



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

EVALUACIÓN DE *Bacillus subtilis* Cohn. PARA EL CONTROL DE *Botrytis fabae*
S. EN *Vicia faba* L., QUIROGA, IMBABURA.

Trabajo de grado previa a la obtención del Título de Ingeniera Agropecuaria

AUTOR/A:

Vaca Guerrero Belén Anahí

DIRECTOR/A:

MSc. Ima Sumac Sánchez de Céspedes

Ibarra, 2022

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN
CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES
CARRERA DE AGROPECUARIA

“EVALUACIÓN DE *Bacillus subtilis* Cohn. PARA EL CONTROL DE *Botrytis fabae* S. EN *Vicia faba* L., QUIROGA, 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:

MSc. Ima Sumac Sánchez de Céspedes

DIRECTOR



FIRMA

MSc. Basantes Viscaíno Telmo Fernando

MIEMBRO TRIBUNAL



FIRMA

MSc. Alexandra Jácome Ortega

MIEMBRO TRIBUNAL



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 Orgánica de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte de manera digital para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1004886402
APELLIDOS Y NOMBRES:	Vaca Guerrero Belén Anahí
DIRECCIÓN:	Ibarra
EMAIL:	bavacag@utn.edu.ec
TELÉFONO FIJO:	0989788810

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	EVALUACIÓN DE <i>Bacillus subtilis</i> Cohn. PARA EL CONTROL DE <i>Botrytis fabae</i> S. EN <i>Vicia faba</i> L., QUIROGA, IMBABURA
AUTOR:	Belén Anahí Vaca Guerrero
FECHA:	04 de julio del 2022
SOLO PARA TRABAJO DE TITULACIÓN	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PRESGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniería Agropecuaria
DIRECTOR:	MSc. Ima Sumac Sánchez de Céspedes

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 la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 04 días del mes de julio del 2022

EL AUTOR



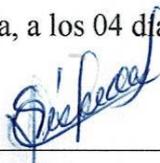
Belén Anahí Vaca Guerrero

C.I.: 1004886402

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Belén Anahí Vaca Guerrero, bajo mi supervisión.

Ibarra, a los 04 días del mes de julio de 2022



MSc. Ima Sumac Sánchez de Céspedes

DIRECTOR DE TESIS

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN

Fecha: Ibarra, a los 04 días del mes de julio del 2022

Belén Anahí Vaca Guerrero: “EVALUACIÓN DE *Bacillus subtilis* Cohn. PARA EL CONTROL DE *Botrytis fabae* S. EN *Vicia faba* L., QUIROGA, IMBABURA.” /Trabajo de titulación. Ingeniera Agropecuaria.

Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra, a los 04 días del mes de julio del 2022. 92 páginas.

DIRECTOR (A):

El objetivo principal de la presente investigación fue: Evaluar el efecto de *Bacillus subtilis* Cohn. en el control de *Botrytis fabae* S. en *Vicia faba* L., Quiroga, Imbabura.

Entre los objetivos específicos se encuentran:

- Determinar la incidencia y severidad de *Botrytis fabae* S. en cultivo de haba bajo los tratamientos en estudio.
- Establecer la relación de nodulación radicular con el rendimiento del cultivo de haba.
- Analizar la relación beneficio - costo de los tratamientos en estudio.

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

Directora de Trabajo de Grado

.....
Belén Anahí Vaca Guerrero

Autor

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco A Dios por ser mi principal guía y fortaleza en este camino, agradezco a mi familia por estar ahí cuando más los necesitaba, principalmente a mi madre que me apoyó en todo.

Al ingeniero Franklin Sánchez que fue una persona que me ayudó con el proceso de la tesis, guiándome, de igual manera agradezco a mis amigas que estaban ahí dando fuerzas cuando sentía que todo se complicaba.

Mis más sinceros agradecimientos a la licenciada Ima Sánchez que fue mi guía final en el proceso de titulación, aportando con su granito de arena y logrando obtener una tesis cada vez mejor.

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico a una de las personas más importantes de mi vida, quien me apoyó desde niña, la que nunca me dejaba sola, la persona en quien pienso cada día, ya no está físicamente conmigo, pero siempre la siento cerca cuidándome, mi abuelita, siendo la más incondicional, la mejor madre del mundo, no solo conmigo sino con todos.

A mi familia, especialmente a mi mami que día a día me apoyaba y no dejaba que me dé por vencida, a mi abuelito, mis tíos y tías que también me daban fuerza para seguir adelante.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
RESUMEN.....	xv
CAPITULO I.....	17
INTRODUCCIÓN	17
1.1 Antecedentes	17
1.2 Problema	19
1.3 Justificación	19
1.4 Objetivos.....	21
1.4.1 Objetivo general.....	21
1.4.2 Objetivos específicos.	21
1.5 Hipótesis.....	21
MARCO TEÓRICO.....	22
2.1 Importancia del cultivo de haba a nivel mundial	22
2.1.1 Importancia del cultivo de haba en Ecuador.....	22
2.1.2 Ciclo del cultivo.	23
2.1.3 Taxonomía.	23
2.1.4 Polinización.....	23
2.1.5 Requerimientos edafoclimáticos.....	24
2.1.6 Importancia del cultivo de haba en el Ecuador	24
2.2 Variedades de haba en Ecuador	24
2.2.1 INIAP 441 Serrana.....	24
2.2.2 Chaucha (variedad local)	25
2.3 Principales enfermedades del cultivo de haba	25
2.3.1 <i>Botrytis fabae</i> S.....	26
2.4 Manejo integrado de <i>Botrytis fabae</i> S.....	30
2.4.1 Resistencia Genética	30
2.4.2 Control químico.	31
2.5 Control biológico.	31
2.5.1 Control biológico, herramienta para el desarrollo sustentable y sostenible	32
2.5.2 Estrategias del control biológico.....	32

2.5.3 Bacterias para el control biológico.....	32
2.6 <i>Bacillus subtilis</i> Cohn.	32
2.6.1 Generalidades.....	33
2.6.2 Taxonomía.	34
2.6.3 Ciclo biológico de <i>Bacillus subtilis</i> Cohn.....	34
2.6.4 Morfología y características <i>Bacillus subtilis</i> Cohn.	35
2.6.5 Mecanismo de acción de <i>Bacillus subtilis</i> Cohn. como control biológico.	35
2.6.6 Efecto antagonista.	36
2.6.7 Lipopéptidos de <i>Bacillus subtilis</i> Cohn.	37
2.7 Nodulación.....	38
2.7.1 Fijación máxima de Nitrógeno en la floración.....	38
2.7.2 Factores que afectan la Nodulación	39
2.8 Marco legal	39
MARCO METODOLÓGICO.....	40
3.1 Caracterización del área de estudio.....	40
3.1.2 Características agroclimáticas.....	41
3.2 Materiales equipos, insumos y herramientas	41
3.3 Métodos.....	42
3.3.1 Factores en estudio.....	42
3.3.2 Diseño experimental.	43
3.3.3 Características del experimento.	44
3.3.4 Características de la unidad experimental.....	44
3.3.5 Análisis estadístico.....	45
3.3.6 Variables evaluadas.....	45
3.3.7 Variables fitopatógenicas.....	48
3.4 Manejo específico del experimento	48
CAPÍTULO IV.....	54
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	54
4.1 Variables fitopatógenicas.....	54
4.1.1 Incidencia de <i>Botrytis fabae</i> S.	54
4.1.2 Severidad de <i>Botrytis fabae</i> S.	57
4.2 Variables agronómicas	60

4.2.1. Nodulación (peso)	60
4.2.2 Número de vainas por planta	63
4.2.3 Número de granos por vaina	64
4.2.4 Rendimiento en grano verde	66
4.2.5 Peso de 100 semillas	68
4.2.5 Rendimiento en grano seco	69
4.3 Análisis económico	71
CAPÍTULO V	75
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	75
5.1 Conclusiones	75
5.2 Recomendaciones	75
V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA	76
ANEXOS	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Países con mayor área cultivada y su producción de haba.....	22
Figura 2 Enfermedades más comunes que dañan el cultivo de haba en diferentes comunidades (México).....	26
Figura 3 Presencia de <i>Botrytis fabae</i> S. en la parte foliar de la planta.....	27
Figura 4 Conidióforos y conidios de <i>Botrytis fabae</i> S.....	27
Figura 5 Conidióforos de <i>Botrytis cinerea</i> Pers.	28
Figura 6 Etiología de <i>Botrytis fabae</i> S.	29
Figura 7 Ciclo de vida de <i>Botrytis fabae</i> S.....	30
Figura 8 Ciclo de <i>Bacillus subtilis</i> Cohn.....	35
Figura 9 Modos de acción utilizados por agentes de control biológico contra fitopatógenos	36
Figura 10 Porcentaje de inhibición de <i>Botrytis cinerea</i> Pers frente a controladores biológicos.	37
Figura 11 Localización geográfica del área de estudio parroquia Quiroga, comunidad Cumbas	40
Figura 12 Diseño experimental del cultivo de haba para la implantación del ensayo.	44
Figura 13 Muestra de nódulos y peso medido en gramos.	45

Figura 14 <i>Número de vainas por planta contabilizadas manualmente del cultivo de haba.</i>	46
Figura 15 <i>Número de granos por vaina del cultivo de haba.</i>	46
Figura 16 <i>Peso de 100 semillas medido en gramos del cultivo de haba.</i>	47
Figura 17 <i>Severidad de Botrytis fabae S.</i>	48
Figura 18 <i>Selección del terreno para la implantación del presente ensayo.</i>	49
Figura 19 <i>Toma de muestras previo al análisis de suelo.</i>	49
Figura 20 <i>Fertilización de suelo a) aplicación de abono orgánico, b) aplicación de abono inorgánico.</i>	50
Figura 21 <i>Preparación del suelo arado y rastrado previo a la implantación.</i>	50
Figura 22 <i>Delimitación de 30 unidades experimentales para el cultivo de haba.</i>	51
Figura 23 <i>Siembra de semilla var. Chaucha e INIAP 441 Serrana.</i>	51
Figura 24 <i>Deshierbe y aporque del cultivo de haba.</i>	52
Figura 25 <i>Aplicación de riego por aspersion en el cultivo de haba.</i>	52
Figura 26 <i>Aplicación de tratamientos de Bacillus subtilis Cohn y manejo convencional en el cultivo de haba.</i>	53
Figura 27 <i>Cosecha en grano verde del cultivo de haba.</i>	53
Figura 28 <i>Incidencia de Botrytis fabae S var. INIAP 441 Serrana.</i>	55
Figura 29 <i>Incidencia de Botrytis fabae S var. Chaucha.</i>	56
Figura 30 <i>Porcentaje de severidad de Botrytis fabae S var. INIAP 441 Serrana.</i>	58
Figura 31 <i>Porcentaje de severidad de Botrytis fabae S var. Chaucha.</i>	59
Figura 32 <i>Peso del nódulo medido en gramos de la var. Chaucha e INIAP 441 Serrana.</i>	62
Figura 33 <i>Número de vainas por planta de la var. Chaucha e INIAP 441 Serrana.</i>	63
Figura 34 <i>Número de granos por vaina de la var. Chaucha e INIAP 441 Serrana.</i>	65
Figura 35 <i>Rendimiento en grano verde de la var. Chaucha e INIAP 441 Serrana.</i>	67
Figura 36 <i>Peso de 100 granos medido en gramos de la var. Chaucha e INIAP 441 Serrana.</i>	68
Figura 37 <i>Rendimiento en grano seco de la var. Chaucha e INIAP 441 Serrana.</i>	70
Figura 38 <i>Beneficio/ costo var. INIAP 441 Serrana grano verde.</i>	71
Figura 39 <i>Beneficio/ costo var. Chaucha grano verde.</i>	72
Figura 40 <i>Beneficio/ costo var. INIAP 441 Serrana grano seco.</i>	73
Figura 41 <i>Beneficio/ costo var. Chaucha grano seco.</i>	74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Características del área de estudio.</i>	41
Tabla 2 <i>Características agroclimáticas del área de estudio</i>	41
Tabla 3 <i>Materiales equipos, insumos y herramientas</i>	42
Tabla 4 <i>Dosis de Bacillus subtilis Cohn. aplicadas en el cultivo de haba</i>	43
Tabla 5 <i>Descripción de los tratamientos en estudio</i>	43
Tabla 6 <i>Características de la unidad experimental</i>	44
Tabla 7 <i>Esquema de ADEVA del Diseño en Bloques Completos al Azar (DBCA)</i>	45
Tabla 8 <i>ADEVA de la variable incidencia de Botrytis fabae S en el sector Cumbas año 2021.</i>	54
Tabla 9 <i>ADEVA de la variable severidad de Botrytis fabae S en el sector Cumbas año 2021.</i>	57
Tabla 10 <i>ADEVA de la variable peso del nódulo en el sector Cumbas año 2021.</i>	61
Tabla 11 <i>ADEVA de la variable número de vainas por planta en el sector Cumbas año 2021.</i>	63
Tabla 12 <i>ADEVA de la variable número de granos por vaina en el sector Cumbas año 2021.</i>	65
Tabla 13 <i>ADEVA del rendimiento en grano verde en el sector Cumbas año 2021</i>	66
Tabla 14 <i>ADEVA de la variable peso de 100 semillas en el sector Cumbas año 2021</i>	68
Tabla 15 <i>ADEVA de la variable rendimiento en grano seco en el sector Cumbas año 2021.</i>	69

**EVALUACIÓN DE *Bacillus subtilis* Cohn. PARA EL CONTROL DE *Botrytis fabae* S.
EN *Vicia faba* L., QUIROGA, IMBABURA.**

Vaca Guerrero Belén Anahí:
Universidad Técnica del Norte
Correo: bavacag@utn.edu.ec

RESUMEN

El cultivo de *Vicia faba* L., es muy importante gracias a su contenido de proteína, además abastece como suplemento alimentario para la humanidad y animales, pero se ve afectado por la presencia de plagas y enfermedades entre la más importante *Botrytis fabae* S. Para un manejo adecuado frente a esta enfermedad se empleó como alternativa, el control biológico ya que es una opción viable para evitar el uso de agroquímicos. La finalidad de esta investigación fue la evaluación de la eficiencia de *Bacillus subtilis* Cohn. frente a la mancha chocolate en el cultivo de haba, este ensayo se lo realizó en campo en la comunidad de Cumbas, provincia de Imbabura en donde se estableció un diseño en bloques completos al azar, se utilizó tres dosis de *Bacillus subtilis* Cohn, (9.5 g/l; 7.5g/l; 5.5g/l) , un testigo absoluto y un testigo convencional, se aplicó los tratamientos cuando hubo presencia de la enfermedad, las variables evaluadas fueron peso del nódulo, número de vainas por planta, número de granos por vaina, peso de 100 semillas, rendimiento en grano verde y seco, incidencia y severidad de *Botrytis fabae* S. Se observó que la dosis tres de *Bacillus subtilis* Cohn (9.5 g/l) y el testigo convencional presentaron menor índice de incidencia por debajo del 70% y una severidad menor al 20%. Lo que se concluye con este estudio es la efectividad de *Bacillus subtilis* Cohn. en la disminución de daños causados por *Botrytis fabae* S. y se recomienda el uso del mismo a partir de la emergencia para controlar esta enfermedad.

Palabras clave: tratamientos, *Bacillus subtilis* Cohn, efectividad, nodulación, control biológico.

**EVALUATION OF *Bacillus subtilis* Cohn. FOR THE CONTROL OF *Botrytis fabae* S.
IN *Vicia faba* L., QUIROGA, IMBABURA.**

Vaca Guerrero Belén Anahí:
Universidad Técnica del Norte
Correo: bavacag@utn.edu.ec

ABSTRACT

The cultivation of *Vicia faba* L., is very important thanks to its protein content, also supplies as a food supplement for humanity and animals, but is affected by the presence of pests and diseases among the most important *Botrytis fabae* S. For an adequate management against this disease, biological control was used as an alternative since it is a viable option to avoid the use of agrochemicals. The purpose of this research was to evaluate the efficiency of *Bacillus subtilis* Cohn. against the chocolate stain in the cultivation of haba, this test was carried out in the field in the community of Cumbas, province of Imbabura where a design was established in complete blocks at random, three doses of *Bacillus subtilis* Cohn were used, (9.5 g / l; 7.5g / l; 5.5g / l), an absolute control and a conventional control, treatments were applied when the disease was present, the variables evaluated were nodule weight, number of pods per plant, number of grains per pod, weight of 100 seeds, yield in green and dry grain, incidence and severity of *Botrytis fabae* S. It was observed that dose three of *Bacillus subtilis* Cohn (9.5 g / l) and the conventional control presented lower incidence rate below 70% and a severity of less than 20%. What is concluded with this study is the effectiveness of *Bacillus subtilis* Cohn. in the reduction of damage caused by *Botrytis fabae* S. and it is recommended to use it from the emergency to control this disease.

KEY WORDS: treatments, *Bacillus subtilis* Cohn, effectiveness, nodulation, biological control.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El haba (*Vicia faba* L.) es una de las leguminosas más cultivadas, de gran valor nutritivo principalmente por su alto contenido de proteína, y ampliamente utilizadas para consumo humano o como alimento para animales (Peralta et al., 1996).

La sierra norte del país es la zona de producción de *Vicia faba* L. más amplia del Ecuador (Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua [ESPAC], 2019). Pero su productividad se ve seriamente limitada por la presencia de plagas y enfermedades, ya que con el pasar de los años se observan bajos rendimientos en la superficie sembrada (Peralta et al., 1996), poniendo en riesgo la seguridad alimentaria. Esto se da por el uso intensivo de sistemas de producción durante años (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2019).

Una de las enfermedades principales es la mancha chocolate causada por el fitopatógeno *Botrytis fabae* S., afecta cultivos en zonas de altura, especialmente al cultivo de haba y daña a hojas, tallos, flores, vainas verdes y granos (Coca, 2007). Este patógeno generalmente se desarrolla con la humedad, sus síntomas son exuberantes manchas de color chocolate en las hojas, al mismo tiempo se presenta pudrición en las vainas y posteriormente afecta al grano. Por último, *Botrytis* sp. permanece en el suelo en forma de micelio y puede llegar a desarrollarse con la ayuda de plantas en descomposición, consecuentemente ocasionaría grandes pérdidas en los cultivos cuando hay presencia de bajas temperaturas (Lucero, 2014).

Por otro lado, esta enfermedad puede afectar gran parte de un cultivo en épocas lluviosas y puede aparecer en cualquier lugar donde se produce haba, sin embargo, las condiciones óptimas para el desarrollo de este patógeno son una alta humedad relativa, igual o superior al 80% y una temperatura de 18 a 20 °C (Soria, 2015).

Por lo que se introduce el término “bio-controlador” que corresponde a agentes biológicos benéficos que ayudan a cuidar los cultivos de las diversas plagas, y se catalogan como cualquier organismo que ayude a erradicar o mitigar una población específica de organismos que estén afectando al crecimiento y desarrollo de la planta, entre los más

conocidos últimamente para el control de *Botrytis* sp. se encuentran: *Bacillus* spp., *Trichoderma* spp., *Beauveria* spp. *Paecilomyces* spp. y otros (Mites, 2017).

Bacillus subtilis Conh., es un microorganismo que fue catalogado como aerobio estricto por mucho tiempo, hasta que en 1993 se dio a conocer la habilidad del mismo para crecer en condiciones anaeróbicas, contribuyendo a la seguridad alimentaria al promover el crecimiento vegetal (Mites, 2017). Las comunidades microbianas en los suelos se consideran vitales para asegurar la sostenibilidad de los ecosistemas, se encargan del mantenimiento de la estructura del suelo y la regulación de las poblaciones biológicas, sobre todo tienen una influencia permanente en la salud y la productividad de los cultivos, además son parte integral de la biota rizosférica de cultivos agrícolas (Castro et al., 2015).

Llanos (2017) informa que el uso de dos controladores biológicos *Bacillus subtilis* Cohn. cepa QST713 (4.12 l/ha) y *Bacillus pumilus* Meyer y Gottheil. cepa OST2808 (4.12 l/ha) con una aplicación semanal, comparado con cinco fungicidas químicos; Tryfloxistrobin (343.75 g/ha), Pirimentanil + Fluopryram (550 ml/ha), Pirimetanil (550 ml/ha), Fenhexamid (0.75 l/ha) y Carbendazim (687 ml/ha) aplicados cada dos semanas. Mostrando como resultado un control total de *Bacillus subtilis* Cohn. cepa QST713 contra *Botrytis cinerea* Pers. en la mayoría de ensayos.

Por otro lado, en Chile se evaluó *Bacillus subtilis* Cohn. cepa QST713 (producto comercial Serenade), con una aplicación de cinco kilogramos por hectárea, tres veces a partir de la floración sobre pudrición gris causada por el hongo *Botrytis cinerea* Pers. con plantas de vid, obteniendo como resultado que este biocontrolador evitó la germinación de esporas de patógenos interrumpiendo el crecimiento del tubo germinativo e inhibiendo la adherencia del patógeno a las hojas del hospedero (Lisboa, 2003).

De igual modo se evaluó la capacidad antifúngica de *Bacillus subtilis* Cohn. cepa QST713 (producto comercial Serenade), contra *Botrytis cinerea* Pers. en uva mediante bioensayos *in vitro* e *in vivo*, dando como resultado que este biocontrolador fue capaz de proteger al tejido vegetal de forma más eficiente que el *Trichoderma harzianum* Rifai. cepa Queule. Esta bacteria posee un gran potencial para controlar infecciones producidas por *Botrytis cinerea* Pers. en las variedades de uva de mesa afectadas por este hongo (Muñoz, 2015).

1.2 Problema

El cultivo de haba en el país, actualmente presenta problemas en el suelo tales como erosión, pérdida de fertilidad, afectando hasta más del 50% de la producción, principalmente por la cantidad de plagas y enfermedades radicales y difíciles de controlar. Como la mancha chocolate (*Botrytis fabae* S.), pudrición de raíz (*Fusarium* sp.), plagas como minador de la hoja (*Liriomyza* sp.) y problemas virales como el virus del amarillamiento necrótico el cual es transmitido por pulgones siendo el más importante *Aphis fabae* (FAO, 2019).

En Ecuador una de las mayores dificultades es el uso indiscriminado y la falta de control de insumos químicos para prevenir plagas y enfermedades que afectan la producción, se ha visto que el 52.59% corresponde al uso de los mismos (ESPAC, 2014). Estas sustancias conducen a la degradación total o parcial de compuestos que llegan a perturbar los niveles de un ecosistema por lo que la Agencia de Protección del Ambiente (EPA), los considera como contaminantes de fuentes de agua debido a su alta toxicidad persistencia y movilidad (Matute, 2019).

La excesiva cantidad de químicos y pesticidas que se producen sin regulación, develan que el impacto que se está ejerciendo sobre el ambiente es grave a tal punto que nuestra propia creación puede terminar por destruirnos (Cárdenas, 2018). Por largo tiempo se han utilizado agroquímicos para controlar diversas enfermedades tales como *Botrytis*, pero se ha demostrado que algunos microorganismos se hacen resistentes a estos productos, además representan un peligro causando principalmente reducción de poblaciones de bacterias benéficas y la creación de vacíos ecológicos, ya que al no ser selectivo ataca a toda la biodiversidad microbiana, condicionando la capacidad de recuperación del sistema edáfico, así como la actividad bacteriológica que ahí se desarrolla (Mamani, 2015).

1.3 Justificación

La agricultura atraviesa una crisis a nivel mundial, la productividad y sustentabilidad son dos factores, que los agricultores están desafiando para producir mayores alimentos y preservar el entorno, y la salud de los seres vivos (Hidalgo, 2017). El manejo adecuado de los cultivos implica sumar estrategias que ayuden a cuidar el medio, reducir el impacto ambiental derivado de la producción de alimentos, lo que plantea un desafío para mejorar la eficiencia de los recursos. La disminución de los recursos no renovables conduce a una agricultura moderna, entendida como aquella que maximiza la productividad a través del uso

de alternativas biológicas que aseguren rentabilidad para el agricultor y sobre todo para perseverar el suelo (FAO, 2019).

Dentro del aspecto ambiental la contaminación por fertilizantes ocurre cuando estos se usan en cantidades mayores de las que pueden absorber los cultivos. El exceso de nitrógeno y fosfato pueden llegar a las vías fluviales o infiltrarse en las aguas subterráneas. Este exceso de nutrientes provoca la eutrofización de lagos, ríos, arroyos, etc. y conduce al rápido crecimiento de algas en la superficie del agua y suprimen a otras plantas y animales acuáticos. Por otro lado, el uso de bicontroladores ayuda a promover y beneficiar la nutrición y el crecimiento vegetal, además aumenta la resistencia a la erosión (Benavides, 2017).

En el presente estudio se utilizó *Bacillus subtilis* Cohn., agente de biocontrol que actúa como antagonista frente a cepas fúngicas presentes en el cultivo, y evitar el uso de control químico para conservar el medio ambiente (Guerra, 2014). Este biocontrolador está presente en una amplia gama de hábitats y ha demostrado ser un excelente agente de control biológico contra enfermedades de hongos. Tiene la capacidad de producir endosporas altamente resistentes a altas temperaturas, además su actividad antagónica se complementa con su gran capacidad para asimilar rápidamente nutrientes secretar enzimas digestoras que degradan y destruyen hongos y bacterias (Acurio et al., 2018).

El uso de biocontroladores se ha estudiado con anterioridad (Ancín, 2011), con la finalidad de obtener resultados favorables para el agricultor, así como para el medio ambiente. Teniendo en cuenta que es necesario realizar el control de esta enfermedad, se debe considerar el costo que implica y muchas veces este no es rentable por la baja productividad y la escasa información que ayudaría a mejorar el rendimiento.

Por tanto, dicho esto, se espera alcanzar resultados favorables en el control de *Botrytis fabae* S., obtener un cultivo más saludable para el consumo, al mismo tiempo que reduce el uso de productos químicos y se incrementa el uso de productos biológicos, regulando así la calidad del producto, y con ello predecir la disminución en la incidencia de enfermedades en el ciclo fenológico de este cultivo, condición que respeta el medio ambiente, mejora la calidad de vida de las familias y ayuda a garantizar la seguridad alimentaria del país por su alto contenido proteico (Minchez, 2015).

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

- Evaluar el efecto de *Bacillus subtilis* Cohn. en el control de *Botrytis fabae* S. en *Vicia faba* L., Quiroga, Imbabura.

1.4.2 Objetivos específicos.

- Determinar la incidencia y severidad de *Botrytis fabae* S. en cultivo de haba bajo los tratamientos en estudio.
- Establecer la relación de nodulación radicular con el rendimiento del cultivo de haba.
- Analizar la relación beneficio - costo de los tratamientos en estudio.

1.5 Hipótesis

Ho: *Bacillus subtilis* Cohn. no influye en el control de *Botrytis fabae* S. en el cultivo de haba.

Ha: *Bacillus subtilis* Cohn. influye en el control de *Botrytis fabae* S. en el cultivo de haba.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

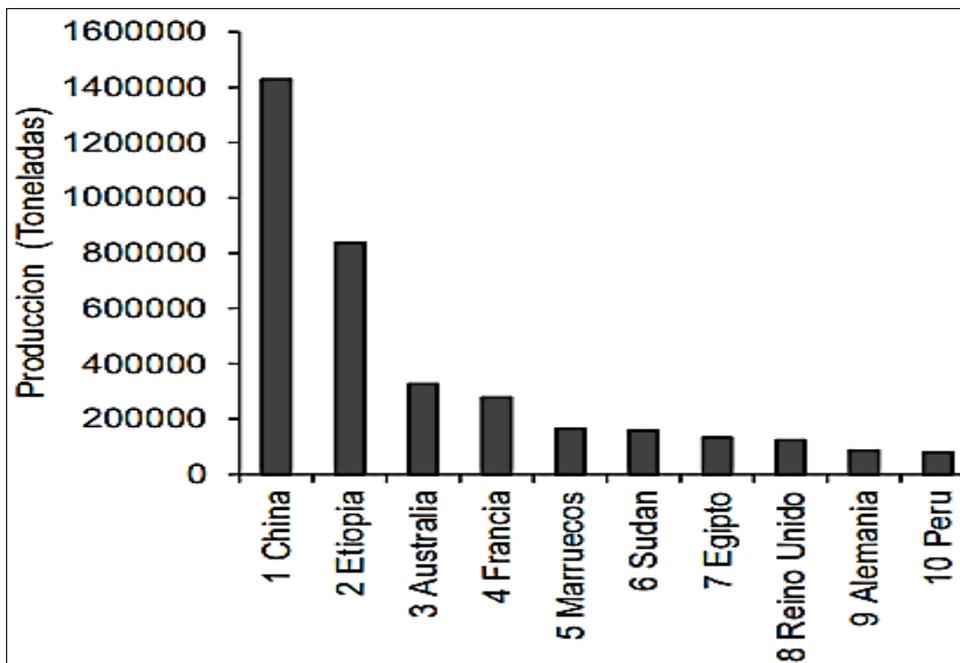
2.1 Importancia del cultivo de haba a nivel mundial

A nivel mundial, el haba (*Vicia faba* L.) ocupa el séptimo lugar entre leguminosas, aunque también se consume las semillas cáscara verde. El haba seca ha tenido tradicionalmente un mercado importante en los países industrializados. La superficie sembrada en el mundo es de 2150906 ha, los 10 países principales productores son: China, Etiopía, Australia, Marruecos, Sudán, Egipto, Reino Unido, Alemania, Perú e Italia. Sin embargo, los países con mayor productividad son: Israel, Bulgaria, Argentina, Reino Unido, Uzbekistán, países bajos, Bélgica, Colombia, Alemania, Iraq, con un promedio mundial de 4.38 t ha (Araujo, 2019).

En la figura 1, se puede observar la superficie de haba sembrada en los 10 países principales.

Figura 1

Países con mayor área cultivada y su producción de haba



Fuente: Araujo (2019).

2.1.1 Importancia del cultivo de haba en Ecuador

El haba es de mucha importancia en la sierra ecuatoriana, por lo general se lo puede labrar solo o en asocio con otros cultivos como *Zea mays* L., *Solanum tuberosum* L., *Chenopodium quinoa* Willd. El área de haba sembrada, a nivel nacional es aproximadamente

30000 ha (Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG], 2014). La variedad INIAP 441 Serrana, se adapta con mucha facilidad y dando buenos resultados en agroecosistemas ubicados entre 3000 y 3400 m de altitud. Las enfermedades foliares en los campos de la Estación Experimental Santa Catalina se presentan cuando el cultivo está en formación o en el llenado de vainas por lo que no se puede aplicar agroquímicos ya que en esta fase la planta convive con las enfermedades (Peralta et al., 1996).

2.1.2 Ciclo del cultivo.

Las etapas fenológicas más importantes del cultivo de haba son la emergencia que presenta en un lapso de 17 a 19 días después de la siembra, posteriormente está la etapa de floración que se da entre los días 61 y 67 después de las primeras hojas verdaderas (Confalone, 2008). El cultivo de haba, se cosecha en vaina verde entre los 170 a 200 días y en grano seco entre los 210 a 230 días, dependiendo de los factores edafoclimáticos del lugar donde se cultive (Peralta et al., 1996).

2.1.3 Taxonomía.

La taxonomía de haba de acuerdo al aporte de Mites (2017), esta descrita a continuación:

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Fabales
Familia:	Leguminosae
Subfamilia:	Papilionoidea
Género:	<i>Vicia</i>
Especie:	<i>Vicia faba</i> L.

2.1.4 Polinización

Presenta flores con racimos fuertes, fragantes y grandes, se auto polinizan debido a la longitud que presentan los pétalos de la flor, salvo en ocasiones excepcionales que hay polinización cruzada por abejas u otros insectos, pero es muy poco frecuente, además se ha

determinado que la polinización de haba ocurre dentro de las 24 horas posteriores a la polinización (Meza, 2018).

2.1.5 Requerimientos edafoclimáticos.

Según el Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (2015), los requerimientos edafoclimáticos del cultivo de haba son:

Clima:	Templado, frío.
Temperatura:	7° C. a 14°C.
Humedad:	70 – 80%
Pluviosidad:	700 - 1000 mm / ciclo.
Altitud:	2600 a 3400 msnm
Tipo de suelo:	Francos con buen contenido de materia orgánica
Acidez:	pH de 5 – 6

2.1.6 Importancia del cultivo de haba en el Ecuador

La encuesta de superficie agropecuaria reporta 23 422 tm. de producción, donde se observa que la sierra es la mayor generadora de haba alcanzando un 91.7%, seguida está la costa con un 8.3%, mientras que en la amazonia no hay registros de productividad. Las principales provincias productoras de la región Interandina son Carchi, Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo, pero al realizar la suma por sectores tenemos que el índice con mayor productividad por tm es la sierra norte con un 53.7% por lo tanto se considera este sector como la zona más importante en la productividad a nivel nacional, por lo general se lo cultiva solo, pero en Imbabura al momento de la cosecha muestran que va a la par incluso cuando son asociados a otros cultivos (ESPAC, 2019).

2.2 Variedades de haba en Ecuador

Las variedades a utilizar en el presente estudio son dos:

2.2.1 INIAP 441 Serrana

La variedad INIAP 441 Serrana, proviene de la selección realizada en un vivero procedente de ICA-CRI-OBONUCO-Colombia en 1987, introducida por el programa IICA-PROCIANDINO en el marco de intercambio de germoplasma, con el código L-32. Se

registró en el germoplasma del programa de leguminosas con el código E-101 y en el Departamento Nacional de Recursos Filogenéticos (DENAREF) con el código ECU 8397. Las evaluaciones de adaptación y rendimiento se las realizaron a partir del año 1988 hasta 1995 (Peralta et al., 1996). El tamaño de esta variedad se considera grande. El peso de 100 granos es de 150 g de promedio, lo cual determina su potencial para la producción y comercialización de grano verde y en seco (Ninahualpa, 2012).

2.2.2 Chaucha (variedad local)

La variedad Chaucha que se encuentra distribuida en las provincias de Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi y Tungurahua, es de color amarillo olivo, esta se divide en dos, mediana y pequeña a esta variedad se la puede sembrar en alturas desde 2700 hasta 3000 msnm (Atacushi, 2015).

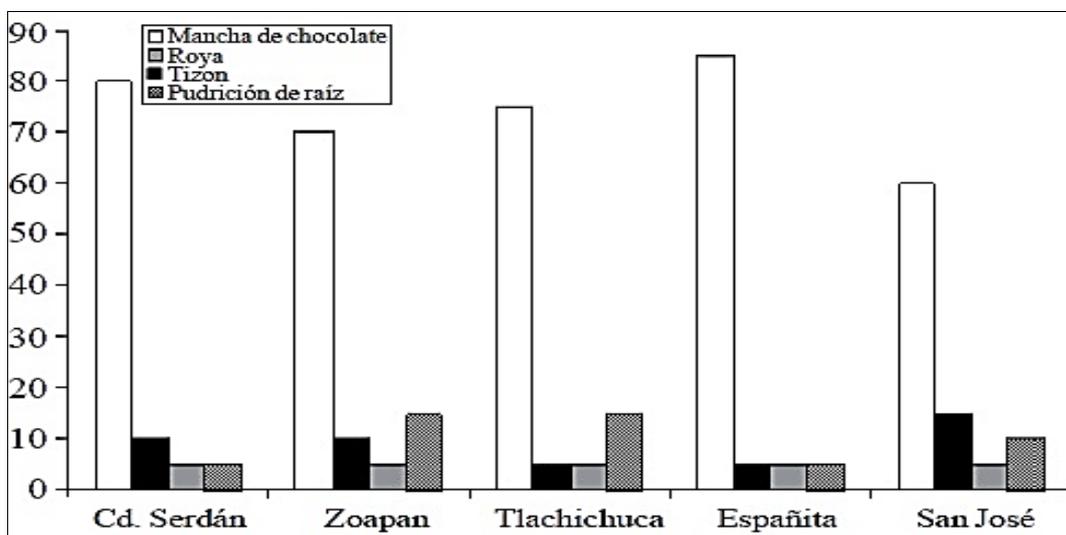
2.3 Principales enfermedades del cultivo de haba

La producción de haba es afectada por diversos patógenos como hongos, cromistas, bacterias, virus, nematodos. Entre las principales enfermedades se reportan: mancha chocolate (*Botrytis fabae* S.) (Villar, 2020). Esta enfermedad tiene una alta incidencia en las regiones productoras de haba en México normalmente se presenta con mayor severidad en la floración y fructificación provocando mermas de flores y sus frutos son mucho más pequeños (Rojas et al., 2012).

En la figura 2 se puede observar las enfermedades más comunes que dañan el cultivo de haba, evidentemente la mancha chocolate (*Botrytis fabae* S.) es la que más afecta superando el 60% en varias comunidades productoras de haba.

Figura 2

Enfermedades más comunes que dañan el cultivo de haba en diferentes comunidades (México)



Fuente: Rojas et al. (2012)

2.3.1 *Botrytis fabae* S.

2.3.1.1 Generalidades.

La mancha chocolate es una enfermedad provocada por el hongo *Botrytis fabae* S. en las hojas, los síntomas van desde pequeñas manchas de color marrón rojizo hasta manchas circulares con bordes de color marrón rojizo y centros de color café claro (Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera, 2015) (Figura 3).

Un crecimiento vegetativo intenso y alta humedad ambiental hacen al cultivo más vulnerable para el desarrollo de la enfermedad. Las condiciones de temperaturas de 18-20 °C y humedad relativa de 90-100% son óptimas para una infección muy fuerte que consiste en una necrosis rápida y extensa que no provienen del crecimiento y la asociación de lesiones circulares, sino por la destrucción total de los tejidos vegetales en un área concreta (Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera, 2015).

Las esporas (o conidias) de este hongo son esparcidas por el viento hasta asentarse en la parte aérea del cultivo de haba, especialmente en las hojas. La lluvia también puede contribuir a la dispersión de las esporas, aunque en este caso recorren distancias más cortas dentro del mismo campo de cultivo. Una vez adheridas a los tejidos de la planta, las esporas germinan, se desarrolla un tubo germinativo de varias longitudes y se produce la penetración (Investigación y Formación Agraria y Pesquera, 2015).

Figura 3

Presencia de Botrytis fabae S. en la parte foliar de la planta



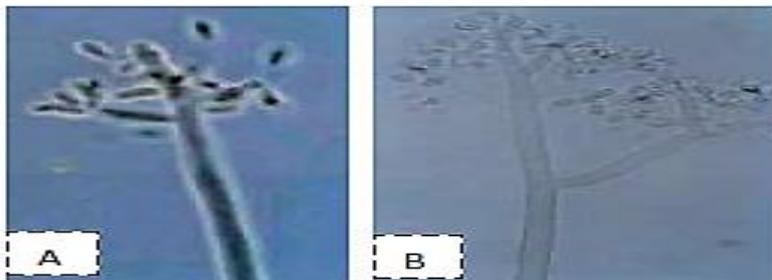
Fuente: Quishpe (2011)

2.3.1.2 *Biología de Botrytis fabae S.*

La mancha chocolate es causada por *Botrytis fabae S.* y por *Botrytis cinerea Pers.*, en la figura 4 podemos observar los conidióforos y conidios de ambas especies. Generalmente *Botrytis cinerea Pers.* tiene ligera pigmentación marrón (figura 5) mientras que los conidióforos de *Botrytis fabae S.* son translúcidas, se dividen vigorosamente en las ramas apicales y tienen diferencias en el tamaño de los conidios (figura 4B) (Lucero, 2014).

Figura 4

Conidióforos y conidios de Botrytis fabae S.

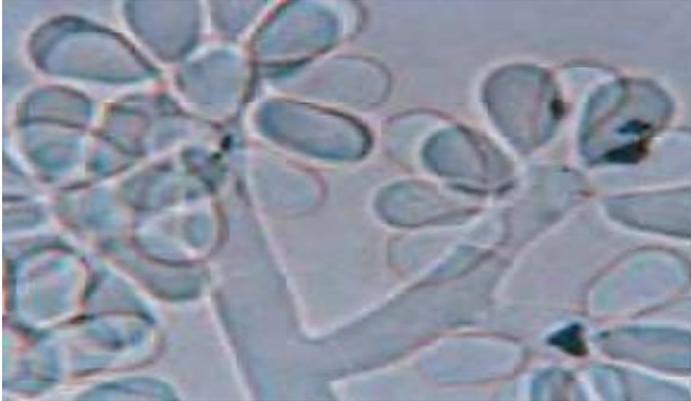


Nota. La figura 4A, indica los conidióforos de *Botrytis fabae S.*, mientras que la 4B, muestra el tamaño de los conidios.

Fuente: Quishpe (2011)

Figura 5

Conidióforos de *Botrytis cinerea* Pers.



Fuente: Quishpe (2011)

2.3.1.4 Taxonomía.

Según Lucero (2014) la taxonomía de *Botrytis fabae* S. es la siguiente:

Reino: Fungi

División: Mycota

Clase: Hiphomycetos

Orden: Moniliales

Familia: Botrytidiaceae

Género: *Botrytis*

Especies: *Botrytis fabae* S.

Botrytis cinerea Pers.

2.3.1.5 Etiología.

Botrytis fabae S. es causante de la enfermedad más conocida como mancha chocolate, produciendo un abundante micelio gris, conidiófonos largos y ramificados que portan racimos de conidios ovoides, unicelulares, hialinas, produciéndose a menudo esclerotios de color negro (figura 6) (Quishpe, 2011).

Figura 6

Etiología de Botrytis fabae S.



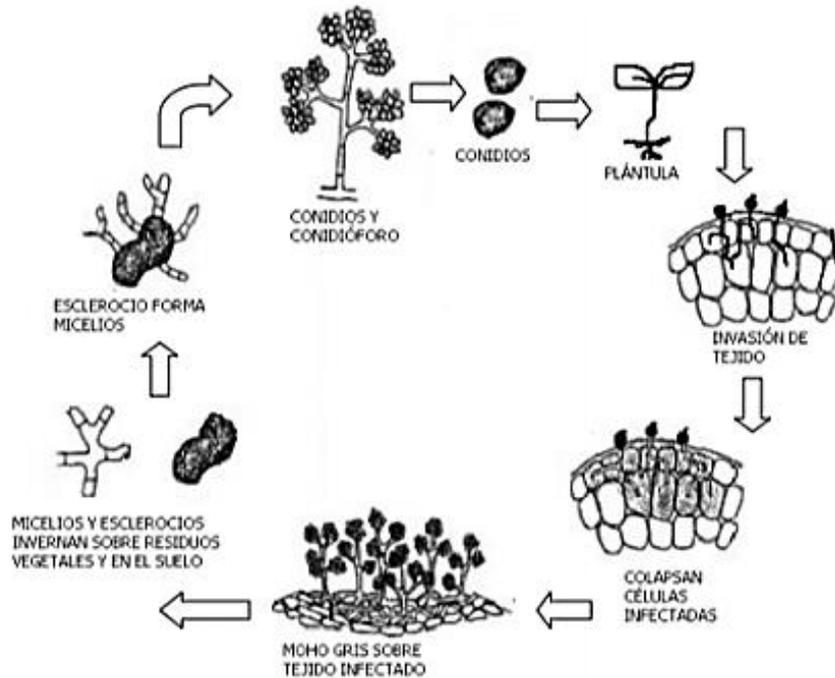
Fuente: Lucero (2014)

2.3.1.6 Ciclo de *Botrytis fabae* S.

Por lo general *Botrytis* spp. se encuentra en el suelo en forma de micelio y crece en la materia vegetal en descomposición y también puede propagarse por cualquier cosa que se mueva en el suelo o cualquier residuo vegetal que contenga el hongo. Para que este patógeno se desarrolle requiere un clima húmedo y moderadamente frío de 18 a 23 °C. La mayoría de veces, la germinación de los esclerocios de *Botrytis* sp. provoca hifas que afectan directamente a los tejidos del huésped y, en muchos casos, produce erosión y esporas de hongos, como indica la figura 7 (Sánchez, 2019).

Figura 7

Ciclo de vida de Botrytis fabae S.



Fuente: Sánchez (2019)

2.4 Manejo integrado de *Botrytis fabae S.*

Para el control de enfermedades se debe hacer un programa donde se considere la integración de todas las posibilidades de intervención para tender a un uso racional de los productos fitosanitarios, causando el mínimo impacto ambiental y económico, posteriormente cumplir con las expectativas productivas del cultivo. Por lo tanto, el manejo integrado se basa en la agricultura compatible con el medio ambiente y la sociedad para garantizar el suministro continuo de alimentos saludables, libres de enfermedades a un precio justo mejorando así la calidad de vida de nuestros productores (Vivas, 2017).

2.4.1 Resistencia Genética

El mejoramiento de plantas resistentes a las enfermedades es una herramienta clave para controlar las amenazas de los patógenos de las plantas y puede ser fundamental para lograr una mayor seguridad alimentaria. Por otro lado, el uso de variedades resistentes es más apropiado desde el punto de vista ecológico y es más adecuado para lograr una alternativa sostenible. Otro aspecto a tener en cuenta es que los cambios en los ciclos de vida de los patógenos y de los ecosistemas en los que existen como consecuencia de cambios

ambientales pueden acelerar la evolución permitiéndoles pasar en menos tiempo de lo habitual la resistencia que encuentran en su huésped (Villegas, 2012).

2.4.2 Control químico.

El uso de productos fitosanitarios adecuados sigue siendo el medio principal para combatir este hongo, sin embargo, se debe tener en cuenta que el uso irresponsable aumenta la incidencia de la enfermedad al reducir la población, el cuerpo o los antígenos activos. Por tal motivo es importante buscar la posibilidad de integrar alternativas de control que permitan que las condiciones se vuelvan adversas al patógeno y por consiguiente al desarrollo de la enfermedad. Para el control de esta enfermedad se pueden utilizar diferentes tipos de tratamientos utilizando agroquímicos como ditiocarbamato, ftalimida, clorpirifos, butilcarbamoilo, que son comúnmente utilizados para controlar los síntomas y prevenir la propagación de la enfermedad (Sánchez, 2019).

2.5 Control biológico.

El control biológico supone la producción y suelta en masa de enemigos naturales, como parasitoides y depredadores, para combatir a los insectos causantes de plagas de manera respetuosa con el medio ambiente. La radiación se utiliza para aumentar la aplicabilidad, rentabilidad y seguridad de la cría, el envío y el despliegue de esos enemigos naturales (FAO, 2013).

De igual manera al evaluar varios controladores biológicos en haba se determinó que la cepa *Trichoderma* nativa obtuvo mayor inhibición micelial del patógeno (50.96%), seguido de *T. harzianum* Rifai y *Bacillus* spp. con 43.59 y 40.39 % respectivamente. Se encontró también que las cepas de *Trichoderma* spp. resultaron ser micoparasitos agresivos, que colonizaron completamente al patógeno. En el ensayo de campo, los tratamientos con aplicaciones de *Trichoderma* nativo presentaron los valores más altos en la evaluación de características morfológicas; pero, los tratamientos con concentraciones (1×10^8 ufc y 1×10^7 ufc) fueron menos afectados por mancha chocolate frente al testigo (Mamani, 2020).

Por otro lado, en un estudio realizado, se probó las cepas identificadas, como *Bacillus subtilis* AAUB95, *Bacillus subtilis* AAUB122b y *Bacillus macroides*, AAUB122a, este último fue el que presentó mayor inhibición alcanzando el 40%. Lo que indica que son una alternativa para controlar el porcentaje de crecimiento micelial de *B. fabae* S. esto podría deberse a la capacidad de *Bacillus* spp para producir varios compuestos antifúngicos

volátiles y no volátiles para inhibir patógenos de plantas, lo que indica su uso potencial como agentes de biocontrol para suprimir fitopatógenos (Firdu et al., 2022).

2.5.1 Control biológico, herramienta para el desarrollo sustentable y sostenible

La protección del medio ambiente y el desarrollo humano sostenible van de la mano, por lo que es importante lograr un cambio de comportamiento en la sociedad mediante la gestión eficaz y racional de nuestros recursos de manera que pueda mejorar el bienestar de las personas existentes. Existe bajo efecto nocivo colateral por parte de los enemigos naturales hacia otros organismos y hacia el ser humano, la resistencia de estas plagas y enfermedades ante este biocontrol es muy rara, se lo considera éxito completo cuando este tiene efectividad sobre un área extensa mayor al comparar con algún agroquímico (Guédez et al., 2009).

2.5.2 Estrategias del control biológico

Una posible alternativa para cumplir con los estándares requeridos es el uso del control biológico, el cual se ha convertido en una estrategia atractiva para los agricultores. Las diversas plagas y enfermedades alteran los agroecosistemas perjudicando significativamente el producto final con el uso de este biocontrolador disminuye los costos de producción, contribuye a la creación de frutos orgánicos y sobre todo posibilita el acceso a mercados nacionales e internacionales, logrando una mayor sostenibilidad en las exportaciones agrícolas (Duarte, 2012).

2.5.3 Bacterias para el control biológico

Las bacterias constituyen el grupo más numeroso y quizá el más estudiado entre los microorganismos asociados con insectos. Se las considera las más importantes desde el punto de vista del control de insectos a las aeróbicas formadoras de esporas del género *Bacillus* spp (Jiménez, 2009).

2.6 *Bacillus subtilis* Cohn.

Lisboa (2003) comenta que algunas bacterias como *Bacillus subtilis* Cohn., son utilizadas como organismos antagonistas.

La bacteria *Bacillus subtilis* Cohn. por lo general no produce endotoxinas, pero es responsable de la secreción de proteínas al medio ambiente, algunas de las cuales tienen propiedades antifúngicas, como subtilina y otros antibióticos de la familia de las iturinas. Se

utiliza industrialmente como insecticida y fungicida. La subtilina liberada por *Bacillus subtilis* Cohn. actúa sobre la pared celular de hongos.

2.6.1 Generalidades

Según Lisboa (2013) existen otras características relacionadas con esta especie, las cuales son:

- Corresponde a una bacteria Gram positiva
- Producen endosporas que son resistentes al calor y también resisten a factores físicos nocivos como el secado, la radiación, los ácidos y los desinfectantes químicos.
- Muchos bacilos producen antibióticos y son ejemplos de estos la bacitracina, polimixina, tirocidina, gramicidina y circulina.
- Son fermentativas, usualmente fermentan caseína y almidón.
- Los bacilos en general crecen bien en medios sintéticos que contienen azúcares, ácidos orgánicos, alcoholes, etc., como las únicas fuentes de carbono y el amonio como única fuente de nitrógeno.
- Viven dentro los límites de temperatura de 55 a 70 °C.
- El límite inferior de pH para el género *Bacillus* es de 2 a 3.

Bacillus subtilis Cohn. es conocido por ser antagonista de muchos hongos patógenos vegetales. Este antagonismo es logrado a través de diversos mecanismos que incluyen la competencia por nutrientes; exclusión de sitio; colonización de la bacteria en el patógeno o la liberación de componentes celulares durante el crecimiento, en orden de eliminar o reducir los competidores en su medio ambiente inmediato (Fundación para la Innovación Agraria [FIA], 2011).

El proceso de liberación del contenido celular se cree que ha evolucionado, así que el organismo protege su nicho, inhibiendo el crecimiento de los competidores y utilizando la misma fuente nutricional, e incluso posiblemente consumiendo a los competidores. Sumando al antagonismo competencia y la liberación del contenido celular, *Bacillus subtilis* Cohn. también ha demostrado inducir la resistencia sistémica natural de la planta contra patógenos bacterianos y fungos, propiedad llamada resistencia sistémica inducida (FIA, 2011).

El tratamiento de semillas como, *Zea mays* L. y *Daucus carota* L. con suspensiones acuosas, pastas o polvos que contienen a las bacterias *Bacillus subtilis* Cohn., han protegido

a las plantas contra los patógenos de la raíz y ha dado como resultado un mejor crecimiento y producción de esos cultivos. Cuando varias clases de frutos de hueso, es decir, *Prunus persica* L., *Prunus armeniaca* L. y *Prunus domestica* L.; fueron tratados, después de haber sido cosechados con suspensiones de la bacteria antagónica *Bacillus subtilis* Cohn., permanecieron libres de la pudrición café causada por el hongo *Monilinia fructicola* Winter., cuando menos durante nueve días (Sánchez, 2012).

2.6.2 Taxonomía.

A continuación, se presenta la taxonomía de *Bacillus subtilis* Cohn (Caicedo y Chacón, 2017):

Reino:	Bacteria
Filo:	Firmicutes
Clase:	Bacilli
Orden:	Bacillales
Familia:	Bacillaceae
Género:	<i>Bacillus</i>
Especie:	<i>Bacillus subtilis</i> Cohn.

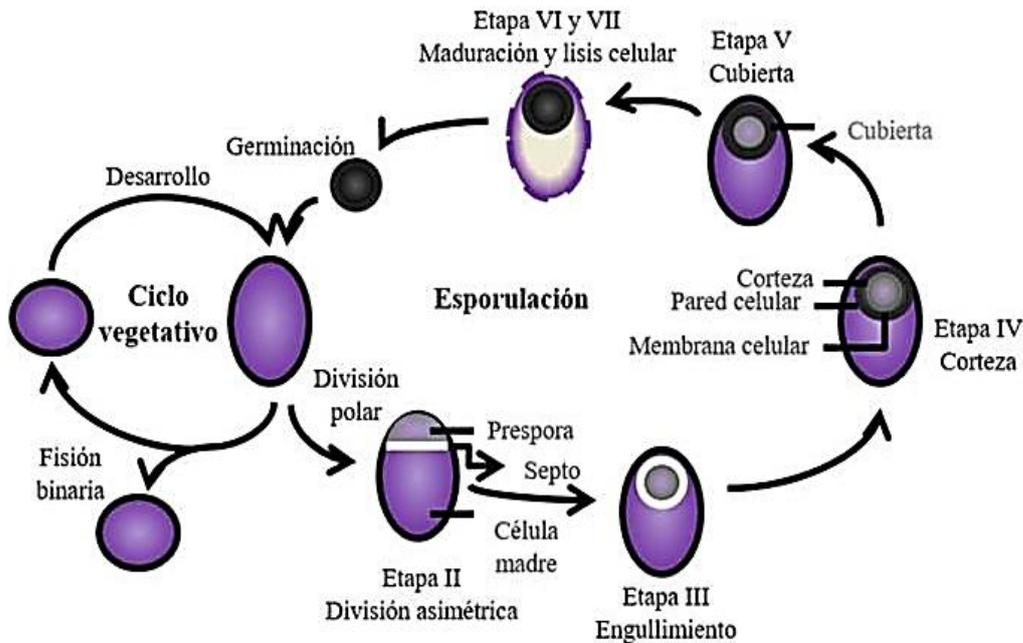
2.6.3 Ciclo biológico de *Bacillus subtilis* Cohn.

La presencia de endosporas le confiere al género *Bacillus* spp su capacidad de diseminación y prevalencia en los ecosistemas, que se formó en la segunda etapa del ciclo de vida, incluida una fase de crecimiento de la planta y la preparación de fases. En el primer paso, las bacterias aumentan por multiplicador con fisión binaria, ya que está en el medio ambiente con condiciones favorables para crecer. La segunda etapa comienza como una estrategia de supervivencia con la presencia de un cierto tipo de estrés (alta densidad de población, escasez de elementos nutricionales, elementos externos, como salinidad, temperatura, pH, entre otros factores), las células vegetales comienzan a formar endosporas, que se relaciona con un componente de células asimétricas, lo que lleva a la formación de dos compartimentos, células madre e inmersión de un precursor. Después de eso, esto se sumergió, formando una celda dentro de la célula madre. En la siguiente fase, está cubierta por capas protectoras (componentes de proteínas, peptidoglucanos y paredes ubicadas debajo de ella, formadas por células germinales), luego deshidratadas y la maduración final de ella.

Finalmente, las células madre son suaves al usar células programadas, liberando la endospora (figura 8) (Villarreal et al., 2018).

Figura 8

Ciclo de Bacillus subtilis Cohn



Fuente: Villarreal et al. (2018)

2.6.4 Morfología y características *Bacillus subtilis* Cohn.

En el medio del cultivo presentan una coloración blanca o crema, con un tamaño aproximado de 2 a 4 mm de diámetro y dependiendo las cepas tienen un aspecto liso, mucoso o rugoso con bordes ondulados o extendidos. Este tipo de bacteria tiene la ventaja especial de producir esporas que son resistentes a los efectos mortales del calor, la congelación, la radiación y los productos químicos tóxicos, por lo que pueden sobrevivir y aislar muchos tipos de bacterias. La endospora es una estructura especializada que le da la capacidad para controlar ciertas enfermedades en cultivos vegetales, ya que produce antibióticos contra hongos (Caicedo y Chacón, 2017).

2.6.5 Mecanismo de acción de *Bacillus subtilis* Cohn. como control biológico.

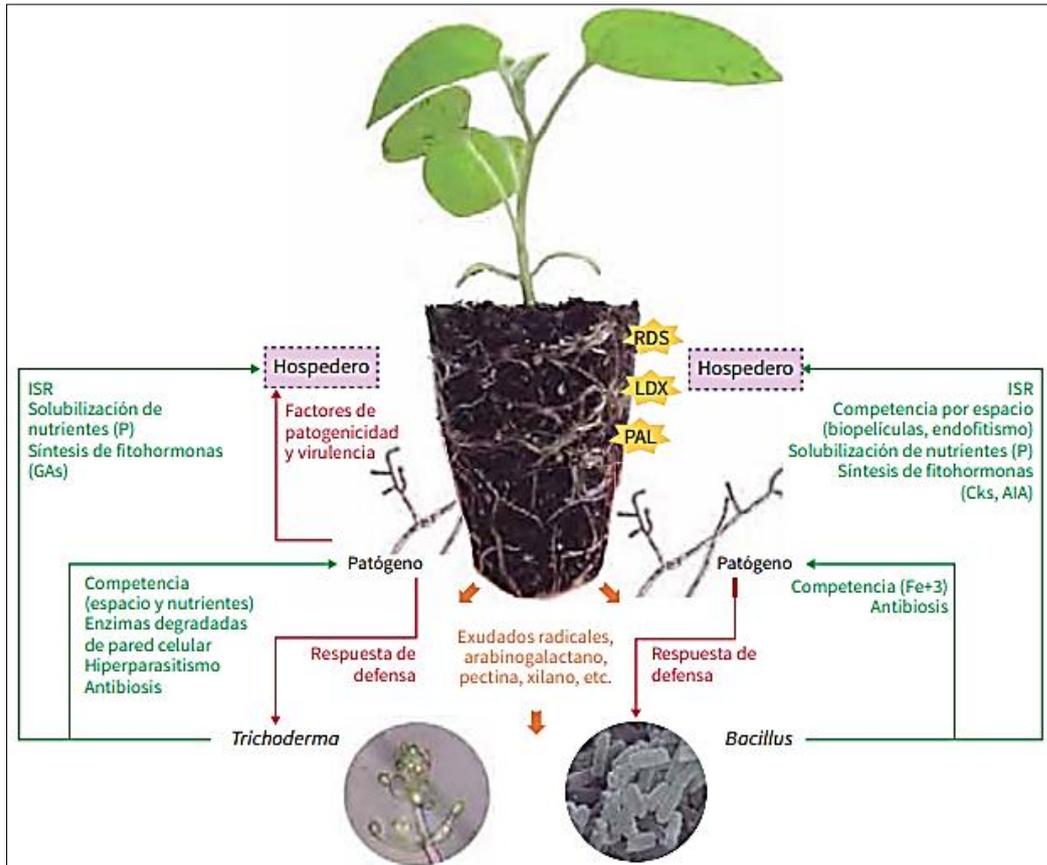
De las moléculas producidas por el *Bacillus subtilis* Cohn., los efectos antifúngicos comprobados incluyen: basilicina, un dipéptido que inhibe el crecimiento de la levadura, así como fengemicina, un lipopéptido que ha demostrado ser eficaz contra los hongos filamentosos y una proteína denominada bacisubina. Se la considera como la principal especie que produce antibiótico llamado subtilina; un péptido que contiene lantionina y que

posee una alta actividad antibacteriana frente a algunas bacterias Gram-positivas, debido a sus enlaces sulfuro (Caicedo y Chacón, 2017).

En la figura 9 se observa el modo de acción de dos agentes de control biológico tales como *Bacillus* spp. y *Trichoderma* spp.

Figura 9

Modos de acción utilizados por agentes de control biológico contra fitopatógenos



Fuente: Cortes (2018)

2.6.6 Efecto antagonista.

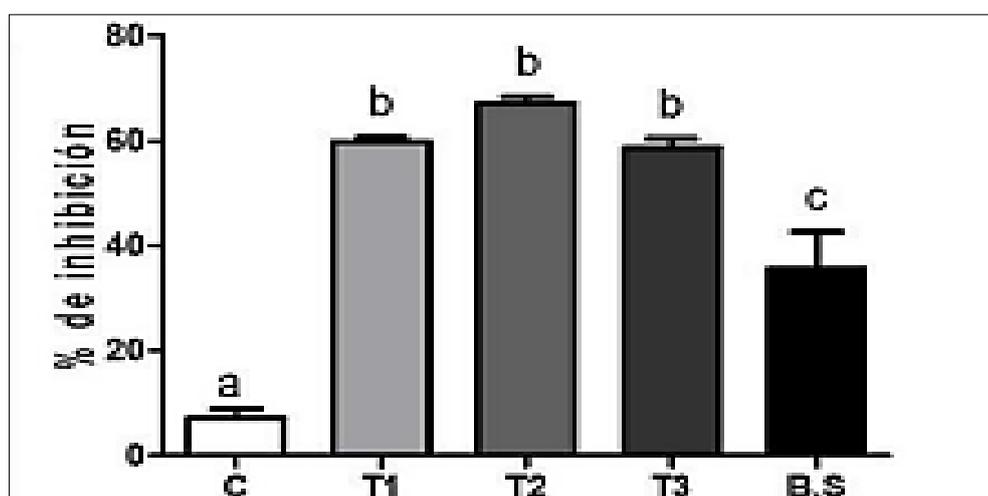
Pérez y García (2019) mencionan que la acción biocontroladora de *Bacillus subtilis* Cohn. está estrechamente relacionada con la producción de metabolitos antibióticos capaces de actuar sobre microorganismos de diversa etiología; la antibiosis. Los péptidos que produce y que tienen esta acción son variados y representan un grupo no muy heterogéneo entre sí de metabolitos activos que afectan directamente a algunos patógenos de plantas, el mecanismo de acción de *Bacillus subtilis* Cohn. se da mediante la secreción de diversas sustancias que se producen cuando la bacteria recibe los nutrientes presentes en la superficie

de las raíces de las plantas que induce la elaboración de metabolitos secundarios con capacidad de suprimir el crecimiento de hongos, oomicetos y bacterias fitopatógenas.

Se evaluó el efecto antagonista de controladores biológicos tales como *Trichoderma* spp. con tres diferentes dosis y *Bacillus subtilis* Cohn sobre el crecimiento de *Botrytis cinerea* Pers *in vitro*, en el cual se observó que *Trichoderma* spp. obtuvo los mejores resultados, no obstante, *Bacillus subtilis* Cohn también inhibió esta enfermedad con un 38% en comparación al testigo que obtuvo aproximadamente un 5% de control como indica la figura 10 (Vázquez et al., s.f.).

Figura 10

Porcentaje de inhibición de *Botrytis cinerea* Pers frente a controladores biológicos.



Fuente: Vázquez et al. (s.f.)

2.6.7 Lipopéptidos de *Bacillus subtilis* Cohn.

Una de las características más importantes del género *Bacillus* es su capacidad para producir una amplia gama de antibióticos capaces de inhibir el crecimiento de patógenos vegetales, entre los cuales, el lipopéptido cíclico no ribosomal es el más estudiado. Estructuralmente, los lipopéptidos (LP) consisten en un péptido cíclico unido a la cadena de ácidos grasos β -hidroxi o β -amino y se clasifican en tres familias diferentes (Villarreal et al., 2018).

Las surfactinas está compuesta por 20 diferentes tipos de lipopéptidos, tienen la estructura común de un heptapéptido unido a un grupo carboxilo y un grupo hidroxilo (Caicedo y Chacón, 2017). Es la familia más estudiada ya que tiene la habilidad de inducir

resistencia sistémica en plantas y la propiedad para proliferar células bacterianas, facilitando así la colonización de la rizósfera (Sánchez, 2016).

La familia de las iturinas representada por la iturrina A, micosubtilinas y baciliomicinas, muestran una fuerte actividad antifúngica. La iturrina A purificada suprime el crecimiento de varios tipos de hongos incluyendo *Rhizoctonia solani* Kuhn. en ensayos con placas. Aunque las surfactinas tienen una actividad antibiótica relativamente débil, la actividad antibiótica de la iturrina A es muy fuerte (Sánchez, 2016). La actividad biológica de las iturinas muestra una fuerte acción antifúngica in vitro contra una amplia variedad de levaduras y hongos, y solo muestran actividad antibacteriana pero no antiviral (Cobo, 2017).

Las fengicinas son biosurfactantes que muestran una fuerte actividad fungitóxica, específicamente de hongos filamentosos y es inhibidor del crecimiento de una amplia gama de patógenos de plantas. Impide principalmente el crecimiento de hongos filamentosos (Cobo, 2017). Como la mayoría de péptidos naturales antimicrobianos, las fengicinas probablemente actúan haciendo la membrana plasmática de la célula objetivo más permeable (Sánchez, 2016).

2.7 Nodulación

El intercambio de señales de entre las células de *Rhizobium* sp. y las leguminosas implica muchas etapas iniciando por el crecimiento de bacterias en la rizosfera del hospedero, la producción de factores de nodulación la adhesión de las células microbianas a la raíz, la inducción de la división celular en la planta, seguido de la penetración del microsimbionte, hasta la formación del simbiosoma y su funcionamiento dentro del nódulo, las leguminosas excretan metabolitos secundarios hacia la rizosfera entre ellos los flavonoides y chalconas son los más importantes en esta interacción (Nápoles et al., 2008).

Los nódulos que están activos y se encargan de fijar N contienen una proteína pigmentada llamada leghemoglobina, dando como resultado la coloración rojiza en medio de estos, lo que indican que las bacterias están vivas y activas, cuando los nódulos están muertos o inactivos suelen tener en el interior una coloración verde (Centro de Investigación y Formación Agrarias [CIFA], 2017).

2.7.1 Fijación máxima de Nitrógeno en la floración

En las leguminosas los nódulos aparecen de cuatro a seis semanas después de la siembra y alcanzan una actividad máxima alrededor de la floración. Al llegar la madurez de

la planta, las raíces y los nódulos se vuelven senescentes y algunos empiezan a descomponerse. En las leguminosas se inicia una nueva nodulación en primavera. La fijación de nitrógeno en una simbiosis leguminosa- rizobio varía ampliamente según el clima, el contenido de nitrógeno del suelo, el sistema de cultivo y el manejo (CIFA, 2017).

2.7.2 Factores que afectan la Nodulación

La temperatura es una de las limitantes que afecta la formación de nódulos y la sobrevivencia de la bacteria en el suelo, lo óptimo para la formación de estos es entre 7 y 15° C, la humedad de suelo debe estar entre 60 a 70% de la capacidad de campo, tanto la sequía como el exceso de agua afectan negativamente los rizobios. Uno de los factores importantes es la luz ya que influye directamente en la fotosíntesis, la formación de nódulos es más dependiente de la luz que el proceso de infección (Nápoles et al., 2008).

2.8 Marco legal

El artículo 14 de la Constitución de la República del Ecuador (2008), reconoce el derecho humano de vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado que asegure la sostenibilidad y una vida digna. Se declara de interés público la preservación del medio ambiente, la preservación de los ecosistemas, la biodiversidad e integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño al medio ambiente, la restauración de las áreas naturales degradadas.

La constitución de la República del Ecuador (2008), en el artículo 281 resalta que la soberanía alimentaria es un objetivo estratégico y una obligación estatal para garantizar que las personas, las comunidades, los pueblos y las naciones tengan acceso a autosuficiencia permanente en alimentos saludables y culturalmente apropiados.

El artículo 410, destaca que tanto a los agricultores como las diversas comunidades rurales se les brindará apoyo para la subsistencia y reparación de los suelos, de igual manera para realizar las diversas prácticas agrícolas para la subsistencia de ellos con el fin de resguardar y promover la soberanía alimentaria Constitución de la República del Ecuador (2008).

CAPITULO III

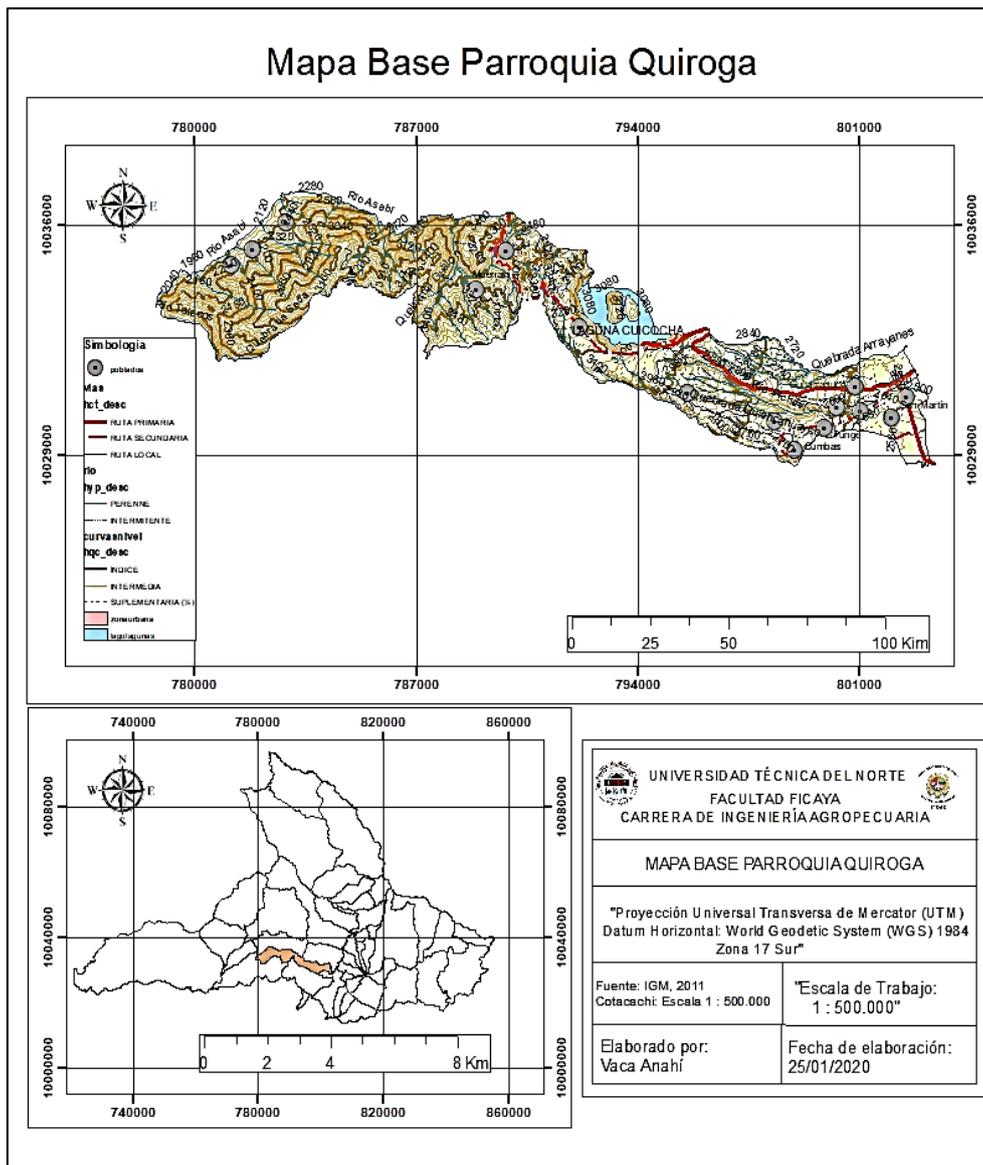
MARCO METODOLÓGICO

3.1 Caracterización del área de estudio

La presente investigación se la realizó en la provincia de Imbabura en el cantón Cotacachi parroquia Quiroga en la comunidad Cumbas Conde a una altitud de 2700 msnm (Figura 11).

Figura 11

Localización geográfica del área de estudio parroquia Quiroga, comunidad Cumbas



De acuerdo a la Subdirección de Gestión Ambiental (2002); la comunidad Cumbas Conde posee las condiciones climáticas descritas en la Tabla 1.

Tabla 1*Características del área de estudio.*

Ubicación	Localidad
Provincia	Imbabura
Cantón	Cotacachi
Parroquia	Quiroga
Localidad	Cumbas Conde
Latitud	0°15'54.8" Norte
Longitud	78°19'10.8" Oeste

3.1.2 Características agroclimáticas.

El experimento de campo se realizó en la comunidad Cumbas Conde con las siguientes características climáticas presentes en la Tabla 2 (Subdirección de Gestión Ambiental, 2002).

Tabla 2*Características agroclimáticas del área de estudio*

Características	Comunidad Cumbas
Altitud	2700 m.s.n.m.
Temperatura media anual	14.7°C
Precipitación media anual	989mm
Humedad relativa	71%

3.2 Materiales equipos, insumos y herramientas

Para la fase de campo se utilizaron los materiales, equipos, insumos y herramientas, detallados a continuación en la Tabla 3:

Tabla 3*Materiales equipos, insumos y herramientas*

Materiales	Equipos	Insumos	Herramientas
Cuaderno de campo	Atomizador	Semilla de haba	Herramientas agrícolas manuales
Computadora	Equipo de protección aplicaciones	Fertilizante	Mangueras, aspersores
		<i>Bacillus subtilis</i> Cohn.	Piola, letreros
			Alambre, vigas

3.3 Métodos

Esta investigación es de tipo experimental, se probó el uso de *Bacillus subtilis* Cohn. en el cultivo de haba con el fin de combatir *Botrytis fabae* S. Se utilizaron dos variedades de semilla una local y la otra certificada que se adquirió en el INIAP (Instituto de Investigaciones Agropecuarias), posteriormente se realizó la siembra que consistió en establecer 30 parcelas.

3.3.1 Factores en estudio.

Los factores en estudio de la presente investigación son:

- Variedades

Variedad 1: INIAP 441 Serrana

Variedad 2: Chaucha (semilla local reciclada)

- Dosis de *Bacillus subtilis* Cohn

Para el presente estudio se empleó la cepa comercial de *Bacillus subtilis* Cohn QST 713, para lo cual se utilizó como base la dosis de recomienda por Llanos (2017), para el manejo de *Botrytis cinerea* Pers. en fresa, misma que comprende 1.026×10^{11} UFC/g. Adicionalmente se aplicaron las dosis detalladas en la tabla 4.

Tabla 4*Dosis de Bacillus subtilis Cohn. aplicadas en el cultivo de haba*

Código	Aplicaciones	Carga Bacteriana
D0	Testigo Absoluto	
D1	<i>Bacillus subtilis</i> Cohn. 5.5 g/l	7.524 X 10 ¹⁰ ufc/g
D2	<i>Bacillus subtilis</i> Cohn. 7.5 g/l	1.026 X 10 ¹¹ ufc/g
D3	<i>Bacillus subtilis</i> Cohn. 9.5 g/l	1.2996 X 10 ¹¹ ufc/g
D4	Control químico convencional	

La conformación de los tratamientos se muestran en la siguiente Tabla 5.

Tabla 5*Descripción de los tratamientos en estudio*

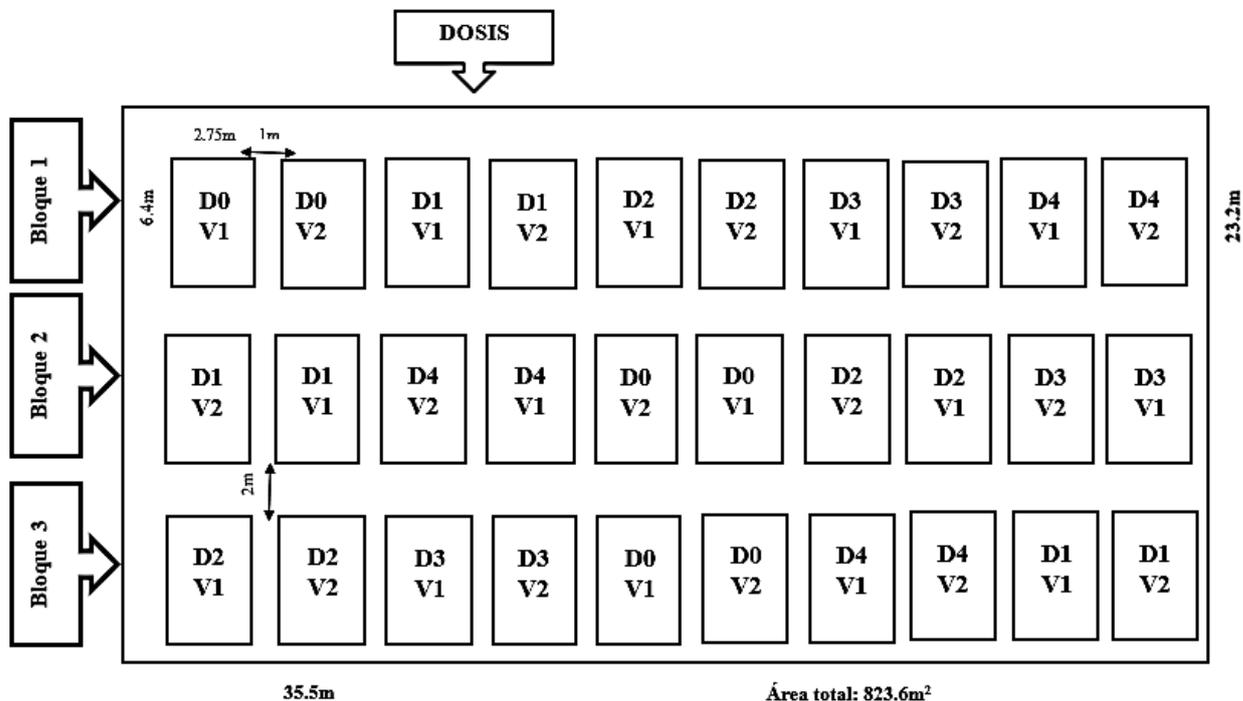
Factor 1	Factor 2	Tratamiento
Dosis 0	Variedad 1	D0V1
Dosis 1	Variedad 1	D1V1
Dosis 2	Variedad 1	D2V1
Dosis 3	Variedad 1	D3V1
Dosis 4	Variedad 1	D4V1
Dosis 0	Variedad 2	D0V2
Dosis 1	Variedad 2	D1V2
Dosis 2	Variedad 2	D2V2
Dosis 3	Variedad 2	D3V2
Dosis 4	Variedad 2	D4V2

3.3.2 Diseño experimental.

Para el presente ensayo se realizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA), con cinco dosis, dos variedades de haba y un total de 30 unidades experimentales (Figura 12).

Figura 12

Diseño experimental del cultivo de haba para la implantación del ensayo.



3.3.3 Características del experimento.

- Niveles: 5
- Bloques: 3
- Número de unidades experimentales: 30
- Área total del ensayo: 823.6m²

3.3.4 Características de la unidad experimental.

En la Tabla 6 se detallan las características de la unidad experimental.

Tabla 6

Características de la unidad experimental

Datos	Medidas
Área Unidad Experimental	17.6m ²
Número de plantas por unidad experimental	100
Número de plantas por parcela neta	36
Distancia entre plantas	0.25 m
Distancias entre surcos	0.60 m

3.3.5 Análisis estadístico.

El análisis estadístico se realizó con la prueba de media LSD Fisher al 5% (Tabla 7).

Tabla 7

Esquema de ADEVA del Diseño en Bloques Completos al Azar (DBCA)

Fuentes de Variación	GL
Bloques	2
Dosis	4
Variedades	1
Error	22
Total	29

3.3.6 Variables evaluadas.

En la realización del experimento se evaluó:

a) Nodulación (peso)

Esta variable fue medida a 15 plantas al azar de la parcela neta en la etapa de cosecha en verde. Para retirar las plantas del suelo se realizó un hoyo de 25 x 25 cm y tan profundo como las raíces esto con ayuda de una pala recta para extraer la rizosfera y proceder a separar los nódulos de las raíces posteriormente se pesaron los nódulos de cada planta en una balanza gramera.

Figura 13

Muestra de nódulos y peso medido en gramos.



b) Número de vainas por planta

Este dato se tomó durante la cosecha, contando el total de vainas existentes en las 10 plantas por parcela neta tomadas al azar.

Figura 14

Número de vainas por planta contabilizadas manualmente del cultivo de haba.



c) Número de granos por vaina

Se realizó en el momento de la cosecha contando el número de granos de cinco vainas de las 10 plantas seleccionadas anteriormente, obteniendo el promedio general de granos por vaina por cada dosis.

Figura 15

Número de granos por vaina del cultivo de haba.



d) Rendimiento en grano verde

Se tomaron 10 plantas al azar, se registró el peso en gramos de cada tratamiento se multiplicó por el área total de la parcela neta y se obtuvo el peso en gramos por metro cuadrado, esta acción se realizó cuando la planta estaba lista para la cosecha en vaina verde.

e) Peso de 100 semillas

Una vez extraídos los granos verdes de las vainas, se tomaron 100 al azar y se pesó en una balanza gramera.

Figura 16

Peso de 100 semillas medido en gramos del cultivo de haba.



f) Rendimiento de grano seco

Se tomaron los granos secos de las 15 plantas restantes de la parcela neta y se procedió hacer una relación área de superficie seleccionada, se obtuvo el dato en gramos por metro cuadrado al multiplicar este resultado por el área total de la parcela neta.

g) Análisis financiero

Este análisis se realizó al finalizar el ciclo de producción de haba, mediante la tabla de costos de producción fijos y variables, donde se examinó todos los valores incurridos, desde directos hasta indirectos, posteriormente se determinó el tratamiento que tiene la mejor relación beneficio/ costo.

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

$$RB/C = \frac{IT}{CT} \times 100$$

Donde:

RB/C= Relación Beneficio Costo

IT = Ingresos Totales

CT = Costos Totales

3.3.7 Variables fitopatogénicas.

a) Incidencia de *Botrytis fabae* S.

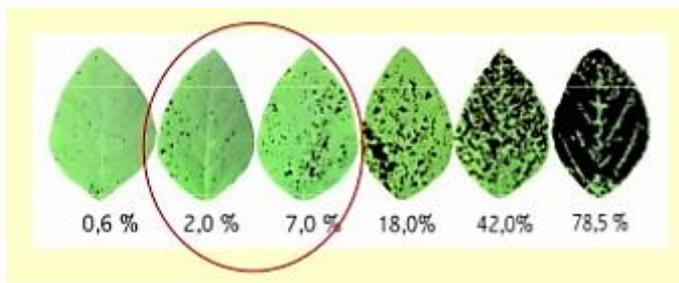
Se realizó el monitoreo cada 15 días de forma visual revisando 10 plantas al azar de la parcela neta, de las cuales se tomaron tres hojas paripinnadas bifoliadas de cada planta para determinar la presencia o ausencia de la plaga, para lo cual se calculó de la siguiente manera: (número de muestras enfermas / número total de muestras tomadas) x 100.

b) Severidad de *Botrytis fabae* S.

La severidad fue evaluada a 10 plantas tomadas al azar de la parcela neta observando el número de hojas afectadas, por el fitopatógeno, con base al umbral de daño económico de cada una. Cuando la planta presentó entre 0.6% de severidad no se aplicó ningún controlador, a partir del 2% se procedió a controlar la severidad Barea (2006) (Figura 17).

Figura 17

Severidad de Botrytis fabae S.



Fuente: Barea (2006)

3.4 Manejo específico del experimento

a) Selección del terreno para el experimento

Para la implementación del ensayo se utilizó un terreno el cual está constituido por una pendiente de 5% y no dispone de agua de riego.

Figura 18

Selección del terreno para la implantación del presente ensayo.



b) Análisis de suelo

Previo a realizar el ensayo se tomaron 5 muestras de 1 kg de suelo, las mismas que se enviaron al laboratorio de ensayos analíticos AGRARPROJEKT S.A. ubicado en Quito.

Figura 19

Toma de muestras previo al análisis de suelo.



c) Fertilización

Una vez realizado el análisis de suelo y con los resultados arrojados (Anexo 1), se procedió a fertilizar el suelo de la siguiente manera:

- Se utilizó fertilización orgánica en las parcelas con tratamiento de *Bacillus subtilis* Cohn, mientras que en el testigo absoluto y convencional se aplicó fertilización química.
- La fertilización orgánica se realizó con abono animal bovino, la cual se aplicó 1kg por planta; esta aplicación se realizó al primer mes de la siembra, se aplicó también biol de forma foliar y drench para corregir deficiencias de las plantas. Por otro lado,

la fertilización química para los tratamientos convencional y absoluto se incorporó potasio y fósforo antes de la siembra, y a su vez el 60% de nitrógeno. El 40% restante de N se aplicó antes de la floración.

Figura 20

Fertilización de suelo a) aplicación de abono orgánico, b) aplicación de abono inorgánico.



d) Preparación del suelo

En el lote establecido para el ensayo, se procedió a realizar el arado y rastrado con la ayuda de un tractor, con el fin de nivelar y facilitar el surcado. Esta actividad se realizó 10 días antes de la siembra y posterior a ello se formaron los surcos, diez días antes se aplicó cal agrícola en el cultivo (Anexo 2).

Figura 21

Preparación del suelo arado y rastrado previo a la implantación.



e) Delimitación de las parcelas

Una vez terminada la preparación de suelo se procedió a la delimitación de 30 unidades experimentales con dimensiones de 2.75 m x 6.4 m cada una, con la ayuda de estacas y piola. En cada una de las parcelas se realizaron 10 surcos para la respectiva siembra.

Figura 22

Delimitación de 30 unidades experimentales para el cultivo de haba.



f) Siembra

Se estableció para dar importancia a las variedades que se utilizan en la zona como es la chaucha cultivada por años en el sector, y la INIAP 441 serrana que es una semilla certificada, para lo cual se realizó la siembra a una distancia de siembra de 0.25 m entre plantas y 0.60 m entre surcos, con dos semillas de haba por hoyo.

Figura 23

Siembra de semilla var. Chaucha e INIAP 441 Serrana.



g) Deshierbe y aporque

El deshierbe se realizó al primer mes de siembra, mientras que el aporque se ejecutó a los dos meses a partir de la siembra con la ayuda de un azadón, esta actividad se repitió a los 4 meses a partir de la siembra.

Figura 24

Deshierbe y aporque del cultivo de haba.



h) Riego

El riego se realizó por aspersión, según el requerimiento del cultivo en concordancia con las condiciones climáticas, pues hubo lluvia durante casi toda la etapa del cultivo, exceptuando el último mes, cabe mencionar que se aplicó biol para corregir deficiencias del cultivo (Anexo 3).

Figura 25

Aplicación de riego por aspersión en el cultivo de haba.



i) Aplicación de los tratamientos

Según Llanos (2017) la dosis 1.026×10^{11} ufc/g, controla eficientemente *Botrytis cinerea* Pers. en fresa, por lo que para el presente estudio se utilizó esta cantidad del producto como base y se usó una dosis mayor con 1.2996×10^{11} ufc/g y una menor que abarca 7.524×10^{10} UFC/g.

El manejo de la enfermedad en el estudio fue cuando existió el 2% de severidad del fitopatógeno, de igual forma se aplicó el control químico y por último se realizó las respectivas comparaciones frente al testigo absoluto.

Figura 26

Aplicación de tratamientos de Bacillus subtilis Cohn y manejo convencional en el cultivo de haba.



j) Cosecha

La cosecha se realizó de forma manual, recogiendo las vainas tiernas que ya estaban en su madurez fisiológica, posteriormente se procedió a medir el rendimiento en grano seco de 15 plantas al azar de la parcela neta.

Figura 27

Cosecha en grano verde del cultivo de haba.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Variables fitopatogénicas

4.1.1 Incidencia de *Botrytis fabae* S.

En la tabla 8, se puede apreciar que el factor días después de la siembra (dds), el factor variedad y el factor producto presentan interacción ($F=1.96$; $gl=16,98$; $p=0.0232$).

Tabla 8

ADEVA de la variable incidencia de Botrytis fabae S en el sector Cumbas año 2021.

Fuente de variación	Grado de libertad	Grados de libertad error	Valor F	Valor P
dds	4	98	118	<0.0001
variedad	1	98	43.93	<0.0001
producto	4	98	46.51	<0.0001
dds:variedad	4	98	36.54	<0.0001
dds:producto	16	98	12.64	<0.0001
variedad:producto	4	98	1.6	0.1809
dds:variedad:producto	16	98	1.96	0.0232

4.1.1.1 Incidencia de *Botrytis fabae* S var. INIAP 441 Serrana

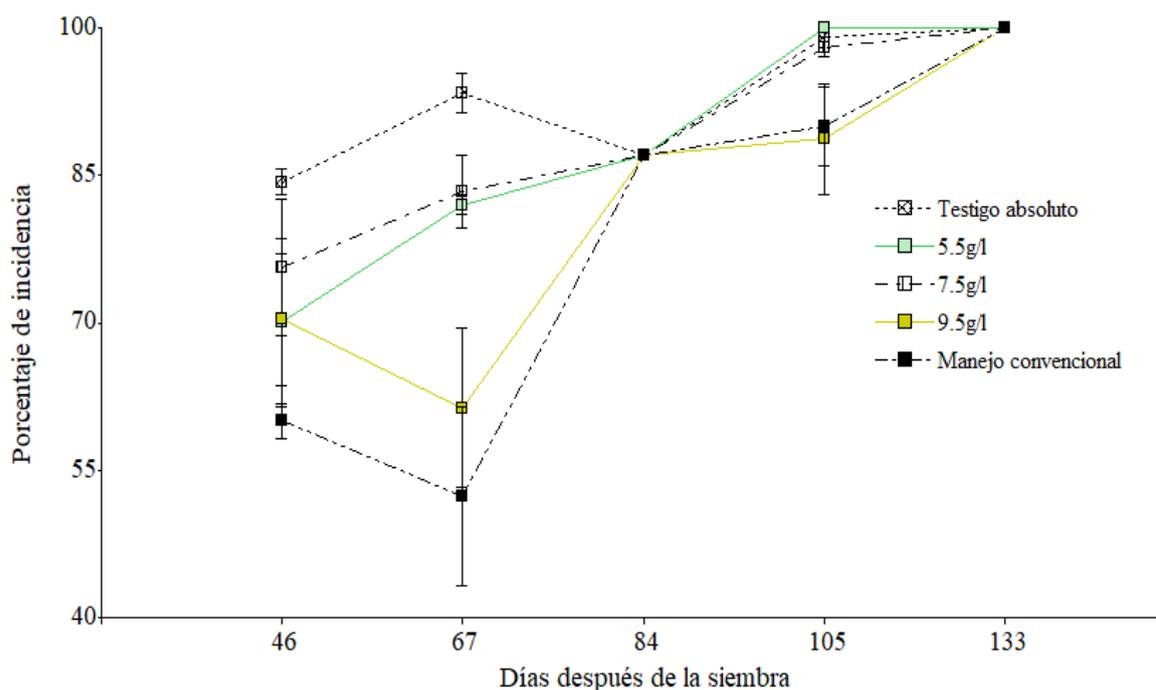
La figura 28, presenta los resultados de la prueba de medias de Fisher para la variedad INIAP 441 Serrana, en donde es necesario informar que el valor de la incidencia en todas las lecturas supera el 50%, además, las líneas de tendencia de los tratamientos son ascendentes a excepción de la D4(Manejo convencional) y D3 (9.5 g/l) de *Bacillus subtilis* Cohn que en el día 67 evidencia una reducción de incidencia, lo mismo sucede con la D0(Testigo absoluto), que en el día 84 se evidenció un descenso posiblemente esto se debe a la aplicación de biol que estimula la protección de cultivos contra enfermedades. Por lo que se puede decir que la presencia del fitopatógeno es progresiva, según avanzan las fases fenológicas del cultivo.

La dinámica de la incidencia converge en el día 84 y 133 con valores que alcanzan el 85% y 100% respectivamente, posiblemente este resultado se haya dado por la presencia de lluvias durante el ciclo del cultivo que evitaban el efecto de los tratamientos, es necesario

destacar que los tratamientos D4 (Manejo convencional) y D3 (9.5 g/l) de *Bacillus subtilis* Cohn son los que muestran los valores de incidencia más bajos. Pero es importante señalar que los tratamientos D0 (Testigo absoluto), D2 (7.5 g/l de *Bacillus subtilis* Cohn), D1 (5.5 g/l) de *Bacillus subtilis* Cohn presentan valores altos en esta variable y que no tienen diferencias estadísticas entre sí.

Figura 28

Incidencia de Botrytis fabae S var. INIAP 441 Serrana.



Peralta et al. (1996); resaltan que la variedad INIAP 441 Serrana es tolerante a *Botrytis fabae*, normalmente presenta esta enfermedad cuando el cultivo está en formación o llenado de vainas, inclusive más tarde, por lo tanto, se empieza aplicar agroquímicos. En las pruebas realizadas en la provincia de Pichincha se encontró que esta variedad obtuvo una reacción intermedia y tomando en cuenta en una escala del 1 al 10% obtuvo de promedio un 4%. Pero en varios lugares de la sierra ecuatoriana se puede encontrar un ataque a las hojas muy severo, que si no es controlada puede disminuir significativamente la productividad de la misma.

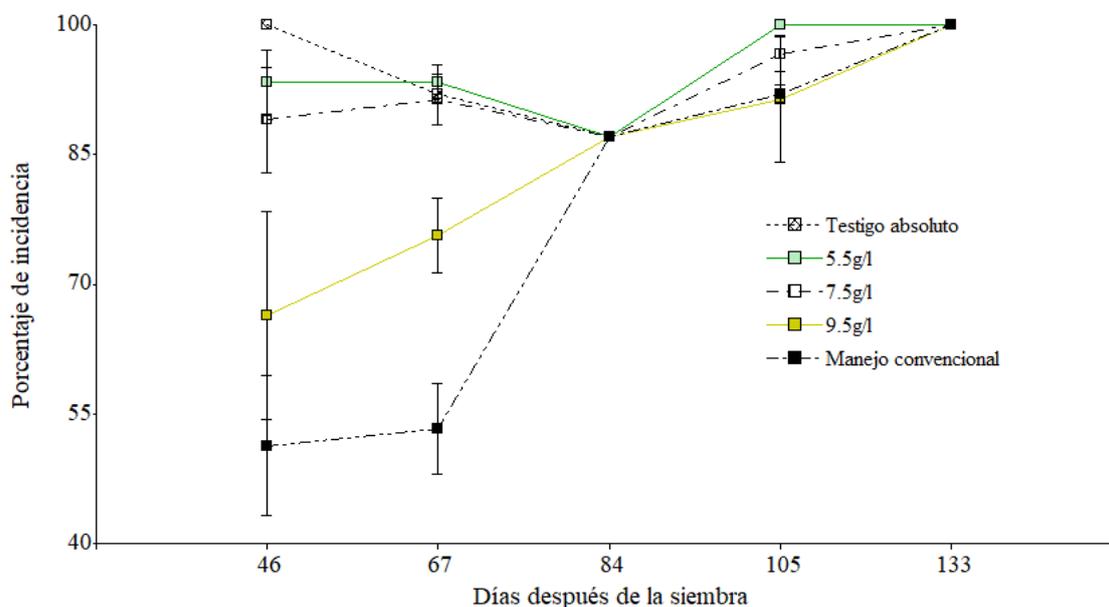
4.1.1.2 Incidencia de *Botrytis fabae* S var. Chaucha

En la figura 29, se puede observar los resultados de la prueba de medias de Fisher para la variedad Chaucha, en la que todos los tratamientos superaron el 50% de incidencia,

además las líneas de tendencia de todos los tratamientos son ascendentes a excepción de la D0 (Testigo absoluto) que en el día 67 se evidencia reducción, lo mismo sucede con el D2 (7.5 g/l) de *Bacillus subtilis* Cohn y D1(5.5 g/l) de *Bacillus subtilis* Cohn, presentan un descenso en el día 84, posteriormente para el día 133 todos los tratamientos ascendieron.

Otro aspecto importante de mencionar es que la incidencia en el día 84 y 133 converge con valores que alcanzan un 87% y 100% respectivamente, cabe destacar que los tratamientos con valores de incidencia más bajos fueron el D4 (manejo convencional) y el D3 (9.5 g/l) de *Bacillus subtilis* Cohn, pero a partir del día 84 hasta el día 133 todos los tratamientos no presentan diferencias estadísticas entre sí, posiblemente esto se debe a las lluvias presentes que evitaban la inhibición de los tratamientos en la planta, otro aspecto a tomar en cuenta es que a partir de la floración y llenado de vainas esta se vuelve más susceptible a *Botrytis fabae* S.

Figura 29
Incidencia de *Botrytis fabae* S var. *Chaucha*.



Lucero (2014), menciona que la mancha chocolate se caracteriza por ser muy virulenta, afecta a todas las variedades de haba al no existir un control adecuado, generalmente ataca a los cultivos desde la emergencia hasta su madurez total, al aplicar tratamientos tales como ácido acetilsalicílico, y controlador químico, se obtuvo que tanto el ácido como el fungicida controlaron la incidencia de manera efectiva a diferencia del testigo absoluto que fue el más afectado.

La humedad y la temperatura son factores esenciales para el crecimiento de *Botrytis*. Además, cuando hay una humedad relativa por encima del 70%, esta favorece de manera lineal la germinación de esporas de *Botrytis fabae* S, pero el rango óptimo para un mejor desarrollo oscila entre 85% y 90%. Otro aspecto a tomar en cuenta es la temperatura ya que se requiere de un 4 y 30 °C para el desarrollo de la enfermedad (Salazar 2021).

Firdu et al. (2022), al utilizar *Bacillus subtilis* Cohn AAUB95, frente a *Botrytis fabae* S indican que la incidencia y la gravedad de la mancha de chocolate se redujeron al 37 y 48 % en las habas, respectivamente, de igual manera al usarlo en la variedad Ashebeka de habas hubo una reducción del 50% de la mancha chocolate por lo que sugiere *Bacillus subtilis* Cohn AAUB95 puede volver a probarse contra la enfermedad, formularse y usarse como bioinoculante para el control de la mancha de chocolate en las habas.

4.1.2 Severidad de *Botrytis fabae* S.

En la tabla 9, del ADEVA se puede ver que el factor días después de la siembra (dds), el factor tratamiento y el factor variedad si presentan interacción, (F=3.13; gl=16,444B; p=<0.0001).

Tabla 9

ADEVA de la variable severidad de Botrytis fabae S en el sector Cumbas año 2021.

Fuente de variación	Grado de libertad	Grados de libertad error	Valor F	Valor P
dds	4	4448	231	<0.0001
tratamiento	4	4448	171.52	<0.0001
variedad	1	4448	213.92	<0.0001
dds:tratamiento	16	4448	3	<0.0001
dds:variedad	4	4448	15.45	<0.0001
tratamiento:variedad	4	4448	17.94	<0.0001
dds:tratamiento:variedad	16	4448	3.13	<0.0001

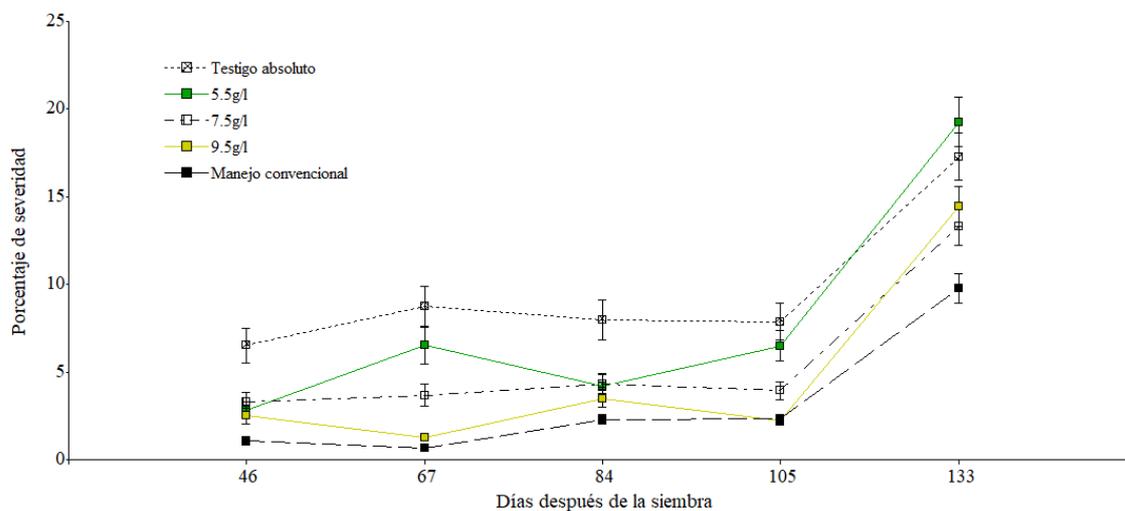
4.1.2.1 Severidad de *Botrytis fabae* S var. INIAP 441 Serrana

En la figura 30, se puede apreciar los resultados de la prueba de medias Fisher de la variedad INIAP 441 Serrana, en la que se puede observar el comportamiento de la severidad de los tratamientos, pues hasta el día 67, las líneas de tendencia indican que tanto el D1 (5.5 g/l) de *Bacillus subtilis* Cohn y D0 (Testigo absoluto) aumentaron el porcentaje de severidad, posteriormente se puede considerar que para el día 84 no hubo diferencia estadística por parte de los tratamientos a excepción del testigo absoluto que presentó el mayor índice de severidad.

Cabe mencionar que para el día 133 todos los tratamientos presentaron aumento de severidad, a pesar de que esta variedad es un 30% más resistente a la enfermedad, posiblemente esto se debe a la alta humedad del suelo por la presencia de lluvias durante el ciclo o su vez por la etapa de llenado de vainas que es más susceptible a la enfermedad. El tratamiento con menor índice de severidad fue la D4 (Manejo convencional), seguido de la D2 (7.5 g/l) de *Bacillus subtilis* Cohn y la D3 (9.5 g/l) de *Bacillus subtilis* Cohn que no presentan diferencias estadísticas.

Figura 30

Porcentaje de severidad de Botrytis fabae S var. INIAP 441 Serrana.



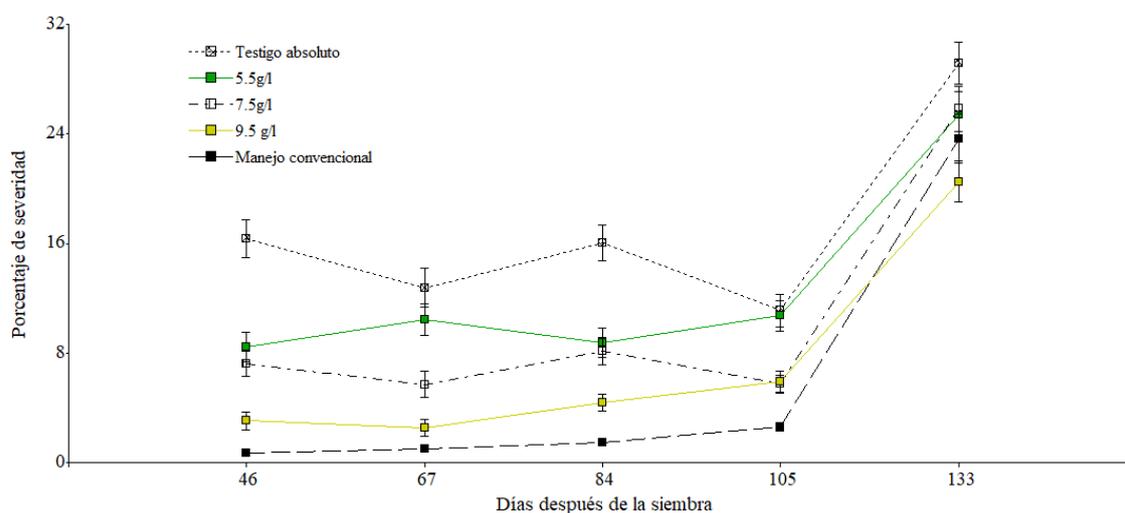
Peralta et al. (1996); resaltan que la variedad INIAP 441 Serrana al ser tolerante a *Botrytis fabae* S, no hay un alto índice de severidad, pero al mostrar las primeras manchas en las hojas se debe aplicar un control inmediato para evitar pérdidas o aumento de esta enfermedad. Además de acuerdo al presente estudio realizado esta variedad obtuvo menor índice de severidad en comparación a la variedad Chaucha, posiblemente este resultado se debe a que la semilla es mejorada y de buena calidad.

4.1.2.2 Severidad de *Botrytis fabae* S var. Chaucha

En la figura 31, se puede observar los resultados de la prueba de medias Fisher de la variedad Chaucha, pues durante todas las lecturas los tratamientos con menor índice de severidad fueron el D4 (Manejo convencional y el D3 (9.5 g/l) de *Bacillus subtilis* Cohn, cabe destacar que en el día 105 tanto la D3 como la D2 no presentaron diferencias estadísticas, lo mismo sucede con la D1 (5.5 g/l) de *Bacillus subtilis* Cohn y la D0 (Testigo absoluto), pero estas tienen mayor porcentaje de severidad. Finalmente, para el día 133 todos los tratamientos presentaron aumento incluso más que la variedad INIAP 441 Serrana, esto se debe a que esta es más susceptible a la enfermedad al ser propia de la localidad y por la alta humedad que favorece al desarrollo del patógeno sobre todo al tener más de un 80%. Cabe recalcar que la D3 (9.5 g/l) de *Bacillus subtilis* Cohn fue la que sobresalió mostrando valores más bajos de severidad, lo que indica la efectividad por parte de este biocontrolador frente a una variedad más propensa a *Botrytis fabae* S. Por otro lado, la D4 (Manejo convencional), D2 (7.5 g/l) de *Bacillus subtilis* Cohn y D1 (5.5 g/l) de *Bacillus subtilis* Cohn no presentaron diferencias estadísticas.

Figura 31

Porcentaje de severidad de Botrytis fabae S var. Chaucha.



Infante (2017), señala que para medir la severidad de *Botrytis fabae* S en haba usaron una escala del 0 al 4 en la que el 0% no presenta lesiones de color marrón, y sobre todo no se observan puntos esporulantes, mientras que en la etapa 4 se ve grandes lesiones con abundante esporulación que cubre más del 10% del área foliar. De acuerdo a esta escala se determinó una baja humedad relativa previene el aumento en la severidad del patógeno. Si

analizamos el presente estudio se vio una alta humedad por lo tanto si presentó una severidad significativa.

El haba es susceptible a encharcamiento de agua cuando los suelos son muy ácidos, es importante destacar que en las etapas en las que la planta necesita abundante humedad son en el macollaje, floración, la formación de vainas y el llenado del grano, se debe recalcar que los patógenos se dispersan con mucha facilidad gracias al exceso de lluvias causando significativos daños al cultivo, esto se da por las salpicaduras de agua de lluvias. Además, los frecuentes períodos de lluvias favorecen el desarrollo de la enfermedad, causando daños significativos de severidad (INIA [Instituto de Investigación y Extensión Agraria], 2004).

Se realizó estudios en el que cultivaron el patógeno causante solo y junto con las bacterias antagonistas en los medios de crecimiento, finalmente encontraron que el bacilo tiene el mayor potencial para controlar la severidad de la mancha de chocolate de las habas, por lo que finalmente concluyeron que *Bacillus subtilis* Cohn puede ser más recomendado como componente del manejo integrado de la enfermedad de las manchas de chocolate de las habas Mitiku (2017).

4.2 Variables agronómicas

4.2.1. Nodulación (peso)

En la tabla 10, se detalla el análisis de varianza para la variable nodulación, en la cual se evidencia que no existe interacción entre los factores: días después de la siembra (dds), tratamiento y variedad ($F=1.25$; $gl=4,428$; $p=0.2873$). Entre los factores estudiados, únicamente se presenta interacción para tratamiento y variedad ($F=20.94$; $gl=4,428$; $p<0.0001$). De manera independiente, se presentan diferencias estadísticas para variedad ($F=313.45$; $gl=1,428$; $p<0.0001$) y tratamiento ($F=4.65$; $gl=4,428$; $p=0.0011$).

Tabla 10*ADEVA de la variable peso del nódulo en el sector Cumbas año 2021.*

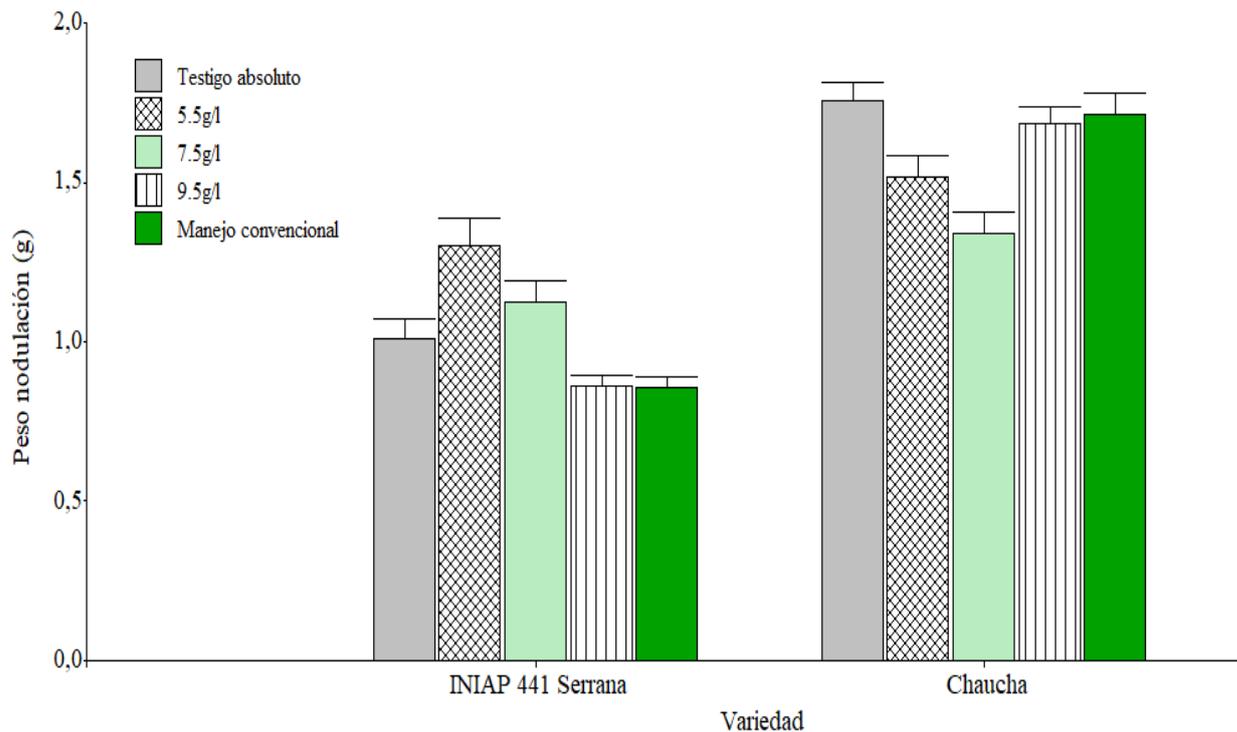
Fuente de variación	Grado de libertad	Grados de libertad error	Valor F	Valor P
dds	1	428	0.99	0.3193
trat	4	428	4.65	0.0011
Variedad	1	428	313.45	<0.0001
dds:trat	4	428	0.38	0.826
dds:Variedad	1	428	1.94	0.164
trat:Variedad	4	428	20.94	<0.0001
dds:trat:Variedad	4	428	1.25	0.2873

En la figura 32, se observa el comportamiento de las dos variedades de haba estudiadas con respecto del peso de los nódulos, en donde destaca la variedad Chaucha con valores más elevados, además en esta se sobresale el comportamiento del testigo absoluto sin diferencias estadísticas con la D3 (9.5 g/l) de *Bacillus subtilis* Cohn y el testigo convencional, esta circunstancia determinaría que la aplicación del microorganismo no influye en el peso de la nodulación, más bien esta variable estaría demarcada por la adaptabilidad de este tipo de haba a las condiciones ambientales de la zona.

Otro aspecto a tener en cuenta es que con una baja cantidad de rizobios, los nódulos se encuentran en menor número, aunque el espesor es mayor. De igual manera el contenido de nutrientes en el suelo también influye en la distribución y dimensión, cabe mencionar que, si la planta es nativa del área o bien ha sido cultivada previamente en ese campo de forma satisfactoria, habrá mayor presencia de la bacteria Rhizobia, caso contrario se mostrará un crecimiento por debajo de lo óptimo (CIFA, 2017). Evidentemente en este estudio presentó mayor peso la variedad propia de la localidad, es necesario recalcar que las dos variedades presentaron nódulos distribuidos en toda la raíz, esto aparentemente se debe a la fertilización efectiva en el cultivo.

Figura 32

Peso del nódulo medido en gramos de la var. Chaucha e INIAP 441 Serrana



Para confirmar lo mencionado anteriormente, Verma et al. (2019), afirman que utilizando *Bacillus subtilis* Cohn se obtiene crecimiento significativo de meristemas y de la longitud de las raíces, pero no hay evidencia de que tenga influencia en la generación de mayor número o peso de nódulos. Por otro lado, Omar y Abd-Alla (1994), confirman que microorganismos tales como *Bacillus subtilis* Cohn, *Rhizobium leguminosarum*, *Bacillus cereus* Frankland y Frankland, dieron respuesta de crecimiento al cultivo de habas dando lugar a una planta más saludable pero no se correlacionó con la supervivencia del inóculo en la rizósfera, sino más bien está relacionado a las cepas de bacterias probadas que aumentaron el número y masa de los nódulos así como la nitrogenasa, además gracias a estos microorganismos se vio mejoría en la emergencia.

Ebrahim et al. (2010), realizaron dos experimentos en temporada de lluvia y se analizó el efecto del P y K con respecto a la formación de nódulos en el cultivo de haba, los ensayos fueron realizados en suelos salinos y no salinos, el resultado más importante fue la formación de nódulos en suelos no salinos, por lo que se confirmaría que *Bacillus subtilis* Cohn no tiene injerencia en la nodulación de haba.

4.2.2 Número de vainas por planta

En la tabla 11, se observa el análisis de varianza para la variable número de vainas por planta, los factores variedad y tratamiento no presentaron interacción ($F=1.89$; $gl=4,288$; $p=0.1116$), de manera independiente se presenta diferencia significativa para el factor variedad ($F=149.72$; $gl=1,288$; $p<0.0001$).

Tabla 11

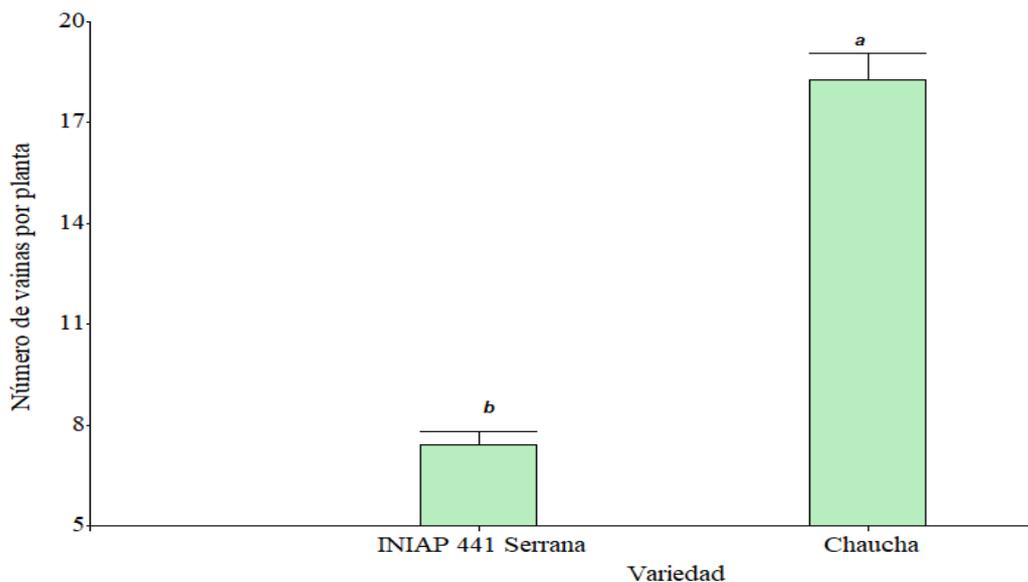
ADEVA de la variable número de vainas por planta en el sector Cumbas año 2021.

Fuente de variación	Grado de libertad	Grados de libertad error	Valor F	Valor P
Variedad	1	288	149.72	<0.0001
trat	4	288	1.05	0.3815
Variedad:trat	4	288	1.89	0.1116

En la figura 33, se destaca que existe mayor número de vainas por planta en la variedad Chaucha con un 59.44% por encima de la variedad INIAP 441 Serrana, probablemente el bajo rendimiento de esta, sea por la baja adaptabilidad de este tipo de haba a las condiciones del estudio, ya que estaba a una altitud inferior a la óptima y en los ensayos realizados anteriormente por el INIAP, fueron superior a los 3000m s.n.m.

Figura 33

Número de vainas por planta de la var. Chaucha e INIAP 441 Serrana.



Atacushi (2015); informa que la variedad Chaucha se puede desarrollar de manera óptima en zonas altas y fría a una altura de 2800 a 3200m s.n.m., aportando una buena adaptabilidad y por ende una buena productividad alcanzando un promedio de 5600kg/ha, dando una respuesta positiva y manifestación de las características genéticas de esta variedad a las condiciones propias del lugar. Por otro lado, Peralta et al. (1996), mencionan que la variedad INIAP 441 Serrana se desarrolla favorablemente a una altura de 3000 a 3400m s.n.m, además presenta de 50 a 70 vainas por planta, cabe recalcar que las épocas más favorables de siembra para esta son en septiembre y diciembre o cuando se presentan las primeras lluvias del ciclo agrícola, al sembrar en cualquier época del año puede ocasionar mayor riesgo climático por ende su producción es inconsistente, se debe tener en cuenta que la precipitación promedio es de 800mm durante el ciclo.

Reyes (2018), menciona que la utilización de *Bacillus subtilis* Cohn fue de gran ayuda ya que estimuló el crecimiento al aplicarlo desde las semillas hasta las plántulas, además aumentó de forma evidente el rendimiento y por lo tanto el número de vainas por planta, se vio también que los frutos fueron más largos y anchos.

Olivas - Rodríguez (2021), informa que al estudiar la influencia de *Bacillus subtilis* Cohn para el cultivo de fréjol no encontraron diferencias significativas en los factores microorganismo, material orgánico y la interacción con la variable de número de vainas, situación distinta a la obtenida en el presente estudio, puesto que influyo estadísticamente la variedad, no así la interacción entre tratamiento y variedad, posiblemente este resultado esté relacionado a la presencia de lluvias durante el ciclo, ya que al aplicar el biocontrolador no pudo realizar la efectividad.

4.2.3 Número de granos por vaina

En la tabla 12, se puede apreciar que el análisis de varianza de la variable número de granos por vaina indica que entre los factores variedad y tratamiento si existe interacción ($F=3.31$; $gl=4,1488$; $p=0.0104$).

Tabla 12

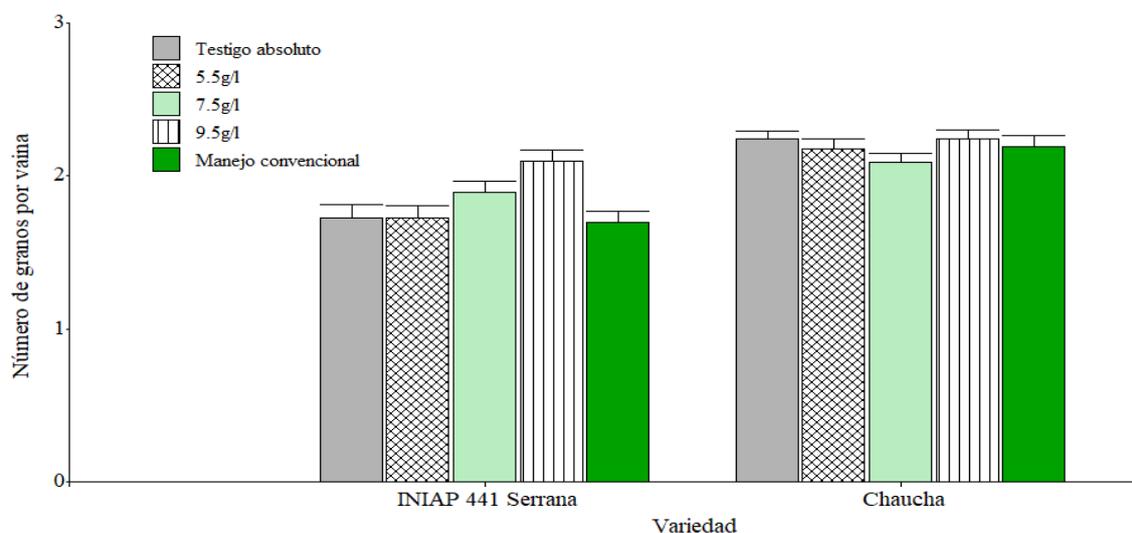
ADEVA de la variable número de granos por vaina en el sector Cumbas año 2021.

Fuente de variación	Grado de libertad	Grados de libertad error	Valor F	Valor P
Variedad	1	1488	68.72	<0.0001
trat	4	1488	2.7	0.0292
Variedad:trat	4	1488	3.31	0.0104

En la figura 34, se puede observar el número de granos por vaina de la variedad INIAP 441 Serrana y la variedad Chaucha, el cual muestra que no hubo diferencias estadísticas en la D0 (Testigo absoluto), D3 (9.5 g/l de *Bacillus subtilis* Cohn), D4 (Manejo convencional), D1 (5.5 g/l de *Bacillus subtilis* Cohn), D2 (7.5 g/l de *Bacillus subtilis* Cohn) de la variedad Chaucha y la D3 (9.5 g/l de *Bacillus subtilis* Cohn), de la variedad INIAP 441 Serrana, las cuales presentaron medias de 2.24; 2.24; 2.19; 2.18; 2.09 y 2.10 respectivamente, las mismas que mostraron mayor número de granos. Por otro lado, se evidenció que la variedad INIAP 441 Serrana las D2 (7.5 g/l de *Bacillus subtilis* Cohn), D1 (5.5 g/l de *Bacillus subtilis* Cohn), D0 (Testigo absoluto) y D4 (Manejo convencional) que obtuvieron medias de 1.89; 1.73; 1.73; 1.69; correspondientemente, lo cual indica que obtuvieron menor número de granos. Pues la diferencia en cuanto a rendimiento se debe al tamaño del grano.

Figura 34

Número de granos por vaina de la var. Chaucha e INIAP 441 Serrana.



Peralta et al. (1996), mencionan que la variedad INIAP 441 Serrana presenta de 2 a 3 granos por vaina, generalmente el grano es grande de color verde claro, por otro lado, Cuasquer (2013); señala que en el estudio que realizó en el que probó la variedad Chaucha frente a tres niveles de abono orgánico, obtuvo como promedio general de medias 1,98 granos con un coeficiente de variación de 1.02%. Pues no hubo diferencias estadísticas por los tres niveles de abono orgánico, sino más bien se puede ver que en condiciones adecuadas la variedad INIAP 441 Serrana podría obtener un porcentaje más elevado de productividad. Con respecto a los resultados obtenidos en el presente estudio fue similar ya que se obtuvo un promedio de 2 granos por vaina, independientemente de la clase de haba, con la diferencia de que la Chacha presentó mejor calidad de semilla.

Yahia et al. (2019), indican que la aplicación de *Trichoderma harzanium* Rifai en combinación con *Bacillus spp* presentó un incremento significativo en el número de semillas por vaina obteniendo una media de 3.33 semillas, mientras que el control convencional aplicado, obtuvo una media de 2.53 semillas por vaina.

4.2.4 Rendimiento en grano verde

En la tabla 13, se observa el análisis de varianza de la variable rendimiento en grano verde, en el cual los factores variedad y tratamiento no presentaron interacción ($F=1.14$; $gl=4,18$; $p=0.3693$). De manera independiente el factor variedad si presenta diferencia significativa ($F=49.67$; $gl=1,18$; $p<0.0001$).

Tabla 13

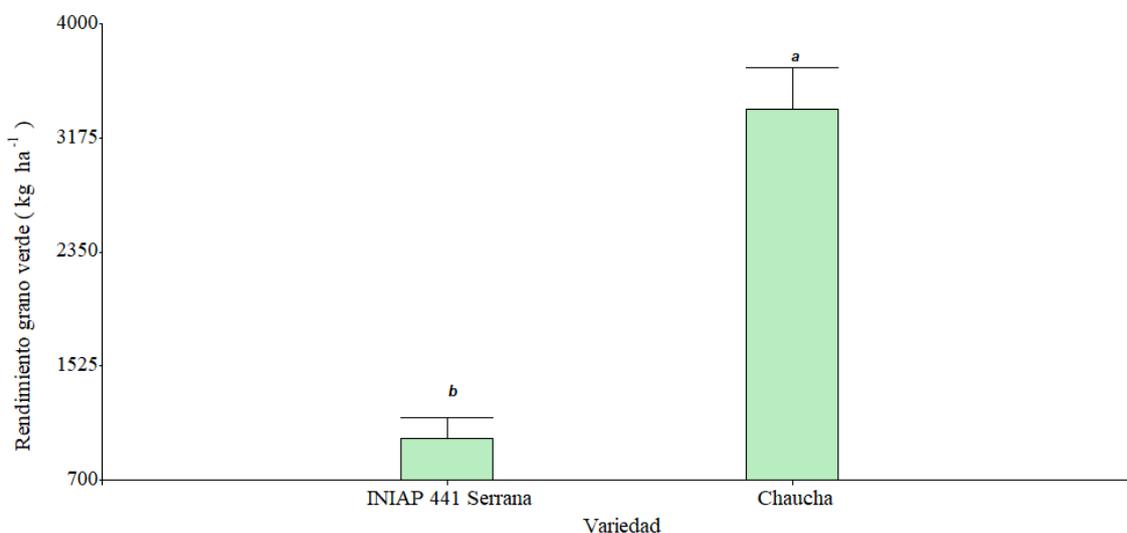
ADEVA del rendimiento en grano verde en el sector Cumbas año 2021.

Fuente de variación	Grado de libertad	Grados de libertad error	Valor F	Valor P
Variedad	1	18	49.67	<0.0001
trat	4	18	0.6	0.6698
Variedad:trat	4	18	1.14	0.3693

En la figura 35, se puede observar que existen diferencias estadísticas entre las dos variedades, ya que la variedad Chaucha presentó un 70% por encima de la variedad INIAP 441 Serrana. Esto se debe a que la variedad Chaucha obtuvo granos con mayor espesor y mayor número de semillas.

Figura 35

Rendimiento en grano verde de la var. Chaucha e INIAP 441 Serrana.



Peralta et al. (1996), resaltan que en estudios practicados en la variedad INIAP 441 Serrana presentó de 6500 a 14000 kg/ha, el espesor de su grano va de 7 a 11 mm, el largo del grano es de 25 a 29 mm y el ancho varía entre 17 a 20mm. Por otro lado, Portero (2020), plantó tres variedades, con tres repeticiones, la variedad chaucha presentó una media de 4041 kg/ha, en dicho estudio este fue el resultado más alto, y se debe principalmente a las características de la variedad Chaucha que presenta mayor resistencia a plagas y enfermedades.

Yahia et al., (2019), mencionan que la aplicación de *Bacillus* spp en combinación con *Trichoderma harzanium* Rifai mostró aumento significativo en el peso de habas alcanzando 943 kg/ha mientras que el control no tratado obtuvo 339.44 kg/ha. Esto indica que el uso de estos biocontroladores son efectivos para aumentar la productividad.

Mitiku (2017), informa que el cultivo mixto de habas con cultivos de cereales y la pulverización de *Bacillus subtilis* Cohn redujeron la enfermedad y aumentaron el rendimiento del grano, así como el peso de la semilla en comparación con el cultivo único y el cultivo mixto con guisantes de campo. De manera similar también encontraron que la mezcla de cereales con habas tiene ventajas sobre la mezcla de habas con guisantes.

4.2.5 Peso de 100 semillas

En la tabla 14 se aprecia el análisis de varianza de la variable peso de 100 granos, los factores variedad y tratamiento no presentaron interacción ($F=1.57$; $gl=4,18$; $p=0.2252$). Sin embargo, el factor Variedad si presenta diferencia significativa ($F=45.58$; $gl=1,18$; $p=<0.0001$).

Tabla 14

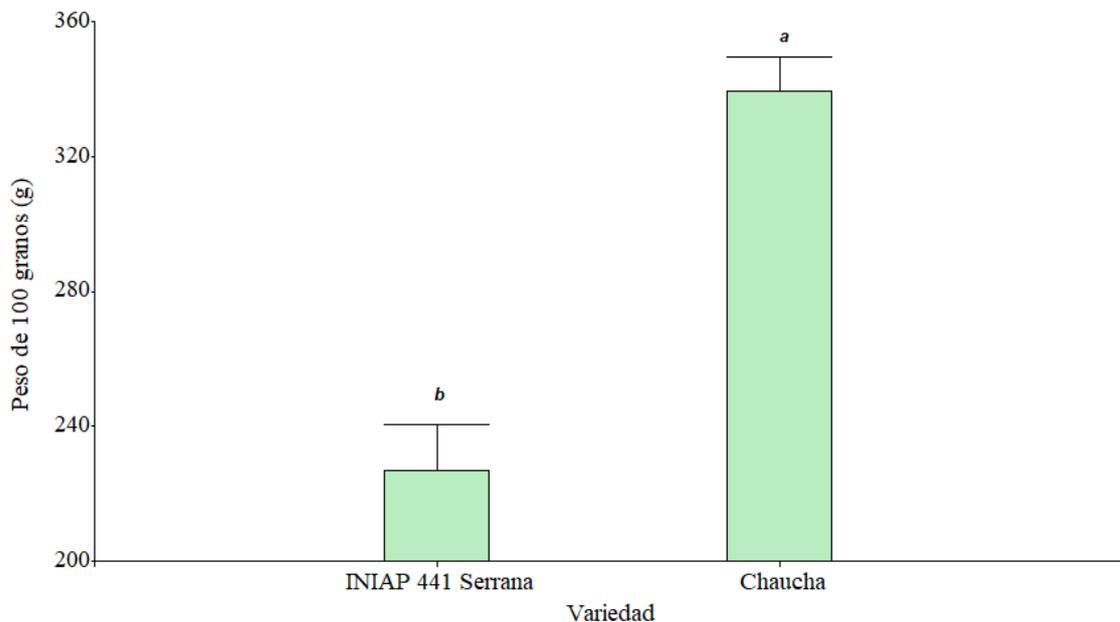
ADEVA de la variable peso de 100 semillas en el sector Cumbas año 2021.

Fuente de variación	Grado de libertad	Grados de libertad error	Valor F	Valor P
Variedad	1	18	45.58	<0.0001
trat	4	18	0.67	0.6213
Variedad:trat	4	18	1.57	0.2252

En la figura 36, se puede distinguir que existen diferencias estadísticas entre las dos variedades, se aprecia que la variedad Chaucha registra un mayor peso, superando a la variedad INIAP 441 Serrana en un 33%, esto se debe al tamaño de granos presentados por cada variedad.

Figura 36

Peso de 100 granos medido en gramos de la var. Chaucha e INIAP 441 Serrana.



Peralta et al. (1996), comentan que se realizó estudios en los que se pesó 100 granos verdes de la variedad INIAP 441 Serrana y dio como resultado un peso de 300 a 330 g,

mientras que Cuasquer (2013), menciona que, al probar la variedad chaucha con tres niveles de abonos orgánicos, en las pruebas de Tukey al 5%, obtuvo un peso promedio general de 356.91 g con un coeficiente de variación de 2.80%.

Abd El-All y El-Khair (2014), indican que encontraron un efecto significativo sobre el peso de las semillas con la aplicación de *Bacillus subtilis* Cohn, además el 75% de N aumentó el número y peso de vainas sobre el control. Cabe recalcar que los tratamientos biológicos, tales como *Bacillus subtilis* Cohn, *Pseudomonas fluorescens* Migula, obtuvieron mayor control al realizar una mezcla de ambos. Además, se llevó a cabo un experimento de invernadero, los resultados indican que la aplicación de *Bacillus subtilis* Cohn mejoró significativamente el crecimiento de las plántulas de *Vicia faba* L. y provocó un aumento del 38,4 al 40,2% del porcentaje de peso fresco y seco, respectivamente, en comparación con el control sin tratar (Abdelkader et al, 2022).

4.2.5 Rendimiento en grano seco

En la tabla 15, se observa el análisis de varianza para el rendimiento en grano seco, en donde se evidencia que los factores variedad y tratamiento presentan interacción (F=8.53; gl=4,18; p=0.0005).

Tabla 15

ADEVA de la variable rendimiento en grano seco en el sector Cumbas año 2021.

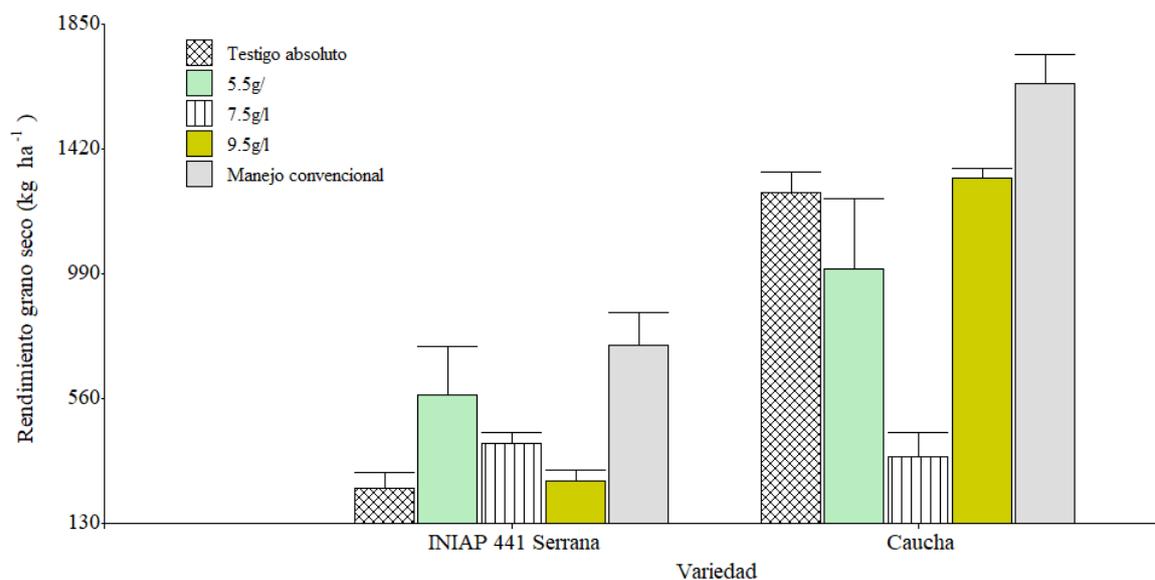
Fuente de variación	Grado de libertad	Grados de libertad error	Valor F	Valor P
Variedad	1	18	87.16	<0.0001
trat	4	18	12.7	<0.0001
Variedad:trat	4	18	8.53	0.0005

En la figura 37, se puede observar que la variedad Chaucha obtuvo mayor rendimiento en grano seco que en la variedad INIAP 441 Serrana, a excepción del tratamiento con la D2(7.5 g/l) de *Bacillus subtilis* Cohn, en donde destacan las dosis D4 (Manejo convencional) y D3 (9.5 g/l) de *Bacillus subtilis* Cohn con medias de 1643.73 y 1318.40 respectivamente, estos valores llegan a superar hasta en 84% con respecto del rendimiento más bajo que corresponde a la D0 (testigo absoluto) de la variedad INIAP 441 Serrana.

Es importante destacar que, en las dos variedades, el tratamiento convencional obtuvo el rendimiento más alto, que se diferencian estadísticamente entre sí, pero con la variedad Chaucha no presenta diferencias con la D3(9.5 g/l) de *Bacillus subtilis* Cohn, que es el tratamiento con *Bacillus subtilis* Cohn con mejor desempeño para la producción, sin embargo, es necesario resaltar que todos los tratamientos con la variedad INIAP 441 Serrana no presentan diferencias estadísticas.

Figura 37

Rendimiento en grano seco de la var. Chaucha e INIAP 441 Serrana



Peralta et al. (1996), tras probar la variedad mejorada INIAP 441 Serrana menciona que, obtuvo un rendimiento de 1.500 a 4.000 kg/ha, con un rendimiento promedio en grano seco de 2.500 kg/ha, para la cosecha en grano seco fue en los días 210 a 230. Por otro lado, Guamba (2021), indica que, en el análisis de varianza realizado, para el rendimiento en fruto seco obtuvo un promedio de producción de 22693 kg/ha y un coeficiente de variación de 13.36%, esto se consiguió de la variedad Chaucha.

Firdu et al. (2022), resaltan que *Bacillus subtilis* Cohn AAUB95 puede usarse como agente de control biológico de *Botrytis fabae* S AAUBF-12, tanto así que se vio un incremento del 34% en el rendimiento de grano seco, en comparación con los controles no inoculados en el estudio de campo.

4.3 Análisis económico

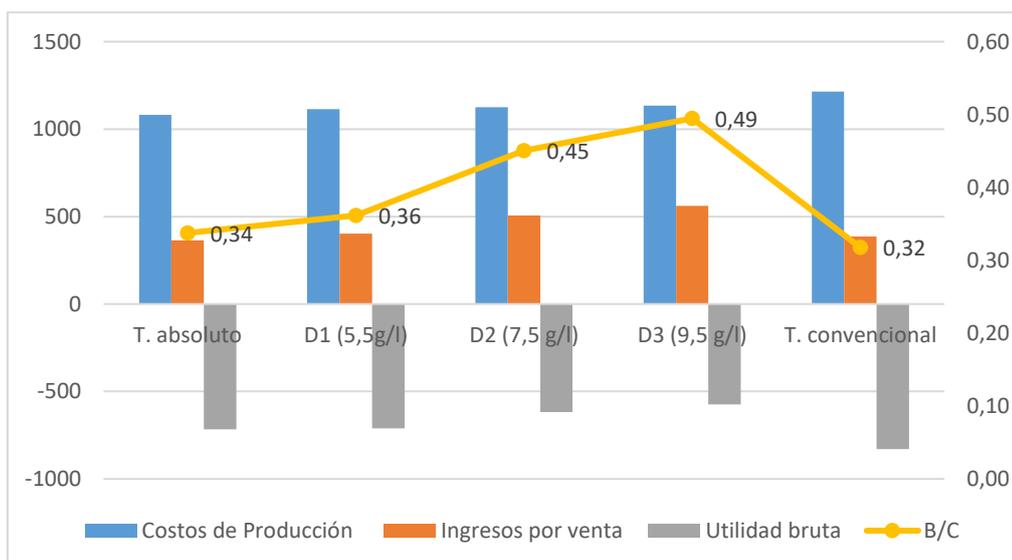
El análisis de costos se realizó una vez terminado el ciclo de producción del cultivo de haba con la ayuda de la tabla de costos, en la que intervinieron costos directos, mano de obra y costos indirectos que se utilizó para la presente investigación, para lo cual se tomó en cuenta el tamaño total del ensayo que fue de 823.6 m². Se consideró también el 10% de imprevistos.

Para realizar el análisis beneficio/costo, se analizaron todos los costos incurridos, posteriormente se investigó los precios de venta de los granos de haba tanto en grano tierno como en seco, a través del (Sistema de información pública agropecuaria [SIPA], 2017) en el que se encontró que el valor de la vaina tierna de haba cuesta 0.25 USD/kg, es decir los 45 kg tienen un valor de 11.25 USD mientras que el grano seco tiene un valor de 2.03 USD /kg, pues los 45 kg cuestan 91.35 USD (Anexo 4 y 5).

La figura 38, muestra el análisis económico de la variedad INIAP 441 Serrana en grano verde que revela que hubo mayor costo de producción y menor ingresos por venta para todos los tratamientos, por lo tanto, la utilidad es menor a uno, esto se dio aparentemente por la baja adaptabilidad de parte de esta variedad, se puede ver que la relación beneficio/costo es inferior a 0.50 pero el tratamiento que sobresalió fue la D3 (9.5 g/l) de *Bacillus subtilis* Cohn (Anexo 6).

Figura 38

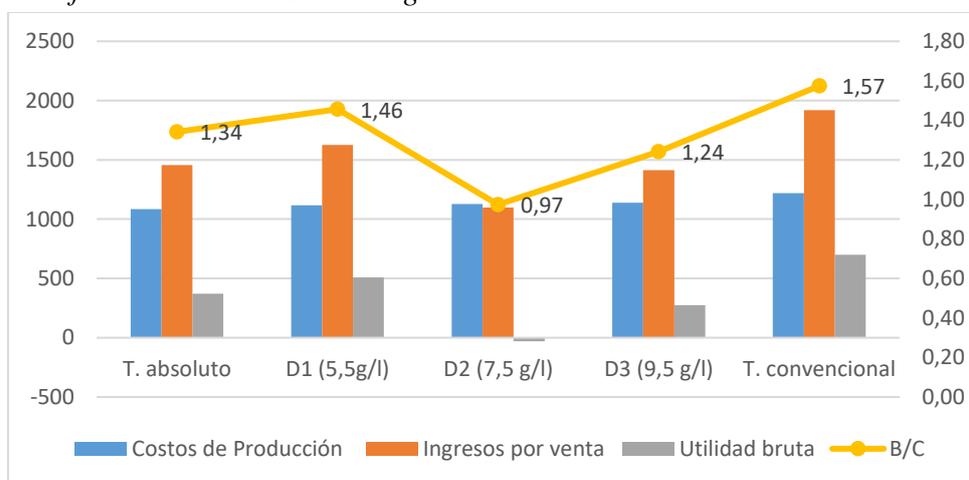
Beneficio/ costo var. INIAP 441 Serrana grano verde.



En la figura 39, se puede observar el análisis económico de la variedad Chaucha en grano verde la cual muestra que la mayoría de tratamientos tuvieron menor costo de producción y mayores ingresos por venta a excepción de la D2 (7.5 g/l) de *Bacillus subtilis* Cohn, que obtuvo una utilidad menor a uno. Por ende, para este estudio tanto la D4 (Manejo convencional) como la D1 (5.5 g/l) de *Bacillus subtilis* Cohn son las que demostraron mejores resultados, se debe tomar en cuenta que la aplicación del biocontrolador evita problemas a la salud humana y disminuye la contaminación ambiental (Anexo 7).

Figura 39

Beneficio/ costo var. Chaucha grano verde.



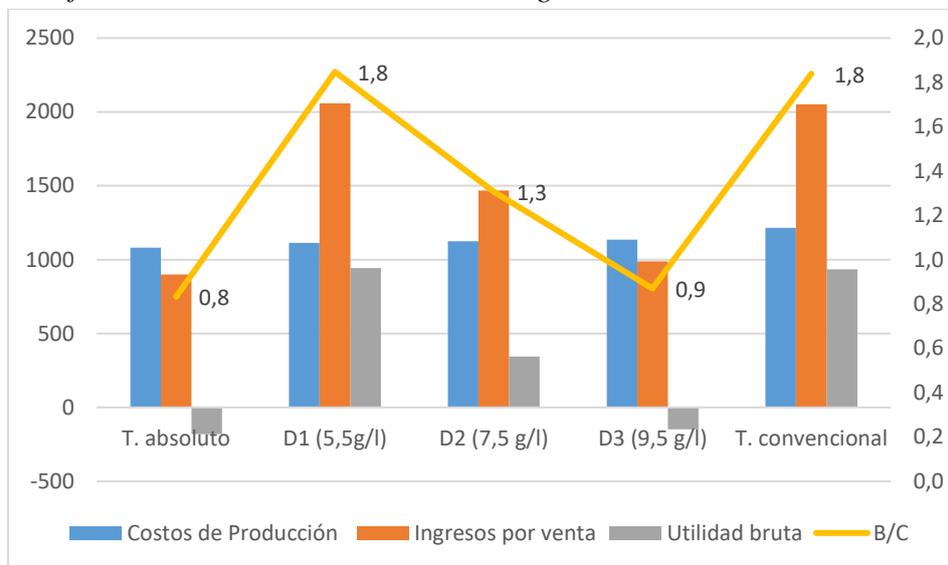
Se realizó el análisis económico beneficio/ costo con tres dosis de *Bacillus subtilis* Cohn y tres variedades de leguminosas en grano verde, pues el resultado obtenido fue que a una mayor dosificación del biocontrolador genera mayor ingreso, las dosis utilizadas fueron 500ml, 250ml y 0ml de *Bacillus subtilis* Cohn, el mejor tratamiento fue el de 500 ml ya que obtuvo una rentabilidad de 1.32 dólares, es decir por cada dólar invertido la ganancia es de 32 centavos, cabe recalcar que se debe tomar en cuenta el costo y la variedad de la leguminosa (Chávez, 2020).

La figura 40, indica el análisis económico de la variedad INIAP 441 Serrana en grano seco que muestra que los costos de producción fueron similares tanto los tratamientos de *Bacillus subtilis* Cohn y el testigo convencional ya que no presentaron mucha diferencia significativa, el testigo absoluto obtuvo el menor costo de producción. Si analizamos la relación beneficio/ costo, el tratamiento que logro el mejor comportamiento fue el testigo convencional y la D1 (5.5 g/l) de *Bacillus subtilis* Cohn, esto se debe a la baja cantidad de

biocontrolador usado y al costo de los pesticidas químicos, que alcanzaron resultados favorables, lo que indica que la aplicación de este biocontrolador si es rentable, ya que por cada dólar invertido se obtiene 80 centavos de ganancia (Anexo 8).

Figura 40

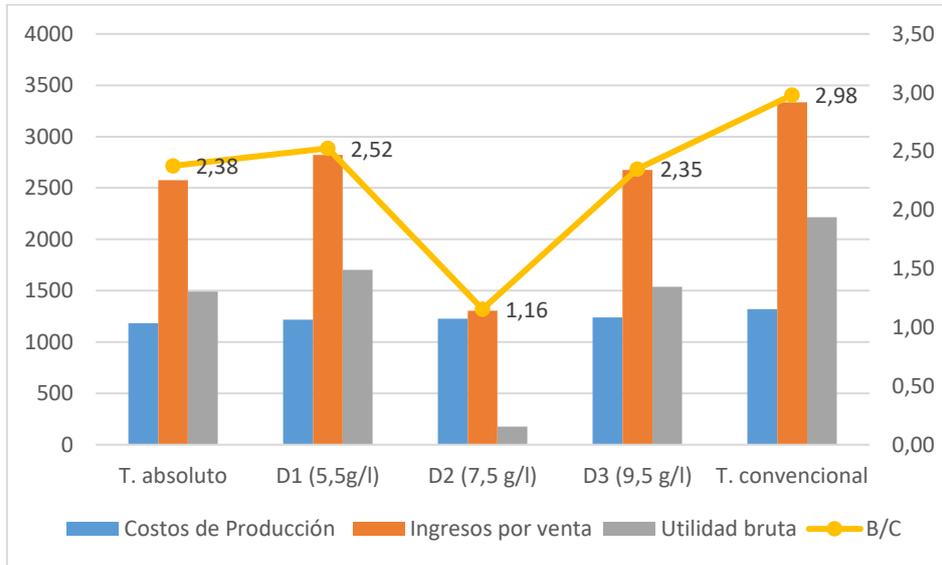
Beneficio/ costo var. INIAP 441 Serrana grano seco.



La figura 41, indica el análisis económico de la variedad Chaucha en grano seco la cual muestra que los costos de producción más alto obtuvieron los tratamientos de *Bacillus subtilis* Cohn, y el testigo convencional pero no presentaron mucha diferencia significativa, el testigo absoluto obtuvo el menor costo de producción. Si analizamos la relación beneficio/costo, el tratamiento que logro el mejor comportamiento fue el testigo convencional, ya que al invertir dos dólares se obtiene una ganancia de 98 centavos, seguido esta la D1 (5.5 g/l) de *Bacillus subtilis* Cohn, en el cual por cada dos dólares invertidos se obtiene una ganancia de 52 centavos. Sin embargo, el resto de tratamientos también presentaron ganancia. Cabe recalcar que a pesar de tener mayor ganancia por parte del testigo convencional es necesario tener en cuenta la importancia del biocontrolador para el medio ambiente (Anexo 9).

Figura 41

Beneficio/ costo var. Chaucha grano seco.



Es importante destacar que el precio de las leguminosas puede variar de acuerdo a la época, localidad o variedad, por lo que al usar 500 ml de *Bacillus subtilis* Cohn se obtuvo como ganancia dos dólares lo cual indicó que es un precio excelente y sobre todo muy rentable, cabe destacar que este estudio estuvo enfocado en la adaptabilidad y rendimiento a partir de la aplicación del biocontrolador (Velasco, 2020).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

1. Se determinó que para las dos variedades el uso de *B. subtilis* D3 (9.5 g/l) y el manejo convencional brindaron mayor control de la enfermedad a diferencia de las otras Dosis, por lo tanto, el uso de este biocontrolador si reduce la presencia de la enfermedad.
2. En cuanto a la nodulación se identificó que la aplicación de *Bacillus subtilis* Cohn no tuvo relevancia, pero si podría estar relacionado al rendimiento pues las plantas con mayor peso del nódulo, presentaron mayor número de vainas.
3. Una vez analizados los costos de producción se determinó que, si existe rentabilidad por parte de los tratamientos, principalmente por la D4 (Manejo convencional) que obtuvo el mejor resultado, cabe recalcar que este tratamiento pone en riesgo la salud por el uso de pesticidas, por ende, el segundo mejor tratamiento presentó la D1 (5.5 g/l) de *Bacillus subtilis* Cohn, que ayuda a combatir esta enfermedad.
4. La aplicación de *Bacillus subtilis* Cohn si influye en el control de *Botrytis fabae* S en el cultivo de haba, sobre todo en la variedad INIAP 441 Serrana, cabe mencionar que esta es una semilla mejorada y por ende más tolerante a la enfermedad.

5.2 Recomendaciones

1. Para disminuir la severidad de la enfermedad *Botrytis fabae* S se debe aplicar el biocontrolador *Bacillus subtilis* Cohn desde la etapa de emergencia hasta la etapa de floración, a partir del llenado de vainas es necesario aplicar riego ya que es una etapa muy susceptible del cultivo.
2. El biocontrolador *Bacillus subtilis* Cohn se recomienda aplicar de forma foliar y drench ya que además de ser un buen antagonista para enfermedades también aporta microorganismos benéficos al suelo y por ende una mejor productividad.
3. Con respecto al haba variedad INIAP 441 Serrana no es recomendable sembrar en lugares que no cumplen con sus requerimientos edafoclimáticos ya que su productividad se ve relativamente inferior y sobre todo presenta un grano de menor tamaño.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- Abd El-All, A. A. y El-Khair, A. W. A. (2014). Response of Faba Bean to Combined Application of Growth-Promoting Rhizobacteria and Cyanobacteria. *Middle East Journal of Agriculture Research*, 3(3), 663-669. <https://www.curreweb.com/mejar/mejar/2014/663-669.pdf>
- Abdelkader, A.A. Khalil, M.S. y Mohamed, M.S. (2022). Simultaneous biodegradation of λ -cyhalothrin pesticide and Vicia faba growth promotion under greenhouse conditions. *AMB Express*, 12 (1), 1-17. <https://amb-express.springeropen.com/articles/10.1186/s13568-022-01383-0>
- Acurio, A., Ñacato, C. y Valencia, M. (2018). Cepas autóctonas de *Bacillus subtilis* como agente de biocontrol in vitro de *Alternaria spp.* en *Brassica oleracea* var. italica. *Bionatura*, 3(2), 607-611. <https://doi.org/10.21931/RB/2018.03.02.8>
- Ancín, M. (2011). *Evaluación de diferentes tipos de fertilizantes químicos y orgánicos en la producción de frijol (Phaseolus vulgaris L. var. Alubia) en el distrito de San Juan de Castrovirreynahuancavelica* [tesis de pregrado, Universidad Pública de Navarra]. Archivo digital. <https://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/3454/577423.pdf?sequence=1>
- Araujo Diaz, R. (2019). *Determinación del periodo crítico en el cultivo de haba* [tesis de pregrado, Universidad Autónoma del Estado de México]. Archivo digital. <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/98815/TESIS%20Versi%c3%b3n%20Final-2.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Atacushi, R. (2015). *Efecto de las distancias de siembra en tres variedades del cultivo de haba (Vicia faba), bajo un sistema de agricultura limpia* [tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. Archivo digital. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/20314/1/Tesis-124%20%20Ingenier%c3%ada%20Agron%c3%b3mica%20-CD%20388.pdf>
- Barea, G. (2006). *Patometria incidencia y severidad*. <https://es.scribd.com/document/360621358/patometriaincidenciayseveridad-130418194009-phpapp01>.

- Benavides Arciniegas, L. J. (2017). *Evaluación de gallinaza y abono mineral en el rendimiento y nodulación del haba* [tesis de pregrado, Universidad de Nariño]. Archivo digital.
<https://sired.udenar.edu.co/5952/1/EVALUACION%20DE%20GALLINAZA%20Y%20ABONO%20MINERAL%20EN%20EL%20RENDIMIENTO%20Y%20.pdf>
- Caicedo, S. y Chacón, J. (2017). *Pruebas bajo invernadero de cepas de Bacillus subtilis como agente de biocontrol de Alternaria spp. en Brassica oleracea var italica y técnicas de conservación de cepas* [tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana]. Archivo digital. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/13545>
- Cárdenas, H. (2018). *Genocidio silencioso: Desechos, químicos peligrosos y pesticidas prohibidos en Colombia y el mundo*. Editorial Universidad del Rosario.
<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=fRp9DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT9&dq=reconocidos+como+un+riesgo+para+el+medio+ambiente+y+est%C3%A1n+prohibidos+o+rigurosamente+restringidos+por+convenios+internacionales+como+es+el+caso+del+Convenio+Estocolmo.&ots=wngwCzO3wl&sig=ZDdoH3uYF1iCfJhu26vomNmF1ew#v=onepage&q&f=false>
- Castro, L., Murillo, M., Uribe, L., y Mata, R. (2015). Inoculación al suelo con pseudomonas fluorescens, azospirillum oryzae, bacillus subtilis y microorganismos de montaña (mm) y su efecto sobre un sistema de rotación soya-tomate bajo condiciones de invernadero. *Agronomía Costarricense*, 39, 21-36.
https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0377-94242015000300021
- Centro de Investigación y Formación Agrarias (CIFA).(2017). *Examen de actividad de los nódulos en raíces de leguminosas*. FértilCrop documento técnico.
<https://orgprints.org/31344/7/pommeresche-hansen-2017-root-nodules-spanish.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]. Archivo digital.
<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/21980>
- Cobo, F. (2017). *Evaluación de medios líquidos para la multiplicación de la bacteria*

- Bacillus subtilis* [tesis de pregrado, Universidad San Francisco de Quito]. Archivo digital. <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/6598/1/131031.pdf>
- Coca, M. (2007). *Manchas foliares del haba (Vicia faba)* [tesis de pregrado, Universidad Mayor de San Simón]. Archivo digital. <https://xdoc.mx/documents/manchas-foliares-del-haba-601e24b150f6a>
- Confalone, A. E. (2008). *Crecimiento y desarrollo del cultivo del haba (Vicia faba L.). Parametrización del submodelo de fenología de cropgro-fababean* [tesis doctoral, Universidad Santiago de Compostela]. Archivo digital. https://minerva.usc.es/xmlui/bitstream/handle/10347/2512/9788498871739_content.pdf?sequence=1
- Constitucion de la República del Ecuador. (2008). *Constitución de la República del Ecuador. (Registro Oficial, 449, 20-10).* <https://www.turismo.gob.ec/wp-content/uploads/2021/09/Constitucion-de-la-Republica.pdf>
- Cortes, A. M. (2018). Control biológico de fitopatógenos, insectos y ácaros. *Agrosavia, 1*, 144-220. file:///C:/Users/Belen%20Anahi/Downloads/33829-reducido4.pdf
- Cuasquer Huaca, R. A. (2013). *Efectos de la aplicación de tres niveles de abonos orgánicos en el cultivo de haba (Vicia faba L.) en la zona de Cuesaca, Provincia del Carchi* [tesis de pregrado, Universidad Técnica de Babahoyo]. Archivo digital. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/464>
- Duarte, F. (2012). El control biológico como estrategia para apoyar las exportaciones agrícolas no tradicionales en Perú. *Contabilidad y Negocios*, 7(14), 81-100. <https://www.redalyc.org/pdf/2816/281624914006.pdf>
- Ebrahim, M. R. A. E. H. & Abd EL-Mohsen, A. M. A. E. H. (2010). Interaction Effect between P and K Fertilization on Faba Bean Plant (*Vicia faba L.*) Grown under Salt Affected Soils. In *Molecular Environmental Soil Science at the Interfaces in the Earth's Critical Zone* (pp. 115-117). Springer, Berlin, Heidelberg. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-05297-2_35
- Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua [ESPAC]., (2019). *Tabulados. Tabulados de la encuesta de superficie y producción agropecuaria continua. ESPAC 2019.*

- Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua [ESPAC]., (2014). Uso y manejo de agroquímicos en la agricultura. *Preparación y aplicación de pesticidas. Ecuador*, 12-31. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/plaguicidas/Plaguicidas_2014/Modulo_Uso_y_Manejo_de_Agroquimicos.pdf
- Firdu, Z., Maia, L., Teodoro, J., Alemu, T. y Assefa, F. (2022). Characterization of Faba bean (*Vicia faba* L.) rhizosphere associating rhizobacteria against *Botrytis fabae* AAUBF-12 and their Plant Growth-Promoting Properties. *Heliyon*, 8 (2), e08861. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844022001499>
- Fundación para la Innovación Agraria [FIA]., (2011), *Controladores Biológicos: Bacillus subtilis y B. thuringiensis*. https://www.opia.cl/static/website/601/articles-75602_archivo_01.pdf
- Guamba Román, A. E. (2021). *Evaluación de tres abonos orgánicos en la producción de dos variedades de haba (Vicia faba L.) en el cantón Huaca* [tesis de pregrado, Universidad Politécnica Estatal del Carchi]. Archivo digital. http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream/123456789/1021/1/392_GUAMBA%20ROM%C3%81N%20ALEXANDRA%20ESTEFAN%C3%8DA.pdf
- Guédez, C., Castillo, C., Cañizales, L. y Olivar, R. (2009). Control biológico una herramienta para el desarrollo sustentable y sostenible. *Saber*, 7(13), 50-74. <http://erevistas.saber.ula.ve/index.php/academia/article/download/6030/5831>
- Guerra, R. (2014). *Diagnóstico de las plagas y enfermedades en el cultivo de Haba (Vicia faba) en la Localidad de Huarcaya Sarhua- Victor Fajardo Ayacucho* [tesis de pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica]. Archivo digital. <http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/204/TP%20-%20UNH%20AGRON.%200082.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hidalgo, J. (2017). *La situación actual de la sustitución de insumos agroquímicos por productos biológicos como estrategia en la producción agrícola* [tesis de maestría, Universidad Andina Simón Bolívar]. Archivo digital. <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/6095/1/T2562-MRI-Hidalgo-La%20situacion.pdf>
- Infante Guevara, E. (2017). *Incidencia y severidad de fitoenfermedades del haba (Vicia faba*

- L.) *en la provincia de Cajamarca* [tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Archivo digital.
<https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1682/INCIDENCIA%20Y%20SEVERIDAD%20DE%20FITOENFERMEDADES%20DEL%20HABA%20%28Vicia%20faba%20L.%29%20EN%20LA%20PROVINCIA%20DE%20CAJAMARCA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Instituto de Investigación y Extensión Agraria [INIA]., (2004). *Cultivo del haba*. Nueva variedad de haba para la sierra del Perú. http://pgc-snia.inia.gob.pe:8080/jspui/bitstream/inia/740/1/Horque-Cultivo_del_Haba.pdf
- Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. (2015). Protocolo para entidades docentes que imparten cursos de formación destinados a la capacitación del personal que maneja animales utilizados, criados o suministrados con fines de experimentación. *Junta de Andalucía*.
https://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/web/sites/default/files/IFAPA_Galería_docs/Formacion/8.Protocolo_marzo_2019_página_web.pdf
- Jiménez, E. (2009). *Métodos de control de plagas* [tesis doctoral, Universidad Nacional Agraria]. Archivo digital.
<http://casadeinsecticidas.com/imgprod/Metodos%20para%20control%20de%20plagas.pdf>
- Lisboa, M. (2003). *Efectividad de Bacillus subtilis y de una cepa nativa de Trichoderma harzianum sobre la incidencia y severidad de pudrición gris (Botrytis cinerea) en Vid vinífera* [tesis de pregrado, Universidad de Talca]. Archivo digital.
<http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=BIBACL.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expression=mfn=032619>
- Llanos, A. (2017). *Control de Botrytis cinerea Pers. en fresa (Fragaria x ananassa Duch.) cv. aromas mediante Fungicidas Biológicos y -Químicos en Huaral* [tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Archivo digital.
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3018/H20-L44-T.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Lucero, N. (2014). *Determinación del efecto del elicitador Ácido acetilsalicílico sobre el*

control de la mancha chocolate (Botrytis fabae L.) en el cultivo [tesis de pregrado, Universidad Politécnica Estatal del Carchi]. Archivo digital. <http://repositorio.upec.edu.ec:8080/bitstream/123456789/239/1/198%20DETERMINACI%C3%93N%20DEL%20EFECTO%20DEL%20ELICITOR%20%20C3%81CIDO%20ACETILSALIC%C3%8DLICO%20SOBRE%20EL%20CONTROL%20DE%20MANCHA%20CHOCOLATE%20%28BOTRYTIS%20FABAE%20L.%29%2C%20EN%20EL%20CULTIVO%20DE%20HABA%20%28VICIA%20FABA%20L.%29.pdf>

Mamani, J. (2015). *Análisis de tres extractos naturales para el control de enfermedades (alternaria alternata, Fusarium solani) bajo diferentes dosis de aplicación en el cultivo de haba (Vicia faba)* [tesis de pregrado, Universidad mayor de San Andrés]. Archivo digital. <https://repositorio.umsa.bo/xmlui/bitstream/handle/123456789/6954/T-2153.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Mamani Toque, E. (2020). *Influencia de especies de Trichoderma spp. en el control de Botrytis fabae y su mejora en el rendimiento del cultivo de haba (Vicia faba L.) en el distrito de Chucuito-Puno*. [tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano]. Archivo digital. http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/14431/Mamani_Toque_Elizabeth.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Matute, P. (2019). *Control Biológico del moho gris (Botrytis cinerea) en cultivos de fresa (Fragari vesca L.) mediante hongos filamentosos antagonistas* [tesis de pregrado, Universidad Politécnica Saleciana]. Archivo digital. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18147/1/UPS-CT008620.pdf>

Meza, J. (2018). *Evaluación de Trichoderma harzianum para el control de Botrytis fabae en el cultivo de haba; San Marcos* [tesis de pregrado, Universidad Autónoma del Estado de México]

Minchez, I. (2015). *Evaluación de insecticidas orgánicos y químicos para el control del pilgón negro (Aphis fabae F.) en el cultivo de haba (Vicia faba L.) en San Mateo Atenco. EDO. de México* [tesis de pregrado, Universidad Rafael Landívar]. Archivo digital. <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/95398/EVALUACION%20DE%20INSECTICIDAS%20ORG%C3%81NICOS%20Y%20QU%C3%8DMICOS%20P>

ARA%20EL%20CONTROL%20DEL%20PULGON%20NEGRO%20%28Aphis%20fabae%20S.%29%20EN%20EL%20CULTIVO%20DE%20HABA%20%28~1.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG]., (2014). *Seis cultivos mas se aseguraran en el país*. <https://www.agricultura.gob.ec/seis-cultivos-mas-se-aseguraran-en-el-pais/>

Mitiku, M. (2017). Integrated management of chocolate spot (*Botrytis fabae*) disease of faba bean (*Vicia faba* L.) In ethiopia: a. *Res J Agric Environ Manage*, 2(1), 011-014.

Mites, N. (2017). *Evaluación de niveles de daño para mancha chocolate (Botrytis fabae) en el cultivo de haba (Vicia faba) en el Centro Experimental San Francisco* [tesis de pregrado, Universidad Politécnica Estatal del Carchi]. Archivo digital. <http://190.15.129.74/bitstream/123456789/574/1/327%20Evaluaci%C3%B3n%20de%20niveles%20de%20da%C3%B1o%20para%20mancha%20chocolate.pdf>

Muñoz, C. (2015). *Caracterización de Cepas bacterianas silvestres con actividad fungicida como potenciales agentes para el control biológico del hongo fitopatógeno Botrytis cinerea* [tesis de pregrado, Universidad de Chile]. Archivo digital. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/138513>

Nápoles, M., Gómez, G., y Costales D. (2008). Factores de Nodulación. *Cultivos Tropicales*, 29(2), 71-80. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362008000200012.

Ninahualpa Lincango, P. L. (2012). *Proyecto de factibilidad para la exportación del haba seca desde Chimborazo - Ecuador a Génova – Italia* [tesis de pregrado, Universidad Tecnológica Equinoccial]. Archivo digital. http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/8133/1/46246_1.pdf

Olivas Rodríguez, J. A. (2021). *Solubilización nutricional con Pseudomonas fluorescens y Bacillus subtilis en frijol ejotero (Phaseolus vulgaris L.)* [tesis doctoral, Universidad Autónoma de Chihuahua]. Archivo digital. <http://repositorio.uach.mx/416/1/Jes%C3%BAs%20Antonio%20Olivas%20Rodr%C3%ADguez.pdf>

Omar, S. A., y Abd-Alla, M. H. (1994). Enhancement of faba bean nodulation, nitrogen fixation and growth by different microorganisms. *Biologia plantarum*, 36(2), 295-300.

<http://bp.ueb.cas.cz/pdfs/bpl/1994/02/24.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2013). *Control Biológico de plagas en cultivo de maíz mediante el uso de Nim.* <http://www.fao.org/3/a-as975s.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2019). *El Estado Mundial de la Agricultura y la Alimentación.* <http://www.fao.org/publications/es>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2019). *Buenas Prácticas Agrícolas en la producción bajo condiciones protegidas.* <http://www.fao.org/3/a1374s/a1374s02.pdf>

Peralta, I., Murillo, I., Vásquez, G. y Pinzón, Z. (1996). *INIAP-441 Serrana: Variedad mejorada de haba (Vicia faba L.) de grano grande para la Sierra ecuatoriana.* EC: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina. (Programa Nacional de Leguminosas, 1996).

Pérez, D. y Garcia, P. (2019) Identificación del agente causal del marchitamiento en *Caesalpinia spinosa* "tara" y el efecto antagónico de aislados de *Bacillus* spp. y *Trichoderma* sp. *Ecología Aplicada*, 18 (1). http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-22162019000100006&script=sci_arttext&tlng=pt

Portero Núñez, G. (2020). *Evaluación agronómica y morfológica de tres variedades de habas (Vicia faba L.) en la parroquia Augusto Nicolás Martínez* [tesis de licenciatura, Universidad Técnica de Ambato]. Archivo digital. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/31402/3/Tesis-251%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20666%20PAULINA%20PORTERO%20final.pdf>

Quispe, J. (2011). Manual de manejo y control integrado de plagas y enfermedades en haba. *Dirección Regional Agraria. Agencia Agraria Yunguyo. Ministerio de agricultura. Yunguyo Perú.* https://www.agropuno.gob.pe/files/documentos/biblioteca/manual_mip_haba.pdf

Reyes, Y. R. (2018). *Selección de aislados rizosféricos de Bacillus spp. con potencialidades*

para el desarrollo agropecuario e industrial [tesis doctoral, Universidad de Matanzas].
Archivo digital.
<https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/10113/Tesis%20Eliannys%20a%20entregar.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Rojas-Tiempo, J., Díaz-Ruiz, R., Álvarez-Gaxiola, F., Ocampo-Mendoza, J., y Escalante-Estrada, A. (2012). Tecnología de producción de haba y características socioeconómicas de productores en Puebla y Tlaxcala. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(1), 35-49.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342012000100003

Salazar Toro, A. J. (2021). *Efecto del ácido salicílico en combinación con el fungicida penconazol, para el control de mancha chocolate (Botrytis fabae)* [tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. Archivo digital.
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/33600/1/Tesis287%20%20Ingenier%c3%ada%20Agron%c3%b3mica%20%20Salazar%20Toro%20Adriana%20Jacqueline.pdf>

Sánchez, A. (2012). Determinación de metabolitos secundarios a partir de *Bacillus subtilis* con efecto biocontrolador sobre *Fusarium* sp. *Nova*, 10(18), 149.
<https://doi.org/10.22490/24629448.1003>

Sánchez, F. (2016). Importancia de los lipopéptidos de *Bacillus subtilis* en el control biológico de enfermedades en cultivos de alto valor económico. *Bionatura*, 5(4).
<http://revistabionatura.com/files/lipopeptidos.pdf>

Sánchez, V. (2019). *Efecto de tres Residuos Industriales de Quinoa sobre Alternaria sp. y Botrytis fabae en Haba (Vicia faba)* [tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Archivo digital.
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/10354/1/13T0870.pdf>

Sistema de Información Pública Agropecuaria [SIPA]., (2017). *Obtenido de sipa. agricultura. gob. ec: http://sipa. agricultura. gob. ec/descargas/estudios/rendimientos/maiz/rendimiento_maiz_duro_invierno_2017.pdf.*

Soria, M. (2015). *Caracterización morfológica de hongos fitopatógenos en el cultivo de*

haba (Vicia faba L .) sector La Urbina, cantón Píllaro, Tungurahua 2015 [tesis de pregrado, Universidad Técnica de Cotopaxi]. Archivo digital. <http://repositorio.utc.edu.ec/jspui/bitstream/27000/2540/1/T-UTC-00077.pdf>

Subdirección de Gestión Ambiental. (2002). *Plan de desarrollo y ordenamiento Territorial (PDOT) Documento ejecutivo para autoridades provinciales.*

Vázquez-Gómez, E. I., Soria-Leal, L. Y., y Chávez-Avilés, M. N. (s.f.). *Análisis del efecto antagonista de los compuestos orgánicos volátiles (COV's) producidos por Trichoderma spp. y Bacillus subtilis de manera individual y en co-cultivo sobre el crecimiento de Botrytis cinerea causante de la pudrición de fresa.* ResearchGate. https://www.researchgate.net/profile/Mauricio-Chavez-Aviles/publication/332098793_Analisis_del_efecto_antagonista_de_los_compuestos_organicos_volatiles_COV's_producidos_por_Trichoderma_spp_y_Bacillus_subtilis_de_manera_individual_y_en_co-cultivo_sobre_el_crecimiento_de_Botrytis_cinerea/links/5c9f9f43a6fdccd460458708/Analisis-del-efecto-antagonista-de-los-compuestos-organicos-volatiles-COVs-producidos-por-Trichoderma-spp-y-Bacillus-subtilis-de-manera-individual-y-en-co-cultivo-sobre-el-crecimiento-de-Botrytis-cine.pdf

Velasco Guzmán, M. J. (2020). *Adaptabilidad de 10 variedades de fréjol arbustivo bajo la influencia de la aplicación de Bacillus subtilis* [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador]. Archivo digital. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/21990/1/T-UCE-0004-CAG-285.pdf>

Verma, D. K., Pandey, A. K., Mohapatra, B., Srivastava, S., Kumar, V., Talukdar, D., y Asthir, B. (2019). Plant growth-promoting rhizobacteria: An eco-friendly approach for sustainable agriculture and improved crop production. En D. Verma. (Ed.), *Microbiology for Sustainable Agriculture, Soil Health, and Environmental Protection* (pp. 3-80). Apple Academic Press. https://www.researchgate.net/profile/Deepak-Verma-39/publication/327701160_Plant_Growth_Promoting_Rhizobacteria_PGPR_An_Eco-Friendly_Approach_for_Sustainable_Agriculture_and_Improved_Crop_Production/links/5ed2239345851529451be246/Plant-Growth-Promoting-Rhizobacteria-PGPR-An-Eco-Friendly-Approach-for-Sustainable-Agriculture-and-Improved-Crop-Production.pdf

- Villar Quiñonez, C. M. (2020). *Caracterización molecular de fitoplasma que afecta el cultivo de haba (Vicia faba L.)* [tesis de pregrado, Universidad Nacional del centro del Perú]. Archivo digital.
https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/6075/T010_44299867_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Villarreal-Delgado, M. F., Villa-Rodríguez, E. D., Cira-Chávez, L. A., Estrada-Alvarado, M. I., Parra-Cota, F. I., y De los Santos-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.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0185-33092018000100095&script=sci_arttext
- Villegas, A. (2012). *Mejora de habas (Vicia faba L.) para resistencia a Botrytis fabae* [tesis doctoral, Universidad de Córdoba]. Archivo digital.
<https://helvia.uco.es/bitstream/handle/10396/7671/593.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vivas, L. (2017). El manejo integrado de plagas (MIP) Perspectivas e importancia de su impacto en nuestra región. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 5(2), 67-69.
http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-38592017000200001
- Yahia, M. Y. A., Hassan, M. M., Elamien, M.A.M., Abdalla, N.K., Rugheim, A.M.E., Abusin, R.M.A., y Babiker, A.G.T. (2019) Counteracting the effect of orobanche crenata infestation on faba bean (*Vicia faba* L.) by soil microorganisms and chemical fertilizers. *International Journal of Agriculture and Environmental Research*, 5(4).
https://www.researchgate.net/profile/Mohammed-Hassan-76/publication/335222906_COUNTERACTING_THE_EFFECT_OF_OROBANCHE_CRENATA_INFESTATION_ON_FABA_BEAN_Vicia_faba_L_BY_SOIL_MICROORGANISMS_AND_CHEMICAL_FERTILIZERS/links/5d5b92b6a6fdcc55e8199ec4/COUNTERACTING-THE-EFFECT-OF-OROBANCHE-CRENATA-INFESTATION-ON-FABA-BEAN-Vicia-faba-L-BY-SOIL-MICROORGANISMS-AND-CHEMICAL-FERTILIZERS.pdf

ANEXOS

Anexo 1. Resultados del Análisis de suelo

RESULTADOS

Código Agrarprojekt:

UTN-050221

Pág 2/2

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA	
Tipo de Muestra:	Suelo
Cultivo:	Habas (<i>Vicia faba</i>)
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 Habas (<i>Vicia faba</i>) - Cultivo Intensivo	Resultado
Características del Suelo	Materia Orgánica	%	-	-	3 - 15	4.8
	Conductividad (CE)	mS/cm	Vol. 1:2	-	0.2 - 0.4	0.06
	pH (en H ₂ O)	-	Vol 1:2	-	-	6.9
	pH (en KCl)	-	Vol 1:2	-	5.6 - 7.0	5.4
Macronutrientes	Nitrato (NO ₃ -N)	mg/kg	Extracto Agua	-	-	5.3
	Amonio (NH ₄ -N)	mg/kg	NaCl 0.05 M	-	-	3.2
	(NO ₃ +NH ₄)-N	mg/kg	-	-	**10 - 20	8.5
	Fósforo (P)	mg/kg	NaHCO ₃ 0.5M	-	25 - 40	8.7
	Potasio (K)	mg/kg	NaCl 0.05 M	-	130 - 200	102
	Magnesio (Mg)	mg/kg	NaCl 0.05 M	-	60 - 120	50.5
	Calcio (Ca)	mg/kg	NaCl 0.05 M	-	400 - 1000	285
	Azufre (SO ₄ -S)	mg/kg	Extracto Agua	-	10 - 15	2.7
Micro nutrientes	Hierro (Fe)	mg/kg	DTPA/CaCl ₂	-	20 - 50	71.5
	Manganeso (Mn)	mg/kg	DTPA/CaCl ₂	-	6 - 30	7.4
	Cobre (Cu)	mg/kg	DTPA/CaCl ₂	-	1.0 - 4.0	2.4
	Zinc (Zn)	mg/kg	DTPA/CaCl ₂	-	1.2 - 6.0	0.61
	Boro (B)	mg/kg	Extracto Agua	-	0.15 - 0.60	0.22
Peligro de Salinidad	Sodio (Na)	mg/kg	Extracto Agua	-	< 140	6.9
	Cloruro (Cl ⁻)	mg/kg	Extracto Agua	-	< 210	4.5
	Sales Totales	mg/kg	Extracto Agua	-	< 2000	48.3

Anexo 2. Aplicación de cal agrícola al terreno



Anexo 3. Aplicación de Biol al cultivo de haba



Anexo 4. Costo de producción de la Variedad INIAP 441 Serrana

RUBRO	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total												
A. Costos directos																
1. Preparación del suelo																
Análisis de suelo	Unidad	1	59,47	59,47	1	59,47	59,47	1	59,47	59,47	1	59,47	59,47	1	59,47	59,47
Arado	hora	1	20	20	1	20	20	1	20	20	1	20	20	1	20	20
Rastrado	hora	3	20	60	3	20	60	3	20	60	3	20	60	3	20	60
Surcado	hora	1	15	15	1	15	15	1	20	15	1	15	15	1	15	15
2. Mano de obra																
Aplicación Agrícola	jornal	1	10	10	1	10	10	1	10	10	1	10	10	1	10	10
Siembra	jornal	3	20	60	3	20	60	3	20	60	3	20	60	3	20	60
Aplicación de tratamientos	jornal	3	15	45	3	15	45	3	15	45	3	15	45	3	15	45
Deshierbe	jornal	3	20	60	3	20	60	3	20	60	3	20	60	3	20	60
Aporque	jornal	2	20	40	2	20	40	2	20	40	2	20	40	2	20	40
Cosecha	jornal	1	20	20	1	20	20	1	20	20	1	20	20	1	20	20
3. Insumos																
Semillas INIAP 441	kg	12	1	12	12	1	12	12	1	12	12	1	12	12	1	12
Cal Agrícola	qq	1	4	4	1	4	4	1	4	4	1	4	4	1	4	4
Fertilización	ml	0	0	0	3	9,9	29,7	4	9,9	39,6	5	9,9	49,5	4	7,85	31,4
Biol	ml	1	15	15	1	15	15	1	15	15	1	15	15	1	15	15
4. Insecticidas y fungicidas	ml	1	4	4	1	4	4	1	4	4	1	4	4	1	4	4
5. Sistema de riego	Unidad	1	300	300	1	300	300	1	300	300	1	300	300	1	300	300
B. Costos indirectos																
Bomba de mano	Unidad	1	7	7	1	7	7	1	7	7	1	7	7	1	7	7
Transporte	Unidad	10	10	100	10	10	100	10	10	100	10	10	100	10	10	100
Agua	litro	2	4	8	2	4	8	2	4	8	2	4	8	2	4	8
Herramientas Manuales	Unidad	11	13	143	11	13	143	11	13	143	11	13	143	11	13	143
			Subtotal	982,47		Subtotal	1012,17		Subtotal	1022,07		Subtotal	1031,97		Subtotal	1013,87
			Imprevistos	98,247		Imprevistos	101,217		Imprevistos	102,207		Imprevistos	103,97		Imprevistos	101,387
			Total	1080,717		Total	1113,387		Total	1124,277		Total	1135,94		Total	1115,257

Anexo 5. Costo de producción de la variedad Chaucha

RUBRO	Unidad	Testigo Absoluto			Dosis 1 de B. Subtilis			Dosis 2 de B. Subtilis			Dosis 3 de B. Subtilis			Manejo convencional		
		Cantidad	Valor unitario	Valor total	Cantidad	Valor unitario	valor total	Cantidad	Valor unitario	Valor total	Cantidad	Valor unitario	valor total	Cantidad	Valor unitario	valor total
A. Costos directos																
1. Preparación del suelo																
Análisis de suelo	Unidad	1	59,47	59,47	1	59,47	59,47	1	59,47	59,47	1	59,47	59,47	1	59,47	59,47
Arado	hora	1	20	20	1	20	20	1	20	20	1	20	20	1	20	20
Rastrado	hora	3	20	60	3	20	60	3	20	60	3	20	60	3	20	60
Surcado	hora	1	15	15	1	15	15	1	20	15	1	15	15	1	15	15
2. Mano de obra																
Aplicación Agrícola	jornal	1	10	10	1	10	10	1	10	10	1	10	10	1	10	10
Siembra	jornal	3	20	60	3	20	60	3	20	60	3	20	60	3	20	60
Aplicación de tratamientos	jornal	3	15	45	3	15	45	3	15	45	3	15	45	3	15	45
Deshierbe	jornal	3	20	60	3	20	60	3	20	60	3	20	60	3	20	60
Aporque	jornal	2	20	40	2	20	40	2	20	40	2	20	40	2	20	40
Cosecha	jornal	1	20	20	1	20	20	1	20	20	1	20	20	1	20	20
3. Insumos																
Semillas Chaucha	kg	12	1,3	15,6	12	1,3	15,6	12	1,3	15,6	12	1,3	15,6	12	1,3	15,6
Cal Agrícola	qq	1	4	4	1	4	4	1	4	4	1	4	4	1	4	4
Fertilización	ml	0	0	0	3	9,9	29,7	4	9,9	39,6	5	9,9	49,5	4	7,85	31,4
Biol	ml	1	15	15	1	15	15	1	15	15	1	15	15	1	15	15
4. Insecticidas y fungicidas	ml	1	4	4	1	4	4	1	4	4	1	4	4	1	4	4
5. Sistema de riego	Unidad	1	300	300	1	300	300	1	300	300	1	300	300	1	300	300
B. Costos indirectos																
Bomba de mano	Unidad	1	7	7	1	7	7	1	7	7	1	7	7	1	7	7
Transporte	Unidad	10	10	100	10	10	100	10	10	100	10	10	100	10	10	100
Agua	litro	2	4	8	2	4	8	2	4	8	2	4	8	2	4	8
Herramientas Manuales	Unidad	11	13	143	11	13	143	11	13	143	11	13	143	11	13	143
			Subtotal	986,07		Subtotal	1015,77		Subtotal	1025,67		Subtotal	1035,57		Subtotal	1017,47
			Imprevistos	98,607		Imprevistos	101,557		Imprevistos	102,567		Imprevistos	103,557		Imprevistos	101,747
			Total	1084,677		Total	1117,327		Total	1128,237		Total	1139,127		Total	1119,217

Anexo 6. Relación beneficio/costo variedad INIAP 441 Serrana en grano verde

Indicadores	D0	D1	D2	D3	D4
Costos de Producción	1080,717	1113,387	1124,277	1135,167	1115,257
Ingresos por venta	364,58333	402,46212	506,62879	561,55303	385,89015
Utilidad bruta	-716,1337	-710,9249	-617,6482	-573,614	-729,3668
B/C	0,34	0,36	0,45	0,49	0,35

Anexo 7. Relación beneficio/costo variedad Chaucha en grano verde

Variedad Chaucha kg/ha					
Indicadores	D0	D1	D2	D3	D4
Costos de Producción	1084,677	1117,327	1128,227	1139,127	1119,217
Ingresos por venta	1455,0189	1626,4205	1098,4848	1413,8258	1919,5076
Utilidad bruta	370,34194	509,09345	-29,74215	274,69876	800,29058
B/C	1,34	1,46	0,97	1,24	1,72

Anexo 8. Relación beneficio/costo variedad INIAP 441 Serrana en grano seco

Variedad INIAP 441 Serrana kg/ha					
Indicadores	D0	D1	D2	D3	D4
Costos de Producción	1080,717	1113,387	1124,277	1135,167	1115,257
Ingresos por venta	899,65909	2056,9129	1468,6742	988,08712	2050,4538
Rendimiento kg/ha	443,18182	1013,2576	723,48485	486,74242	1010,0758
Utilidad bruta	-181,0579	943,52588	344,39724	-147,0799	935,19679
B/C	0,832465	1,8474375	1,3063277	0,8704333	1,8385482

Anexo 9. Relación beneficio/costo variedad Chaucha en grano seco

Variedad Chaucha kg/ha					
Indicadores	D0	D1	D2	D3	D4
Costos de Producción	1084,677	1117,327	1128,227	1139,127	1119,217
Ingresos por venta	2576,7399	2821,2386	1303,3523	2675,54	3335,29
Rendimiento	1269,33	1389,7727	642,04545	1318	1643
Utilidad bruta	1492,0629	1703,9116	175,12527	1536,413	2216,073
B/C	2,3755827	2,5249892	1,1552217	2,3487636	2,9800209