



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE AGRICULTURA, SILVICULTURA,
PESCA Y VETERINARIA
CARRERA DE AGRONOMÍA



TRABAJO DE TITULACIÓN

Componente práctico del examen de carácter Complexivo,
presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad, como requisito
previo a la obtención del título de:

INGENIERA AGRÓNOMA

TEMA:

Bacillus thuringiensis como controlador biológico de *Brevicoryne brassicae* en el cultivo de col (*Brassica oleracea* var. *Capitata*)

AUTORA:

Adriana Katerine López Gallardo

TUTORA:

Ing. Agr. Cristina Maldonado Camposano, MBA.

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador
2022

RESUMEN

Bacillus son un conocido género de bacterias que se caracterizan con otras por la gran resistencia que presentan frente a los ácidos, altas temperaturas, alta presión, bases y largos tiempos de almacenamiento. El *B. thuringiensis* es una bacteria que se localiza en los suelos ubica y característicamente producen cristales proteicos que exhiben actividad insecticida; estos cristales se forman en la etapa de esporulación y se encuentran compuestas por toxinas de las familias Cry y/o Cyt, que una vez que son ingeridas por los insectos, dichas toxinas se activan proteolíticamente. Investigaciones han determinado que un solo plásmido de *B. thuringiensis* es posible de albergar múltiples variantes de cry y cyt que en su combinación determinan la especificidad del insecto huésped. Ingestión: En este paso a diferencia de otros insecticidas, éste debe ser ingerido; debido que las proteínas del *B. thuringiensis* actúan únicamente ante la previa ingestión del insecto y nunca a través del contacto. Solubilización: Esta fase consiste en la rotura de los cristales y la liberación de las proteínas presentes en ellas. Esta fase es producida principalmente por tripsinas y quimotripsinas, las enzimas más abundantes en los fluidos intestinales del insecto. Atravesar la membrana intestinal: Una vez activada las toxinas la membrana peritrófica del intestino reduce la cantidad de toxinas que pueden llegar a interactuar con las células intestinales, teniendo un efecto sobre la susceptibilidad final del insecto a la toxina, que son capaces de degradar la quitina. Esta logra generar un desequilibrio osmótico que es capaz de desembocar en la rotura celular. A través de la lisis de la célula intestinal se produce una septicemia, ocasionan por todas las bacterias oportunistas y otros patógenos en el bolo alimenticio, lo que produce la muerte del insecto

Palabras clave: *Bacillus thuringiensis*, Controlador biológico, *Brevicoryne Brassicae*, *Brassica oleracea*, Gram positivo

ABSTRACT

Bacillus are a well-known genus of bacteria that are characterized by others by the great resistance they present against acids, high temperatures, high pressure, bases and long storage times. *B. thuringiensis* is a bacterium that is located in soils located and characteristically produce protein crystals that exhibit insecticidal activity; these crystals are formed in the sporulation stage and are composed of toxins from the Cry and/or Cyt families, which once ingested by insects, these toxins are activated proteolytically. Research has determined that a single plasmid of *B. thuringiensis* is possible to host multiple variants of cry and cyt that in their combination determine the specificity of the host insect. Ingestion: In this step unlike other insecticides, this one must be ingested; because the proteins of *B. thuringiensis* act only before the previous ingestion of the insect and never through contact. Solubilization: This phase consists of the breakage of the crystals and the release of the proteins present in them. This phase is mainly produced by trypsins and chymotrypsins, the most abundant enzymes in the insect's intestinal fluids. Crossing the intestinal membrane: Once the toxins are activated, the peritrophic membrane of the intestine reduces the amount of toxins that can interact with intestinal cells, having an effect on the insect's final susceptibility to the toxin, which are capable of degrading chitin. This manages to generate an osmotic imbalance that is capable of leading to cell rupture. Through the lysis of the intestinal cell sepsis occurs, caused by all opportunistic bacteria and other pathogens in the food bolus, which produces the death of the insect

Keywords: *Bacillus thuringiensis*, Biological controller, *Brevicoryne Brassicae*, Brassica oleracea, Gram positive

Contenido

RESUMEN	II
ABSTRACT	III
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.3. JUSTIFICACIÓN	4
1.4. OBJETIVOS.....	5
1.4.1 Objetivo general	5
1.4.2. Objetivos específicos	5
LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	6
2. DESARROLLO	7
2.1. MARCO CONCEPTUAL	7
Repollo (<i>Brassica oleracea var. capitata</i>)	7
Origen y distribución	7
2.2. MARCO METODOLÓGICO	14
2.3. RESULTADOS	15
2.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	16
3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	18
3.1. CONCLUSIONES	18
3.2. RECOMENDACIONES	19
4. REFERENCIAS Y ANEXOS	20
4.2 ANEXOS	25

1. CONTEXTUALIZACIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

Con un manejo adecuado dentro del cultivo de repollo en el país este se ha convertido en una alternativa de mejoría social y económica. El valor total de producción de repollo en la sierra ecuatoriana es de 111.160 ton, en una superficie cultivada de 1.786 ha; obteniendo un rendimiento de 62,2 t/ha; además indica que en cuanto a la producción de las provincias de la región sierra central se encuentra repartida en: Tungurahua con una producción de 31.820 ton en 500 has con un rendimiento de 63,64 t ha⁻¹; seguida por Chimborazo con 6.560 ton en 105 ha con un rendimiento de 62,48 t ha⁻¹; y la Provincia de Cotopaxi con una producción de 1.839 ton en 29 ha con un rendimiento de 63,44 t ha⁻¹ (Agroecuador 2005).

La col (*Brassica oleracea L. var. Capitata*) o repollo es una hortaliza que puede ser sembrada en las temporadas de otoño e invierno así como también en primavera y verano. Las hojas son duras y forman una cabeza las cuales son las partes comestibles de la hortaliza (Henaó y Girarlo 1986).

El pulgón del repollo *Brevicoryne brassicae*, el daño que pueden provocar los áfidos en el cultivo es que chupan los jugos de la planta con los aparatos bucales de tipo picador chupador que estos poseen, lo cual se puede evidenciar en el amarillamiento y enroscamiento de las hojas de las plantas atacadas. Cuando las plantas son atacadas en estado de plántulas se quedan enanas o pueden morir debido a que los áfidos se alimentaron de ella. El follaje puede ser contaminado con restos de áfidos que han muerto, la piel que dejan luego de mudar o la mielecilla que dejan. Los áfidos que se encuentran alimentándose dentro de las hojas enroscadas o deformadas están protegidos de las aplicaciones de insecticidas dentro del cultivo (Webb et al. 2019).

Los parámetros biológicos y demográficos de una población de insectos plagas, estimados a partir de tablas de vida desarrolladas en laboratorio, constituyen herramientas básicas para elaborar estrategias de control (Southwood 1994).

La fecundidad y la supervivencia de los áfidos pueden ser influenciadas cuando se desarrollan sobre variedades diferentes, aspectos muy importantes en el fitomejoramiento (Lara et al. 1978; Lara et al. 1979; Cividanes 2002; Vasicek 2000; La Rossa 2003) y sobre todo en el manejo integrado de plagas.

Bacillus thuringiensis, es una bacteria que se utiliza en el control biológico de algunos insectos plagas. Las toxinas segregadas por esta bacteria dañan el intestino de los insectos y producen su muerte. Existen diferentes cepas especialmente diseñadas para atacar unos insectos determinados, respetando a otros que pueden resultar beneficiosos. Se considera ecológico porque no ataca a los vertebrados y se degrada con facilidad al cabo de unos 8 a 10 días por acción del agua y de la luz solar (Robert et al. 2007).

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El pulgón de la col (*Brevicoryne brassicae*), se encuentra dentro de las principales plagas con mayor importancia económica en el cultivo de la col, y esto se debe a que no se da un conjunto manejo integrado de plagas adecuado dentro del cultivo, lo que tiene como consecuencia un problema muy serio con respecto a los productores de este cultivo ya que el pulgón reduce en gran cantidad el rendimiento del cultivo y puede ocasionar grandes pérdidas económicas (INTAGRI 2017).

La falta de control del pulgón ocasiona amarillamiento, marchitez y atrofia a las plantas, la gran cantidad de este áfido descompone las hojas e incluso puede ocasionar su muerte, otra forma en la que el cultivo puede ser perjudicado es porque este áfido produce una mielecilla que cubre las hojas y afecta a la fotosíntesis de la planta y también sirve de crecimiento poblacional de las hormigas y hongo saprófitos (INTAGRI 2017).

Cuando *Brevicoryne brassicae* se encuentra presente en un cultivo de col puede existir la posibilidad de llegar a perder todo el cultivo porque el pulgón se alimenta de la savia de las plantas, lo que hace que la planta se debilite provocando la pérdida de vigor y bajando el rendimiento del cultivo. Si el ataque de este pulgón se presenta entre los primeros estadios de la planta puede llegar a sufrir una muerte prematura mientras que en las plantas adultas el daño que puede provocar *Brevicoryne brassicae* es el enrollamiento y amarillamiento de las hojas, el pulgón *Brevicoryne brassicae* afecta mucho a la col porque a través de esta se pueden transmitir más de 20 virus que pueden ser mortales para el cultivo (INTAGRI 2017).

1.3. JUSTIFICACIÓN

La información obtenida se realiza con el fin de conocer el control biológico del pulgón *Brevicoryne brassicae* porque es una plaga que afecta el rendimiento del cultivo de col y causa grandes pérdidas económicas para los agricultores.

Esto será de gran ayuda ya que servirá como una fuente de información veraz para realizar un mejor manejo integrado de plagas dentro del cultivo de col, con el fin de aumentar la producción y disminuir el ataque del áfido.

Esta investigación es muy factible porque a través de ella los estudiantes podrán fortalecer sus conocimientos dentro de este tema que es fundamental e importante dentro de la agricultura, así como también para los agricultores que son productores del cultivo de col, profesionales y demás personas que estén interesadas en conocer sobre esta información

1.4. OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

Caracterizar el *Bacillus thuringiensis* como controlador biológico de *Brevicoryne brassicae* en el cultivo de col (*Brassica oleracea* var. *Capitata*)

1.4.2. Objetivos específicos

- Describir los beneficios que ofrece la aplicación de *Bacillus thuringiensis* como controlador biológico de *Brevicoryne brassicae* en el cultivo de col.
- Detallar la efectividad de *Bacillus thuringiensis* como controlador biológico de *Brevicoryne brassicae* en el cultivo de col (*Brassica oleracea* var. *Capitata*).

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Las líneas y Sublíneas a utilizarse en este trabajo de investigación fueron las siguientes tomando en cuenta las variables del tema titulado *Bacillus thuringiensis* como controlador biológico de *Brevicoryne brassicae* en el cultivo de col (*Brassica oleracea* var. *capitata*)

DOMINIOS DE LA UNIVERSIDAD

- **Medio Ambiente:** por el hecho de ser un insecticida biológico el uso de *Bacillus thuringiensis* para controlar plagas dentro de los cultivos se presenta como una alternativa atractiva para los agricultores debido a que este no causa afectaciones al medio ambiente y se puede usar sin preocupaciones.

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

- **Salud y bienestar animal:** En los dominios de Faciag está relacionado con la salud y bienestar animal ya que por ser un insecticida biológico no causa daños a los animales.

CARRERA DE AGRONOMÍA

- **Agricultura sostenible y sustentable:** Dentro de la carrera de agronomía en una agricultura sostenible y sustentable se puede aplicar el uso de *Bacillus thuringiensis* porque es un insecticida biológico y no causa contaminación al medio ambiente ni a los cultivos.

2. DESARROLLO

2.1. MARCO CONCEPTUAL

Repollo (*Brassica oleracea var. capitata*)

Taxonomía	Nomenclatura
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Brassicales
Familia	Brassicaceae
Genero	Brassica
Especie	Brassica oleracea

Origen y distribución

La col, *Brassica oleracea var. capitata* se conoce como una de las más antiguas hortalizas que ha sido cultivada por los últimos 2,000 años. Es una especie nativa de la región del mediterráneo y el sureste de Europa, así como en el norte y sur de Inglaterra. En la actualidad *Brassica oleracea var. capitata* está creciendo en muchas regiones en todo el mundo principalmente donde poseen climas muy fríos (Draghici et al. 2013)

Características botánicas

Brassica oleracea var. capitata o col es una planta bianual, en la cual su primer ciclo de vida es la fase vegetativa la misma que empieza por formarse un tallo ancho y corto seguida de la fase reproductiva que es la que da como resultado un gran tallo floral la misma que al formarse tiene similitud a una cabeza la misma que es la parte comestible de la col (Hurrell et al. 2009)

La col o repollo (*Brassica oleracea var. capitata*) es una planta bienal, la cual se cultiva como planta anual (Rizo et al. 2013)

En climas templados y frescos la col produce de una mejor manera como se da en el caso de las regiones tropicales y subtropicales a lo largo del invierno. La temperatura mínima para que germine es de 4.4°C y la máxima 35°C, siendo

la temperatura optima 29.4°C

Las temperaturas propias ambientales para el crecimiento y desarrollo de este cultivo son de 15 a 20°C (TELENCHANA 2017)

El Bacillus thuringiensis

Bacillus son un conocido género de bacterias que se caracterizan con otras por la gran resistencia que presentan frente a los ácidos, altas temperaturas, alta presión, bases y largos tiempos de almacenamiento. Además que el *Bacillus thuringiensis* es capaz de producir proteínas cristalinas insecticidas que aniquilan a una gran variedad de insectos considerado plagas para muchos cultivos; siendo inofensivos para el humano, animales como ganado y otros animales acuáticos; por lo que se utilizan ampliamente para el control de plagas agrícolas. (Gao et al. 2022)

El *B. thuringiensis* es una bacteria que se localiza en los suelos y característicamente producen cristales proteicos que exhiben actividad insecticida; estos cristales se forman en la etapa de esporulación y se encuentran compuestas por toxinas de las familias Cry (codificado por *cry*) y/o Cyt (codificado por *cyt*), que una vez que son ingeridas por los insectos, dichas toxinas se activan proteolíticamente. (Biggel et al. 2022)

Los conocidos monómeros de la toxina *cry* que produce el *B. thuringiensis* se unen posteriormente a los receptores específicos de las membranas de las células epiteliales del intestino medio de los insectos, y se autoensamblan en los poros de la membrana, lo que genera la lisis osmótica y, finalmente, la muerte del insecto. (Bravo et al. 2007)

Los factores insecticidas adicionales del *B. thuringiensis*, incluidas las toxinas formadoras de los poros Vip (proteína insecticida vegetal) y Sip (proteína insecticida secretada), median la actividad insecticida de varias cepas de *B. thuringiensis* durante la fase vegetativa. Sip1A media la actividad insecticida contra coleópteros, mientras que las diferentes variantes de Vip muestran un aspecto de objetivos más amplios, incluida la toxicidad para lepidópteros y

coleópteros. (Palma et al. 2014)

Modo de acción del *Bacillus thuringiensis*

La *Sociedad Española de Entomología Aplicada* estipula las fases de acción de las proteínas insecticidas que posee el *B. thuringiensis*, tales como: a) Ingestión; b) Solubilización; c) Activación; d) Atravesar la membrana intestinal; e) Interacción con el intestino medio; y, f) Muerte del insecto. (Llorens et al. 2019)

- a) Ingestión: En este paso a diferencia de otros insecticidas, éste debe ser ingerido; debido que las proteínas del *B. thuringiensis* actúan únicamente ante la previa ingestión del insecto y nunca a través del contacto.
- b) Solubilización: Esta fase consiste en la rotura de los cristales y la liberación de las proteínas presentes en ellas. En la solubilización la proteína *Cry* toma un papel importante, debido que para que este proceso se produzca son necesarios factores apropiados en el intestino medio del insecto, por ejemplo el pH.
- c) Activación: Las proteínas *Cry* y las *Vip* procesadas por enzimas proteasas endógenas que se localizan en los fluidos intestinales del insecto, lo que luego produce una toxina activa. Esta fase es producida principalmente por tripsinas y quimotripsinas, las enzimas más abundantes en los fluidos intestinales del insecto.
- d) Atravesar la membrana intestinal: Una vez activada las toxinas la membrana peritrófica del intestino reduce la cantidad de toxinas que pueden llegar a interactuar con las células intestinales, teniendo un efecto sobre la susceptibilidad final del insecto a la toxina, que son capaces de degradar la quitina.
- e) Interacción con el intestino medio: Una vez que las toxinas hayan superado la barrera de la membrana peritrófica, las proteínas *Cy* o *Vip*

interactúan con la membrana de las células del intestino medio del insecto, las que se consideran como células diana de las toxinas.

- f) Muerte del insecto y dispersión del *B. thuringiensis*: La destrucción de la membrana de las células intestinales del insecto, constituyen un poro. Esta logra generar un desequilibrio osmótico que es capaz de desembocar en la rotura celular. A través de la lisis de la célula intestinal se produce una septicemia, ocasionan por todas las bacterias oportunistas y otros patógenos en el bolo alimenticio, lo que produce la muerte del insecto. Al morir, el *B. thuringiensis* aprovecha este proceso para continuar creciendo y esporular, lo que favorece a su posterior dispersión en el medio. (Llorens et al. 2019)

En la actualidad se han conocido alrededor de 700 variantes de *cy* y más de 40 variantes *cyt*, y ambas se encuentran localizadas en plásmidos grandes, un solo plásmido del *B. thuringiensis* es capaz de albergar múltiples de estas variantes; que al combinarse determinan la especificidad del huésped y disminuyen el riesgo el desarrollo de resistencia del huésped. (Crickmore et al. 2020)

Los productos bioinsecticidas que son elaborados con esporas del *B. thuringiensis* se utilizan ampliamente en la agricultura, silvicultura y para el control de mosquitos, como una gran alternativa a los insecticidas químicos, adquiriendo una importancia cada vez mayor debido al proceso de transformación agroecológica en curso. (Sanchis 2011)

Consideración taxonómica

El *Bacillus thuringiensis* es una bacteria que pertenece a la familia de las *Bacillaceae* y se ubica en el grupo 1 del género *Bacillus*; este microorganismo forma parte del grupo *Bacillus cereus*, mismo que pertenece o incluye a *Bacillus anthracis*, *Bacillus cereus*, *Bacillus mycoides*, *Bacillus pseudomycoides* y *Bacillus weihenstephanensis*. El *B. thuringiensis* se clasifican en 84 serovares mediante serología del antígeno flagelar H. (Sakura y Benintende 2008)

La manera más común de poder producir los productos que están compuestos a base de *Bacillus thuringiensis* se da mediante procesos de fermentación sumergidos en biorreactores.

En Ecuador las empresas del mercado Agropecuario que comercializan productos que tienen como ingrediente activo el *Bacillus thuringiensis* son:

EMPRESA	PRODUCTO
ECUAQUIMICA	NEW BT-2X
FENECSA	<i>Bacillus thuringiensis</i>
AGRIPAC	Dipel 8L

La clasificación sistemática del *Bacillus thuringiensis* es la siguiente: (Delgado 2011):

Reino: Procariota

División: Firmicutes

Clase: Firmibacteria

Orden: Eubacteriales

Familia: Bacillaceae

Género: *Bacillus*

El pulgón gris o *Brevicoryne brassicae*

El pulgón gris de las crucíferas conocido por el nombre científico *Brevicoryne brassicae*, es un insecto que se alimenta de la savia de la planta y es capaz de transmitir alrededor de 20 virus fitopatógenos, teniendo una producción cosmopolita. La temperatura idónea para que se lleve a cabo la multiplicación o reproducción de esta plaga y su adecuado desarrollo es de 25 °C y la temperatura umbral para poblaciones en clima templado es de 4 °C. (Salas et al. 2016)

Ciclo de vida y Descripción

El pulgón de la col es capaz de obtener numerosas generaciones en lo que va un año, todo de acuerdo a la influencia del clima; a diferencia de otros pulgones, *Brevicoryne brassicae* no se dispersa a un huésped alternativo para

pasar las temperaturas bajas; investigaciones han podido demostrar que los huevos son una etapa de hibernación para este insecto y en muchos casos los restos de cultivos y las malas hierbas son utilizados para guardar el frío o sitios de hibernación. (Capinera 2001)

Este insecto presenta una metamorfosis no completa, debido a que *B. brassicae* se presenta únicamente en ninfa y adulta. Además que en estado adulto se aprecia en dos formas distintas, una áptera y otra alada. En el estado adulto son de color verde pálido y su duración de vida es de 7 días en temperaturas promedio de 20 °C, las hembras que presentan alas llegan a medir entre 2 a 2,5 mm y presentan cabeza y tórax de color café o negro. Las hembras ápteras miden entre 1,5 a 2,4 mm son de color verde pálido, de una hembra pueden nacer entre 2 a 5 ninfas por día, alcanzando la madurez entre los 5 y 7 días. (Peña 2018)

La deposición de los huevos del insecto ocurre un día después de que este se haya apareado, se estima que una hembra puede poner entre 5 a 7 huevos; estos son de color amarillo. Para llegar a ninfa debe pasar por cuatro estadios que dura entre 2 a 3 días. Durante los meses de verano los adultos todos son hembras; las hembras adultas sin alas dan a luz entre 30 a 50 ninfas; las hembras ovíparas tienen un cuerpo verde pálido y barras oscuras, miden unos 2,2 mm de largo. Los machos son de color marrón verdoso o amarillento miden alrededor de 1,3 mm de largo, tienen patas oscuras. (Capinera 2001; Salas et al. 2016)

La clasificación sistemática de *Brevicoryne brassicae* es la siguiente (Ríos Da Silva et al. 2020):

Dominio: Eucariota

Reino: Metazoos

Filo: Artrópodos

Subfilo: Uniramia

Clase: Insecto

Orden: Hemípteros

Género: *Brevicoryne*

Brevicoryne brassicae ocasionan daños de impacto económico en los cultivos de repollo o col (Kahan et al. 2008):

- a) Por la reproducción clonal que posee, les permite producir en corto tiempo niveles de poblaciones capaces de ocasionar un alto impacto económico.
- b) Son vectores de alrededor de 20 virus que provocan daños severos a los cultivos.
- c) Por su actividad alimentaria a través de cual produce deformaciones y daños indirectos en los cultivos. (Kahan et al. 2008)

Según algunos autores el umbral térmico inferior de *B. brassicae* sería de 4,5°C y el umbral térmico superior de 30°C. Entre 15 y 20 °C la duración de la fase ninfal sería de $17,0 \pm 0,29$ días y $11,1 \pm 0,29$ días respectivamente. A 5°, 19° y 23,8QC las hembras tendrían descendencias de 19.1, 27,5 y 34,3 ninfas /hembra. En el Cuadro 2 se puede observar el umbral térmico de desarrollo y el tiempo de desarrollo calculado en base a 6,7°C por estadio y fases de desarrollo (Cisterna A 2011).

2.2. MARCO METODOLÓGICO

La presente investigación se realiza con información actualizada extraída de libros, páginas web, tesis de grado, bibliotecas virtuales y artículos de revistas de alto impacto, la misma que es resumida y se puntualiza información sobre *Bacillus thuringiensis* como controlador biológico de *Brevicoryne brassicae* en el cultivo de col (*Brassica oleracea* var. *capitata*).

2.3. RESULTADOS

El *Bacillus thuringiensis*, es una bacteria que por su gran beneficio puede conformarse como una gran parte importante de una agricultura sin químicos o sostenible; aunque esta no se trate de una solución definida para controlar el uso de insecticidas a base de químicos. Pero esta bacteria se ha convertido en una herramienta biológica primordial para controlar los insectos plagas, entre ellos para el control del pulgón gris. Todo esto la ha vuelto protagonista de numerosas investigaciones que llevan a cabo en todo el planeta, con el propósito de encontrar nuevas cepas que presenten diferentes características para el control de insectos.

Las proteínas cristalinas insecticidas que aniquilan a insectos considerados plagas para los cultivos, entre ellos el pulgón gris del repollo, son una toxina para controlar su población o aniquilarla por completo de los cultivos, razón por el cual es necesario aislar las cepas de esta bacteria para crear nuevos productos que ataquen a estos vectores, con el fin de evitar que los insectos se vuelvan resistentes a las toxinas del *Bacillus thuringiensis*.

2.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

PERÚ

En la investigación realizada por Miguel Villanueva en el 2019 en la ciudad de Huánuco/Perú en el tema: uso de entomopatógenos en el control de (*Leptophobia aripa* y *Brevicoryne brassicae*) en col (*Brassica oleracea* var. *Capitata*) detalla el siguiente resultado:

Según los resultados obtenidos en la evaluación de incidencia de pulgones (*Brevicoryne brassicae*) luego de 15 días de haber sido aplicado el tratamiento con *B.t* en el campo, no se registró presencia de individuos y por esta razón se califica como una ausencia de la plaga.

El análisis de varianza indica alta significancia estadística para bloques y no significativos para tratamientos. El coeficiente de variabilidad fue 52.74% y la desviación estándar de ± 5.58 número de pulgones vivos en el campo lo que da confiabilidad a los resultados(Villanueva 2019).

Con respecto a los resultados obtenidos en la investigación se puede evidenciar que la aplicación de *Bacillus thuringiensis* como controlador biológico es una forma muy buena para controlar insectos que causan daños dentro de los cultivos, y es por esta razón que desde sus inicios ha sido utilizado ampliamente dentro de la agricultura para controlar plagas tal como es el caso de *Brevicoryne brassicae* en el cultivo de col.

MÉXICO

Según la investigación de Dalia Hernández en el 2016 en la Soledad de G. Sánchez, San Luis Potosí, S.L.P/México en el tema: efectividad biológica de entomopatógenos para control de plagas de brócoli se detalla la siguiente información:

De acuerdo a los resultados que se obtuvieron con la aplicación de la fórmula de Abbott (1925), la efectividad que presentan las distintas variedades de bioplaguicidas la más alta esta para las que tienen los derivados de *B.*

thuringiensis en el control de larvas de *P. xylostella* y *Brevicoryne brassicae* en la familia de las brassicáceas. La aplicación de dichos productos tiene como resultado porcentajes de mortalidad del insecto que sobrepasan a 88-90% después de los 5 días de haber realizado la aplicación dentro del cultivo. Si se realiza una segunda aplicación del producto, dirigida a las larvas de los insectos que pueden emerger en una posible siguiente generación, se puede llegar a tener como resultado mortalidades que sobrepasen el 87% (Hernandez 2016).

Sin embargo, en la presente investigación se puede observar que los porcentajes de mortalidad que se obtuvieron con dicha aplicación son bastantes buenos, los que están por encima del 85% (Griego y Spence 1978).

En los resultados que se obtuvieron en la investigación se puede resaltar que el *Bacillus thuringiensis* es un producto que se recomienda utilizar dentro de los cultivos para controlar las plagas de mayor importancia económica para así no tener pérdidas. Además de ser un insecticida confiable para controlar las plagas de manera biológica sin causar daños al medio ambiente, el hombre y animales, siendo su resultado efectivo

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1. CONCLUSIONES

La aplicación de *Bacillus thuringiensis* para el control biológico del pulgon *Brevicoryne brassicae* en el cultivo de col ayuda a mantener y eliminar por completo las poblaciones de esta plaga dentro del cultivo para así de esta manera no tener pérdidas.

Los beneficios que ofrece la aplicación de *Bacillus thuringiensis* en el cultivo de col para controlar biológicamente a *Brevicoryne brassicae* en el cultivo de col son muy evidentes porque gracias a eso se puede eliminar por completo la plaga dentro del cultivo, además de ser un producto de bu muy buena calidad que no solo puede controlar plagas sino también es inofensivo para otros insectos que son benéficos y que pueden ayudar un poco más en el control de plagas.

La efectividad que se obtiene al aplicar *Bacillus thuringiensis* para controlar *Brevicoryne brassicae* en los cultivos de col son muy altas debido a que es un producto que actúa con rapidez en contra de la plaga y en corto tiempo ocasiona una ausencia del pulgon dentro del cultivo siendo muy efectivo y recomendado.

3.2. RECOMENDACIONES

Aplicar *Bacillus thuringiensis* es una solución para controlar los insectos plagas presentes en cultivos de *Brassica oleracea var capitata* en especial para controlar poblaciones de *Brevicoryne brassicae* convirtiéndolo en un excelente insecticida biológico.

Desarrollar investigaciones biotecnológicas para aislar los cristales que produce la bacteria con el propósito de introducirlos en el ADN de *Brassica oleracea var capitata* y así conseguir una especie resistente y tolerante a el ataque de este pulgon.

La aplicación de productos que contienen como ingrediente activo esporas de *Bacillus thuringiensis* son una solución correcta para controlar la población de pulgones de la col sin afectar con el ecosistema; pero se debe aplicar con la dosis indicada para evitar toxicidad en el producto.

4. REFERENCIAS Y ANEXOS

4.1. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Agroecuador. 2005. Censo agropecuario de agricultura y ganadería del Ecuador.

Biggel, M; Jessberger, N; Kovac, J; Johler, S. 2022. Recent paradigm shifts in the perception of the role of *Bacillus thuringiensis* in foodborne disease (en línea). *Food Microbiology* 105(March):104025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fm.2022.104025>.

Bravo, A; Sarjeet, G; Soberón, M. 2007. Mode of action of *Bacillus thuringiensis* Cry and Cyt toxins and their potential for insect control. *Journal Toxicon* 49(4):423-435. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2006.11.022>.

Capinera, J. 2001. Order Homoptera-Aphids, Leaf-and Planthoppers, Psyllids and Whiteflies. California, Natural History.

Cividanes, FJ. 2002. Tabelas de vida de fertilidade de *Brevicoryne brassicae* (L.) (Hemiptera: Aphididae) em condições de campo. *Neotropical Entomology* 31(3):419-427. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1519-566x2002000300011>.

Crickmore, N; Berry, C; Panneerselvam, S; Mishra, R; Connor, B; Bonning, B. 2020. A structure-based nomenclature for *Bacillus thuringiensis* and other bacteria-derived pesticidal proteins. *Journal Invertenr. Pathol* (107438). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jip.2020.107438>.

Draghici, G;Alexandra, L;Aurica-Breica, B;Nica, D;Alda, S; Liana, A;Gogoasa, I; Gergen, I; Despina-Maria, B. 2013. Red cabbage, millennium's functional food. *JOURNAL of Horticulture, Forestry and Biotechnology* 17(4):52-55.

Delgado, J. 2011. Aislamiento Y Caracterización De Cepas De *Bacillus Thuringiensis* Con Actividad Mosquitocida Nativas De Oaxaca (en línea). . Disponible en

<https://www.repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/15041>.

- Gao, Z; Yang, J; Wu, J; Li, H; Wu, C; Yin, Z; Xu, J; Zhu, L; Gao, M; Zhan, X. 2022. Structural characterization and in vitro evaluation of the prebiotic potential of an exopolysaccharide produced by *Bacillus thuringiensis* during fermentation (en línea). *Lwt* 163(May):113532. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113532>.
- Griego, VM; Spence, KD. 1978. Inactivation of *Bacillus thuringiensis* spores by ultraviolet and visible light. *Applied and Environmental Microbiology* 35(5):906–910. DOI: <https://doi.org/10.1128/aem.35.5.906-910.1978>.
- González, C; Braca, V; Tamayo, F; Del Rincón, M. 2022. Obtención de cultivos de brócoli libres de plagas e insecticidas químicos mediante el control biológico con baculovirus. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos* 7(2022):44-48.
- Henao, J; Girarlo, L. 1986. El cultivo de repollo (en línea). s.l., s.e. p. 19. Disponible en <http://hdl.handle.net/20.500.12324/2362>.
- Hernandez, D. 2016. EFECTIVIDAD BIOLÓGICA DE ENTOMOPATÓGENOS PARA CONTROL DE PLAGAS DE BRÓCOLI EN MEXQUITIC DE CARMONA, SAN LUIS POTOSÍ. s.l., s.e. 1–23 p.
- Hurrell, JA;Ulibarri, EA;Delucchi, G; Pochettino, M. 2009. Hortalizas verduras y legumbres. S.l., s.e. 240 p.
- INTAGRI. 2017. Manejo integrado del pulgón del repollo (en línea). s.l., s.e. Disponible en <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/manejo-integrado-del-pulgon-del-repollo>.
- Kahan, A; Padín, S; Ricci, M; Ringuelet, J; Cerimele, E; Susana, R; Henning, C; Basso, I. 2008. Actividad tóxica del aceite esencial de laurel y del cineol sobre *Brevicoryne brassicae* L. en repollo. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias* 40(2):41-48.
- Lara, F; Coelho, A; Mayor, J. 1979. Resistencia de variedades de cove a *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus, 1758) II Antibiose. *Anais da Sociedades*

Entomologica do Brasil. 2(8):217-233.

Lara, F; Mayor, J; Coelho, A; Fornasier, J. 1978. Resistencia de variedades de couve a *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus, 1758) I Preferencia em condicoes de campo e laboratorio, Anais da Sociedad de Etomológica do Brasil. 2(7):175-182.

Llorens, M; Bell, X; Ferr, J; Pineda, A; Seea, C. 2019. Modo de acción de las proteínas insecticidas de *Bacillus thuringiensis* (en línea). Boletín SEEA N°4 :74. Disponible en https://drive.google.com/file/d/1Bkep8aDfXuusw8Rc68wI8Xk-SQ1xTb_t/view.

Palma, L; Muñoz, D; Berry, C; Murillo, J; Caballero, P. 2014. *Bacillus thuringiensis* toxins: An overview of their biocidal activity (review). SciVal Topic Prominence 6(12):3296-3325. DOI: <https://doi.org/10.3390/toxins6123296>.

Peña, V. 2018. Aplicación foliar de diatomita en el control de polilla de la col (*Plutella xylostella*) y pulgón (*Brevicoryne brassicae*) en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *Italica*) cv. "Rumba" (en línea). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa :125. Disponible en <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/8196>.

Ríos Da Silva, R; Vargas-Flores, J; Sánchez-Choy, J; Oliva-Paredes, R; Alarcón-Castillo, T; Villegas Panduro, PP. 2020. *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* as compatible and efficient controllers of plague insects in aquaponic crops. *Scientia Agropecuaria* 11(3):419-426. DOI: <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.03.14>

Rizo, D; Palma, N; Gutiérrez, G. 2013. Producción de repollo con buenas prácticas agrícolas (en línea). *Rikolto* 3:1–40. Disponible en <https://latinoamerica.rikolto.org/es/noticias/guia-cultivando-repollo-con-buenas-practicas-agricolas>.

Robert, A; Hows, D; Anna, M. 2007. Risk Assessment for Chemical in Drinking Water. s.l., s.e. DOI: <https://doi.org/10.1002/9780470173381>.

Sakura, D; Benintende, G. 2008. *Bacillus thuringiensis*: generalidades. (en línea). Revista Argentina de Microbiología 40(124-140):17. Disponible en http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0325-75412008000200013&lng=es&nrm=iso&tlng=es%0Ahttp://www.scielo.org.ar/pdf/ram/v40n2/v40n2a13.pdf.

Salas, M; González, M; Martínez, O. 2016. y con su parasitoide *Diaretiella rapae* en brócoli en el Bajío , México * Relation the number of individuals with *Brevicoryne brassicae* temperature and his parasitoid *Diaretiella rapae* in broccoli of Bajío , Mexico Resumen. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 7(2):463-469.

Sanchis, V. 2011. From microbial sprays to insect-resistant transgenic plants: History of the biopesticide *Bacillus thuringiensis*. A review. Agron. Sustain. Dev. 31:217-231. DOI: <https://doi.org/10.1051/agro/2010027>.

Southwood. 1994. Ecological methods. 2 ed. Chapman; Hall, P (eds.). London, s.e. 524 p.

Tena, A; Bielza, P. (2003). GepSea Grupo de Estudios Prospectivos Sociedad Economía y Ambiente (en línea). España, s.e. Disponible en https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/129316/CONICET_Digital_Nro.81a64a63-1f8b-466f-90eb-46f8cfdd84c4_B-páginas-3%2C10-17.pdf?sequence=5&isAllowed=y.

TELENCHANA, WJT. 2017. "EVALUACIÓN DE DISTINTAS FÓRMULAS DE SUSTRATOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DECOL DE BRUSELAS (*Brassica oleracea* var. *gemmifera*) EN LA PARROQUIA IZAMBA". s.l., s.e. 1-69 p

Villanueva, M. 2019. USO DE ENTOMOPATÓGENOS EN EL CONTROL DE

(*Leptophobia aripa* y *Brevicoryne brassicae*) EN COL (*Brassica oleracea* var. *Capitata*) EN CIFO UNHEVAL,2019. s.e.

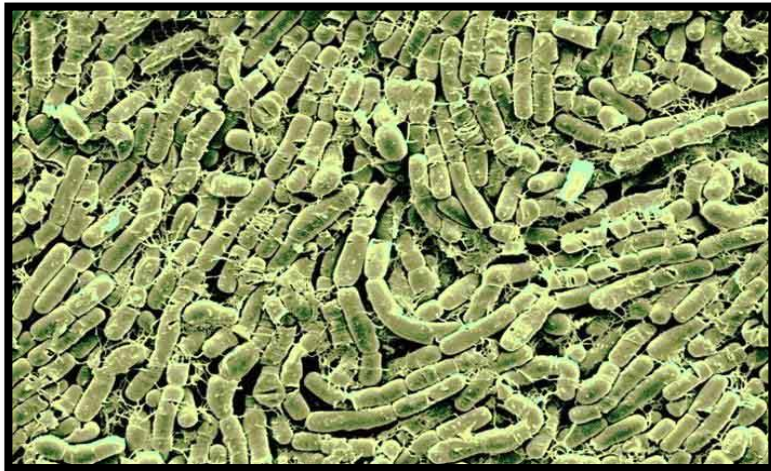
Webb, SE; Niño, A; Smith, HA. 2019. Manejo de Insectos en Crucíferas (Cultivos de Coles) Rábano , Nabos). IFAS Extension :1-30. DOI: <https://doi.org/10.32473/edis-ig168-2017>.

Zheng, J; Gao, Q; Liu, L; Liu, H; Wang, Y; Peng, D; Ruan, L; Raymond, B; Sun, M. 2017. Comparative genomics of *Bacillus thuringiensis* reveals a path to specialized exploitation of multiple invertebrate hosts. *mBio* 8(4). DOI: <https://doi.org/10.1128/mBio.00822-17>.

4.2 ANEXOS



Brassica oleracea var. capitata



Bacteria gram

thuringiensis

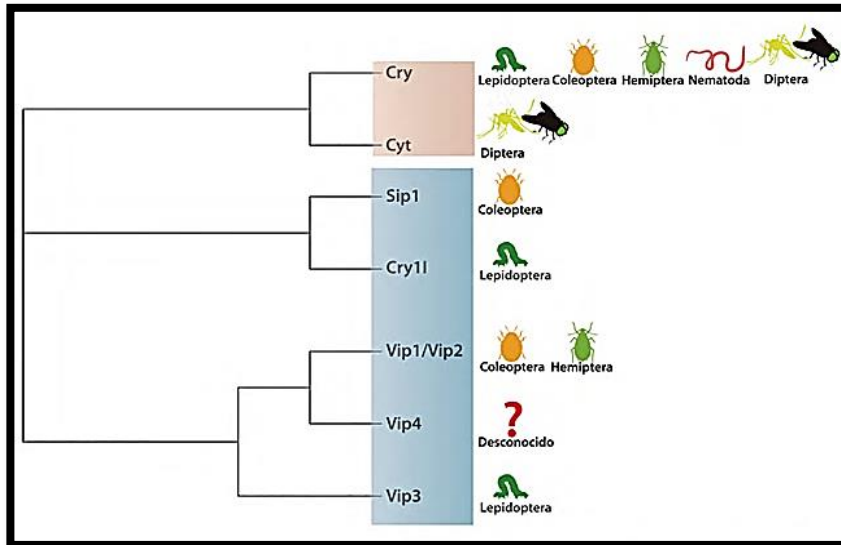
positiva *Bacillus*



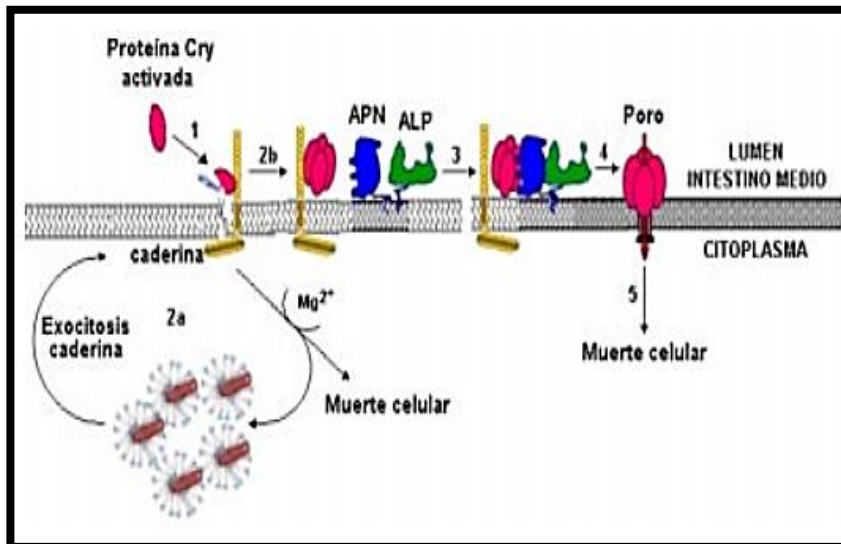
Insecto

brassicae

Brevicoryne



Esquema resumido del espectro de acción conocido de toxinas de *Bacillus thuringiensis* sobre especies de invertebrados. Adaptado de Tena y Bielza (2003)



Mecanismo de acción de proteínas Cry en insectos lepidópteros. 1) Unión de la toxina a caderina y clivaje desde su extremo C-terminal para generar la forma monomérica activa; 2a) Inicio de la cascada de señalización dependiente de Mg^{2+} , estimulación de exocitosis de caderina desde vesículas intracelulares hacia la membrana apical y consiguiente muerte celular; 2b) formación de la estructura oligomérica pre-poro; 3) Unión del oligómero a la aminopeptidasa N (APN) y/o fosfatasa alcalina (ALP) y migración a zonas específicas de la membrana; 4) Formación del poro; 5) Desequilibrio osmótico y consiguiente muerte celular. Adaptado de Sakura y Benintende (2008)



Ninfas de *Brevicoryne brassicae*, la alada está con su grupo de crías, tiene la cabeza y el tórax oscuro y bandas cruzadas dorsales oscuras adaptado de Salas et al. (2016)



Hoja de *Brassica oleracea* infestada por *Brevicoryne brassicae* tomado de González et al. (2022)

