



Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión
Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental
Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica

Efecto de la aplicación de *Bacillus subtilis* sobre *Alternaria alternata* en el arándano "*Vaccinium corymbosum*" var. Biloxi en Cañete

Tesis

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo

Autora
Anny Lyeslie Quispe Barillas

Asesora

Dra. María del Rosario Utia Pinedo

Huacho-Perú

2024



Reconocimiento - No Comercial – Sin Derivadas - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Reconocimiento: Debe otorgar el crédito correspondiente, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se realizaron cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de ninguna manera que sugiera que el licenciante lo respalda a usted o su uso. **No Comercial:** No puede utilizar el material con fines comerciales. **Sin Derivadas:** Si remezcla, transforma o construye sobre el material, no puede distribuir el material modificado. **Sin restricciones adicionales:** No puede aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros de hacer cualquier cosa que permita la licencia.



UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN

LICENCIADA

(Resolución de Consejo Directivo N° 012-2020-SUNEDU/CD de fecha 27/01/2020)

Indicar nombre de la Facultad/Escuela o Escuela de Posgrado

METADATOS

DATOS DEL AUTOR (ES):		
APELLIDOS Y NOMBRES	DNI	FECHA DE SUSTENTACIÓN
Anny Lyeslie Quispe Barillas	73655452	21 de diciembre 2022
DATOS DEL ASESOR:		
APELLIDOS Y NOMBRES	DNI	CÓDIGO ORCID
Dra. Utia Pinedo, María del Rosario	07922793	0000-0002-2396-3382
DATOS DE LOS MIEMBROS DE JURADOS – PREGRADO/POSGRADO-MAESTRÍA- DOCTORADO:		
APELLIDOS Y NOMBRES	DNI	CODIGO ORCID
Dr. Edison Goethe Palomares Anselmo	08471692	0000-0002-6883-1332
Ing. Luis Miguel Chávez Barbery	15605363	0000-0001-7816-1582
Mg. Sc. Tabita Abigail Gambini de la Cruz	47155633	0000-0002-3611-8508

EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE *Bacillus subtilis* SOBRE *Alternaria alternata* EN EL ARÁNDANO "*Vaccinium corymbosum*" VAR. BILOXI EN CAÑETE

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional Jose Faustino Sanchez Carrion Trabajo del estudiante	13%
2	es.scribd.com Fuente de Internet	1%
3	repositorio.utn.edu.ec Fuente de Internet	<1%
4	carleton.ca Fuente de Internet	<1%
5	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	Henrique Silvano Arruda, Iramala Angelica Neri-Numa, Larissa Akemi Kido, Mário Roberto Maróstica Júnior et al. "Recent advances and possibilities for the use of plant phenolic compounds to manage ageing-related diseases", Journal of Functional Foods, 2020	<1%

DEDICATORIA

Dedico a mis padres e hijos por ser el motivo de mi esfuerzo y logros.

AGRADECIMIENTO

A mis profesores por sus enseñanzas
especialmente a mi asesora Dra. María del
Rosario Utia Pinedo.

INDICE

Carátula	1
INTRODUCCIÓN	2
Capítulo I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1 Descripción de la realidad problemática	2
1.2 Formulación del problema	2
1.2.1. Problema General	2
1.2.2. Problemas Específicos	3
1.3. Objetivos de la investigación	3
1.3.1 Objetivo general	3
1.3.2 Objetivos específicos	3
1.4. Justificación de la investigación	3
1.5. Delimitación del estudio	4
1.6. Viabilidad del estudio	4
Capítulo II: MARCO TEORICO	5
2.1 Antecedentes de la investigación	5
2.2 Bases teóricas	7
2.3 Definiciones conceptuales	19
2.4 Formulación de hipótesis	20
2.4.1. Hipótesis general	20
2.4.2. Hipótesis específicas	20
Capítulo III: METODOLOGIA	21
3.1. Diseño metodológico	21
3.1.1 Tipo de investigación	21
3.1.2 Nivel de investigación	21
3.1.1 Diseño	21
3.1.2 Enfoque	22
3.2. Población y Muestra	22
3.3. Operacionalización de variables e indicadores	22
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	23
3.4.1 Técnicas a emplear	24

3.4.2 Descripción de los instrumentos	25
3.5. Técnicas para el procesamiento de la información	26
Capítulo IV: RESULTADOS	27
4.1 Incidencia de la enfermedad	27
4.2 Severidad de la enfermedad	28
4.3 Eficiencia de control	29
4.4 Peso de frutos por planta	30
4.5 Porcentaje de calibre comercial de la fruta (>15mm)	31
4.6 Porcentaje de calibre comercial de la fruta (< 15mm)	32
4.7 Rendimiento del arándano	33
Capítulo V. DISCUSIÓN	41
Capítulo VI. CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIÓN	41
Capítulo VII. FUENTES DE INFORMACION	43
ANEXO	45
ANEXO 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA	46
ANEXO 2. Datos de campo de la incidencia de la enfermedad	47
ANEXO 3. Datos de campo de la severidad de la enfermedad	47
ANEXO 4. Datos de campo de la eficiencia de control	48
ANEXO 5. Datos de campo del peso de frutos por planta	48
ANEXO 6. Datos de campo del porcentaje de calibre comercial de la fruta (>15mm)	49
ANEXO 7. Datos de campo del porcentaje de calibre comercial de la fruta (< 15mm)	49
ANEXO 8. Datos de campo del rendimiento del arándano	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Prueba de análisis de varianza	26
Tabla 2. Cuadro de la operacionalizacion de variables	23
Tabla 3. Asignación de los tratamientos en estudio	24
Tabla 4. Escala de evaluación para el análisis de severidad de <i>A. alternata</i>	25
Tabla 5. ANVA del porcentaje de incidencia de la enfermedad provocada por <i>Alternaria alternata</i> en arándano	27
Tabla 6. Prueba Tukey del comparativo de medias del porcentaje de incidencia de la enfermedad provocada por <i>Alternaria alternata</i> en arándano	27
Tabla 7. ANVA del grado de severidad de <i>Alternaria alternata</i> en el arándano	28
Tabla 8. Prueba Tukey del comparativo de medias del grado de severidad de la enfermedad provocada por <i>Alternaria alternata</i> en el arándano	28
Tabla 9. ANVA de la eficiencia de control	29
.Tabla 10. Prueba Tukey del comparativo de medias de la eficiencia de control	30
Tabla 11. ANVA del peso de frutos por planta (kg/planta)	30
Tabla 12. Prueba Tukey del comparativo de medias del peso de frutos por planta (kg/planta)	31
Tabla 13. ANVA del porcentaje de calibre comercial de la fruta (>15mm)	31
Tabla 14. Prueba Tukey del comparativo de medias del porcentaje de calibre comercial (>15mm)	32
Tabla 15. ANVA del porcentaje de calibre no comercial de la fruta (<15mm)	32
Tabla 16. Prueba Tukey del comparativo de medias del porcentaje de calibre no comercial de la fruta (<15mm)	33
Tabla 17. ANVA del rendimiento del arándano (t/ha)	33
Tabla 18. Prueba Tukey del comparativo de medias del rendimiento del (t/ha)	arándano 34
Tabla 19. Datos de campo del rendimiento del palto (kg/ha)	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Características morfológicas de <i>Alternaria spp.</i> , aislado de arándano	11
Figura 2. Croquis del experimento	22
Figura 3. Incidencia y severidad de la enfermedad provocada por <i>Alternaria alternata</i> en el arándano var. Biloxi	29
Figura 4. Porcentaje de calibre porcentaje de calibre comercial (>15mm) y no comercial de la fruta (<15mm)	34
Figura 5. Porcentaje de peso de frutos por planta (kg planta ⁻¹) y el rendimiento del arándano (t ha ⁻¹)	36

RESUMEN

Objetivo: Evaluar el efecto de las dosis de *Bacillus subtilis* sobre el control de *Alternaria alternata* en el cultivo de arándano Var. Biloxi en condiciones de Nuevo Imperial, Cañete. **Métodos:** Se realizó en Nuevo Imperial y provincia de Cañete, durante los meses de julio a diciembre del 2020. Se utilizó el diseño de bloques completamente al azar y la Prueba de Tukey al 5%. Los tratamientos fueron: dosis de *B. subtilis* (2, 3 y 4 kg/ha) y testigo sin aplicar. Las variables de estudio fueron: incidencia, severidad, efectividad de control, peso de frutos por planta, calibre comercial y no comercial y rendimiento. **Resultados:** Los tratamientos T4 (*B. subtilis* a una dosis de 4 kg/ha) y T3 (*B. subtilis* a una dosis de 3 kg/ha), presentaron el porcentaje más bajo de incidencia (20 y 17,5%) y menor grado de severidad (1,8 y 1,5). Además, estos tratamientos reportaron mayor porcentaje de efectividad (67,4 y 63,8%) sobre *A. alternata*. Los tratamientos T3 y T4 presentaron mayor peso de frutos por planta (4,64 y 4,6 kg/planta), mayor porcentaje de calibre comercial de fruta (> 15mm) con 96,3 y 95,1 %, y el rendimiento más alto con 23,18 y 23,01 t/ha de arándano **Conclusión:** Los resultados muestran que la aplicación de *B. subtilis* reportó un control eficaz de *A. alternata* en arándano Var. Biloxi en condiciones de Nuevo Imperial, Cañete.

Palabras claves: calibre, dosis, incidencia, peso, severidad.

ABSTRACT

Objective: To evaluate the effect of the doses of *Bacillus subtilis* on the control of *Alternaria alternata* in the cultivation of blueberry Var. Biloxi in conditions of Nuevo Imperial, Cañete. **Methods:** It was carried out in Nuevo Imperial and Cañete province, during the months of July to December 2020. The completely randomized block design and the 5% Tukey Test were used. The treatments were: doses of *B. subtilis* (2, 3 and 4 kg/ha) and control without applying. The study variables were: incidence, severity, control effectiveness, fruit weight per plant, commercial and non-commercial size and yield. **Results:** Treatments T4 (*B. subtilis* at a dose of 4 kg / ha) and T3 (*B. subtilis* at a dose of 3 kg / ha), presented the lowest incidence percentage (20 and 17.5%) and lower degree of severity (1.8 and 1.5). In addition, these treatments reported a higher percentage of effectiveness (67.4 and 63.8%) over *A. alternata*. Treatments T3 and T4 had a higher fruit weight per plant (4.64 and 4.6 kg/plant), a higher percentage of commercial fruit size (mm 15mm) with 96.3 and 95.1%, and the highest yield high with 23.18 and 23.01 t/ha of blueberry **Conclusion:** The results show that the application of *B. subtilis* reported an effective control of *A. alternata* in blueberry Var. Biloxi in conditions of Nuevo Imperial, Cañete.

Keywords: Caliber, dose, incidence, weight, severity.

INTRODUCCIÓN

El cultivo del arándano (*Vaccinium corymbosum* L.), produce un fruto rico en antioxidantes, vitaminas y fibra, además, la producción ha aumentado constantemente (Zhu y Xiao, 2015). Asimismo, el arándano es uno de los alimentos más nutritivos y cultivados en todo el mundo. Las frutas son las mejores fuentes dietéticas para la salud.

A medida que la producción continúa creciendo, la industria del arándano tiene la necesidad de prolongar la vida útil del arándano para extender el período de comercialización y aumentar las exportaciones. Sin embargo, la vida poscosecha de la fruta de arándano está limitada por la pudrición de la fruta causada por hongos patógenos (Mehra et al., 2013). En particular las causadas por el hongo patógeno *Alternaria alternata* el cual reduce su calidad, estética y valor comercial del fruto de arándano (Mamgain et al., 2013).

Con respecto al control de *Alternaria alternata*, es difícil debido al amplio espectro de hospedadores, así como su modo de sobrevivencia en el suelo. Por lo que el uso de fungicidas químicos es la opción más usada. Sin embargo, Hazarika et al. (2019) indican que el uso creciente de fungicidas químicos ha tenido como resultado varios efectos indeseables, como el desarrollo de resistencia en patógenos, así como impactos ambientales no específicos de estos químicos.

Por tanto, uno de los métodos de protección de las plantas contra *Alternaria alternata* es el uso de microorganismos antagonistas. Siendo así, el uso de *Bacillus subtilis* como alternativa esencial (Hazarika et al., 2019). Asimismo, el *Bacillus subtilis* es un producto biológico con alta capacidad antifúngicas sobre *Alternaria*, debido a sus propiedades antimicóticas. Además, cuyo producto es amigable con el medio ambiente y no provoca daños en la salud de agricultor al momento de aplicar y del consumidor al tomar el fruto del arándano. Uno de los métodos de protección de las plantas contra *Alternaria* es el uso de microorganismos antagonistas para controlar las poblaciones de microbios patógenos (Kurniawan et al., 2018).

Es por ello, la necesidad de investigar sobre la actividad antagónica de *Bacillus subtilis* sobre *Alternaria alternata* en el cultivo de arándano Var. Biloxi en condiciones de Nuevo Imperial, Cañete

CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

Los arándano son berries y estos son frutos perecibles, susceptibles a daños mecánicos, deshidratación, pudrición y desórdenes fisiológicos. Asimismo, existen plagas invasoras, en particular la pudrición del fruto causada por el hongo fitopatógeno *Alternaria alternata*, es uno de las plagas más importantes que afectan la calidad del fruto y la vida útil de los arándanos (Mehra et al., 2013). *A. alternata* raramente matan las plantas, pero pueden reducir su calidad estética y valor comercial del fruto (Mamgain et al., 2013). Además, las infecciones por *Alternaria* causan manchas en las hojas, marchitamiento y ennegrecimiento de los brotes jóvenes, así como lesiones en el tallo y la raíz (Pegg et al., 2014).

Para el control se han desarrollado programas de manejo integrado de plagas que han proporcionado un control efectivo de los principales fitopatógenos (Rodríguez et al., 2019). El uso de fungicidas químicos contra hongos patógenos tal como *A. alternata* el cual afecta negativamente la salud del suelo y las plantas, lo que resulta en un peligro ambiental. Por tanto, *Bacillus subtilis* es un producto biológico con actividad antifúngica, se considera una alternativa ecológica para el control de *A. alternata* en Nuevo Imperial, Cañete.

1.2 Formulación del problema

1.2.1. Problema General

¿Cuál es el efecto de las dosis de *Bacillus subtilis* sobre el control de *Alternaria alternata* en el cultivo de arándano Var. Biloxi en condiciones de Nuevo Imperial, Cañete?

1.2.2 Problemas Específicos

¿Qué efecto tiene el biocontrolador en la incidencia y severidad sobre *Alternaria alternata* en el arándano Var. Biloxi en condiciones de Nuevo Imperial, Cañete?

¿Cuál es el porcentaje de efectividad de las diferentes dosis de *Bacillus subtilis* sobre *Alternaria alternata* en el fruto del arándano en condiciones de Nuevo Imperial, Cañete?

¿Qué efecto tendrán las dosis de *Bacillus subtilis* en el rendimiento del arándano Var. Biloxi en condiciones de Nuevo Imperial, Cañete?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de las dosis de *Bacillus subtilis* sobre el control de *Alternaria alternata* en el cultivo de arándano Var. Biloxi en condiciones de Nuevo Imperial, Cañete.

1.3.2 Objetivo específico

Evaluar el efecto que tiene las dosis de *Bacillus subtilis* en la incidencia y severidad sobre *Alternaria alternata* en el arándano Var. Biloxi en condiciones de Nuevo Imperial, Cañete.

Evaluar el porcentaje de efectividad de las diferentes dosis de *Bacillus subtilis* sobre *Alternaria alternata* en el fruto del arándano en condiciones de Nuevo Imperial, Cañete.

Evaluar el efecto de las diferentes dosis de *Bacillus subtilis* en el rendimiento del arándano Var. Biloxi en condiciones de Nuevo Imperial, Cañete.

1.4 Justificación de la investigación

La industria del arándano se ha desarrollado principalmente debido a los buenos precios en el mercado de productos frescos fuera de temporada en América del Norte y Europa, y también a la creciente demanda mundial de arándanos (Fernández et al., 2015).

La presente investigación se llevará a cabo en el distrito Nuevo Imperial, Cañete en campos de productores de arándano, cuyos sembríos están instalados con la variedad Biloxi, con 3 a 4 años de edad. La producción de estos agricultores, son altas, a pesar de ello, existen problemas fitosanitarios, entre ellos la pudrición del fruto causada por el hongo fitopatógeno *Alternaria alternata*, el cual es una de las plagas más importantes que afectan la calidad poscosecha y la vida útil de los frutos del arándano.

A medida que la producción continúa creciendo, la industria del arándano tiene la necesidad de prolongar la vida útil del arándano para extender el período de

comercialización y aumentar las exportaciones. Sin embargo, la vida poscosecha de la fruta de arándano está limitada por la pudrición de la fruta causada por hongos patógenos (Mehra et al., 2013).

En particular las causadas por *Alternaria*, que reducen su calidad estética y valor comercial (Mamgain et al., 2013). Uno de los métodos de protección de las plantas contra *Alternaria*, es el uso de productos biológicos. Por lo que el biocontrol implica el uso de microorganismos no patógenos de origen natural que pueden reducir la actividad de los patógenos de las plantas y así suprimir enfermedades. Por lo tanto, controlar este patógeno con agentes de control biológico ayudará a mejorar el rendimiento del cultivo (Ashwini y Srividya, 2014).

Siendo el *Bacillus subtilis* un producto biológico con alta capacidad antifúngica sobre *Alternaria*, debido a sus propiedades antimicóticas. Además, cuyo producto es amigable con el medio ambiente y no provoca daños en la salud de agricultor al momento de aplicar y del consumidor al tomar el fruto del arándano.

1.5 Delimitación del estudio

La presente investigación se realizó en el campo agrícola instalado de arándano con 4 años de producción, ubicado en el distrito de Nuevo Imperial y provincia de Cañete, Lima. La investigación se realizó entre los meses de noviembre de 2019 a mayo de 2020.

1.6 Viabilidad del estudio

La investigación es viable porque los resultados darán a conocer información sobre el biocontrol de *A. alternata* por parte de la dosis correcta de *Bacillus subtilis* y será socialmente justa, debido a la posible solución de controlar al patógeno y reducir las aplicaciones de fungicidas, permitiendo reducir los costos de producción. Además, se presenta recursos económicos, humanos y de recursos teóricos, suficientes para realizar de forma correcta y el manejo del proyecto de *Bacillus subtilis*, sobre *Alternaria alternata* en la producción de arándano variedad Biloxi en condiciones edafoclimáticas de Nuevo Imperial, Cañete.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

Kurniawan et al. (2018) evaluando el efecto de bacterias antagonistas de del género *Bacillus* sobre el crecimiento micelial de *Alternaria alternata*. Encontraron que los aislados de *B. subtilis* inhibieron el crecimiento micelial de *A. alternata* en un 100% total, a comparación de varios antagonistas bacterianos que solo redujeron el crecimiento micelial de *A. alternata* hasta en un 42 y 27%. La bacteria también inhibió la pudrición del fruto del arándano por *Alternaria* y *Botrytis*, reduciendo la incidencia y severidad de la pudrición hasta en un 50 y 64%, respectivamente.

Luo et al. (2019) evaluando la relación del biocontrol de *Alternaria* en in vitro e in vivo. Sus resultados indicaron que el 52% de las cepas probadas mostraron inhibición tanto in vitro como in vivo, lo que indica que la antibiosis puede ser un modo de acción significativo. Sin embargo, un 35% adicional de los aislamientos mostraron supresión de la pudrición por *Alternaria*. Lo que indica que estas bacterias o sus compuestos, pueden inducir defensas intrínsecas de las plantas es decir le confiere resistencia inducida a la planta.

Zhu y Xiao (2015) evaluando el efecto de cultivo del arándano, señalan que produce un fruto rico en antioxidantes, vitaminas y fibra, además, la producción ha aumentado constantemente. Asimismo, el arándano es uno de los alimentos más nutritivos y cultivados en todo el mundo. Las bayas son las mejores fuentes dietéticas de beneficios para la salud, estos beneficios están asociados con sus propiedades químicas y biológicas específicas.

Mazur et al. (2019) sostiene que la infección de las hojas por *Alternaria* suele conducir al desarrollo de áreas cloróticas y necróticas, lo que resulta en una disminución en la producción de asimilados fotosintéticos. Esta reducción de la fotosíntesis se puede atribuir a la acción destructiva de un patógeno.

Los principales compuestos bioactivos contienen antocianinas, ácidos fenólicos, ácido ascórbico, flavonoles y taninos. El jugo de arándanos puede tener propiedades anti-obesidad basadas en poder reducir la resistencia a la insulina y la acumulación de lípidos y disminuir el colesterol (Ma et al., 2018).

La pudrición del fruto causada por *Alternaria spp.*, es uno de los factores más importantes que afectan la calidad poscosecha y la vida útil de los arándanos (Zhu y Xiao, 2015).

Asimismo, *Bacillus* tiene la capacidad de la antibiosis como mecanismo de acción principal. Las bacterias antagonistas pueden representar un método potencial para controlar la pudrición de la fruta de los arándanos después de la cosecha (Kurniawan et al., 2018).

On et al. (2015) evaluando el efecto de *Bacillus subtilis* sobre el control de *Alternaria*, encontraron que las bacterias tenían la capacidad de inhibir en gran medida el crecimiento micelial de *Alternaria* en un 70%. La aplicación preventiva de la bacteria fue más efectiva que la co-aplicación, permitiendo una reducción significativa de las lesiones de *Alternaria*, mejorando la eficacia de bajas concentraciones bacterianas en la reducción. Se encontraron compuestos antifúngicas, incluidas las surfactinas, en los extractos bacterianos, lo que indica que la antibiosis es un mecanismo de acción principal.

Por lo tanto, los arándanos pueden estar sujetos a contaminación microbiana durante la temporada de crecimiento, así como durante la cosecha y el procesamiento. Si bien actualmente existen estrictas normas de seguridad microbiana para los productos elaborados de arándanos, la contaminación de las bayas frescas del mercado también es motivo de preocupación (Mehra et al. 2012).

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Origen

El arándano es un arbusto proveniente de Norteamérica, siendo originario de la costa este de Estados Unidos y su domesticación, de dicho cultivo se dio a partir de siglo XX (Bañados, 2009). Los arándanos son arbustos perennes pertenecientes a las Ericaceae, que es una familia grande y diversa con una distribución casi cosmopolita. Algunas especies

fueron introducidas en América del Sur en la década de 1980 para ser evaluadas como cultivos frutales (Fernández et al., 2015).

2.2.2 Aspectos botánicos

2.2.2.1 Taxonomía

Retamales y Hancock (2012) la taxonomía del arándano es la siguiente:

Reino: Plantae

División: Dicotiledónea

Clase: Dicotiledónea

Orden: Ericace

Familia: Ericaceae

Sub familia: Vacciniae

Género: Vaccinium

Sub género: *Cyanococcus*.

Especie: *corymbosum*

Nombre científico: *Vaccinium corymbosum* L.

Nombre común: Arándano

2.2.2.2 Morfología

La planta del arándano es un arbusto frutal caducifolio. Este arbusto es perenne tiene una larga vida (longevo), además es leñoso y de hoja caduca, este arbusto suele llegar a medir hasta 3 m al llegar a la madurez, presenta una fruta tipo baya que se torna de verde a violeta o azul oscuro (Buzeta 1997).

2.2.2.3 Raíz

El sistema de raíces del arándano es superficial, cuenta con raíces fibrosas y finas, llegando a una baja extensión, cabe destacar que la planta de arándano carece de pelos absorbentes siendo así una desventaja, es por ello que las raicillas o también llamadas raíces jóvenes se encargan de la función de absorber nutrientes del suelo (Buzeta 1997).

2.2.2.4 Hoja

Las hojas están distribuidas en forma alternada en las ramas de la planta, el tipo de hoja es simple y llega a una longitud de 1 a 8cm, en cuanto su forma la hoja es ovalada y lanceolada, los márgenes de la hoja son dentados y cuenta con un peciolo corto, el color es verde, sin embargo se torna rojiza en otoño (Buzeta 1997).

2.2.2.6 Flor

Las flores son perfectas es decir presentan los dos órganos sexuales en la misma flor y están en inflorescencias, las cuales emergen de yemas que se encuentran en las ramas de la planta, hay que destacar que existen diferencias de acuerdo a la estación del año, es decir en verano se forman bultos en las yemas cubriéndose de escamas con un color oscuro, las flores tienen una forma de campana debido a que tienen entre 5 a 6 pétalos unidos de color blanco, unido a su cáliz con sépalos de 5 a 7, con un pistilo (Buzeta 1997).

2.2.2.7 Fruto

La firmeza de las bayas es un atributo clave necesario para que la fruta se coseche a máquina con éxito (Mehra et al. 2013). El fruto pertenece a los frutos de tipo baya, su forma es casi esférica con un diámetro que varía entre 0,7 a 1,5cm, en cuanto al color esta se torna de verde a violeta o azul oscuro, cabe resaltar que la fruta presenta en su superficie una capa de cera epicuticular pulverulenta llamado también bloom. Asimismo, cada fruta de arándano presenta entre 100 semillas (Buzeta 1997).

2.2.3 Periodo vegetativo

Con respecto a la fenología del arándano, García y García (2010) indican que esta pasa por los siguientes estados. El estado vegetativo, cuando inicia la primavera y la planta sale de la dormancia e inicia su actividad metabólica, produciendo follaje, luego el estado de flor y el fruto, que pasa por la primera fase de la floración inicial; yema floral abierta. Seguido por el botón rosado. La flor abierta, seguido la caída de pétalos, cuajado, fruto verde, luego fruto rosado y por último el fruto morado.

2.2.4 Características climáticas

El arándano proviene de la zona climática templada, debido a ello requiere de temperaturas frías, sin embargo, requiere de una temperatura mínima de 7°C y detiene su

actividad fisiológica cuando llega a una temperatura de -1°C y también se detiene su crecimiento cuando excede a la temperatura de 30°C , además, este arbusto llega adaptarse bien a zonas subtropicales, tales como las condiciones climáticas de los valles interandinos y la costa central del Perú (Buzeta, 1997).

2.2.5 Características Edáficas

El arándano requiere de suelos sueltos es decir con una textura fina suelo arenoso o también franco arenoso, teniendo en cuenta que este medio llega a retener agua en el suelo además no ser profundos y con buen drenaje, con aireación, en cuanto a su pH requiere de suelos relativamente ácidos entre 4,2 a 5,7, aunque puede adaptarse a suelos con 5,9 a 6,1 y la conductividad eléctrica es 1.5 dS/m (García y García 2010).

2.2.6 La pudrición del fruto (*Alternaria alternata*) en arándano

A medida que la producción continúa creciendo, la industria del arándano tiene la necesidad de prolongar la vida útil del arándano para extender el período de comercialización y aumentar las exportaciones. Sin embargo, la vida poscosecha de la fruta de arándano está limitada por la pudrición de la fruta causada por hongos patógenos (Mehra et al., 2013). Los principales hongos responsables de las pudriciones poscosecha de los frutos de los arándanos son *Alternaria spp.* y *Botrytis cinérea*. Investigaciones anteriores indicaron que *Alternaria alternata* es el principal hongo de la pudrición del fruto del arándano (Mehra et al., 2013).

2.2.7 Características de *Alternaria alternata*

El género *Alternaria* se caracteriza por la formación de conidios polimórficos. Las esporas de estos hongos polífagos se encuentran ampliamente distribuidas en la atmósfera y el suelo. Su forma alargada permite que se propaguen fácilmente por el viento, lo que aumenta su distribución (Mamgain et al., 2013). *Alternaria* es género de la familia Dematiaceae, orden Hyphomycetes, Fungi Imperfecti, con una amplia distribución en la naturaleza. Muchas especies son saprófitos comunes en el suelo, el aire y una variedad de otros hábitats; algunos son agentes omnipresentes de descomposición y patógenos vegetales (Fernández et al., 2015).

Las manchas foliares causadas por *Alternaria* raramente matan las plantas, pero pueden reducir su calidad estética y valor comercial (Mamgain et al., 2013). Las infecciones por

Alternaria pueden causar manchas o manchas en las hojas, marchitamiento y ennegrecimiento de los brotes jóvenes, así como lesiones en el tallo y la radícula. Las hojas afectadas desarrollan manchas o manchas de color marrón a negro que pueden variar considerablemente en tamaño, color y forma. Estas hojas pueden caer prematuramente (Pegg et al., 2014).

Algunas especies de Alternaria, particularmente los patovares de *A. alternata*, dependen de la producción de toxinas para la colonización de su hospedador. Algunos de estos producen una toxina que se translocan a través del sistema vascular produciendo clorosis a lo largo de las venas de la lesión foliar y provocando la muerte del tejido foliar adyacente. Otros producen una toxina con un efecto fitotóxico leve, como un halo amarillo que rodea una mancha necrótica (Pegg et al., 2014).

2.2.8 Morfología de la alternaría

Este hongo patógeno tiene colonias que son de color verde lechuga a verde oliva y por lo general tenían un margen blanco prominente. La textura de la colonia fue de fieltro a lanoso y el 46% de los aislados en estos dos grupos produjeron cristales blanquecinos en el medio de agar debajo de la estera micelial (Figura 1) (Zhu y Xiao, 2015).

Los aislamientos del grupo A desarrollaron cadenas conidiales de 6 a 15 conidias de longitud y las cadenas secundarias de 1 a 6 conidias de longitud. La cadena de conidios se ramificó de manera simpodial por el alargamiento de los conidióforos secundarios de las células conidiales terminales distales o mediante el crecimiento lateral de los conidióforos secundarios de las células conidiales medianas o basales y posteriormente formaron conidios. Los conidios eran típicamente de forma ovada a obclavada (Zhu y Xiao, 2015).

2.2.9 Patogenicidad y virulencia

Zhu y Xiao (2015) investigando frutos de arándano inoculados que se incubaron a 4 y 20°C desarrollaron síntomas de pudrición por Alternaria, excepto que el 98% de los frutos inoculados con Alternaria e incubados a 20 ° C los cuales se pudrieron.

2.2.10 Pudrición de la fruta por Alternaria

Alternaria es un hongo que causa graves pérdidas en los cultivos. Este hongo pasa el invierno como micelio y esporas en bayas viejas y secas, ramitas muertas de la cosecha de la temporada anterior y en otros restos de plantas. Las infecciones pueden ocurrir en cualquier momento entre la floración tardía y la madurez de la fruta (PNPMH, 2014).

Las infecciones permanecen inactivas (latentes) hasta que la fruta madura. La enfermedad a menudo no se observa en el campo, pero se desarrolla en el almacenamiento o en tránsito al mercado (PNPMH, 2014).

2.2.11 Los síntomas *Alternaria alternata*

A medida que la fruta madura, el primer síntoma es un encogimiento o hundimiento del costado de la baya. Esta deformidad generalmente se encuentra cerca del extremo floral de la baya. La parte dañada puede estar cubierta con una masa de esporas negruzca o verdosa oscura que le da a la superficie de la baya un tono opaco. Aunque las bayas pueden estar secas en el campo, la podredumbre puede volverse acuosa cuando se almacena la fruta cosechada. Las bayas infectadas también tienden a romperse fácilmente.

A veces, se producen lesiones en las hojas que son de forma circular a irregular, de color canela a gris, de aproximadamente 0,25 pulgadas o menos de diámetro y están rodeadas por un borde marrón rojizo. En la mayoría de los casos, solo se ven afectadas las hojas inferiores. Los síntomas en el arándano se muestran lesiones foliares circulares e irregulares, de color marrón claro a gris, de 1 a 5 mm de diámetro, con bordes distintos de color rojo pardusco oscuro (You et al., 2014).

2.2.12 Métodos de protección sobre *Alternaria alternata*

El conocimiento del medio ambiente del suelo juega un papel importante al proporcionar información sobre sus características beneficiosas que aseguran un estado satisfactorio de sanidad vegetal (Kurzawińska, 2006). Uno de los métodos de protección de las plantas contra los fitopatógenos es el uso de microorganismos antagonistas para controlar las poblaciones de microbios patógenos. Algunos hongos que se encuentran comúnmente en la naturaleza exhiben una acción antagonista contra los hongos que causan enfermedades en las plantas, sin poner en peligro el sistema radicular. También pueden estimular el crecimiento e inducir resistencia en las plantas (Kurniawan et al., 2018).

Se requiere una buena comprensión de los procesos fisiológicos que regulan la latencia, la inducción y diferenciación de las yemas florales, así como el desarrollo de la fruta en las plantas de arándanos para una producción comercial exitosa. Además, es necesario aumentar el conocimiento de las principales enfermedades para planificar el manejo sanitario de los cultivos (Fernández et al., 2015).

Esta enfermedad ha causado graves pérdidas, aunque no es tan común como la pudrición madura. El hongo pasa el invierno como micelio y esporas en bayas viejas y secas, ramitas muertas de la cosecha de la temporada anterior y en otros restos de plantas. Las infecciones pueden ocurrir en cualquier momento entre la floración tardía y la madurez de la fruta. Las infecciones permanecen inactivas (latentes) hasta que la fruta madura. La enfermedad a menudo no se observa en el campo, pero se desarrolla en el almacenamiento o en tránsito al mercado (Mehra et al., 2013).

Los fitopatógenos fúngicos son difíciles de controlar debido a sus diversos espectros de hospedadores, así como a su naturaleza transmitida por el suelo. Los fungicidas químicos se utilizan comúnmente en dosis más altas para controlar los fitopatógenos. Sin embargo, el uso creciente de fungicidas químicos ha tenido como resultado varios efectos indeseables, como el desarrollo de resistencia en patógenos, así como impactos ambientales no específicos de estos químicos (Hazarika et al., 2019).

Uno de los métodos de protección de las plantas contra los fitopatógenos es el uso de microorganismos antagonistas para controlar las poblaciones de microbios patógenos. Algunos hongos que se encuentran comúnmente en la naturaleza exhiben una acción antagonista contra los hongos que causan enfermedades en las plantas, sin poner en peligro el sistema radicular. También pueden estimular el crecimiento e inducir resistencia en las plantas (Kurniawan et al., 2018).

Por lo tanto, las medidas alternativas son esenciales para el control a largo plazo y respetuoso con el medio ambiente de los fitopatógenos fúngicos. El uso de microbios antagonistas en el control biológico no solo proporcionará un control eficaz de los patógenos de las plantas, sino que también será inofensivo para el medio ambiente (Hazarika et al., 2019).

Muchas especies de *Pseudomonas* son bien conocidas por producir una variedad de compuestos antimicrobianos, tanto que contienen péptidos (p. Ej., Anfisininas, viscosinas) como antimicrobianos que no contienen péptidos (p. Ej., 2,4-diacetilfloroglucinol, ácido fenazina-1-carboxílico, pioluteorina, pirrolnitrina) (Kurniawan et al., 2018).

2.2.13 *Bacillus subtilis* sobre el control de *Alternaria alternata*

Las bacterias endofíticas desempeñan un papel crucial en la salud de las plantas y el manejo de enfermedades. Las bacterias endófitas se encuentran en densidades de población más bajas que los patógenos y, por lo general, no inducen ninguna respuesta hipersensible en su huésped, lo que indica que la planta huésped no las considera patógenas (Hazarika et al., 2019). Se han informado varias bacterias endofíticas y rizosféricas por sus efectos beneficiosos en la salud de los cultivos. Los géneros de bacterias que han sido reportados como endófitos en diferentes plantas incluyen *Bacillus* (Hazarika et al., 2019).

Las especies de *Bacillus* del suelo no patógenas ofrecen varias ventajas sobre otros organismos, ya que forman endosporas y, por lo tanto, pueden tolerar condiciones extremas de pH, temperatura y osmóticas. Se encontró que las especies de *Bacillus* colonizan la superficie de la raíz, aumentan el crecimiento de las plantas y causan la lisis del micelio fúngico (Ashwini y Srividya, 2014).

El biocontrol implica el uso de microorganismos no patógenos de origen natural que pueden reducir la actividad de los patógenos de las plantas y así suprimir enfermedades. Por lo tanto, controlar este patógeno con agentes de control biológico ayudará a mejorar el rendimiento del cultivo (Ashwini y Srividya, 2014).

Ashwini y Srividya (2014) mencionan que *B. subtilis* aislado de la rizosfera del pimiento, produce niveles apreciables de tres enzimas micolíticas: quitinasa, glucanasa y celulasa y mostró un antagonismo de amplio espectro contra fitopatógenos bacterianos y fúngicos potentes.

Las rizobacterias promotoras del crecimiento de las plantas (PGPR) colonizan las raíces de las plantas e inducen un aumento en el crecimiento de las plantas. Entre los mecanismos por los cuales el PGPR ejerce efectos beneficiosos en las plantas se encuentran facilitar la captación de nutrientes como el fósforo a través de la solubilización del fosfato,

sintetizando fitohormonas estimulantes como el ácido indol-3-acético (IAA) (Devi et al., 2016).

Se sabe que las cepas de *Bacillus subtilis* producen una amplia gama de compuestos antimicrobianos (Wise, 2012).

Bacillus subtilis es uno de los géneros de PGPR más comúnmente reportados, ya que tiene la ventaja de poder formar endosporas lo que les confiere una alta estabilidad como biofertilizantes o biofungicidas, que son resistentes al calor, la desecación, los disolventes orgánicos y la irradiación UV, y producen diversos metabolitos biológicamente activos además de su abundancia en el suelo (Devi et al., 2016).

La capacidad de producir enzimas que degradan la pared celular como proteasa, quitinasa y β -1,3-glucanasa y la producción de metabolitos secundarios como el sideróforos son otros criterios importantes para comprender el mecanismo responsable de los atributos de control biológico de estos organismos. También están involucrados otros mecanismos como la competencia por los nutrientes y la inducción de resistencia sistémica en las plantas (Devi et al., 2016).

Bacillus subtilis se utiliza para el control de enfermedades de las plantas. Sin embargo, el uso de biocontrol para cultivos está limitado por el rendimiento variable de los agentes de control. La prueba de difusión tiene una sustancia antifúngica activa, surfactina, como marcador. Experimentos in vivo contra *Alternaria brassicicola* en col china reveló que los productos redujeron el porcentaje de pérdida de cultivos del 88% al 40% (Weerapol et al., 2019).

Berestetskiy et al. (2018) evaluando actividad antimicrobiana, fitotóxica de *Bacillus subtilis* sobre *Alternaria*. Reveló actividad antibacteriana de *Bacillus subtilis* en *Alternaria* en más del 70% de los aislamientos.

Hazarika et al. (2019) evaluando demostró que el potencial antifúngico del aislado *Bacillus subtilis* estableció contra patógenos fúngicos taxonómicamente diversos, incluidos los géneros *Saccharicola*, *Cochliobolus*, *Alternaria* y *Fusarium*. El potente compuesto antifúngico surfactina, así como los volátiles producidos por el aislado bacteriano, podrían ser responsables de su actividad de biocontrol contra las infecciones fúngicas.

2.3 Definiciones conceptuales

Berry: Se refiere berry a los frutos que provienen del bosque, las cuales están constituidas por frutos pequeños y muy comestible, además, estas bayas no se cultivaban ya que estos berrys eran arbustos silvestres.

Clamidosporas. Es una estructura asexual, la cual tiene una de pared gruesa de la célula que forma parte de la hifa del hongo patógeno.

Clorosis. La clorosis se refiere a la pérdida del color en los órganos de la planta, y esto es provocado por el hongo patógeno.

Espora. Estructura del hongo que presenta varias células y es reproductora en la propagación del mismo, y se forma por vía sexual o asexual, este último se debe a los fragmento del micelio esta estructura puede germinar e iniciar su propagación

Incidencia. Es el resultado de contar el número de plantas afectadas por un hongo patógeno sobre el número total de plantas y esto se expresa en porcentaje.

Infección. La infección es un proceso donde los hongos patógenos ingresan a la planta e inician a producir la enfermedad provocada por el hongo.

Lesión. La lesión provocada por el hongo patógeno se observa como un área clorótica y enferma en cualquier parte de los órganos de la planta.

Síntoma. Se muestran lesiones en los órganos de la planta debido a las alteraciones provocadas por los hongos patógenos.

Susceptible. Se refiere a la planta que presenta sensibilidad al hongo patógeno y no puede resistir a su ataque e incluso llega el patógeno a matar a la planta.

Toxina. Los microorganismos secretan una sustancias que provocan toxicidad a otros microorganismo o llegan a ocasionar toxicidad a las plantas. Asimismo, los microorganismos al secretar estas sustancias pueden ser antagonistas de hongos patógenos.

Tubo germinativo. El hongo patógeno produce un tubo germinal el cual crece cuando germina la espora del hongo patógeno.

2.4 Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

Las dosis de *Bacillus subtilis* no influyen en el control de *Alternaria alternata* en el cultivo de arándano Var. Biloxi en condiciones de Nuevo Imperial, Cañete.

2.4.2. Hipótesis específico

Hipótesis 01

Las dosis de *Bacillus subtilis* no influyen en la incidencia y severidad de sobre *Alternaria alternata* en el arándano Var. Biloxi en condiciones de Nuevo Imperial, Cañete.

Hipótesis 02

Las dosis de *Bacillus subtilis* no influyen en el porcentaje de efectividad sobre *Alternaria alternata* en el fruto del arándano en condiciones de Nuevo Imperial, Cañete.

Hipótesis 03

Las dosis de *Bacillus subtilis* no influyen en el rendimiento del arándano Var. Biloxi en condiciones de Nuevo Imperial, Cañete.

CAPITULO III. METODOLOGIA

3.1 Diseño metodológico

3.1.1 Ubicación

Se realizó en el campo agrícola de arándano “Santa Inés” ubicado en el distrito de Nuevo Imperial y provincia de Cañete, Lima, el cual se encuentra en las Coordenadas; latitud de $13^{\circ}00'46''S$ y longitud de $76^{\circ}21'20''$, y con altitud de 143 msnm.

3.1.2 Materiales e insumos

- Cuaderno de campo
- Plantas de arándano Var. Biloxi
- Cal
- Cordel
- Lampa
- Letreros
- Cartillas de evaluación
- Nitrato de amonio
- Fosfato de amonio
- Cloruro de potasio
- Serenade (*Bacillus subtilis*)
- Insecticidas
- Balanza analítica
- Cámara fotográfica
- Mochila fumigadora (20 litros)

3.1.3 Diseño experimental

Se utilizó el Diseño de Bloques Completo al Azar, para el análisis de varianza con 4 tratamientos y con sus 4 respectivas repeticiones. Asimismo, se usó la prueba de Tukey al 5% (p,005) para la comparación de medias de los tratamientos.

Tabla 1

Análisis de varianza

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	SIG.
Bloque	3	SC _B	SC _B /3	CM _B /CM _E	
Tratamiento	3	SC _T	SC _T /3	CM _T /CM _E	
Error	9	SC _{To} -(SC _B +SC _T)	SCE/12		
Total	15	SC _{To}			

3.1.4 Tratamientos

Los tratamientos estudiado fueron los siguientes:

Tabla 3

Asignación de los tratamientos en estudio

IA (Producto comercial)	Dosis de IA/ha	Tratamiento s
Testigo	0	T1
<i>Bacillus subtilis</i> (Serenade)	2 kg/ha	T2
<i>Bacillus subtilis</i> (Serenade)	3 kg/ha	T3
<i>Bacillus subtilis</i> (Serenade)	4 kg/ha	T4

IA=ingrediente activo

3.1.5 Características del área experimental

Dimensiones del campo experimental:

Del área total:

-Largo: 38m

-Ancho: 44m

-Área neta del experimento: 1672m²

-Número de repeticiones: 4

-Número de tratamientos por repetición: 4

Unidad experimental (UE)

-Largo de la UE: 9,5m

-Ancho de la UE: 11m

-Área de la UE: 150m²

-Número de surcos por UE: 3

Croquis del experimento

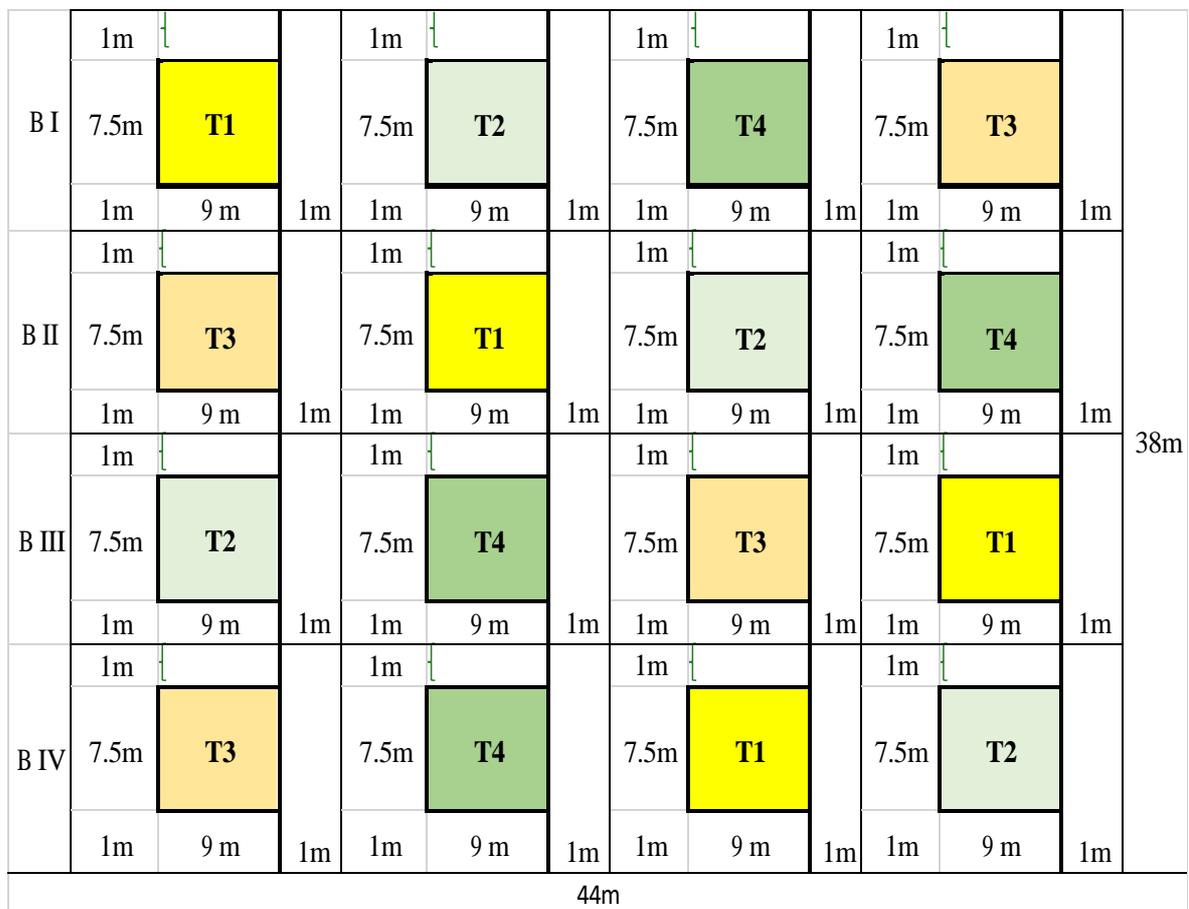


Figura 1. Croquis del experimento

3.1.6 Variables

Se evaluaron las siguientes variables:

Características para evaluar

Diámetro del fruto

Se midió el diámetro ecuatorial del fruto de arándano por cada tratamiento y el testigo, usando un vernier.

Peso del fruto

Se pesó el fruto del arándano por cada tratamiento y el testigo, usando una balanza electrónica.

Rendimiento

En el arándano se realizó alrededor de cinco cosechas por cada mes, para ello se pesó por cada cosecha sumando todo y se expresó en t ha⁻¹.

Porcentaje del daño radicular

Incidencia

Se realizó el conteo del número de plantas de arándano con síntomas y luego se procedió a obtener el porcentaje mediante el número de plantas con síntomas de la enfermedad sobre el total de plantas por cien.

Severidad

Usando las mismas plantas muestreadas para la incidencia, se realizó el análisis de severidad utilizando la metodología de Edquén y Roncal (2019). Para ello se recolectaron 40 hojas del tercio inferior, medio y superior.

Tabla 4

Escala de evaluación para el análisis de severidad de Alternaria alternata

Grado	Porcentaje de infección	Imagen de la severidad de la hoja	Descripción
1	0%		Hoja aparentemente sana
2	1-25%		Hoja con puntos necróticos, de diámetro de 3mm, llegando a 25% de necrosis en la hoja.
3	26-50%		Hoja amarillenta con manchas necróticas de color marrón oscuro.
4	51-75%		Hoja de color púrpura violáceo, la necrosis es de color marrón oscuro, con más del 50% de zona afectada en la hoja.
5	76-100%		Hoja necrosada en su totalidad y de color marrón oscuro y una fracción de color amarillo y púrpura violáceo.

Fuente de Edquén y Roncal (2019).

Eficiencia control

Se midió el porcentaje de eficiencia de control mediante los datos de severidad del tratamiento sobre el testigo sin aplicación.

Operacionalización de variables e indicadores

Tabla 2

Cuadro de la operacionalización de variables

Variable	Definición	Dimensiones	Indicadores
V. Independiente (X) Dosis de <i>Bacillus subtilis</i>	Las dosis de <i>B. subtilis</i> para el control de <i>Alternaria alternata</i> en arándano Var. Biloxi en condiciones de Nuevo Imperial, Cañete.	X1: Biofungicidas	- T1: Testigo sin aplicación - T2: <i>Bacillus subtilis</i> a una dosis de 2 kg/ha - T3: <i>Bacillus subtilis</i> a una dosis de 3 kg/ha - T4: <i>Bacillus subtilis</i> a una dosis de 4 kg/ha.
V. Dependiente (Y) Daño provocado por <i>Alternaria alternata</i> en plantas de arándanos Biloxi en condiciones Nuevo Imperial, Cañete.	Miden el daño de <i>A. alternata</i> en la en el arándano var. Biloxi en Nuevo Imperial, Cañete.	Y1: Daño provocado por <i>Alternaria alternata</i>	- Y1: Peso seco de follaje - Y2: Peso seco de la raíz - Y3: Porcentaje del daño radicular - Y4: Incidencia - Y5: Severidad - Y6: Eficiencia del control - Y7: Rendimiento

Fuente: Elaboración propia

3.1.7 Conducción del experimento

Instalación del experimento

El experimento de investigación se realizó en el campo agrícola de productores de arándano Sata Inés, ubicado en el distrito de Nuevo Imperial y provincia de Cañete, Lima, la variedad que se produce en este campo agrícola es la Biloxi. Además, estos tienen problemas con *Alternaria alternata*.

Aplicación de los tratamientos

La aplicación de los tratamientos, se realizó en forma aleatoria usando diferentes dosis de aplicación del producto biológico “*Bacillus subtilis*” (dosis de 2, 3 y 4 kg/ha) de acuerdo a las frecuencias de tiempo establecidas, que va desde que inicia la producción, a los 15 y a los 30 días.

3.2 Población y muestra

3.2.1 Población

La población consta de plantas de arándano en la parcela experimental de 1672 m² en Nuevo Imperial, Cañete.

3.2.2 Muestra

En cada unidad experimental se tomó una muestra de cinco plantas.

3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las medidas usadas para evaluar el control de *Alternaria alternata* en el arándanos var. Biloxi, mediante aplicaciones de diferentes dosis del producto biológico “*Bacillus subtilis*” se usaron cartillas de evaluación.

3.4 Técnicas para el procesamiento de la información

Las variables estudiadas se recopilaron en una hoja de Excel luego de su ordenamiento se procesó el análisis estadístico usando el estadístico Ssoftware SAS, Versión 9.3 y para los gráficos se usó el programa de Microsoft Excel.

CAPITULO IV. RESULTADOS

4.1 Incidencia de la enfermedad

En la tabla 5 se muestran que para el porcentaje de incidencia de la enfermedad provocada por *Alternaria alternata* en arándano mediante la aplicación de diferentes dosis de *Bacillus subtilis* en arándano, se encontraron diferencias altamente significativas para los tratamientos, en cambio entre los bloques no se encontró diferencias significativas. Asimismo, el coeficiente de variabilidad muestra que el porcentaje de incidencia tuvo una variabilidad de 15,6 % valor que indica que la conducción del experimento y los datos son confiables (Calzada, 1982).

Tabla 5

Análisis de varianza del porcentaje de incidencia de la enfermedad provocada por Alternaria alternata en arándano

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significación
Bloques	18,75	3	6,25	0,14	0,9345	ns
Tratamientos	16718,75	3	5572,92	123,46	<0,0001	**
Error	406,25	9	45,14			
Total	17143,75	15				

Fuente: elaboración propia del autor

C.V: 15,6 %

La prueba de comparaciones de medias según Tukey, para el porcentaje de incidencia de la enfermedad (tabla 6), se muestra diferencias entre las diferentes dosis de *Bacillus subtilis* en arándano.

El primer lugar fue para el tratamiento “T1: Testigo sin aplicación” con 97,5 % de incidencia, el segundo lugar lo ocupa el tratamiento “T2: *Bacillus subtilis* con dosis de 2 kg/ha” obtuvo 37,5% de incidencia, seguido por los tratamiento “T3: *Bacillus subtilis* a una dosis de 3 kg/ha y el tratamiento T4: *Bacillus subtilis* a una dosis de 4 kg/ha” con valores homogéneos estadísticamente de 20,0 y 17,5 % de incidencia respectivamente.

Tabla 6

Prueba Tukey del comparativo de medias del porcentaje de incidencia de la enfermedad provocada por Alternaria alternata en arándano

Tratamientos	Incidencia (%)	Prueba de Tukey
T1: Testigo sin aplicación	97,5	A
T2: <i>Bacillus subtilis</i> a una dosis de 2 kg/ha	37,5	B
T3: <i>Bacillus subtilis</i> a una dosis de 3 kg/ha	20,0	C
T4: <i>Bacillus subtilis</i> a una dosis de 4 kg/ha	17,5	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

4.2 Severidad de la enfermedad

En la tabla 7, se observan los resultados del análisis de varianza respecto al grado de severidad de la enfermedad provocada por *Alternaria alternata* en arándano. Se muestra que para la fuente de bloques no hubo significancia y para la fuente de tratamientos hubo diferencias altamente significativas. Asimismo, el coeficiente de variabilidad muestra que el grado de severidad tuvo una variabilidad de 18,7% valor que indica que la conducción del experimento y los datos son confiables (Calzada, 1982).

Tabla 7

Análisis de varianza del grado de severidad de Alternaria alternata en el arándano

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significación
Bloques	1,19	3	0,40	1,73	0,2307	ns
Tratamientos	26,69	3	8,90	38,82	<0,0001	**
Error	2,06	9	0,23			
Total	29,94	15				

Fuente: elaboración propia del autor

C.V: 18,7 %

La prueba de medias según Tukey mostrada en la tabla 8, se observa dos grupos de respuesta de los tratamientos al grado de severidad de la enfermedad. Siendo el “T1: Testigo sin aplicación” con el grado más alto con 4,8 de severidad, seguido por el segundo grupo con valores estadísticamente homogéneos, siendo “T2: *Bacillus subtilis* a una dosis de 2 kg/ha con 2,3”, “T3: *Bacillus subtilis* a una dosis de 3 kg/ha” con 1,8 y T4: *Bacillus subtilis* a una dosis de 4 kg/ha” con 1,5 de severidad.

Tabla 8

Prueba Tukey del comparativo de medias del grado de severidad de la enfermedad provocada por Alternaria alternata en el arándano

Tratamientos	Severidad (grado)	Prueba de Tukey
T1: Testigo sin aplicación	4,8	A
T2: <i>Bacillus subtilis</i> a unadosis de 2kg/ha	2,3	B
T3: <i>Bacillus subtilis</i> a unadosis de 3kg/ha	1,8	B
T4: <i>Bacillus subtilis</i> a unadosis de 4kg/ha.	1,5	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Con respecto a la figura 3, se muestra el porcentaje de incidencia y el grado de severidad en los tratamientos aplicado en el arándano var. Biloxi, donde el “T1: Testigo sin aplicación” muestra los valores más altos en cambio los tratamientos “T3: *Bacillus subtilis* a una dosis de 3 kg/ha y T4: *Bacillus subtilis* a una dosis de 4 kg/ha” presentaron los valores de incidencia y severidad más baja.

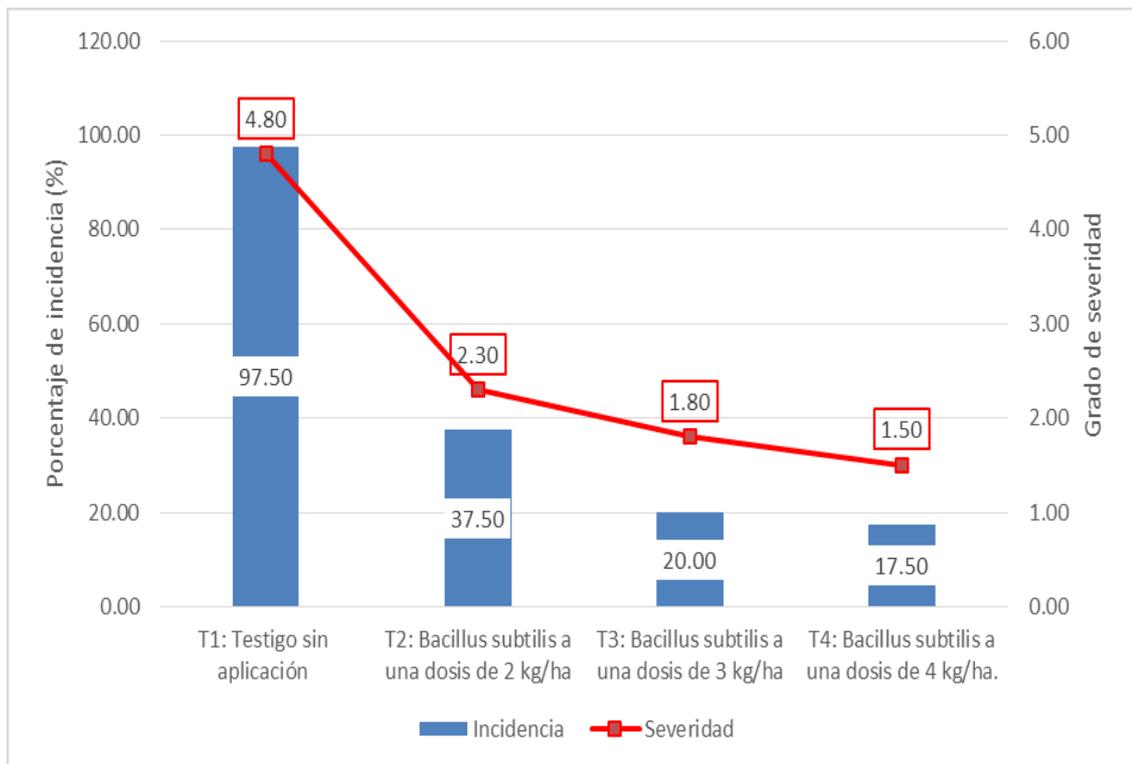


Figura 3. Incidencia y severidad de la enfermedad provocada por Alternaria alternata en el arándano var. Biloxi.

Fuente: elaboración propia del autor

4.3 Eficiencia de control

En la tabla 9 muestra que para la fuente de variación entre los tratamientos se encontró diferencias altamente significativas. En cambio para la fuente de variación entre bloques no muestra significancia. Asimismo, el coeficiente de variabilidad muestra que el porcentaje de eficiencia tuvo una variabilidad de 18,8% valor que indica que la conducción del experimento y los datos son confiables (Calzada, 1982).

Tabla 9

Análisis de varianza de la eficiencia de control

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significación
Bloques	292,19	3	97,40	1,06	0,4129	ns
Tratamientos	11742,19	3	3914,06	42,62	<0,0001	**
Error	826,56	9	91,84			
Total	12860,94	15				

Fuente: elaboración propia del autor

C.V: 18,8 %

La prueba de medias de Tukey mostrada en la tabla 10, se observa que el “T4: *Bacillus subtilis* a una dosis de 4 kg/ha” junto al “T3: *Bacillus subtilis* a unadosis de 3kg/ha” presentaron los porcentajes de eficiencia más altos similares entre sí; con 67.4 y 63,8 % de eficiencia de control, seguido del tratamiento “T2: *Bacillus subtilis* a unadosis de 2kg/ha” con 52,5% de eficiencia.

Tabla 10

Prueba Tukey del comparativo de medias de la eficiencia de control

Tratamientos	Eficiencia de control (%)	Prueba de Tukey
T4: <i>Bacillus subtilis</i> a una dosis de 4kg/ha.	67,4	A
T3: <i>Bacillus subtilis</i> a una dosis de 3kg/ha	63,8	A
T2: <i>Bacillus subtilis</i> a una dosis de 2kg/ha	52,5	A
T1: Testigo sin aplicación	0,0	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

4.4 Peso de frutos por planta

En la tabla 11, se observan que el control de *A. alternata* mediante el uso de diferentes dosis de *Bacillus subtilis* en arándano var. Biloxi, se encontraron diferencias altamente significativas para los tratamientos, en cambio entre los bloques no se encontró diferencias significativas. Asimismo, el coeficiente de variabilidad muestra que el peso de frutos por planta tuvo una variabilidad de 4,1% valor bajo que indica que la conducción del experimento y los datos son confiables (Calzada, 1982).

Tabla 11

Análisis de varianza del peso de frutos por planta (kg/planta)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significación
Bloques	0,05	3	0,02	0,66	0,5994	ns
Tratamientos	19,03	3	6,34	262,59	<0,0001	**
Error	0,22	9	0,02			
Total	19,30	15				

Fuente: elaboración propia del autor

C.V: 4,1 %

La prueba de medias de Tukey para el peso de frutos por planta (kg/planta) mostrada en la tabla 12, se observa que el “T3: *Bacillus subtilis* a una dosis de 3 kg/ha” junto al “T2: *Bacillus subtilis* a una dosis de 2 kg/ha” presentaron los pesos más altos por planta con 4,64 y 4,60 kg/planta respectivamente, superior estadísticamente al “T2: *Bacillus subtilis* a una dosis de 2kg/ha” con 4,02kg/planta, fue superior estadísticamente al T1: Testigo sin aplicación” con 1,97kg/planta.

Tabla 12

Prueba Tukey del comparativo de medias del peso de frutos por planta (kg/planta)

Tratamientos	Peso de frutos (kg/ha)	Prueba de Tukey
T3: <i>Bacillus subtilis</i> a una dosis de 3 kg/ha	4,64	A
T4: <i>Bacillus subtilis</i> a una dosis de 4 kg/ha.	4,60	A
T2: <i>Bacillus subtilis</i> a una dosis de 2kg/ha	4,02	B
T1: Testigo sin aplicación	1,97	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

4.5 Porcentaje de calibre comercial de la fruta (>15mm)

En la tabla 13, se observan diferencias altamente significativas para los tratamientos, en cambio entre los bloques no se encontró diferencias significativas. Asimismo, el coeficiente de variabilidad muestra que el porcentaje de frutos con calibre comercial tuvo una variabilidad de 4,02 % valor bajo que indica que la conducción del experimento y los datos son confiables (Calzada, 1982).

Tabla 13

Análisis de varianza del porcentaje de calibre comercial de la fruta (>15mm)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significación
Bloques	93,13	3	31,04	2,53	0,1226	ns
Tratamientos	2417,71	3	805,90	65,74	<0,0001	**
Error	110,33	9	12,26			
Total	2621,16	15				

Fuente: elaboración propia del autor

C.V: 4,02 %

La prueba de medias de Tukey mostrada en la tabla 14, se observa que el “T4: *Bacillus subtilis* a una dosis de 4 kg/ha” junto al “T3: *Bacillus subtilis* a una dosis de 3kg/ha” presentaron los porcentajes de frutos con calibre comercial más altos con 96,3 y 95,1% respectivamente, seguido del tratamiento “T2: *Bacillus subtilis* a una dosis de 2 kg/ha” con 90,6%, superior estadísticamente al tratamiento “T1: Testigo sin aplicación” con 66,1% de frutos con calibre comercial.

Tabla 14

Prueba Tukey del comparativo de medias del porcentaje de calibre comercial (>15mm)

Tratamientos	Calibre comercial (%)	Prueba de Tukey
T3: <i>Bacillus subtilis</i> a una dosis de 3 kg/ha	96,3	A
T4: <i>Bacillus subtilis</i> a una dosis de 4 kg/ha.	95,1	A
T2: <i>Bacillus subtilis</i> a una dosis de 2 kg/ha	90,6	A
T1: Testigo sin aplicación	66,1	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

4.6 Porcentaje de calibre comercial de la fruta (< 15mm)

El análisis de varianza del porcentaje de calibre comercial de la fruta del arándano con diámetro ecuatorial < 15mm (tabla 15), se observan que el control de *A. alternata* en mediante el uso de diferentes dosis de *B. subtilis* en arándano var. Biloxi, se encontraron diferencias altamente significativas para los tratamientos, en cambio entre los bloques no se encontró diferencias significativas. Asimismo, el coeficiente de variabilidad muestra que el porcentaje de frutos con calibre comercial tuvo una variabilidad de 16,9% valor bajo que indica que la conducción del experimento y los datos son confiables (Calzada, 1982).

Tabla 15

Análisis de varianza del porcentaje de calibre no comercial de la fruta (<15mm)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significación
Bloques	93,13	3	31,04	2,53	0,1226	ns
Tratamientos	2417,71	3	805,90	65,74	<0,0001	**
Error	110,33	9	12,26			
Total	2621,16	15				

Fuente: elaboración propia del autor

C.V: 16,9 %

La prueba de medias de Tukey mostrada en la tabla 16, se observa que el “T1: Testigo sin aplicación” con 33,9 % de calibre no comercial superior estadísticamente a los tratamientos “T2: *Bacillus subtilis* a una dosis de 2kg/ha” con 9,4%, “T4: *Bacillus subtilis* a una dosis de 4 kg/ha” y “T3: *Bacillus subtilis* a una dosis de 3kg/ha”, con 4,9 y 3,7 % de frutos con calibre no comercial respectivamente.

Tabla 16

Prueba Tukey del comparativo de medias del porcentaje de calibre no comercial de la fruta (<15mm)

Tratamientos	Calibre no comercial (%)	Prueba de Tukey
T1: Testigo sin aplicación	33,9	A
T2: <i>Bacillus subtilis</i> a una dosis de 2 kg/ha	9,4	B
T4: <i>Bacillus subtilis</i> a una dosis de 4 kg/ha.	4,9	B
T3: <i>Bacillus subtilis</i> a una dosis de 3 kg/ha	3,7	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Con respecto a la figura 4, se muestra el porcentaje de frutos con calibre comercial y no comercial en los tratamientos aplicado en el arándano var. Biloxi, donde los tratamientos “T3: *Bacillus subtilis* a una dosis de 3 kg/ha y T4: *Bacillus subtilis* a una dosis de 4 kg/ha” presentaron los valores más altos del porcentaje de frutos con calibre comercial junto al “T2: *Bacillus subtilis* a una dosis de 2 kg/ha”, en cambio se observa al el “T1: Testigo sin aplicación” obteniendo el porcentaje más alto de frutos con calibre no comercial.

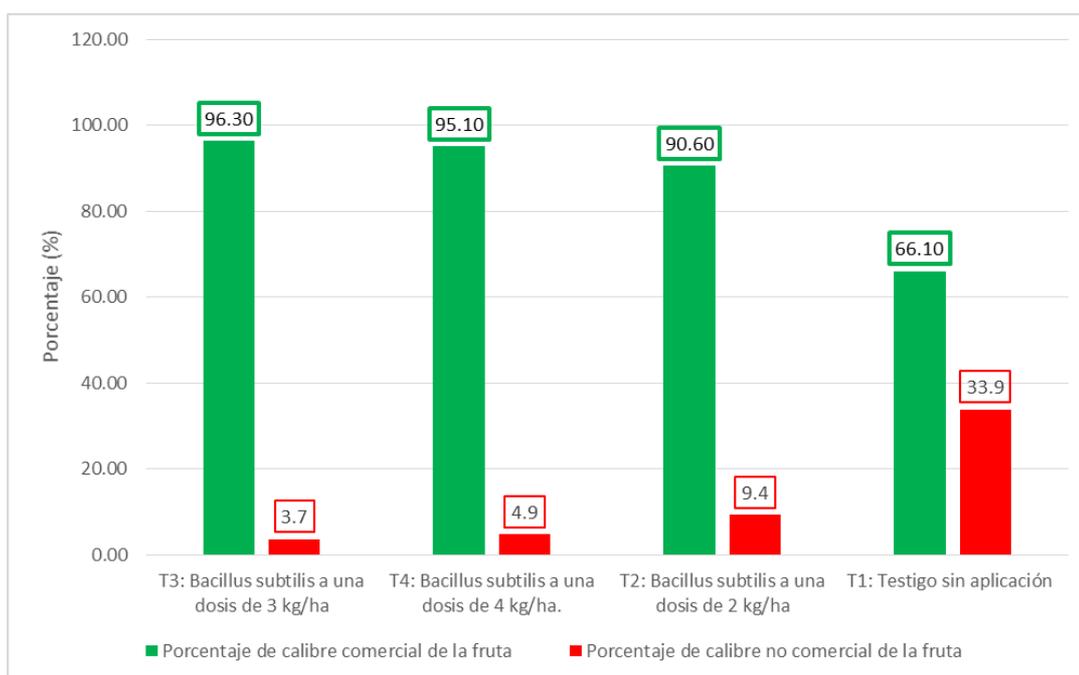


Figura 4. Porcentaje de calibre porcentaje de calibre comercial (>15mm) y no comercial de la fruta (<15mm)

Fuente: elaboración propia del autor

4.7 Rendimiento del arándano

En la tabla 17, se observan los resultados del análisis de varianza respecto al rendimiento del arándano (t/ha), se observan que el control de *A. alternata* en mediante el uso de diferentes dosis de *Bacillus subtilis* en arándano var. Biloxi, se encontraron diferencias altamente significativas para los tratamientos, en cambio entre los bloques no se encontró diferencias significativas. Asimismo, el coeficiente de variabilidad muestra que el rendimiento tuvo una variabilidad de 4,2% valor que indica que la conducción del experimento y los datos son confiables (Calzada, 1982).

Tabla 17

Análisis de varianza del rendimiento del arándano (t/ha)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significación
Bloques	1,19	3	0,40	0,66	0,5994	ns
Tratamientos	475,78	3	158,59	262,59	<0,0001	**
Error	5,44	9	0,60			
Total	482,40	15				

Fuente: elaboración propia del autor

C.V: 4,2 %

La prueba de medias de Tukey para el rendimiento del arándano (t/ha), mostrada en la tabla 18, se observa que el “T3: *Bacillus subtilis* a una dosis de 3 kg/ha” junto al “T2: *Bacillus subtilis* a una dosis de 2 kg/ha” presentaron los rendimientos más altos con 23,18 y 23,01 t/ha respectivamente, superior estadísticamente al “T2: *Bacillus subtilis* a una dosis de 2 kg/ha” con 20,11 t/ha, superior al T1: Testigo sin aplicación” con 9,83 t/ha.

Tabla 18

Prueba Tukey del comparativo de medias del rendimiento del arándano (t/ha)

Tratamientos	Rendimiento (t/ha)	Prueba de Tukey
T3: <i>Bacillus subtilis</i> a una dosis de 3kg/ha	23,18	A
T4: <i>Bacillus subtilis</i> a una dosis de 4kg/ha.	23,01	A
T2: <i>Bacillus subtilis</i> a una dosis de 2kg/ha	20,11	B
T1: Testigo sin aplicación	9,83	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Con respecto a la figura 5, se muestra el peso de frutos por planta y el rendimiento del arándano (t/ha), en los tratamientos aplicado en el arándano var. Biloxi, donde se muestra a los tratamientos “T3: *Bacillus subtilis* a una dosis de 3kg/ha y T4: *Bacillus subtilis* a una dosis de 4kg/ha” presentaron los valores más altos peso de frutos por planta y el rendimiento el arándano superior al “T2: *Bacillus subtilis* a una dosis de 2kg/ha” y el “T1: Testigo sin aplicación” con los valores más bajos de peso de frutos por planta y rendimiento.



Figura 5. Porcentaje de peso de frutos por planta ($kg\ planta^{-1}$) y el rendimiento del arándano ($t\ ha^{-1}$)

Fuente: elaboración propia del autor

CAPITULO V. DISCUSIONES

5.1 Incidencia de la enfermedad

Con respecto al porcentaje de incidencia de la enfermedad, el análisis estadístico reportó diferencias significativas entre los tratamientos, mostrando al testigo con mayor porcentaje en cambio los tratamientos T3 y T4 presentaron el porcentaje más bajo de incidencia, este resultado indica que dosis altas de *Bacillus subtilis* tienden a controlar *Alternaria alternata* mostrando un menor número de plantas enfermas. Resultado que coincide con Kurniawan et al. (2018), los cuales sostienen en una investigación realizada para determinar el efecto de bacterias antagonistas del género *Bacillus* sobre el crecimiento micelial de *Alternaria alternata* evidencian diferencias significativas para el porcentaje de incidencia con un rango de entre 30 a 20% de incidencia, también inhibió la pudrición del fruto del arándano.

Al respecto Ashwini y Srividya (2014) mencionan que *B. subtilis* produce niveles apreciables de tres enzimas micolíticas: quitinasa, glucanasa y celulasa y tales enzimas muestran un antagonismo de amplio espectro contra fitopatógenos bacterianos y fúngicos potentes, entre ellos *Alternaria alternata*.

5.2 Severidad de la enfermedad

En cuanto a la severidad de la enfermedad, el análisis estadístico encontró diferencias significativas entre los tratamientos, reportando al tratamiento testigo con mayor severidad en cambio los tratamientos T3 y T4 presentaron menor grado de severidad, este resultado indica que dosis altas de *Bacillus subtilis* tienden a reducir la severidad provocada por *Alternaria alternata* llegando incluso a mostrar hojas y frutos sanos. Resultado que coincide con Mazur et al. (2019) los cuales sostienen en una investigación realizada sobre el efecto del *Bacillus subtilis* sobre *Alternaria alternata*, evidencian diferencias significativas para el grado de severidad con un rango de entre 2 y 1, además indican que el *Bacillus subtilis* tenían la capacidad de inhibir en gran medida el crecimiento micelial de *Alternaria*.

5.3 Eficiencia de control

Con respecto a la eficiencia de control de *Alternaria alternata* en arándano mediante el uso de diferentes dosis de *Bacillus subtilis*, el análisis estadístico reportan al tratamiento T4 y T3 con mayor porcentaje de eficiencia de control, este resultado indica que dosis altas de *Bacillus subtilis* tienden a controlar eficientemente a la *Alternaria alternata* incluso se muestra el T2 con eficiencia de más de 50%, es decir que *Bacillus subtilis* permite reducir el ataque y controlar la enfermedad.

Resultado que coincide con On et al. (2015), los cuales en una investigación realizada sobre el efecto de *Bacillus subtilis* sobre *Alternaria alternata*, muestran porcentajes de eficiencia de control en un rango de 50 a 70% de eficiencia, además, reportaron una reducción significativa de las lesiones de *Alternaria*, mejorando la eficacia de bajas concentraciones bacterianas en la reducción. Se encontraron compuestos antifúngicos, incluidas las surfactinas, en los extractos bacterianos, lo que indica que la antibiosis es un mecanismo de acción principal.

Además, Wise (2012) quien indica que en ensayos in vitro con *Bacillus subtilis* mostraron una reducción significativa en el crecimiento micelial de *Alternaria solani* y demostró la actividad antimicrobiana de *B. subtilis* contra microorganismos fitopatógenos está mediada al menos en parte por la producción de HPA (3-hidroxi propionaldehído) es un principal compuesto antimicrobiano. También indica que *B. subtilis* es eficaz en el control de patógenos mediante la protección de su nicho ecológico mediante antibiosis.

5.4 Peso de frutos por planta

Con respecto al peso de frutos por planta (kg/planta) arándano mediante el uso de diferentes dosis de *Bacillus subtilis*, el análisis estadístico encontró diferencias significativas entre los tratamientos, mostrando al T3 junto al T4 quienes presentaron mayor peso de frutos por planta (kg/planta), seguido del T2 presentaron más de 4 kg/planta. Es decir que las diferentes dosis de *Bacillus subtilis* tienden a controlar *Alternaria alternata*, además permiten que la planta incremente el peso de frutos, mientras la dosis se incrementa es mayor el peso.

Sin embargo, a dosis muy alta no se observan incrementos significativos como se observa en el T4 el peso fue menor al T3, indicando que la dosis de 3 kg/ha de *Bacillus*

subtilis aumenta el peso de los frutos. Resultado que coincide con Martínez et al. (2019) los cuales en una investigación realizada sobre el efecto de *Bacillus subtilis* sobre el control de *Alternaria alternata*, muestran diferencias significativas en un rango de 3 a 4 kg/fruto.

5.5 Porcentaje de calibre comercial de la fruta (>15mm)

En cuanto al diámetro ecuatorial de frutos de arándano con calibre comercial (>15mm) mediante el uso de diferentes dosis de *Bacillus subtilis*, el análisis estadístico reportó diferencias significativas entre los tratamientos, mostrando al T3 junto al T4 quienes presentaron los porcentajes más altos de frutos con calibre comercial > 15mm, seguido del T2 quienes reportaron más de 90% de frutos con calibre comercial, es decir que las diferentes dosis de *Bacillus subtilis* permiten obtener frutos con un diámetro ecuatorial mayor a 15mm, cuyo calibre cumple el tamaño requerido por el mercado internacional.

Asimismo, el resultado indica que la dosis altas incrementa el calibre del fruto, sin embargo, dosis muy altas no son significativas debido a otras causas que no permiten un mayor crecimiento ecuatorial del fruto, tal como se observa en el tratamiento T3 sobre el tratamiento T4. Resultado que coincide con Marticorena et al. (2019) el cual en una investigación realizada sobre el efecto de *Bacillus subtilis* sobre el control de *Alternaria alternata*, reportaron un rango de 82 a 97 % de frutos con calibre comercial (>15mm).

5.6 Porcentaje de calibre comercial de la fruta (< 15mm)

En cuanto al porcentaje de frutos de arándano con calibre no comercial (< 15mm) mediante el uso de diferentes dosis de *Bacillus subtilis*, el análisis estadístico reportó diferencias significativas entre los tratamientos, mostrando al testigo con mayor calibre no comercial, en cuanto a los tratamientos T3 y el T4 presentaron los porcentajes más bajos de frutos con calibre no comercial, seguido del tratamiento T2. Es decir que las diferentes dosis de *Bacillus subtilis* permiten obtener frutos con un menor diámetro ecuatorial (< 15mm), cuyo calibre permite la comercialización en el mercado nacional.

Asimismo, el resultado indica que las dosis altas reducen el número de frutos no comerciales. Resultado que coincide con Marticorena et al. (2019) el cual en una

investigación realizada sobre el efecto de *Bacillus subtilis* sobre el control de *Alternaria alternata*, reportaron un rango de 3 a 90 % de frutos con calibre no comercial < 15mm).

5.7 Rendimiento del arándano

Con respecto al rendimiento del arándano (t/ha), mediante el uso de diferentes dosis de *Bacillus subtilis*, el análisis estadístico reportó diferencias significativas entre los tratamientos, mostrando al tratamiento T3 junto al T4 quienes reportaron los rendimientos más altos con una productividad mayor a 20 t/ha, productividad requerida por muchos productores de arándano, e incluso el T2 registro un buen rendimiento, es decir que las diferentes dosis de *Bacillus subtilis* permiten controlar a la enfermedad de *Alternaria alternata* e incluso la planta llega a reducir los síntomas casi por completo, llegando a presentar plantas sanas, además, se puede indicar que dosis más altas de *Bacillus subtilis* incrementan el peso por planta y el rendimiento del cultivo, sin embargo, dosis muy altas no fueron significativas debido a otras causas que no permiten un mayor rendimiento, tal como se observa en el tratamiento T3 sobre el tratamiento T4.

Resultado que coincide con Luo et al. (2019), los cuales sostienen en una investigación realizada sobre el biocontrol de *Alternaria* evidencian diferencias significativas para el rendimiento de arándano con un rango de entre 10 a 25 t/ha. Además, indican que indica que estas bacterias o sus compuestos, pueden inducir defensas intrínsecas de las plantas es decir le confiere resistencia inducida a la planta, así también es una bacteria que aumenta el rendimiento debido a que el *Bacillus* es un biofertilizante.

Asimismo, Devi et al. (2016) reportaron que el *Bacillus subtilis* es una de las rizobacterias promotoras del crecimiento de las plantas (PGPR) que colonizan las raíces de las plantas e inducen un aumento en el crecimiento de las plantas. Entre los mecanismos por los cuales el PGPR ejerce efectos beneficiosos en las plantas se encuentran facilitar la captación de nutrientes como el fósforo a través de la solubilización del fosfato, sintetizando fitohormonas estimulantes como el ácido indol-3-acético (IAA) (Devi et al., 2016).

CAPITULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Los resultados muestran que la aplicación de *Bacillus subtilis* reportó un control eficaz de *Alternaria alternata* en el cultivo de arándano Var. Biloxi en condiciones de Nuevo Imperial, Cañete.

Los tratamientos T4: *Bacillus subtilis* a una dosis de 4 kg/ha y T3: *Bacillus subtilis* a una dosis de 3 kg/ha, presentaron el porcentaje más bajo de incidencia (20 y 17,5%) y menor grado de severidad (1,8 y 1,5) provocada por *Alternaria alternata* en el arándano Var. Biloxi en condiciones de Nuevo Imperial, Cañete.

Los tratamientos T4: *Bacillus subtilis* a una dosis de 4 kg/ha y T3: *Bacillus subtilis* a una dosis de 3 kg/ha, reportaron mayor porcentaje de efectividad (67,4 y 63,8%) sobre *Alternaria alternata* en el fruto del arándano en condiciones de Nuevo Imperial, Cañete.

El tratamiento T3: *Bacillus subtilis* a una dosis de 3 kg/ha presentó mayor peso de frutos por planta (4,64 kg/planta), mayor porcentaje de calibre comercial de fruta (> 15mm) con 96,3 %, y el rendimiento más alto (23,18 t/ha) de arándano Var. Biloxi en condiciones de Nuevo Imperial, Cañete.

6.2 Recomendaciones

Se requiere realizar nuevamente la investigación con el uso de las dosis de 2, 3 y 4 kg/ha de *Bacillus subtilis* en la misma zona de producción de arándano para revalidar la eficiencia de control sobre *Alternaria alternata*.

Se necesita difundir el resultado obtenido con dosis de 3 kg/ha de *Bacillus subtilis* para que los productores de arándano realicen sus aplicaciones y puedan reducir el ataque de *Alternaria alternata* entre otras enfermedades.

Se requiere realizar nuevamente esta investigación para revalidar los datos obtenido y demostrar la eficacia del *Bacillus subtilis*.

CAPITULO VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

7.1 Fuentes bibliográficas

- Ashwini, N. and Srividya, S. (2014). Potentiality of *Bacillus subtilis* as biocontrol agent for management of anthracnose disease of chilli caused by *Colletotrichum gloeosporioides* OGC1. *3 Biotech* 4, 127–136
- Berestetskiy, A.O., Gannibal, F.B., and Minkovich, E.V. (2018). Spectrum of Biological Activity of the *Alternaria* Fungi Isolated from the Phyllosphere of Herbaceous Plants. *Microbiology* 87, 806–816.
- Buzeta, A. (1997). *Berries para el 2000*. Santiago, Fundación Chile. 133 p.
- Devi A.R., Kotoky R., Pandey P. y Sharma G.D. (2016). Application of *Bacillus* spp. for Sustainable Cultivation of Potato (*Solanum tuberosum* L.) and the Benefits. *Bacilli and Agrobiotechnology*. Springer, 185-211.
- Fernández,R.,Rivera,M.,Varsallona,B. and Wright,E. (2015). DiseasePrevalence and SymptomsCausedby*Alternaria tenuissima*and *Pestalotiopsis guepinii* on Blueberry inEntreRíos and BuenosAires, Argentina. *AmericanJournal ofPlant Sciences*, 6,3082-3090.
- García, J. y García, G. (2010). *Guía de cultivo orientaciones para el cultivo del arándano. Proyecto de cooperación “Nuevos Horizontes”*. Ministerio de medio ambiente y medio rural y marino. España. pp: 32.
- Hazarika, D.J., Goswami, G., Gautom, T. (2019). Lipopeptide mediated biocontrol activity of endophytic *Bacillus subtilis* against fungal phytopathogens. *BMC Microbiol* 19, 71-79.
- Kurniawan,O.,Wilson,K.,Mohamed, R., and Avis, T.J. 2018. *Bacillus*and *seudomonas* spp. provide antifungalactivity againstgray moldand *Alternaria*rot onblueberry fruit. *BiologyControl*, 126,136–141.
- Luo, M.,Purdy, H. and Avis. T.J.(2019).Compost bacteriaprovide antifungalactivity againstgrey mold and*Alternaria* rotonbell pepperfruit. *Botany*97,221–230
- Ma, L., Sun, Z., Zeng, Y., Luo, M., & Yang, J. (2018). Molecular Mechanism and Health Role of Functional Ingredients in Blueberry for Chronic Disease in Human Beings. *International journal of molecular sciences*, 19(9), 2785.
- Mehra, L. K., MacLean, D. D., Savelle, A. T., and Scherm, H. (2012). Postharvest disease development on southern highbush blueberry fruit in relation to berry flesh type and harvest method. *Plant Dis.* 97, 213-221.

- On, A., Wong, F., Ko, Q., Tweddell, R.J., Antoun, H., and Avis, T.J. (2015). Antifungal effects of compost tea microorganisms on tomato pathogens. *Biol Control*, 80, 63–69.
- Pacific Northwest Pest Management Handbooks, (2014). Blueberry (*Vaccinium corymbosum*)-*Alternaria* Fruit Rot. Oregon State University. Recuperado en: <https://pnwhandbooks.org/plantdisease/host-disease/blueberry-vaccinium-corymbosum-alternaria-fruit-rot>
- Rodríguez-Saona, C., Vincent, C., and Isaacs, R. (2019). Blueberry IPM: Past Successes and Future Challenges. *Annual review of entomology*, 64, 95–114.
- Weerapol, Y., Nimraksa, H. and Paradornuwat, A. (2019). Development of ready-to-use products derived from *Bacillus subtilis* strain CMs026 for plant disease control. *BioControl* 64, 173–183
- Wise, C., Novitsky, L. and Tsopmo, A. (2012). Production and Antimicrobial Activity of 3-Hydroxy propionaldehyde from *Bacillus subtilis* Strain CU12. *J Chem Ecol* 38, 1521–1527.
- You, M.P., Lanoiselet, V., Wang, C.P. and Barbetti, M.J. (2014). First Report of *Alternaria* Leaf Spot Caused by *Alternaria tenuissima* on Blueberry (*Vaccinium corymbosum*) in Western Australia. *Plant Dis.* 98(3), 423-431.
- Zhu, X. Q., & Xiao, C. L. (2015). Phylogenetic, Morphological, and Pathogenic Characterization of *Alternaria* Species Associated with Fruit Rot of Blueberry in California. *Phytopathology*, 105(12), 1555–1567.

ANEXOS

Tabla 19

Datos de campo de la incidencia de la enfermedad

Tratamiento	Bloques				Total	Promedio
	I	II	III	IV		
T1: Testigo sin aplicación	90	100	100	100	390.0	97.5
T2: <i>Bacillus subtilis</i> a una dosis de 2 kg/ha	40	30	40	40	150.0	37.5
T3: <i>Bacillus subtilis</i> a una dosis de 3 kg/ha	20	30	10	20	80.0	20.0
T4: <i>Bacillus subtilis</i> a una dosis de 4 kg/ha.	20	10	20	20	70.0	17.5
Total	170.0	170.0	170.0	180.0		
Promedio	42.5	42.5	42.5	45.0	690.0	43.1

Tabla 20

Datos de campo de la severidad de la enfermedad

Tratamiento	Bloques				Total	Promedio
	I	II	III	IV		
T1: Testigo sin aplicación	5	5	5	4	19.0	4.8
T2: <i>Bacillus subtilis</i> a una dosis de 2 kg/ha	3	2	2	2	9.0	2.3
T3: <i>Bacillus subtilis</i> a una dosis de 3 kg/ha	2	2	2	1	7.0	1.8
T4: <i>Bacillus subtilis</i> a una dosis de 4 kg/ha.	2	1	1	2	6.0	1.5
Total	12.0	10.0	10.0	9.0		
Promedio	3.0	2.5	2.5	2.3	41.0	2.6

Tabla 21

Datos de campo de la eficiencia de control

Tratamiento	Bloques				Total	Promedio
	I	II	III	IV		
T1: Testigo sin aplicación	0	0	0	0	0.0	0.0
T2: <i>Bacillus subtilis</i> a una dosis de 2 kg/ha	40	60	60	50	210.0	52.5
T3: <i>Bacillus subtilis</i> a una dosis de 3 kg/ha	60	60	60	75	255.0	63.8
T4: <i>Bacillus subtilis</i> a una dosis de 4 kg/ha.	60	80	80	50	270.0	67.5
Total	160.0	200.0	200.0	175.0		
Promedio	40.0	50.0	50.0	43.8	735.0	45.9

Tabla 22

Datos de campo del peso de frutos por planta

Tratamiento	Bloques				Total	Promedio
	I	II	III	IV		
T1: Testigo sin aplicación	1.85	2.09	1.77	2.15	7.86	1.97
T2: <i>Bacillus subtilis</i> a una dosis de 2 kg/ha	3.83	4.14	4.02	4.10	16.09	4.02
T3: <i>Bacillus subtilis</i> a una dosis de 3 kg/ha	4.74	4.61	4.47	4.72	18.54	4.64
T4: <i>Bacillus subtilis</i> a una dosis de 4 kg/ha	4.58	4.65	4.76	4.42	18.41	4.60
Total	15.00	15.49	15.02	15.39		
Promedio	3.75	3.87	3.76	3.85	60.90	3.81

Tabla 23

Datos de campo del porcentaje de calibre comercial de la fruta (>15mm)

Tratamiento	Bloques				Total	Promedio
	I	II	III	IV		
T1: Testigo sin aplicación	66.2	75.2	64.7	58.1	264.2	66.1
T2: <i>Bacillus subtilis</i> a una dosis de 2 kg/ha	93.2	91.1	86.4	91.7	362.4	90.6
T3: <i>Bacillus subtilis</i> a una dosis de 3 kg/ha	98.3	97.5	94.3	95.2	385.3	96.3
T4: <i>Bacillus subtilis</i> a una dosis de 4 kg/ha.	93.9	98.4	95.4	92.7	380.4	95.1
Total	351.6	362.2	340.8	337.7	1392.3	87.0
Promedio	87.9	90.6	85.2	84.4		

Tabla 24

Datos de campo del porcentaje de calibre comercial de la fruta (< 15mm)

Tratamiento	Bloques				Total	Promedio
	I	II	III	IV		
T1: Testigo sin aplicación	33.8	24.8	35.3	41.9	135.8	34.0
T2: <i>Bacillus subtilis</i> a una dosis de 2 kg/ha	6.8	8.9	13.6	8.3	37.6	9.4
T3: <i>Bacillus subtilis</i> a una dosis de 3 kg/ha	1.7	2.5	5.7	4.8	14.7	3.7
T4: <i>Bacillus subtilis</i> a una dosis de 4 kg/ha.	6.1	1.6	4.6	7.3	19.6	4.9
Total	48.4	37.8	59.2	62.3	207.7	13.0
Promedio	12.1	9.5	14.8	15.6		

Tabla 25

Datos de campo del rendimiento del arándano

Tratamiento	Bloques				Total	Promedio
	I	II	III	IV		
T1: Testigo sin aplicación	9.25	10.45	8.85	10.75	39.30	9.83
T2: <i>Bacillus subtilis</i> a una dosis de 2 kg/ha	19.15	20.70	20.10	20.50	80.45	20.11
T3: <i>Bacillus subtilis</i> a una dosis de 3 kg/ha	23.70	23.05	22.35	23.60	92.70	23.18
T4: <i>Bacillus subtilis</i> a una dosis de 4 kg/ha	22.90	23.25	23.80	22.10	92.05	23.01
Total	75.0	77.5	75.1	77.0		
Promedio	18.8	19.4	18.8	19.2	304.5	19.0

ANEXO 2. Imágenes tomadas durante el experimento