Error Estándar	Rango									
98	TA	86.33	5.90	A									
112	TA	70.67	5.90	A	B								
70	TA	68.67	5.90		B	C							
84	TA	63.00	5.90		B	C	D						
56	TC	61.33	5.90		B	C	D	E					
98	D1	60.33	5.90		B	C	D	E					
98	D3	60.33	5.90		B	C	D	E					
98	D2	59.33	5.90		B	C	D	E	F				
98	TC	59.00	5.90		B	C	D	E	F				
70	D3	57.67	5.90		B	C	D	E	F	G			
56	TA	54.33	5.90		B	C	D	E	F	G	H		
112	D1	53.33	5.90			C	D	E	F	G	H		
56	D2	52.67	5.90			C	D	E	F	G	H		
56	D3	51.67	5.90				D	E	F	G	H		
70	D2	51.67	5.90				D	E	F	G	H		
56	D1	50.00	5.90				D	E	F	G	H		
112	TC	48.33	5.90				D	E	F	G	H		
70	D1	46.67	5.90				D	E	F	G	H		
84	D3	46.33	5.90				D	E	F	G	H		
112	D3	46.33	5.90				D	E	F	G	H		
112	D2	45.33	5.90					E	F	G	H		
70	TC	43.33	5.90						F	G	H		
84	D2	41.67	5.90							G	H		
84	TC	41.00	5.90							G	H		
84	D1	39.00	5.90								H		

Anexo 10. Rango de medias y errores estándares para los tratamientos en la variable incidencia de *Phoma exigua* Sacc.

Dds	Trat	Media	Error Estándar	Rango								
98	TA	17.42	0.79	A								
112	TA	13.58	0.69		B							
98	D3	11.83	0.79		B	C						
98	D1	11.00	0.79			C	D					
84	TA	11.00	0.73			C	D					
71	TA	10.92	0.58			C	D					
98	D2	10.50	0.79			C	D	E				
98	TC	10.17	0.79			C	D	E	F			
56	TC	9.58	0.64				D	E	F	G		
112	D1	9.08	0.69				D	E	F	G	H	
71	D3	8.83	0.58					E	F	G	H	I
56	D3	8.83	0.64					E	F	G	H	I
56	D2	8.75	0.64					E	F	G	H	I
56	TA	8.33	0.64						F	G	H	I
71	D2	8.00	0.58						F	G	H	I
56	D1	8.00	0.64						F	G	H	I
84	D3	8.00	0.73							G	H	I
112	D2	7.67	0.69							G	H	I
112	TC	7.58	0.69							G	H	I
84	TC	7.33	0.73								H	I
84	D2	7.17	0.73								H	I
112	D3	7.08	0.69								H	I
71	D1	7.00	0.58									I
71	TC	6.75	0.58									
84	D1	6.25	0.73									

Anexo 11. Esquema de costos de producción del cultivo de fréjol con la aplicación de *Bacillus subtilis* Cohn.

RUBRO	Unidad	DOSIS 1 (10 g/l)			DOSIS 2 (8 g/l)			DOSIS 3 (6 g/l)		
		Cantidad	Valor unitario	Valor total	Cantidad	Valor unitario	Valor total	Cantidad	Valor unitario	Valor total
COSTOS DIRECTOS										
Preparación del suelo										
Análisis de suelo	unidad	1	59.47	59.47	1	59.47	59.47	1	59.47	59.47
Arado	hora	1	15.00	15.00	1	15.00	15.00	1	15.00	15.00
Rastra	hora	2	10.00	20.00	2	10.00	20.00	2	10.00	20.00
Surcado	hora	1	15.00	15.00	1	15.00	15.00	1	15.00	15.00
Mano de obra										
Siembra	jornal	4	15.00	60.00	4	15.00	60.00	4	15.00	60.00
Fertilización	jornal	3	15.00	45.00	3	15.00	45.00	3	15.00	45.00
Deshierbe	jornal	4	15.00	60.00	4	15.00	60.00	4	15.00	60.00
Aplicación tratamiento	jornal	3	15.00	45.00	3	15.00	45.00	3	15.00	45.00
Aporque	jornal	5	15.00	75.00	5	15.00	75.00	5	15.00	75.00
Cosecha	jornal	3	15.00	45.00	3	15.00	45.00	3	15.00	45.00
Insumos										
Semilla	kg	6	3.00	18.00	6	3.00	18.00	6	3.00	18.00
Fertilización	ml	3	9.90	29.70	2	9.90	19.80	1	9.90	9.90
Insecticidas	ml	1	7.30	7.30	1	7.30	7.30	1	7.30	7.30
Sistema de riego	unidad	1	300.00	300.00	1	300.00	300.00	1	300.00	300.00
COSTOS INDIRECTOS										
Bomba de mochila	unidad	2	18.00	36.00	2	18.00	36.00	2	18.00	36.00
transporte	unidad	3	5.00	15.00	3	5.00	15.00	3	5.00	15.00
	UNIDAD	SUBTOTAL		845.47	SUBTOTAL		835.57	SUBTOTAL		825.67
		Imprevisto 10%		84.54	Imprevisto 10%		83.55	Imprevisto 10%		82.56
		TOTAL		930.01	TOTAL		919.12	TOTAL		908.23

Anexo 12. Esquema de costos de producción del cultivo de fréjol con la aplicación del testigo convencional y el testigo absoluto.

RUBRO	Unidad	TESTIGO CONVENCIONAL			TESTIGO ABSOLUTO		
		Cantidad	Valor unitario	Valor total	Cantidad	Valor unitario	Valor total
COSTO DIRECTO							
Preparación de suelo							
Análisis de suelo	unidad	1	59.47	59.47	1	59.47	59.47
Arado	hora	1	15.00	15.00	1	15.00	15.00
Rastra	hora	2	10.00	20.00	2	10.00	20.00
Surcado	hora	1	15.00	15.00	1	15.00	15.00
Mano de obra							
Siembra	jornal	4	15.00	60.00	4	15.00	60.00
Fertilización	jornal	3	15.00	45.00	3	15.00	45.00
Deshierbe	jornal	4	15.00	60.00	4	15.00	60.00
Aplicación de tratamiento	jornal	3	15.00	45.00	3	15.00	45.00
Aporque	jornal	5	15.00	75.00	5	15.00	75.00
Cosecha	jornal	3	15.00	45.00	3	15.00	45.00
Insumos							
Semilla	kg	6	3.00	18.00	6	3.00	18.00
Fertilización	ml	3	15.00	45.00	0	-	-
Insecticidas	ml	1	7.30	7.30	1	7.30	7.30
Sistema de riego	unidad	1	300.00	300.00	1	300.00	300.00
COSTOS INDIRECTOS							
Bomba de mochila	unidad	2	20.00	40.00	2	18.00	36.00
transporte	unidad	3	5.00	15.00	3	5.00	15.00
	UNIDAD	SUBTOTAL		864.77	SUBTOTAL		815.77
		Imprevisto 10%		86.47	Imprevisto 10%		81.57
		TOTAL		951.24	TOTAL		897.34