



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución - 4.0 Internacional \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Vea una copia de esta licencia en <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>





FACULTAD DE ECOLOGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Tesis

***Bacillus subtilis* como promotor de crecimiento en el cultivo de *Capsicum frutescens* “ají tabasco”, en Moyobamba**

Para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental

Autor:

Dany Lorena López Chávez

<https://orcid.org/0000-0002-1626-6634>

Asesor:

Blgo. M.Sc. Luis Eduardo Rodríguez Pérez

<https://orcid.org/0000-0003-0077-7015>

Código N° 6055321

Moyobamba, Perú

2022



FACULTAD DE ECOLOGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Tesis

***Bacillus subtilis* como promotor de crecimiento en el cultivo de *Capsicum frutescens* “ají tabasco”, en Moyobamba**

Para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental

Autor:

Dany Lorena López Chávez

Sustentado y aprobado el 25 de noviembre del 2022, por los jurados:

Presidente de Jurado
Blgo. M.Sc. Astriht Ruiz Ríos

Secretario de Jurado
Ing. M.Sc. Juan José Pinedo Canta

Vocal de Jurado
Blgo. M.Sc. Alfredo Ibán Díaz Visitación

Asesor
Blgo. M.Sc. Luis Eduardo Rodríguez Pérez



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN
FACULTAD DE ECOLOGÍA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Acta de sustentación de trabajos de investigación conducentes a título profesional N.º002

Jurado reconocido con Resolución N° 184-2021-UNSM/CFT/FE Moyobamba, 28 de junio del 2021.

Facultad de Ecología Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental.

A las 7:00 pm del día viernes 25 de noviembre del 2022 inicio al acto público de sustentación del trabajo de investigación: **“Bacillus subtilis como promotor de crecimiento en el cultivo de Capsicum frutescens “aji” tabasco”, en Moyobamba** para optar el título de Ingeniero Ambiental, presentado por **Dany Lorena López Chávez**, con la asesoría del **Blgo. M.Sc. Luis Eduardo Rodríguez Pérez**.

Instalada la Mesa Directiva conformada por: **Blga. M.Sc. Astriht Ruiz Ríos (presidente del jurado) Ing. M.Sc. Juan José Pinedo Canta (secretario) Blgo. M.Sc. Alfredo Ibán Díaz Visitación (vocal)** y acompañado por **Blgo. M.Sc. Luis Eduardo Rodríguez Pérez (asesor)** el presidente del jurado dirigido brevemente unas palabras y a continuación el secretario dio lectura a la **Resolución Decanal N° 203-2022-UNSM/CFT/FE, Moyobamba, 30 de junio del 2022.**

Seguidamente el autor expuso el trabajo de investigación y el jurado realizo las preguntas pertinentes, respondidas por el sustentante y evaluante, con la venia del jurado, por el asesor.

Una vez terminada la ronda de preguntas el jurado procedió a deliberar para determinar la calificación final, para lo cual dispuso un receso de quince (15) minutos, con participación del asesor con voz, pero sin voto: sin la presencia del sustentante y otros participantes del acto público.

Luego de aplicar los criterios de calificación con estricta observancia del principio de objetividad y de acuerdo con los puntajes en escala vigesimal (de 0 a 20), según el Anexo 4.2 del RG-CTI, la nota de sustentación otorgada resultante del promedio aritmético de los calificativos emitidos por cada uno de los miembros del jurado fue **15**, tal como se deja constar en la siguiente descripción.

De acuerdo con el Artículo 40° del RG-CTI, la nota obtenida es (15) **aprobatoria** y correspondiente a la calificación de BUENO, Leído este resultado en presencia de todos los participantes del acto de sustentación, el secretario dio lectura a las observaciones subsanables al informe final que el autor deberá corregir y alcanzar al jurado en un plazo máximo de treinta (30) días calendarios.

Firman los integrantes de la Mesa Directiva y el autor del trabajo de investigación en señal de conformidad, dando por concluido el acto a las 21:19 horas, el mismo día 25 de noviembre 2022.

Blga. M.Sc. Astriht Ruiz Ríos
Presidente de Jurado

Ing. M.Sc. Juan José Pinedo Canta
Secretario de Jurado

Blgo. M.Sc. Alfredo Ibán Díaz Visitación
Vocal de Jurado

Blgo. M.Sc. Luis Eduardo Rodríguez Pérez
Asesor

Declaratoria de autenticidad

Dany Lorena López Chávez, con DNI N° 45932761, egresada de la Facultad de Ecología, de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Nacional de San Martín, con la tesis titulada: ***Bacillus subtilis* como promotor de crecimiento en el cultivo de *Capsicum frutescens* “ají tabasco”, en Moyobamba.**

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencias de las fuentes bibliográficas consultadas.
3. Toda la información que contiene la tesis no ha sido auto plagiada.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumo bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de mi accionar, sometiéndome a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín.

Moyobamba, 25 de noviembre del 2022.



Bach. Dany Lorena López Chávez

DNI N° 45932761

Ficha de identificación

<p>Título del proyecto “<i>Bacillus subtilis</i> como promotor de crecimiento en el cultivo de <i>Capsicum frutescens</i> “ají tabasco”, en Moyobamba”</p>	<p>Línea de investigación: Gestión Integral y Sostenible de los Recursos Naturales. Sublínea de investigación: Manejo Sostenible de Suelos y Cultivos. Tipo de investigación: Básica <input type="checkbox"/>, Aplicada <input checked="" type="checkbox"/>, Desarrollo experimental <input type="checkbox"/></p>
<p>Autor: Dany Lorena López Chávez</p>	<p>Facultad de Ecología Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental https://orcid.org/0000-0002-1626-6634</p>
<p>Asesor: Blgo. M.Sc. Luis Eduardo Rodríguez Pérez</p>	<p>Dependencia local de soporte: Facultad de Ecología Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental Unidad o Laboratorio Ingeniería Ambiental https://orcid.org/0000-0003-0077-7015</p>

Dedicatoria

A mis padres Roy López y Hermelinda Chávez, que con su amor, esfuerzo y paciencia me han motivado en el transcurso de mi formación profesional, por enseñarme de humildad y a depositar mi fe en Dios, son mi inspiración permanente.

A mis hermanas (os) Greis, Rossy, Sussel, y Roy por su amor y apoyo, durante mi formación profesional, y A mis sobrinos (as) Yamila, Lewin y Alizé, que me han permitido vivir momentos de felicidad.

Agradecimientos

A Dios, por regalarme la maravillosa existencia, por la salud, a quien deposito mi fe y confianza. A la madre tierra, por darme todo lo que necesito para vivir, los cuatro elementos: agua, aire, tierra, y fuego, los microorganismos, la flora y fauna.

Al Blgo. M.Sc. Luis E. Rodríguez Pérez, principal colaborador como asesor, por su amistad y paciencia, por sus conocimientos brindados que permitió la realización del trabajo de investigación.

Al Téc. Agropecuario Tony Lavi Tuesta, de la empresa Exportables S.A.C., por sus conocimientos brindados en el manejo de ají tabasco, por su apoyo en la ejecución del proyecto de tesis.

Al Blgo. Alfredo I. Díaz Visitación, Blgo. Astriht Ruiz Ríos, Ing. Juan J. Pinedo Canta, y al Dr. Irwin Azabache Liza, por sus conocimientos brindados, por sus críticas constructivas, que ayudaron a mejorar el trabajo de investigación.

Al IESTP “Alto Mayo”, por darme la oportunidad de realizar esta investigación, al mismo tiempo Agradecer al Econ. Pedro Valdiviezo Cruz por su gran amistad y por colaborar para la ejecución del proyecto de tesis.

Índice general

Ficha de identificación	6
Dedicatoria	7
Agradecimientos.....	8
Índice general.....	9
Índice de tablas	11
Índice de figuras	12
RESUMEN	13
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN.....	15
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	17
2.1. Antecedentes de la investigación	17
2.2. Fundamentos teóricos	19
CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS	24
3.1. Ámbito y condiciones de la investigación.....	24
3.1.1 Contexto de la investigación.....	24
3.1.2 Periodo de ejecución.....	24
3.1.3 Autorizaciones y permisos	24
3.1.4 Control ambiental y protocolos de bioseguridad.....	24
3.1.5 Aplicación de principios éticos internacionales.....	24
3.2. Sistema de variables	25
3.2.1 Variables principales	25
3.3 Procedimientos de la investigación.....	25
3.3.1 Objetivo específico 1	26
3.3.2 Objetivo específico 2.....	27
3.3.3 Objetivo específico 3.....	29
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
4.1. Estado inicial de las plantas de <i>Capsicum frutescens</i> “ají tabasco” antes de la aplicación del <i>Bacillus subtilis</i>	30
4.1.1 Estado inicial de altura de plantas de <i>Capsicum frutescens</i> “ají tabasco” antes de la aplicación del <i>Bacillus subtilis</i>	30
4.1.2 Estado inicial de longitudes de hojas de plantas de <i>Capsicum frutescens</i> “ají tabasco” antes de la aplicación del <i>Bacillus subtilis</i>	31
4.2. Estado de las plantas de <i>Capsicum frutescens</i> “ají tabasco” post aplicación de <i>Bacillus subtilis</i>	32
4.2.1. Estado de altura de plantas de <i>Capsicum frutescens</i> “ají tabasco” post aplicación de <i>Bacillus subtilis</i>	32

4.2.2. Estado de longitud de hojas de plantas de <i>Capsicum frutescens</i> "ají tabasco" post aplicación de <i>Bacillus subtilis</i>	35
4.2.3. Discusiones	38
4.3. Evaluar la Influencia de <i>Bacillus subtilis</i> en las plantas de <i>Capsicum frutescens</i> "ají tabasco"	39
4.3.1. Influencia del <i>Bacillus subtilis</i> en la altura de plantas de <i>Capsicum frutescens</i> "ají tabasco"	39
4.3.2. Influencia de <i>Bacillus subtilis</i> en la longitud de hojas de plantas de <i>Capsicum frutescens</i> "ají tabasco"	41
4.3.3. Discusiones	43
CONCLUSIONES	44
RECOMENDACIONES	45
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
ANEXOS	51

Índice de tablas

Tabla 1	<i>Taxonomía del B. subtilis</i>	19
Tabla 2	<i>ANOVA de altura de plantas de Capsicum frutescens “ají tabasco” antes de la aplicación del Bacillus subtilis</i>	31
Tabla 3	<i>ANOVA de longitud de hojas de plantas de Capsicum frutescens “ají tabasco” antes de la aplicación del Bacillus subtilis</i>	32
Tabla 4	<i>ANOVA de altura de plantas de Capsicum frutescens “ají tabasco” a 30 días post aplicación del Bacillus subtilis</i>	39
Tabla 5	<i>ANOVA de altura de plantas de Capsicum frutescens “ají tabasco” a 60 días post aplicación del Bacillus subtilis</i>	39
Tabla 6	<i>ANOVA de altura de plantas de Capsicum frutescens “ají tabasco” a 90 días post aplicación del Bacillus subtilis</i>	40
Tabla 7	<i>Prueba Duncan de tratamientos para altura de plantas de Capsicum frutescens “ají tabasco” a 30, 60 y 90 días post aplicación del Bacillus subtilis</i>	40
Tabla 8	<i>ANOVA de longitud de hojas de Capsicum frutescens “ají tabasco” a 30 días post aplicación del Bacillus subtilis</i>	41
Tabla 9	<i>ANOVA de longitud de hojas de Capsicum frutescens “ají tabasco” a 60 días post aplicación del Bacillus subtilis</i>	41
Tabla 10	<i>ANOVA de longitud de hojas de Capsicum frutescens “ají tabasco” a 90 días post aplicación del Bacillus subtilis</i>	42
Tabla 11	<i>Prueba Duncan de tratamientos para longitud de hojas de plantas de Capsicum frutescens “ají tabasco” a 30, 60 y 90 días post aplicación del Bacillus subtilis</i>	42

Índice de figuras

<i>Figura 1</i> Estado inicial de altura de plantas de ají tabasco <i>Capsicum frutescens</i> antes de la aplicación del <i>Bacillus subtilis</i> según subparcelas de tratamientos.....	30
<i>Figura 2</i> Estado inicial de longitud de hojas de plantas de ají tabasco <i>Capsicum frutescens</i> antes de la aplicación del <i>Bacillus subtilis</i> según subparcelas de tratamientos.	32
<i>Figura 3</i> Estado de altura de plantas de ají tabasco <i>Capsicum frutescens</i> a los 30 días post aplicación de <i>Bacillus subtilis</i>	33
<i>Figura 4</i> Estado de altura de plantas de ají tabasco <i>Capsicum frutescens</i> a los 60 días post aplicación de <i>Bacillus subtilis</i>	34
<i>Figura 5</i> Estado de altura de plantas de ají tabasco <i>Capsicum frutescens</i> a los 90 días post aplicación de <i>Bacillus subtilis</i>	34
<i>Figura 6</i> Distribución de altura media de plantas de ají tabasco <i>Capsicum frutescens</i> antes y post aplicación de <i>Bacillus subtilis</i>	35
<i>Figura 7</i> Estado de longitud de hojas de ají tabasco <i>Capsicum frutescens</i> a los 30 días post aplicación de <i>Bacillus subtilis</i>	36
<i>Figura 8</i> Estado de longitud de hojas de ají tabasco <i>Capsicum frutescens</i> a los 60 días post aplicación de <i>Bacillus subtilis</i>	36
<i>Figura 9</i> Estado de longitud de hojas de ají tabasco <i>Capsicum frutescens</i> a los 90 días post aplicación de <i>Bacillus subtilis</i>	37
<i>Figura 10</i> Distribución de longitud de hoja media de plantas de ají tabasco <i>Capsicum frutescens</i> antes y post aplicación de <i>Bacillus subtilis</i>	38

RESUMEN

Bacillus subtilis como promotor de crecimiento en el cultivo de *Capsicum frutescens* “ají tabasco”, en Moyobamba

En los últimos años, el cultivo de *Capsicum frutescens* “ají tabasco” aumentó considerablemente junto al uso de agroquímicos que incrementan la polución ambiental, no obstante, escasas son las alternativas eco amigables para minimizar y controlar los químicos sin alterar la producción, ante ello se desarrolló la investigación empleando la bacteria *Bacillus subtilis*. El objetivo general fue “Evaluar la influencia del *Bacillus subtilis* como promotor de crecimiento en el cultivo de *Capsicum frutescens* “ají tabasco”, en Moyobamba”. El área de investigación fue una parcela demostrativa ubicada en el centro de producción del IESTP “Alto Mayo”, del distrito y provincia de Moyobamba de la región San Martín. El periodo de ejecución estuvo comprendido entre el 21/10/2021 al 20/06/2022 resultando un total de 8 meses. La población y muestra fue de 48 plantas de ají tabasco y el diseño experimental de bloques al azar con cuatro tratamientos y tres bloques, los cuales fueron T₁: 150 mL de BS + 850 mL de H₂O, T₂: 200 mL de BS + 800 mL de H₂O, T₃: 250 mL de BS + 750 mL de H₂O y T₄: 1 L de H₂O (testigo). Se midieron los niveles de altura y longitud de hojas, pre y post aplicación del inoculante a los 30, 60 y 90 días, el método de aplicación de los tratamientos fue por aspersión y las mediciones fueron obtenidas en campo, utilizando materiales como wincha metálica y una ficha de recolección de datos; por otro lado, con un nivel de significancia del 5% se aplicaron los estadísticos de análisis de varianza y prueba de Duncan. Como resultados se encontraron que antes de la aplicación de los tratamientos no existió diferencias significativas en la altura y longitud de hojas de las plantas de ají tabasco, mientras que post aplicación de tratamientos existió diferencias significativas en la media de las variables estudiadas, de los cuales a los 30, 60 y 90 días se obtuvieron mayores y menores niveles de altura y medias con T₃ y T₄ respectivamente, determinando además con un nivel de confianza del 95% que el tratamiento óptimo a los 30, 60 y 90 días fue T₃ (250 mL de BS + 750 mL de H₂O) para ambas variables. Se concluye que existe efecto de *Bacillus subtilis* para promover el crecimiento del cultivo de *Capsicum frutescens* “ají tabasco”, a nivel de altura y longitud de hojas.

Palabras clave: Altura de plantas, *Bacillus subtilis*, crecimiento de cultivos, longitud de hojas, productos biológicos.

ABSTRACT

Bacillus subtilis as a growth promoter for *Capsicum frutescens* "tabasco chili" cultivation in Moyobamba.

In recent years, the cultivation of *Capsicum frutescens* "tabasco chili" has increased considerably along with the use of agrochemicals that increase environmental pollution, however, there are few eco-friendly alternatives to minimize and control chemicals without altering production. In response to this, the research was carried out using the bacterium *Bacillus subtilis*. The general objective was "To evaluate the influence of *Bacillus subtilis* as a growth promoter in the cultivation of *Capsicum frutescens* " tabasco chili" in Moyobamba". The research area was a demonstration plot located in the production center of the IESTP "Alto Mayo", in the district and province of Moyobamba in the San Martin region. The execution period was from 10/21/2021 to 06/20/2022 for a total of 8 months. The population and sample consisted of 48 tabasco chili peppers plants and the experimental design was randomized blocks with four treatments and three blocks, which were T1: 150 mL of BS + 850 mL of H₂O, T2: 200 mL of BS + 800 mL of H₂O, T3: 250 mL of BS + 750 mL of H₂O and T4: 1 L of H₂O (control). The height and length of leaves were measured pre and post inoculant application at 30, 60 and 90 days. The application method of the treatments was by spraying and the measurements were obtained in the field, using materials such as a metal winch and a data collection sheet. Analysis of variance and Duncan's test were applied at a significance level of 5%. As results, it was found that before the application of the treatments there were no significant differences in the height and leaf length of the tabasco chili plants. After the application of the treatments there were significant differences in the average of the variables under study, of which at 30, 60 and 90 days the highest and lowest levels of height and average were obtained with T3 and T4, respectively. It was also determined with a confidence level of 95% that the optimal treatment at 30, 60 and 90 days was T3 (250 mL of BS + 750 mL of H₂O) for both variables. It is concluded that there is an effect of *Bacillus subtilis* to promote the growth of *Capsicum frutescens* " tabasco chili", at the level of height and leaf length.

Keywords: plant height, *Bacillus subtilis*, crop growth, leaf length, biological products.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN

El empleo de enormes cantidades de agroquímicos en la agricultura moderna, genera diversos tipos de contaminación lo cual afecta a miles de millones de seres humanos a nivel mundial. El uso de plaguicidas y fertilizantes por parte de los países se ha incrementado en relación a la intensificación del uso del suelo, que, si bien el empleo de estos insumos ayuda a mejorar la agricultura, por otro lado, va generando amenazas ambientales, como, por ejemplo, la contaminación del suelo y el agua, la degradación y disminución del rendimiento de las tierras y además de problemas a la salud humana. Al año, los suelos agrícolas reciben fertilizantes nitrogenados aproximadamente 115 millones de toneladas, de los cuales cerca al 20% terminan acumulándose en la biomasa y los suelos, mientras que en los océanos termina el 35%. Cada año a nivel mundial, el ambiente es regado con plaguicidas químicos en cantidades de 4,6 millones de toneladas y, además, los países en vías de desarrollo representan el 25% del empleo de plaguicidas en la agricultura mundial (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2018).

En el Perú se utilizan 19 variedades de cultivos de ajíes nativos, que son productos potenciales para entrar a mercados de nivel internacional debido a la demanda de alimentos (Jäger et al., 2013). Por su parte, el ají tabasco se caracteriza por ser un cultivo razonablemente nuevo en el Perú, que presenta un gran potencial ya que es considerado de elevada rentabilidad y principalmente es exportado a los Estados Unidos para el abastecimiento de industrias de salsas picantes (Anton, 2017). En tanto, en la región San Martín, el ají tabasco es un cultivo que representa el ingreso de una nueva variedad, motivo que conlleva a que el cultivo se exponga a diferentes condiciones edafoclimáticas, así también en la interacción con factores de tipo bióticos que son de mucha abundancia en la región, lo que hace que sea necesario conocerlos para la toma de decisiones (Medina, 2020).

En la región de San Martín, a través del proyecto “Mejoramiento de las capacidades técnicas de los productores e innovación tecnológica” financiado por el Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI), la producción de ají tabasco se ha incrementado en 35% en la Asociación Agropecuaria Unidos para el Progreso La Florida. La intervención del proyecto permitió ejecutar técnicas nuevas de producción a través de la preparación de terrenos, así como el manejo integrado de enfermedades y plagas, disminuyendo de esta forma el empleo de agroquímicos favoreciendo el aumento de la producción y mejora de la calidad del producto. Debido al desconocimiento de aplicación de

fertilizantes y por el escaso conocimiento en el manejo del cultivo, los agricultores de la asociación enfrentaban problemas de nivel bajo de producción y calidad de fruto fresco (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MINAGRI], 2020).

Sin embargo, la búsqueda de alternativas sostenibles e integrales al reemplazo de agroquímicos y fertilizantes por microorganismos eficientes es un reto para este sector. Se tiene el caso de estudios realizados en plantas de *Solanum lycopersicum* L. “tomate”, inoculadas con cepas de *B. subtilis*, determinando in vitro que estos microorganismos tienen la capacidad de sintetizar ácido indol acético (AIA), solubilizar fósforo, posteriormente propiciar efectos positivos en el desarrollo de las plántulas en altura, adquisición de fósforo, producción de biomasa y longitud radical (Hariprasad y Niranjana, 2008), los microorganismos promotores de crecimiento vegetal conocidos como MPCV, mejoran el desarrollo y crecimiento de las plantas a través de mecanismos de solubilización de nutrientes, producción de reguladores de crecimiento vegetal, fijación de nitrógeno, antagonismo contra fitopatógenos, entre otros. Su uso contribuye en la reducción de dosis de fertilizantes y fungicidas químicos (Cano, 2011).

Ante la necesidad de buscar y brindar alternativas al uso de agroquímicos, se desarrolló la investigación cuya problemática fundamentada fue ¿La inoculación del *Bacillus subtilis* influye en el crecimiento de cultivos de *Capsicum frutescens* “ají tabasco”, en Moyobamba?, a partir del cual se planteó la hipótesis alterna (H_1): Existe efecto del *Bacillus subtilis* como promotor de crecimiento en cultivos de *Capsicum frutescens* “ají tabasco”, y la hipótesis nula (H_0): No existe efecto del *Bacillus subtilis* como promotor de crecimiento en cultivos de *Capsicum frutescens* “ají tabasco”; planteando como objetivo general “Evaluar la influencia del *Bacillus subtilis* como promotor de crecimiento en el cultivo de *Capsicum frutescens* “ají tabasco”, en Moyobamba” y los objetivos específicos que fueron, 1ro: Caracterizar el estado inicial de las plantas de *Capsicum frutescens* “ají tabasco” antes de la aplicación del *Bacillus subtilis*; 2do: Determinar el estado de las plantas de *Capsicum frutescens* “ají tabasco” post aplicación de *Bacillus subtilis* y; 3ro: Evaluar la influencia de *Bacillus subtilis* en las plantas de *Capsicum frutescens* “ají tabasco”.

En el capítulo I, se presenta la introducción, en el capítulo II el marco teórico donde se incluye a los antecedentes de investigación y los fundamentos teóricos, en el capítulo III los materiales y métodos empleados, en el capítulo IV se presentan los resultados y discusiones por cada objetivo específico desarrollado, finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones del proyecto de investigación.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Moscol (2018), en el centro poblado Quepepampa en Huaral para la reducción de salinidad de los suelos determinó la eficiencia del *Bacillus subtilis*. Encontró un porcentaje mayor al 70% para todos los tratamientos en la reducción de niveles de salinidad, encontrando para T1 con 3gr de *B. subtilis*: eficiencia para conductividad eléctrica del 89,05%, porcentaje intercambiable de sodio de 72,73%, relación de adsorción de sodio de 70,37% y para la presión osmótica 89,05%, en tanto; para T2 con 6gr de *B. subtilis* la eficacia fue: para conductividad eléctrica de 88,0%, porcentaje intercambiable de sodio de 73,23%, presión osmótica de 88,0 % y relación de adsorción de sodio de 74,07%, por lo cual la dosis óptima resultó ser el tratamiento 2 en la disminución de salinidad de suelos.

Anguiano et al. (2019), refieren que el *B. subtilis* es una rizobacteria que tiene la capacidad de promover el crecimiento vegetativo debido a la producción de metabolitos como antibióticos, ácidos orgánicos, sideróforos y auxinas. Evaluaron la forma en que las cepas de *B. subtilis* promueve el crecimiento de las plantas y también la producción de ácido jasmónico, fitohormonas indólicas y sideróforos. Como resultados encontraron que cada cepa estudiada promueve el desarrollo de distintos parámetros, algunas promueven la longitud del tallo, otras las raíces y la tasa de germinación. Concluyeron que las cepas de *B. subtilis* deben ser elegidos de acuerdo con el crecimiento que se quiere promover.

Velasco et al. (2019), en especies vegetales de chile tabasco (*Capsicum frutescens*) aislaron y caracterizaron bacterias endófitas foliares con capacidad antagónica in vitro contra *Fusarium spp.* Encontraron que, frente a por lo menos un *Fusarium*, 50 bacterianos aislados mostraron porcentaje inhibitorio, de los cuales 16 fueron mayores al 40%, por otro lado, con respecto a la caracterización molecular, perfil bioquímico y morfología determinaron que los aislados *Pseudomonas aeruginosa* y *B. subtilis* presentaron inhibiciones promedias entre 62 y 89%. Concluyeron que los resultados obtenidos fueron una potencial fuente para mejorar la producción y el manejo de patógenos en chile tabasco.

Kantar y Uysal (2020), evaluaron el efecto en el rendimiento y crecimiento de patata (*Solanum tuberosum L.*) trabajada fuera de campaña mediante la aplicación de *Bacillus amyloliquefaciens* y *Bacillus subtilis*, encontrando que en plantaciones de otoño más

cálidas las cepas *B. Subtilis* y *B. amyloliquefaciens* produjeron rendimientos de tubérculos comparables con fertilizantes químicos aplicados, a diferencia de condiciones de primavera más frías donde se produjeron rendimientos de tubérculos más bajos.

Amaguaña (2020), con frecuencia de tres veces y aplicación de tres dosis evaluó el efecto en el cultivo de *Allium cepa* L. “cebolla” de un inoculante biológico con ingrediente activo *Bacillus subtilis*, midiendo variables como peso promedio, diámetro polar y ecuatorial del bulbo, además del rendimiento y la concentración de fósforo presente en la superficie terrestre, encontraron que la dosis más productiva fue de 500 ml 200 L⁻¹ logrando 17201,65 kg ha⁻¹ de rendimiento, dosis que también genera ingresos económicos mayores a los agricultores. Concluyeron que el inoculante biológico empleado tuvo efectos satisfactorios en el estado agronómico de la cebolla destacando mejoras en las variables de rendimiento, peso promedio del bulbo y diámetro ecuatorial.

Lara et al. (2020), en condiciones de invernadero evaluaron el efecto de lombricomposta y *Bacillus subtilis* de manera mixta e individual en la respuesta agronómica de *Capsicum annuum* L. “pimiento dulce”, evaluando variables como diámetro y altura del tallo, área foliar, número de hojas, flores y yemas, población bacteriana y productividad de frutos. Encontraron que la dosis de 570g de lombricomposta más *B. subtilis* generaron un mayor rendimiento en todas las variables, mucho mejor que el empleo por sí solo del fertilizante químico, por lo cual la combinación de estos insumos resulta ser alternativa para producir pimiento dulce sin necesidad de emplear químicos.

Valverde (2020), para remediar el *Oligonychus* sp en plantas de palto (*Persea americana* Mil) evaluó la eficiencia de *Bacillus subtilis*, *B. thuringiensis* var. Kurstaki y caolín, cuyas dosis fueron 40g/20 L de H₂O para los dos primeros tratamientos y 2,6g/20 L de H₂O para el tercero. Encontró efectividad elevada de todos los tratamientos para disminuir la magnitud de mortalidad, eficacia, incidencia e infestación, debido a que las poblaciones de ácaros se disminuyeron en comparación al tratamiento control, donde destacó *B. thuringiensis* var. Kurstaki; asimismo, encontraron que *B. subtilis* y *B. thuringiensis* presentaron significativo efecto en la mortalidad de los ácaros, con mayor a 90% de eficacia a los 3, 5, 7 y 9 días de evaluación.

Mejía et al. (2022), evaluaron el rendimiento y crecimiento de *Capsicum chinense* Jacq. mediante la aplicación de *Bacillus* spp. encontrando como resultados que *Bacillus subtilis* CBMT51 favoreció en plantas de chile habanero su crecimiento con respecto a biomasa, área foliar, número de hojas en porcentajes de 34,6, 30 y 37,1%; por otro lado, en relación al testigo la cepa mencionada de *Bacillus* en ensayos de invernadero

aumentó en 79,5% el número de frutos y 58,8% el rendimiento del cultivo, asimismo, encontraron que en relación al testigo *B. subtilis* CBMT2 aumentó en 56% la altura final, en 92% la cantidad de brotes y en 86% la biomasa seca.

2.2. Fundamentos teóricos

2.2.1. *Bacillus subtilis*

a. Definición y características

El *B. subtilis* es una bacteria de tipo Gram positiva, que tiene la capacidad de generar endosporas resistentes a factores químicos y físicos dañinos como la radiación, desinfectantes químicos, desecación y temperaturas elevadas. Estas bacterias pueden llegar a soportar valores entre 2 a 3 de pH y viven en límites de temperatura entre 55 y 70 °C (Lisboa, 2003).

Se caracteriza por ser una bacteria mesófila Gram positiva, con propiedades de producir esporas de pared delgadas, cuya forma es cilíndrica u oval; asimismo, presenta coloración crema o blanca en condiciones de medio de cultivo, tiene un diámetro aproximado de 2 a 4 µm y dependiendo de las cepas presenta aspecto rugoso, mucoso o liso con bordes extendidos u ondulados (Ñacato y Valencia, 2016).

b. Taxonomía de *Bacillus subtilis*

De acuerdo a Ñacato y Valencia (2016, como se citó en Amaguaña, 2020), la bacteria *B. subtilis* se clasifica de la siguiente manera (Tabla 1):

Tabla 1

Taxonomía del B. subtilis

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

Fuente: Tomado de Ñacato y Valencia (2016 como se citó en Amaguaña, 2020).

c. *Bacillus subtilis*: generalidades y la promoción del crecimiento vegetal

- El género *Bacillus* ha demostrado la capacidad de solubilizar fósforo, destacando especies como *B. subtilis* y *B. megaterium*, ya que ácidos orgánicos son excretados al medio, como mecanismo principal solubilizador y que permite la mejora en la disponibilidad de los nutrientes en microambientes (Rajankar y Tambekar, 2007).

- *B. subtilis* está involucrada a la planta en los procesos de segregación de fitohormonas reguladores de crecimiento como: citoquininas, giberelinas, auxinas, aumenta su producción, mejoran su nutrición mineral, sus procesos de germinación y desarrollo de raíces que permiten incrementar la producción en los cultivos vegetales (Gallegos et al., 2014).
- *B. subtilis* se encuentra con frecuencia asociada a las plantas, tanto en los tejidos internos como también en la rizosfera (Mehta et al., 2010). Puede actuar como agente de control biológico, por sus efectos antagónicos mediante cinco mecanismos: parasitismo directo, producción de antibióticos extracelulares, producción de enzimas líticas, competencia por los nutrientes en el hospedante y estimulación de sus mecanismos de defensas a través de la resistencia sistémica inducida (Ruiz et al., 2014).
- Adicionalmente *B. subtilis* es considerada una especie productora de lipopéptidos, compuestos reconocidos por su función de actuar como agentes citotóxicos, inmunosupresores y antimicrobianos (Posada, 2017; Raaijmakers et al., 2010). Se describieron diversas potencialidades de este género en cepas a fin de promover en las plantas su desarrollo, aunque su estudio fue enfocado en la propiedad de desempeñar efectos antagónicos en la diversidad de hongos fitopatógenos (Tejera et al., 2011).
- Se ha reportado su efecto promotor de crecimiento mediante distintos mecanismos: Producción de sideróforos y de reguladores de crecimiento vegetal, inhibición o supresión del crecimiento de microorganismos perjudiciales y solubilización de fósforo (Mejía et al., 2016).

d. Microorganismos promotores de crecimiento vegetal (MPCV)

Los MPCV, incluyen a las rizobacterias y hongos que promueven el crecimiento vegetal, hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y fijadores de nitrógeno de vida libre, presentan impactos en la nutrición vegetal de manera directa o primaria, y, por consiguiente, en el proceso estimulador del desarrollo de las plantas (Cano, 2011).

e. Rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal (PGPR)

Este tipo de rizobacterias conocido por sus siglas en inglés como PGPR, son conocidos como bacterias de vida libre, que se encuentran presentes en la rizosfera con capacidad de crecimiento vegetal y antagónica contra organismos fitopatógenos. Para considerar como PGPR a una bacteria, se debe cumplir con tres aspectos que son: permanecer después de ser inoculado en la rizosfera durante un buen tiempo (una población

introducida que de manera rápida disminuye, contará con poca capacidad de competir con otros microorganismos); colonizar el área de las raíces, a fin de generar efectos fisiológicos directos en el desarrollo de las plantas; y deben ser inocuas para el suelo, agua, plantas, animales y el hombre (Bach y Díaz, 2008).

f. Las PGPR pueden promover el crecimiento mediante mecanismos directos e indirectos

Mecanismos de acción directos: se destacan la producción de fitohormonas (sustancias reguladoras de crecimiento), así como la fijación del nitrógeno. La producción de fitohormonas es el mecanismo más importante por el cual muchas PGPR promueven el crecimiento de las plantas (Spaepen et al., 2007), producen reguladores de crecimiento, como auxinas, giberelinas y citoquininas (Jiménez et al., 2011). Generan una mejor regulación de estomas, lo que evita el deterioro de la planta y produce un desarrollo radical más ramificado, lo que favorece la absorción de agua y la absorción de los nutrientes del suelo (Venner y Martín, 2010).

Mecanismos de acción indirectos: se encuentran la producción de sustancias que solubilizan o movilizan nutrientes, producción de sideróforos, antibióticos, que tienen la capacidad de inducir resistencia sistémica y como también otras sustancias controladoras de patógenos, tales como cianuro de hidrógeno y enzimas líticas. Adicionalmente es importante la actividad ACC desaminasa, involucrada en la degradación de etileno producido por las plantas (Bach y Díaz, 2008; García et al., 2013).

g. Rizosfera e interacciones planta-microorganismos

Principalmente las interacciones microorganismos-plantas ocurren en tres partes del vegetal: rizosfera, endosfera y filósfera, este último guarda estrecha relación con las partes aéreas de la planta como frutos, flores, hojas y tallos, en tanto la endosfera se relaciona con el sistema de transporte, por otro lado, la rizosfera es cualquier volumen de tierra que es influenciado por las raíces o en asociación y además del material generado por la misma planta (Hinsinger et al., 2005).

2.2.2. *Capsicum frutescens* “Ají tabasco”

a. Taxonomía

El ají tabasco es una planta de nombre científico “*Capsicum frutescens*” y pertenece a la familia *Solanaceae* (Acurio, 2010).

b. Características botánicas

El ají tabasco es una planta autógama, perenne, cuya altura promedio es entre 0,60 y 1,5 m, presenta hojas de forma simple con limbo oval lanceolado, tallo leñoso, raíz pivotante, ovario superior y atrás de las anteras los estigmas, asimismo, los frutos en estado de maduración son de color rojo y alargados o redondeados en forma de baya deformados. Las semillas se encuentran en el fruto adheridas, con tamaño entre 2 a 5 mm, cuyo porcentaje germinativo logra el 95% (Acurio, 2010).

c. Origen y distribución del ají tabasco

El ají tabasco tiene como origen o procedencia en lugares entre el sur de Colombia y los Estados Unidos. Sus primeros hallazgos arqueológicos datan entre los años 6500 a 5000 A.C. en Tehuacán del Centro de México, siendo este en América la primera especie encontrada por los españoles, en tanto, en Perú y México como zonas agrícolas más avanzadas, su empleo será más variado e intenso (Rodríguez, 2009).

Por otro lado, (Aristizábal y Torres, 2015; Avila, 2017) refieren que el *C. frutescens* tiene su origen en México particularmente en el estado de Tabasco, al cual se le atribuye la denominación. Es moderadamente picante, siendo ingrediente principal para elaborar salsas picantes, alcanzando sus frutos en la escala Scoville entre 150000 y 300000 unidades.

d. Requerimientos edafoclimáticos del cultivo de ají tabasco

- Suelo: A diferentes tipos de suelos el cultivo es adaptable, pero existe una mayor preferencia por suelos de profundidad entre 30 a 60 cm, de tipo franco arcilloso, franco limoso o bien franco arenoso, con elevada concentración de materia orgánica y con drenaje muy buenos. Este cultivo es adaptable y se desarrolla en tierras con pH a partir de 6,5 a 7,0, aunque es posible considerar que para suelos que tienen pH de 5,5 es necesario desarrollar nueve enmiendas. Por arriba o debajo de los niveles mencionados no resulta recomendable sembrarlo ya que altera la disponibilidad de nutrientes en el suelo (Fonnegra y Jiménez, 2007).

- Clima: El ají tabasco requiere de temperatura diaria media de 24 °C, menor a los 15 °C resulta ser malo el crecimiento y con 10 °C el desarrollo normal se paraliza, en tanto, con temperaturas mayores a 35 °C se obtiene una fructificación nula o muy débil, en particular si es seco el aire; se cultiva hasta los 1000 metros sobre el nivel del mar (Gil, 2016).

- Riego: Los factores que depende el consumo de agua para las plantaciones de ají tabasco son: el tipo de riego empleado, tipo de suelo, época y zona de siembra. Durante su etapa de vida, el ají tabasco requiere de riegos, bien sea en el invierno o siembras realizadas bajo riego. Debido a que el exceso o escasez del agua es inapropiado para las plantas resulta necesario que el manejo se desarrolle de manera muy cuidadosa, ya que, si la planta no tiene la cantidad necesaria, daña la calidad del fruto, generando rajaduras, así como también podría asociarse con la enfermedad fisiológica de pudrición apical del fruto. Asimismo, debido a un exceso del contenido de humedad en el suelo por efectos de sistemas de riego muy pesados, puede propiciar el aumento de las enfermedades (Fonnegra y Jiménez, 2007).
- Control manual de las malezas del tabasco: Este proceso consiste en mantener limpio los campos de cultivo de forma manual, los mismos que pueden ser desarrollados con machetes. Siendo recomendable desarrollar entre dos a tres limpiezas, las mismas que deben ser desarrolladas antes de la primera y segunda fertilización. En la ejecución de la primera limpieza debe de lograrse aporcar a la planta de chile, con el objetivo de promover el desarrollo del sistema radicular (Fonnegra y Jiménez, 2007).
- Abonamiento y fertilización: La fertilización resulta ser de suma importancia en cultivos hortícolas a fin de obtener rendimiento bueno y por consiguiente productos de calidad. El abonamiento se desarrolla a partir de los 5 días posteriores al establecimiento de la planta en campo definitivo o bien cuando se comienzan a formar raíces absorbentes. Entre las fórmulas aplicables son 18-18-18, 12-61-0, 14-48-0, 15-30-15 y 46-00-00. El aporte de fósforo durante esta etapa resulta ser de suma importancia debido a que la planta lo requiere para formar las raíces, por lo cual es recomendable aplicar el fertilizante de fondo ya que es más económico y de preferencia aplicar una vez por semana. Tomando en consideración la fase fenológica del cultivo la fórmula y dosis va cambiándose, como, por ejemplo, para un excelente desarrollo del follaje el nitrógeno resulta ser importante, para la flor y raíz es importante el fósforo y para la resistencia a heladas, incrementar la vida de anaquel y engrosar la pared del fruto es pertinente el potasio (Martínez y Moreno, 2009).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ámbito y condiciones de la investigación

3.1.1 Contexto de la investigación

El área de estudio se localiza entre los paralelos 76, 98° y 76, 99° de longitud oeste y entre 6,05° y 6,06° de latitud sur, en base al sistema de coordenadas geográficas WGS 1984 (ver Anexo N° 1), cuya área específica fue el campo experimental del Centro de Producción “La Tipishca” del Instituto de Educación Superior Tecnológico Público Alto Mayo, ubicado en las coordenadas -6, 05382° S y -76, 98603° W. El campo experimental tuvo las dimensiones de 9 x 4 m. equivalente a un área total de 36,0 m².

El área de estudio políticamente se ubica en la cuenca del río Mayo, en el distrito y provincia de Moyobamba del departamento de San Martín.

3.1.2 Periodo de ejecución

La ejecución de la investigación se desarrolló desde el 21/10/2021 hasta el 20/06/2022, siendo un total de 8 meses.

3.1.3 Autorizaciones y permisos

Previa ejecución de la investigación se solicitó el permiso pertinente al director general del IESTP “Alto Mayo”, para la autorización de la ejecución de la investigación en el campo experimental (ver Anexo N° 2) y el laboratorio agrícola (ver Anexo N° 3) de la mencionada institución.

3.1.4 Control ambiental y protocolos de bioseguridad

En cuanto a las medidas de control ambiental empleados fueron, la correcta disposición de residuos sólidos generados durante el periodo de ejecución en recipientes.

Asimismo, se tomaron las medidas de bioseguridad correspondientes a nivel de laboratorio a fin de evitar posible contacto entre el personal investigador y el inoculante, los materiales utilizados fueron mandil, mascarillas y guantes.

3.1.5 Aplicación de principios éticos internacionales

Durante el proceso de ejecución de la investigación los principios éticos aplicados fueron: la justicia, beneficencia, respecto a las personas y ecosistema, y la integridad, además de principios éticos de confiabilidad y transparencia.

3.2. Sistema de variables

3.2.1 Variables principales

De acuerdo al tipo, nivel y diseño de investigación, las variables estudiadas fueron las siguientes:

Variable independiente (X): *Bacillus subtilis*.

Variable dependiente (Y): Crecimiento de *Capsicum frutescens* "ají tabasco" (Altura y longitud de hojas de plantas).

3.3 Procedimientos de la investigación

Tipo y nivel de investigación:

La investigación es de tipo "aplicada", debido a que se emplearon en campo diferentes tratamientos con el objetivo de evaluarlos y determinar el más óptimo en la mejora del nivel de crecimiento del ají tabasco, con lo cual se buscó brindar una alternativa sostenible de solución al uso incontrolado de agroquímicos en la práctica de este cultivo. Tipo de investigación que tiene como fin primordial dar solución a problemas prácticos inmediatos, donde el propósito de desarrollar aportes al conocimiento teórico resulta ser secundario (Sánchez y Reyes, 2006).

El nivel de investigación fue "aplicativo" ya que se tuvo que evaluar la mejora del crecimiento vegetal a nivel de altura y longitud de hojas de *Capsicum frutescens* "ají tabasco" con la aplicación del *B. subtilis*. Nivel de investigación que, de acuerdo a Schwarz, (2017) "es el nivel más elevado y no solo requiere alcanzar los niveles previos, sino que también requiere desarrollar una aplicación de la solución al problema de investigación" (p. 13).

Población y muestra:

La población estuvo conformada por un total de 48 plantas de *Capsicum frutescens* "ají tabasco".

La muestra total también fue 48 plantas de *Capsicum frutescens* "ají tabasco", 12 plantas por tratamiento y 4 por unidad experimental, donde se midieron los niveles de altura y longitud de las hojas.

Diseño:

a) Diseño experimental o muestral

Debido a que se manipuló la variable independiente (*Bacillus subtilis*) a través de los diferentes tratamientos, el diseño de la investigación fue experimental, el mismo que de acuerdo a Sánchez & Reyes, (2006) se refiere a investigaciones donde se manipula la variable independiente, que por las graduaciones se generan efectos deseados en la variable dependiente.

Se utilizó un diseño de bloques al azar (4 tratamientos x 3 bloques) (ver Anexo N° 4).

b) Representación de la información

Los resultados obtenidos previo procesamiento de datos de campo de niveles de altura y longitud de hojas de las plantas de ají tabasco, son representados mediante diagrama de cajas y en tablas.

c) Análisis estadístico

Se usó la estadística básica, como también la prueba de análisis de varianza (ANOVA) utilizado para determinar diferencias significativas en la media de las alturas y longitud de hojas de los tratamientos, además de la prueba de Duncan para determinar el tratamiento óptimo que genera mayor efecto positivo.

3.3.1 Objetivo específico 1

Caracterizar el estado inicial de las plantas de *Capsicum frutescens* “ají tabasco” antes de la aplicación del *Bacillus subtilis*.

a. Actividades y tareas

- Recolección y germinación de semillas de *Capsicum frutescens*.
- Preparación y pesado de sustrato.
- Repique de semillas en bandejas de germinación.
- Evaluación pre-tratamiento de variables en plantas de ají tabasco.

b. Descripción de los procedimientos

El ensayo se realizó en vivero en el Centro de Producción “La Tipishca” del I.E.S.T.P. “Alto Mayo”.

La recolección del fruto se realizó en campo de cultivo ubicada en el distrito de Yantalo, para ello se cosechó en un balde 10 Kg de ají Tabasco, la extracción de semillas se realizó de forma manual obteniendo 1 Kg de la misma, posteriormente se realizó el proceso de lavado y se dejó secar por un periodo de 24 horas, finalmente se hizo la prueba de germinación al 100% y se obtuvo un resultado de germinación de 90% de semillas, indicando de esta forma la viabilidad.

El sustrato tuvo un peso de 600 g y humus 400 g, se mezcló con 1L de agua de lluvia, una vez preparado la turba se pasó al llenado y repique de semillas a la bandeja de germinación, seguidamente se dejó en vivero, la bandeja debe pesar entre 2,2 a 3 Kg en total, para ello se utilizó una balanza.

A los 14 días del sembrado de semillas se hizo la primera evaluación pretratamiento de medidas (altura de plantas y longitud de hojas), para ello se utilizó una wincha metálica y una ficha de recolección de datos.

c. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Para el procesamiento de datos se usó la estadística básica mediante el software SPSS Statistics, los resultados se presentan en diagrama de cajas y en tablas, para determinar diferencias significativas en la media de alturas y longitud de hojas se aplicó el análisis de varianza.

3.3.2 Objetivo específico 2

Determinar el estado de las plantas de *Capsicum frutescens* "ají tabasco" post aplicación de *Bacillus subtilis*.

a. Actividades y tareas

- Preparación de las parcelas demostrativas.
- Trasplante a campo definitivo.
- Preparación y aplicación del *B. subtilis* a los 15, 30 y 60 días.
- Evaluación de variables de estudio en las plantas a los 30, 60 y 90 días.
- Labores culturales.
- Procesamiento y análisis de datos.

b. Descripción de los procedimientos

El ensayo se desarrolló en campo definitivo en el Centro de Producción “La Tipishca” del I.E.S.T.P. “Alto Mayo”.

La preparación del terreno consistió en arar completamente el suelo, después se procedió a delimitar las parcelas y a realizar 4 camas de 4,00 x 1,50 m, posteriormente se hizo un abonamiento de fondo y para ello se utilizó roca fosfórica, cal, pollaza, estiércol de ganado vacuno y se procedió al arado final.

Se preparó la solución de *B. subtilis* más agua de lluvia en el laboratorio del IESTP “Alto Mayo” para ello se utilizó como materiales e insumos tres probetas, de los cuales dos fueron de 1000 ml y una de 500 ml, dos pulverizadores de 2 L, tres depósitos de plástico de 1 L, *B. subtilis* 1 L y agua de lluvia 4 L. Cada tratamiento de *B. subtilis* equivalía a 1 L y se distribuyó de la siguiente manera:

T1: 150 ml BS + 850 ml H₂O → 1000 ml solución

T2: 200 ml BS+ 800 ml H₂O → 1000 ml solución

T3: 250 ml BS+ 750 ml H₂O → 1000 ml solución

T4: 1 L Agua de lluvia (testigo)

La primera aplicación se hizo a los 14 días de haber sembrado las semillas, posteriormente a los 30 y 60 días, la aplicación se realizó una vez al mes en horas de la tarde mediante aspersion, para ello se utilizó un pulverizador manual de 2 L.

La primera medición se realizó a los 30 días post aplicación del inoculante, luego se midieron las variables a los 60 y 90 días, para lo cual se empleó una wincha metálica y una ficha de recolección de datos.

Se realizó el control de malezas cada que lo requería de forma manual y con machete, a los 14 días del trasplante se colocó las trampas de color amarillo para controlar plagas y se realizó las zanjas para disminuir la humedad y dar aireación al suelo y al ají tabasco, posteriormente el aporque se realizó a los 30 y 60 días de haber realizado el trasplante.

c. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Para el procesamiento de datos se usó la estadística básica mediante el software SPSS Statistics, los resultados se presentan en diagrama de cajas y en tablas.

3.3.3 Objetivo específico 3

Evaluar la influencia del *Bacillus subtilis* en las plantas de *Capsicum frutescens* “ají tabasco”.

a. Actividades y tareas

- Comparación de niveles de altura y longitud de hojas de las plantas.
- Procesamiento estadístico y análisis de datos.

b. Descripción de los procedimientos

Se realizó la comparación de los niveles de altura y longitudes de hojas antes (0 días) y después (30, 60 y 90 días) de la aplicación del *B. subtilis*. Asimismo, mediante el procesamiento estadístico se evaluó el efecto de la bacteria en las variables estudiadas de plantaciones de *Capsicum frutescens*.

c. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Previamente se desarrolló el análisis de los supuestos de homocedasticidad y normalidad del conjunto de datos, posteriormente se usó el estadístico de análisis de varianza con un 5% de nivel de significancia y la prueba Duncan para determinar el tratamiento óptimo también con un nivel de significancia del 5%.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Estado inicial de las plantas de *Capsicum frutescens* “ají tabasco” antes de la aplicación del *Bacillus subtilis*

4.1.1 Estado inicial de altura de plantas de *Capsicum frutescens* “ají tabasco” antes de la aplicación del *Bacillus subtilis*

Se determinó una mayor dispersión en la caja de la subparcela T1 donde el 50% de las plantas tuvieron alturas entre 4,2 y 4,8 cm, existiendo mayor concentración y/o menor dispersión del 50% de la población en la caja de las subparcelas T2 y T3 donde las alturas de las plantas fueron entre 4,15 y 4,65 cm en T2 y entre 4,7 y 4,25 cm en T3; por otro lado, se evidencia que las plantas presentaron alturas tan bajas hasta 3,8 cm en las subparcelas T2, T3 y T4 y alturas tan altas hasta 5,2 cm en T1 y T3, que relativamente son las alturas más bajas y altas del conjunto de datos; asimismo, las medianas resultaron ser iguales en las subparcelas T1, T2 y T4 con un valor de altura de 4,45 cm y 4,4 cm en la subparcela T3 (Figura 1), en cuanto a la media de altura de plantas en cada subparcela resultaron ser relativamente iguales, siendo la media mayor de 4,48 cm en T1 y T2, seguido de 4,47 cm en T4 y la menor media de 4,44 cm en T3.

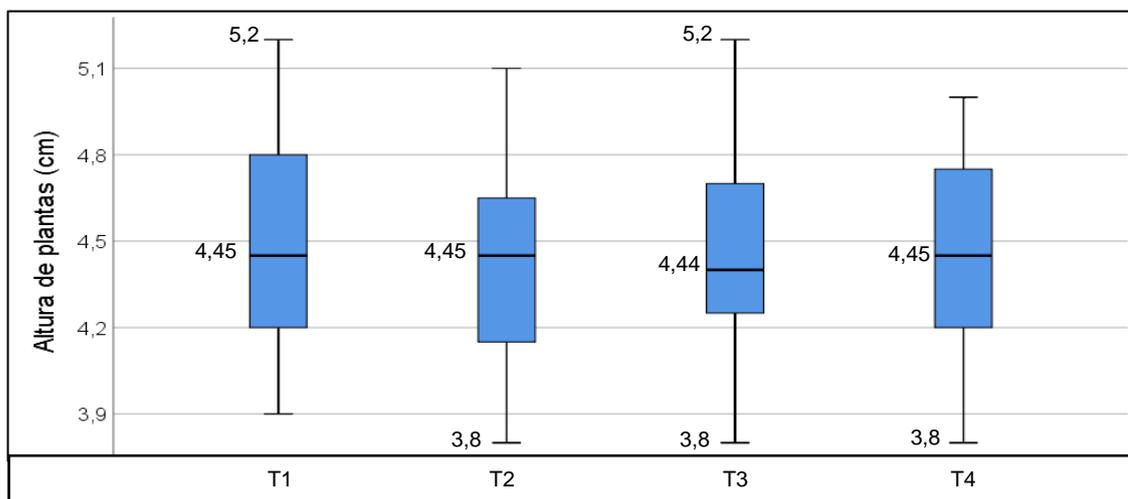


Figura 1. Estado inicial de altura de plantas de *Capsicum frutescens* “ají tabasco” antes de la aplicación del *Bacillus subtilis* según subparcelas de tratamientos.

Con un nivel de significancia del 5% se determinó un p-valor de 0,597 para las subparcelas tratamientos y 0,702 para los bloques (Tabla 2), por lo cual se acepta la hipótesis nula (H_0) que indica que las medias de las alturas son iguales, concluyendo de

esta manera que no existe diferencia significativa en la altura de las plantas en las subparcelas de tratamientos y bloques, por lo cual las alturas de las plantas fueron relativamente iguales.

Tabla 2

*ANOVA de altura de plantas de *Capsicum frutescens* "ají tabasco" antes de la aplicación del *Bacillus subtilis**

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamientos	,247	3	,082	,634	,597
Bloques	,093	2	,046	,357	,702
Error	5,460	42	,130		
Total	3651,110	48			
Total corregido	5,800	47			

Nota: *Significativo al 0,05; CV: 8,78%.

4.1.2 Estado inicial de longitudes de hojas de plantas de *Capsicum frutescens* "ají tabasco" antes de la aplicación del *Bacillus subtilis*

Se determinó una mayor dispersión en la caja de la subparcela T3 donde el 50% de las plantas tuvieron longitudes de hojas entre 1,75 y 2,1 cm, existiendo mayor concentración y/o menor dispersión del 50% de la población en la caja de la subparcela T1 donde las longitudes de hojas fueron entre 1,8 y 2,0 cm; por otro lado, se evidencia que las plantas presentaron longitudes de hojas tan bajas hasta 1,5 cm en las subparcelas T1, T2 y T4 y longitudes de hojas tan altas hasta 2,3 cm en T4, que relativamente son las longitudes de hojas más bajas y altas del conjunto de datos; asimismo, las medianas resultaron ser iguales en las subparcelas T2 y T3 con un valor de longitud de hoja de 2,0 cm y 1,9 cm en la subparcela T1 y T4 (Figura 2), en cuanto a la media de longitud de hojas en cada bloque resultaron ser relativamente iguales, siendo mucho mayor la media en T2 y T3 con 1,93 cm y la menor media fue de 1,89 cm en T1 y T4.

Con un nivel de significancia del 5% se determinó un p-valor de 0,940 para las subparcelas tratamientos y 0,425 para los bloques (Tabla 3), por lo cual se acepta la hipótesis nula (H_0) que indica que las medias de las longitudes de hojas son iguales, concluyendo de esta manera que no existe diferencia significativa en las longitudes de las hojas de las plantas en las subparcelas de tratamientos y bloques, por lo cual las longitudes de las hojas fueron relativamente iguales.

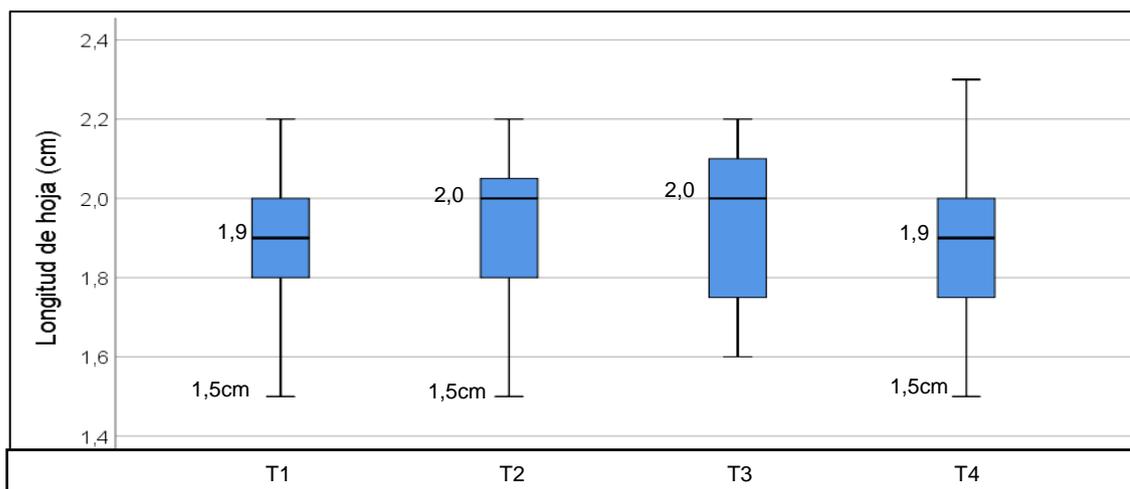


Figura 2. Estado inicial de longitud de hojas de plantas de *Capsicum frutescens* “ají tabasco” antes de la aplicación del *Bacillus subtilis* según subparcelas de tratamientos.

Tabla 3

ANOVA de longitud de hojas de plantas de *Capsicum frutescens* “ají tabasco” antes de la aplicación del *Bacillus subtilis*

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamientos	,017	3	,006	,134	,940
Bloques	,075	2	,038	,874	,425
Error	1,812	42	,043		
Total	177,090	48			
Total corregido	1,905	47			

Nota: *Significativo al 0,05; CV: 10,54%.

4.2. Estado de las plantas de *Capsicum frutescens* “ají tabasco” post aplicación de *Bacillus subtilis*

4.2.1. Estado de altura de plantas de *Capsicum frutescens* “ají tabasco” post aplicación de *Bacillus subtilis*

A los 30 días de aplicado *B. subtilis* se observa (Figura 3) que las mayores alturas de las plantas de Tabasco fueron obtenidos con la aplicación del T3 (250 mL BS + 750 mL H₂O) a comparación de los demás tratamientos, observando también en T3 una mayor dispersión del 50% de la población de plantas con alturas entre 16,25 y 17,7 cm y un rango intercuartil de 1,45 cm, por otro lado, se encontró menores alturas en la subparcela testigo T4 (1 L H₂O) y una mayor concentración de altura de plantas en la subparcela T1 cuyo 50% de la población se encontró en un rango intercuartil de 0,55 cm, la mayor altura de 18,0 cm de las plantas de ají tabasco fue registrado con T3 y la

menor altura de 13,0 cm con T4; tanto la media como la mediana de altura de plantas fue mayor en T3, seguido de T2, T1 y fue menor en T4.

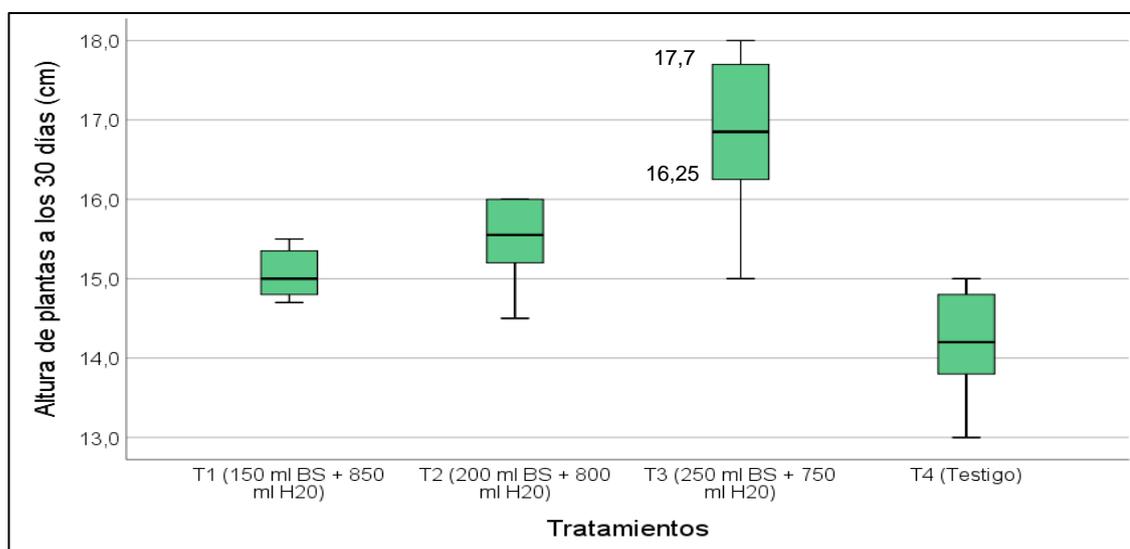


Figura 3. Estado de altura de plantas de *Capsicum frutescens* "ají tabasco" a los 30 días post aplicación de *Bacillus subtilis*.

A los 60 días de aplicado *B. subtilis* se observa (Figura 4) que las mayores alturas de las plantas de Tabasco fueron también obtenidos al igual que a los 30 días con la aplicación del T3 (250 mL BS + 750 mL H₂O) a comparación de los demás tratamientos, observando también en T3 una mayor dispersión del 50% de la población de plantas con alturas entre 30,6 y 41,0 cm y un rango intercuartil de 10,4 cm, por otro lado, se encontró menores alturas en la subparcela testigo T4 (1 L H₂O) donde además se observa mayor concentración de altura de plantas encontrándose el 50% de la población en un rango intercuartil de 2,6 cm, la mayor altura de 43,2 cm de las plantas de ají tabasco fue registrado con T3 y la menor altura de 24,3 cm con T1; tanto la media como la mediana de altura de plantas fue mayor en T3, seguido de T2, T1 y fue menor en T4.

A los 90 días de aplicado *B. subtilis* se observa (Figura 5) que las mayores alturas de las plantas de Tabasco fueron también obtenidos al igual que a los 30 y 60 días con la aplicación del T3 (250 mL BS + 750 mL H₂O) a comparación de los demás tratamientos, observando también en T3 una mayor dispersión del 50% de la población de plantas con alturas entre 79,0 y 99,0 cm y un rango intercuartil de 20,0 cm, por otro lado, se encontró menores alturas en la subparcela testigo T4 (1 L H₂O) donde además se observa mayor concentración de altura de plantas encontrándose el 50% de la población en un rango intercuartil de 13,7 cm, la mayor altura de 110,0 cm de las plantas de

Tabasco fue registrado con T3 y la menor altura de 50,4 cm con T4; tanto la media como la mediana de altura de plantas fue mayor en T3, seguido de T2, T1 y fue menor en T4.

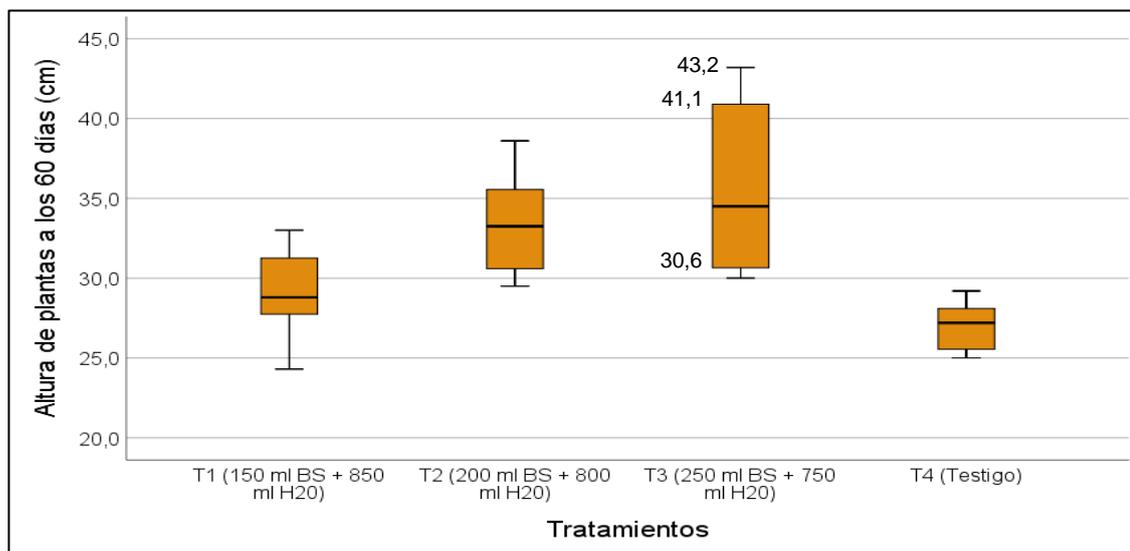


Figura 4. Estado de altura de plantas de *Capsicum frutescens* "ají tabasco" a los 60 días post aplicación de *Bacillus subtilis*.

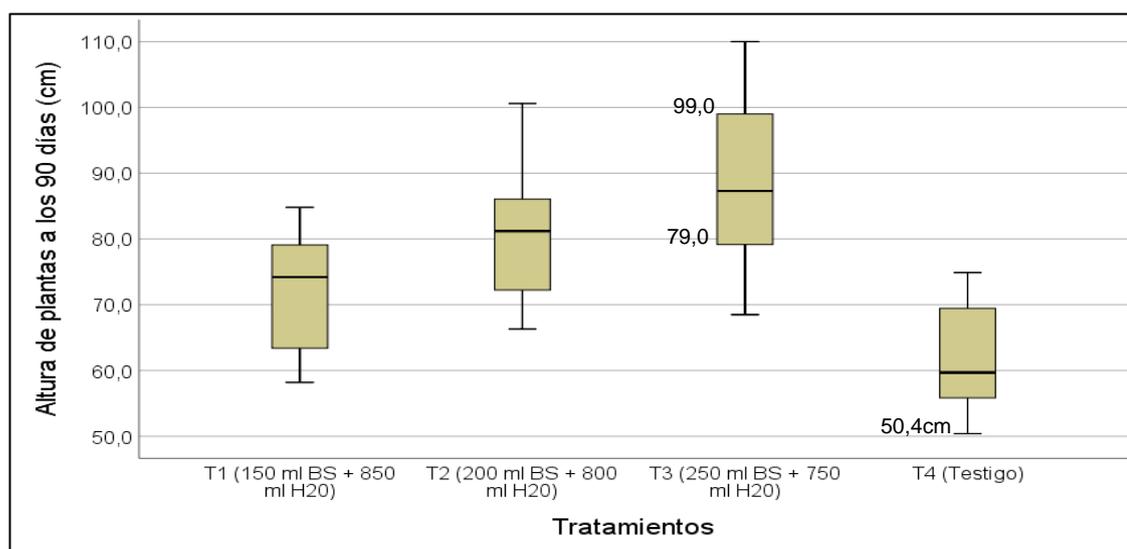


Figura 5. Estado de altura de plantas de *Capsicum frutescens* "ají tabasco" a los 90 días post aplicación de *Bacillus subtilis*.

De acuerdo a los promedios de altura de plantas para los diferentes tratamientos antes y post aplicación de *B. subtilis* (Figura 6) se evidencia que a los 0 días las medias de altura fueron relativamente iguales, observando diferencias entre las medias post aplicación del inoculante, es decir a los 30, 60 y 90 días, en todos los casos la curva del T3 se muestra por encima de los demás tratamientos lo que indica que con 250 mL BS

+ 750 mL H₂O se obtuvo la mayor media de altura de ají tabasco, siendo mucho menor este parámetro con T4 que es el tratamiento testigo con el 100% de agua.

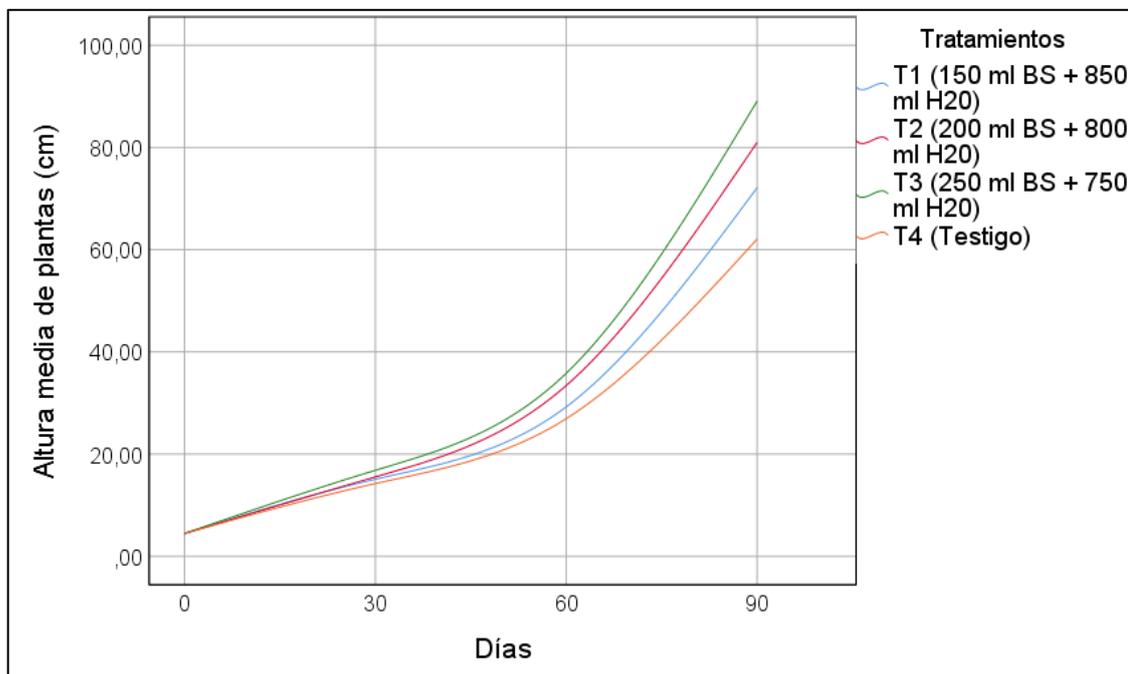


Figura 6. Distribución de altura media de plantas de *Capsicum frutescens* “ají tabasco” antes y post aplicación de *Bacillus subtilis*.

4.2.2. Estado de longitud de hojas de plantas de *Capsicum frutescens* “ají tabasco” post aplicación de *Bacillus subtilis*

A los 30 días de aplicado *B. subtilis* se observa (Figura 7) que las mayores longitudes de hojas de las plantas de Tabasco fueron obtenidos con la aplicación del T3 (250 mL BS + 750 mL H₂O) a comparación de los demás tratamientos, observando también en T3 una mayor dispersión del 50% de la población de plantas con longitudes de hojas entre 4,05 y 4,35 cm y un rango intercuartil de 0,3 cm, por otro lado, se encontró menores longitudes de hojas en la subparcela testigo T4 (1 L H₂O) y una mayor concentración de longitud de hojas en T2 y T4 donde el 50% de las poblaciones se encontraron en un rango intercuartil de 0,2 cm, la mayor longitud de hoja de 4,5 cm fue registrado con T3 y la menor longitud de 2,6 cm con T4; tanto la media como la mediana de la longitud de hojas fue mayor en T3, seguido de T2, T1 y fue menor en T4.

A los 60 días de aplicado *B. subtilis* se observa (Figura 8) que las mayores longitudes de hojas de las plantas de Tabasco fueron obtenidos al igual que a los 30 días con la aplicación del T3 (250 mL BS + 750 mL H₂O) a comparación de los demás tratamientos, observando en T1 mayor dispersión del 50% de la población de plantas con longitudes de hojas entre 11,1 y 11,9 cm y un rango intercuartil de 0,8 cm, por otro lado, se encontró menores longitudes de hojas en la subparcela testigo T4 (1 L H₂O) y una mayor

concentración de longitud de hojas en T2 donde el 50% de las poblaciones se encontraron en un rango intercuartil de 0,35 cm, la mayor longitud de hoja de 16,2 cm fue registrado con T3 y la menor longitud de hoja de 9,5 cm con T4; tanto la media como la mediana de la longitud de hojas fue mayor en T3, seguido de T2, T1 y fue menor en T4.

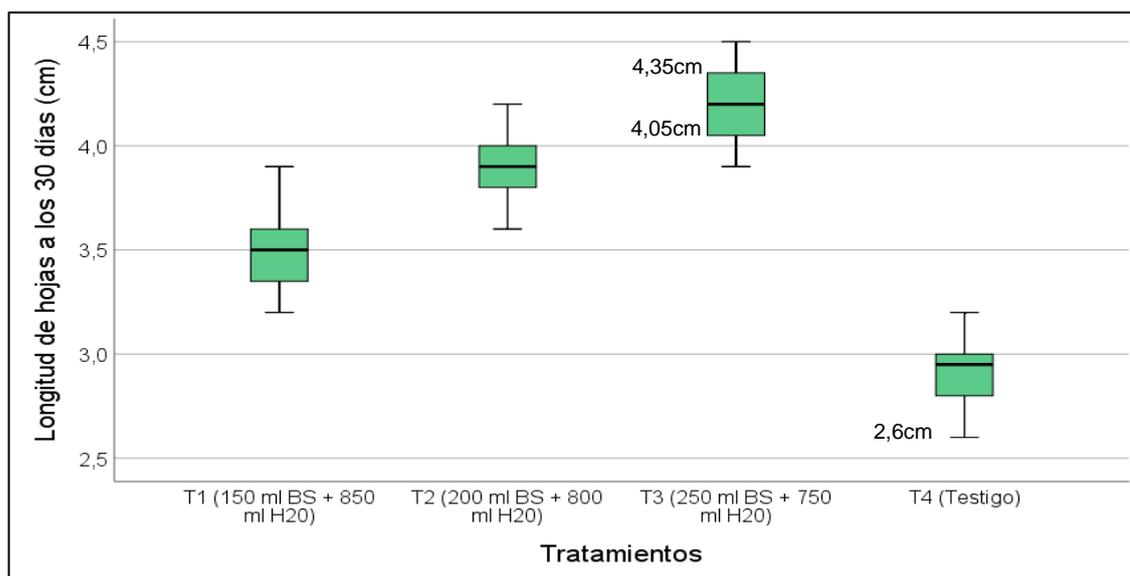


Figura 7. Estado de longitud de hojas de *Capsicum frutescens* "ají tabasco" a los 30 días post aplicación de *Bacillus subtilis*.

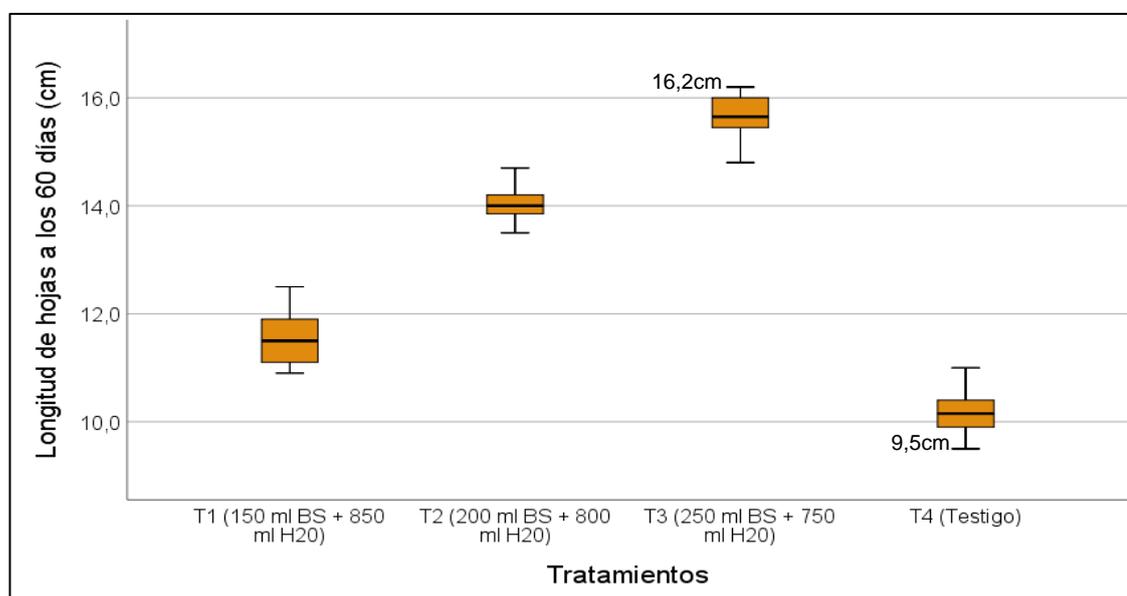


Figura 8. Estado de longitud de hojas de *Capsicum frutescens* "ají tabasco" a los 60 días post aplicación de *Bacillus subtilis*.

A los 90 días de aplicado *B. subtilis* se observa (Figura 9) que las mayores longitudes de hojas de las plantas de ají tabasco fueron obtenidos al igual que a los 30 y 60 días con la aplicación del T3 (250 mL BS + 750 mL H₂O) a comparación de los demás

tratamientos, relativamente para este tratamiento también se observa la mayor concentración del 50% de la población de plantas con longitudes de hojas entre 22,0 y 22,5 cm y rango intercuartil de 0,55 cm, por otro lado, se encontró menores longitudes de hojas en la subparcela testigo T4 (1 L H₂O) y una mayor dispersión de longitud de hojas en T2 donde el 50% de las poblaciones se encontraron en un rango intercuartil de 0,95 cm, la mayor longitud de hoja de 23,0 cm fue registrado con T3 y la menor longitud de 15,8 cm con T4; tanto la media como la mediana de la longitud de hojas fue mayor en T3, seguido de T2, T1 y fue menor en T4.

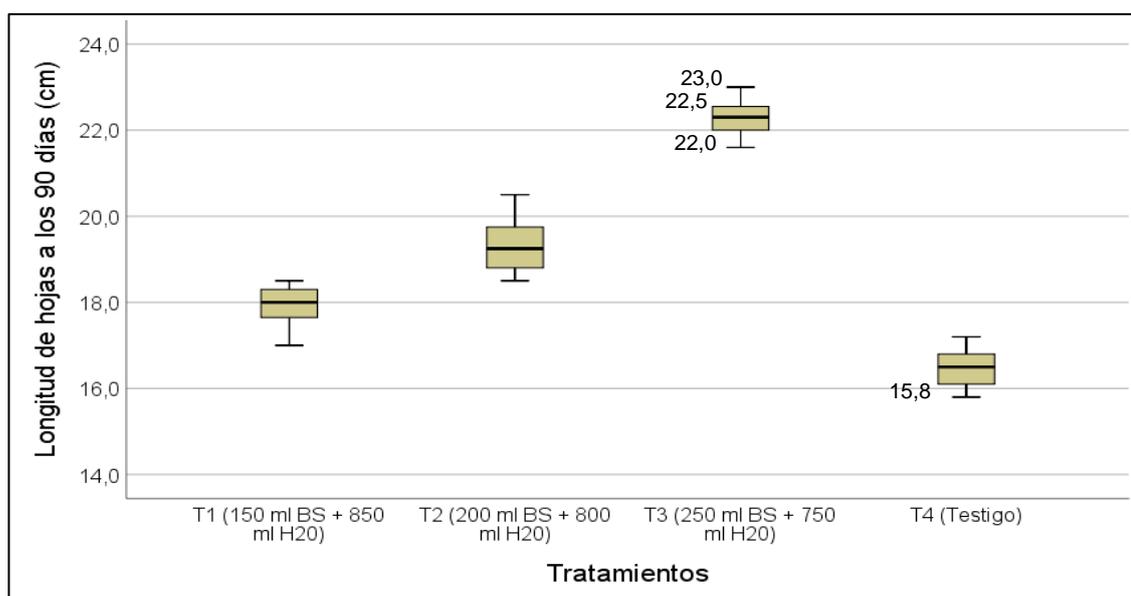


Figura 9. Estado de longitud de hojas de *Capsicum frutescens* “ají tabasco” a los 90 días post aplicación de *Bacillus subtilis*.

De acuerdo a los promedios de longitudes de hojas para los diferentes tratamientos, antes y post aplicación de *B. subtilis* (Figura 10) se evidencia que a los 0 días las medias de longitudes de hojas fueron relativamente iguales, observando diferencias entre las medias post aplicación del inoculante, es decir a los 30, 60 y 90 días, en todos los casos la curva del T3 se muestra por encima de los demás tratamientos lo que indica que con 250 mL BS + 750 mL H₂O se obtuvo la mayor media de longitud de hojas de Tabasco, siendo mucho menor este parámetro con T4 que es el tratamiento testigo con el 100% de agua.

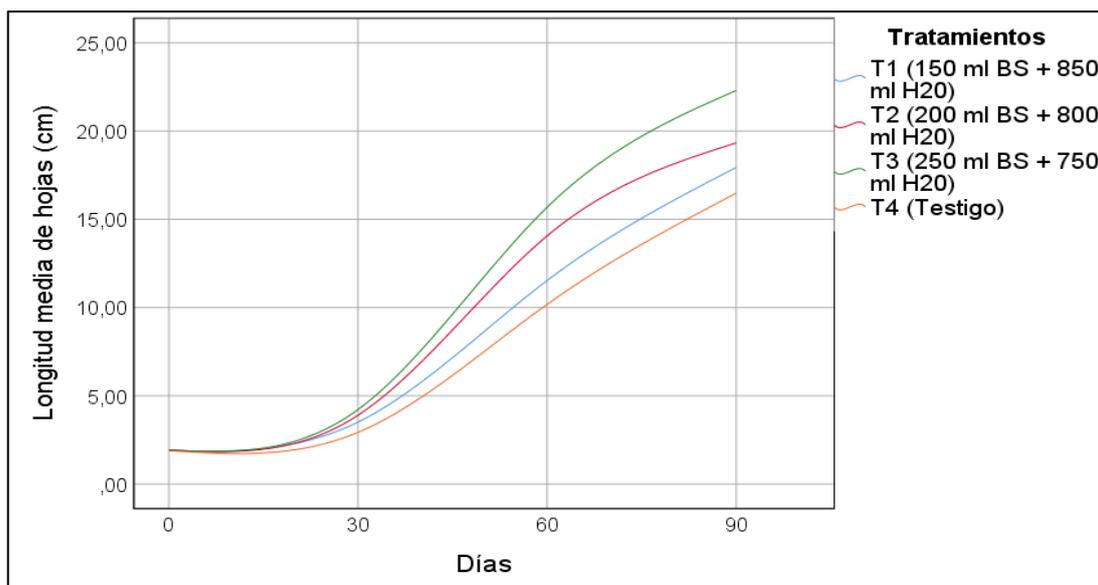


Figura 10. Distribución de longitud de hoja media de plantas de *Capsicum frutescens* “ají tabasco” antes y post aplicación de *Bacillus subtilis*.

4.2.3. Discusiones

Trujillo (2021), determinó en su investigación que el crecimiento del ají escabeche (*Capsicum baccatum* L. var. Pendulum) después de 30 días de trasplante fue relativamente uniforme con alturas entre 12,18 y 13,67 cm, al respecto se determinó después de los 30 días diferentes rangos de alturas de *Capsicum frutescens* en las subparcelas de tratamientos, siendo mucho mayor para T3 entre 15,0 y 18,0 cm y las menores alturas con T4 entre 13,0 y 15,0 cm, siendo estos últimos similares a lo encontrado por el mencionado autor, refiriendo de esta manera que durante los primeros días el *B. subtilis* promueve un mayor crecimiento en ajíes.

A los 90 días de sembrado el ají tabasco se determinó una altura máxima de 110,0 cm y un promedio mayor de altura de 89,07 cm con la aplicación de 250 mL de *B. subtilis* con lo cual se demuestra un crecimiento más rápido de este tipo de ají y haciendo uso de esta bacteria con respecto al crecimiento de *Capsicum baccatum* L. var. Pendulum dado a que (Trujillo, 2021) en 160 días determinó una altura mayor de 93,41 cm relativamente similar a lo encontrado en menor cantidad de días.

Se nota un crecimiento considerable de las plantas de ají tabasco utilizando *B. subtilis* sobre todo a una mayor concentración de la bacteria a comparación del tratamiento testigo, asumiendo que ello se debe a que *B. subtilis* tiene la capacidad de producir sideróforos (Anguiano et al., 2019), los cuales según (Bolívar et al., 2016) hacen más accesible el hierro para las plantas promoviendo de esta manera su crecimiento.

4.3. Evaluar la Influencia de *Bacillus subtilis* en las plantas de *Capsicum frutescens* “ají tabasco”

4.3.1. Influencia del *Bacillus subtilis* en la altura de plantas de *Capsicum frutescens* “ají tabasco”

Con el 95% de nivel de confianza se determinó que los tratamientos influyeron en la altura de las plantas de Tabasco a los 30 días post aplicación de *B. subtilis*, es decir, existió diferencias significativas en la altura de las plantas de *Capsicum frutescens* entre los cuatro tratamientos utilizados, dado a que se determinó un p-valor de $0,000 < a 0,05$, rechazando de esta forma la hipótesis nula de igualdad de medias, caso contrario a lo que sucede para los bloques donde se determinó que estos no influyeron en la altura de las plantas, debido a que se aceptó la hipótesis nula con un p-valor de 0,061 (Tabla 4).

Tabla 4

ANOVA de altura de plantas de *Capsicum frutescens* “ají tabasco” a 30 días post aplicación del *Bacillus subtilis*

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamientos	42,712	3	14,237	37,562	,000*
Bloques	2,261	2	1,131	2,983	,061
Error	15,92	42	,379		
Total	11472,31	48			
Total corregido	60,893	47			

Nota: *Significativo al 0,05; CV: 7,38%.

Con el 95% de nivel de confianza se determinó que los tratamientos influyeron en la altura de las plantas de ají tabasco a los 60 días post aplicación de *B. subtilis*, es decir, existió diferencias significativas en la altura de las plantas de *Capsicum frutescens* entre los cuatro tratamientos utilizados, dado a que se determinó un p-valor de $0,000 < 0,05$, rechazando de esta forma la hipótesis nula de igualdad de medias, de igual manera, se determinó que los bloques mostraron influencia en la altura de las plantas, debido a que se rechaza H_0 con un p-valor de 0,002 (Tabla 5).

Tabla 5

ANOVA de altura de plantas de *Capsicum frutescens* “ají tabasco” a 60 días post aplicación del *Bacillus subtilis*

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamientos	578,975	3	192,992	22,637	,000*
Bloques	126,249	2	63,124	7,404	,002*
Error	358,076	42	8,526		
Total	48238,78	48			
Total corregido	1063,3	47			

Nota: *Significativo al 0,05; CV: 15,17%.

Con el 95% de nivel de confianza se determinó que los tratamientos influyeron en la altura de las plantas de Tabasco a los 90 días post aplicación de *B. subtilis*, es decir, existió diferencias significativas en la altura de las plantas de *Capsicum frutescens* entre los cuatro tratamientos utilizados, dado a que se determinó un p-valor de $0,000 < a 0,05$, rechazando de esta forma la hipótesis nula de igualdad de medias, de igual manera, se determinó que los bloques mostraron influencia en la altura de las plantas, debido a que se rechaza la H_0 con un p-valor de 0,000 (Tabla 6).

Tabla 6

ANOVA de altura de plantas de *Capsicum frutescens* "ají tabasco" a 90 días post aplicación del *Bacillus subtilis*

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamientos	4857,507	3	1619,169	20,908	,000*
Bloques	1602,436	2	801,218	10,346	,000*
Error	3252,649	42	77,444		
Total	287416,78	48			
Total corregido	9712,593	47			

Nota: *Significativo al 0,05; CV: 18,9%.

Con nivel de significancia del 0,05 y de acuerdo a la prueba de Duncan (Tabla 7), es posible afirmar que la altura promedio de ají tabasco a los 30, 60 y 90 días con la aplicación del testigo T4 (1 L H₂O) es menor a comparación de los demás tratamientos, no encontrando además diferencias significativas en el promedio de altura con la aplicación T1 (150 mL BS + 850 H₂O) y T2 (200 mL BS + 800 H₂O) a los 30 días y entre T2 y T3 (250 mL BS + 750 H₂O) a los 60 días, a nivel general se observa que, la dosis más óptima que permitió obtener mayores alturas de plantas de *Capsicum frutescens* fue T3, el cual presenta una mayor concentración de *B. subtilis* en comparación de los demás tratamientos, lo que demuestra que a mayores concentraciones del inoculante y a menores concentraciones de agua será posible obtener mayores alturas en plantas de *Capsicum frutescens* "ají tabasco".

Tabla 7

Prueba Duncan de tratamientos para altura de plantas de *Capsicum frutescens* "ají tabasco" a 30, 60 y 90 días post aplicación del *Bacillus subtilis*

Tratamientos	N	30 días			60 días		90 días				
		Subconjunto			Subconjunto		Subconjunto				
		1	2	3	1	2	1	2	3	4	
T4	12	14,23			26,93		62,07				
T1	12		15,08		29,24		72,13				
T2	12		15,54			33,42		80,99			
T3	12			16,83		35,82				89,07	
Sig.		1,00	,070	1,00	0,059	0,051	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

4.3.2. Influencia de *Bacillus subtilis* en la longitud de hojas de plantas de *Capsicum frutescens* “ají tabasco”

Con el 95% de nivel de confianza se determinó que los tratamientos influyeron en la longitud de las hojas de Tabasco a los 30 días post aplicación de *B. subtilis*, es decir, existen diferencias significativas en las medias de la longitud de hojas de plantas *Capsicum frutescens* para los cuatro tratamientos utilizados, dado a que se determinó un p-valor de $0,000 < a 0,05$, rechazando de esta forma la hipótesis nula de igualdad de medias, caso contrario a lo que sucede para los bloques donde se determinó que estos no muestran incidencia en la longitud de hojas de las plantas, debido a que se acepta la hipótesis nula con un p-valor de 0,677 (Tabla 8).

Tabla 8

ANOVA de longitud de hojas de *Capsicum frutescens* “ají tabasco” a 30 días post aplicación del *Bacillus subtilis*

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamientos	11,144	3	3,715	111,276	,000*
Bloques	,026	2	,013	,393	,677
Error	1,402	42	,033		
Total	647,68	48			
Total corregido	12,573	47			

Nota: *Significativo al 0,05; CV: 14,22%.

Con el 95% de nivel de confianza se determinó que los tratamientos influyeron en la longitud de hojas de ají tabasco a los 60 días post aplicación de *B. subtilis*, es decir, también existen diferencias significativas en las medias de longitud de hojas de las plantas *Capsicum frutescens* para los cuatro tratamientos utilizados, dado a que se determinó un p-valor de $0,000 < a 0,05$, rechazando de esta forma la hipótesis nula de igualdad de medias, caso contrario a lo que sucede para los bloques donde se determinó que estos no muestran incidencia en la longitud de hojas de las plantas, debido a que se acepta la hipótesis nula con un p-valor de 0,183 (Tabla 9).

Tabla 9

ANOVA de longitud de hojas de *Capsicum frutescens* “ají tabasco” a 60 días post aplicación del *Bacillus subtilis*

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamientos	219,954	3	73,318	439,254	,000*
Bloques	,590	2	,295	1,769	,183
Error	7,010	42	,167		
Total	8166,290	48			
Total corregido	227,555	47			

Nota: *Significativo al 0,05; CV: 17,11%.

4.3.3. Discusiones

Sosa et al. (2019) menciona que la inoculación con la bacteria *Bacillus* promueve la mejora de la calidad de plántulas de chile habanero recomendando con ello estudios en campo, que fue el tipo de estudio desarrollado en la presente investigación, dado a que en la parcela demostrativa hubo efectos o influencia de la bacteria *B. subtilis* a diferentes dosis en referencia al testigo, promoviendo el crecimiento a nivel de altura y la longitud de hojas de ají tabasco.

En comparación al testigo se determinó un incremento significativo de la altura de ají tabasco empleando *B. subtilis*, resultando también esta bacteria promotora de crecimiento de plantas de *Capsicum annum* L. “chile xcatik” tal y como lo afirma (Gamboa et al., 2020), así también favorece el crecimiento de *Allium cepa* L. “cebolla” (Amaguaña, 2020), debido a que *B. subtilis* es una bacteria con la capacidad de promover el crecimiento vegetativo por la producción de metabolitos como antibióticos, ácidos orgánicos, sideróforos y auxinas (Anguiano et al., 2019).

Se determinó a los 90 días un promedio de altura mayor de 89,07 cm de ají tabasco utilizando 250 mL de *B. subtilis* que representa un incremento de 69,7% en referencia al testigo, al respecto (Mejía et al., 2022) en condiciones de invernadero encontró que *B. subtilis* CBMT2 en relación al testigo aumentó en 56% la altura final de chile habanero, evidenciando un mayor efecto de esta bacteria en plantaciones de ají tabasco en campo.

B. subtilis es una bacteria que puede ser empleada para promover el crecimiento de ají tabasco principalmente en la mejora de la altura y longitud de hojas, refiriendo (Lara et al., 2020) que también mejora el diámetro del tallo, número de hojas, yemas y flores; asimismo, en plantas de ají tabasco controla las enfermedades que puede tener (Rodríguez, 2014; Velasco et al., 2019) y al mismo tiempo puede reducir la salinidad de los suelos (Moscol, 2018), resultando una bacteria muy eficiente que puede promover notablemente el crecimiento del cultivo *Capsicum frutescens*.

Se evaluaron cuatro tratamientos, de los cuales el testigo fue solamente agua y los tres restantes tratamientos con diferentes concentraciones de *B. subtilis* con agua como solvente, los mismos que mostraron efectos positivos en el desarrollo de la altura y longitud de hojas de ají tabasco, sin embargo, se recomienda realizar estudios que permitan la comparación empleando fertilizantes químicos, tal como lo afirma (Kantar y Uysal, 2020) *B. subtilis* en el cultivo de patatas puede producir rendimientos comparables con fertilizantes químicos.

CONCLUSIONES

1. Antes de aplicar *B. subtilis* en cada subparcela, la altura de las plantas y longitud de hojas de *Capsicum frutescens* fueron relativamente iguales a los 15 días de siembra, no encontrando diferencias significativas entre las medias de estos dos parámetros, siendo para la altura el mayor y menor promedio de 4,48 cm en T1 y T2 y de 4,44 cm en T3, respectivamente; en tanto, la mayor y menor longitud promedio de hoja fue en T2 y T3 de 1,93 cm y en T1 y T4 de 1,89 cm, obteniendo de esta manera alturas y longitudes de hojas uniformes.
2. Post aplicación de 250 mL BS + 750 mL H₂O a los 30 días las plantas de *Capsicum frutescens* generan máximas alturas de 18,0 cm y longitudes de hojas de 3,9 cm, a los 60 días alturas tan altas de 43,2 cm y longitudes de hojas de 16,2 cm y a los 90 días altura plantas hasta 110,0 cm y longitud de hojas hasta 23,0 cm y, por otro lado, con la aplicación de 1 L H₂O (testigo) se obtienen a los 30, 60 y 90 días las más bajas alturas de las plantas de 13,0, 25,0 y 50,4 cm respectivamente, además de longitudes de hojas tan bajas de 2,6, 9,5 y 15,8 cm a los 30, 60 y 90 días.
3. Con un nivel de confianza del 95% los cuatro tratamientos estudiados influyen en la altura y en longitud de hojas de *Capsicum frutescens* a 30, 60 y 90 días después de la aplicación de *B. subtilis*. Asimismo, con la prueba de Duncan se concluye que con la aplicación del tratamiento testigo (1 L H₂O) se obtienen plantas de Tabasco con menores alturas y longitudes de hojas a comparación de la aplicación de tratamientos con *B. subtilis*, del cual el más óptimo es el T3 (250 mL BS + 750 mL H₂O) que tiene mayor concentración de *B. subtilis*.
4. En respuesta a la hipótesis planteada se concluye que existe efecto de *B. subtilis* como promotor de crecimiento de altura y longitud de hojas de *Capsicum frutescens* resultando mucho mejor con mayores concentraciones de la bacteria y menores concentraciones de agua en una solución de un litro.

RECOMENDACIONES

1. A los agricultores hacer uso de *Bacillus subtilis* en reemplazo de agroquímicos a fin de promover el crecimiento de plantas de *Capsicum frutescens* "ají tabasco" a nivel de altura y longitud de hojas.
2. A las autoridades municipales y regionales se recomienda tomar en consideración los resultados de la presente investigación y promover el empleo de *B. subtilis* con el objetivo de mejorar los rendimientos de suelos y cultivos, así mismo minimizar y controlar el empleo de fertilizantes químicos.
3. A investigadores estudiar las características de los suelos antes y post aplicación de la bacteria, de igual manera realizar estudios haciendo uso de mayores concentraciones de *B. subtilis* en cantidades iguales o menores de solvente y en otros cultivos.
4. A estudiantes y docentes asesores de investigaciones en la universidad recomendarles desarrollar estudios referidos al tema abordado y con ello contribuir aportando científicamente alternativas sostenibles.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acurio, G. (2010). *Ajíes Peruanos, sabor del mundo*. Sociedad Peruana de Gastronomía: APEGA.
- Amaguaña, D. (2020). *Efecto de la aplicación de Bacillus subtilis en el cultivo de cebolla (Allium cepa L.) a tres dosis y tres frecuencias*. Universidad Central del Ecuador.
- Anguiano, J. C., Flores, A., Olalde, V., Arredondo, R., y Laredo, E. (2019). Evaluación de cepas de *Bacillus subtilis* como promotoras de crecimiento vegetal. *Revista Bio Ciencias*, 6, 418. <https://doi.org/10.15741/REVBIO.06.E418>
- Anton, D. (2017). Impacto de la extensión agrícola con pequeños productores de ají tabasco (*Capsicum frutescens* L.) en Piura, Cajamarca y Amazonas [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina].
- Aristizábal, N., y Torres, C. (2015). Caracterización morfológica y molecular de *Phytophthora* en ají (*Capsicum frutescens* var. Tabasco), Valle del Cauca. *Revista Ciencias*, 19(2).
- Avila, T. (2017). *Aplicación en el ají de las técnicas de macerado, secado, ahumado y molido en piedra, para el desarrollo de recetas de sal y dulce* [Tesis de pregrado, Universidad de Cuenca]. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/26802>
- Bach, T., y Díaz, M. (2008). *Las Rizobacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal (PGPR) en la agricultura*. Agricultura.
- Bolívar, H., Contreras, M., y Teherán, L. (2016). Burkholderia trópica una bacteria con gran potencial para su uso en la agricultura. *TIP Revista Especializada En Ciencias Químico-Biológicas*, 19(2), 102–108. <https://doi.org/10.1016/J.RECQB.2016.06.003>
- Cano, M. (2011). Interacción de microorganismos benéficos en plantas: Micorrizas, Trichoderma spp. y Pseudomonas spp. Una revisión. *Revista U.D.C.A. Actualidad & Divulgación Científica*, 14(2), 15–31.
- Fonnegra, R., y Jiménez, S. (2007). *Plantas medicinales aprobadas en Colombia* (2da ed.). Universidad de Antioquia.
- Gallegos, F., González, A., Aguilar, V., y Cristóbal, N. (2014). *Biofertilizantes microbianos*.

- Gamboa, J., Ruíz, E., Alvarado, C., Gutiérrez, F., Ruíz, V., y Median, K. (2020). Efecto de biofertilizantes microbianos en las características agronómicas de la planta y calidad del fruto del chile xcat'ik (*Capsicum annuum* L.). *Terra Latinoamericana*, 38(4), 817–826. <https://doi.org/10.28940/TERRA.V38I4.716>
- García, I., Vázquez, S., Penna, C., y Cassán, F. (2013). *Rizosfera, biodiversidad y agricultura sustentable*. Asociación Argentina de Microbiología.
- Gil, M. (2016). *El ají y su origen*. El Ají. <http://mariaangelicagil1988.blogspot.com/2016/05/>
- Hariprasad, P., & Niranjana, S. R. (2008). Isolation and characterization of phosphate solubilizing rhizobacteria to improve plant health of tomato. *Plant and Soil* 2008 316:1, 316(1), 13–24. <https://doi.org/10.1007/S11104-008-9754-6>
- Hinsinger, P., Gobran, G. R., Gregory, P. J., & Wenzel, W. W. (2005). Rhizosphere geometry and heterogeneity arising from root-mediated physical and chemical processes. *New Phytologist*, 168(2), 293–303. <https://doi.org/10.1111/J.1469-8137.2005.01512.X>
- Jäger, M., Jiménez, A., y Amaya, K. (2013). *Las cadenas de valor de los ajíes nativos de Perú. Compilación de los estudios realizados dentro del marco del proyecto “Rescate y Promoción de Ajíes Nativos en su Centro de Origen” para Perú*.
- Jiménez, C., Sanabria, N., Altuna, G., y Alcano, M. (2011). Efecto de *Trichoderma harzianum* (Rifai) sobre el crecimiento de plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* L.). *Rev. Fac. Agron.*, 28(1), 1–10.
- Kantar, F., y Uysal, A. (2020). Efecto de la aplicación de *Bacillus subtilis* y *Bacillus amyloliquefaciens* en el crecimiento y rendimiento de patata (*Solanum tuberosum* L.) cultivada fuera de temporada. *Acta Agronómica*, 69(1), 26–31. <https://doi.org/10.15446/ACAG.V69N1.73832>
- Lara, L., Zulueta, R., Murillo, B., Romero, M., Rivas, T., y Hernández, L. (2020). Respuesta agronómica del chile dulce (*Capsicum annuum* L.) a la aplicación de *Bacillus subtilis* y lombricomposta en invernadero. *Revista Terra Latinoamericana*, 38(3), 693–704. <https://doi.org/10.28940/TERRA.V38I3.737>
- Lisboa, M. (2003). *Efectividad de Bacillus subtilis y de una cepa nativa de Trichoderma harzianum sobre la incidencia y severidad de pudrición gris (Botrytis cinerea) en vid vinífera*. Universidad de Talca.

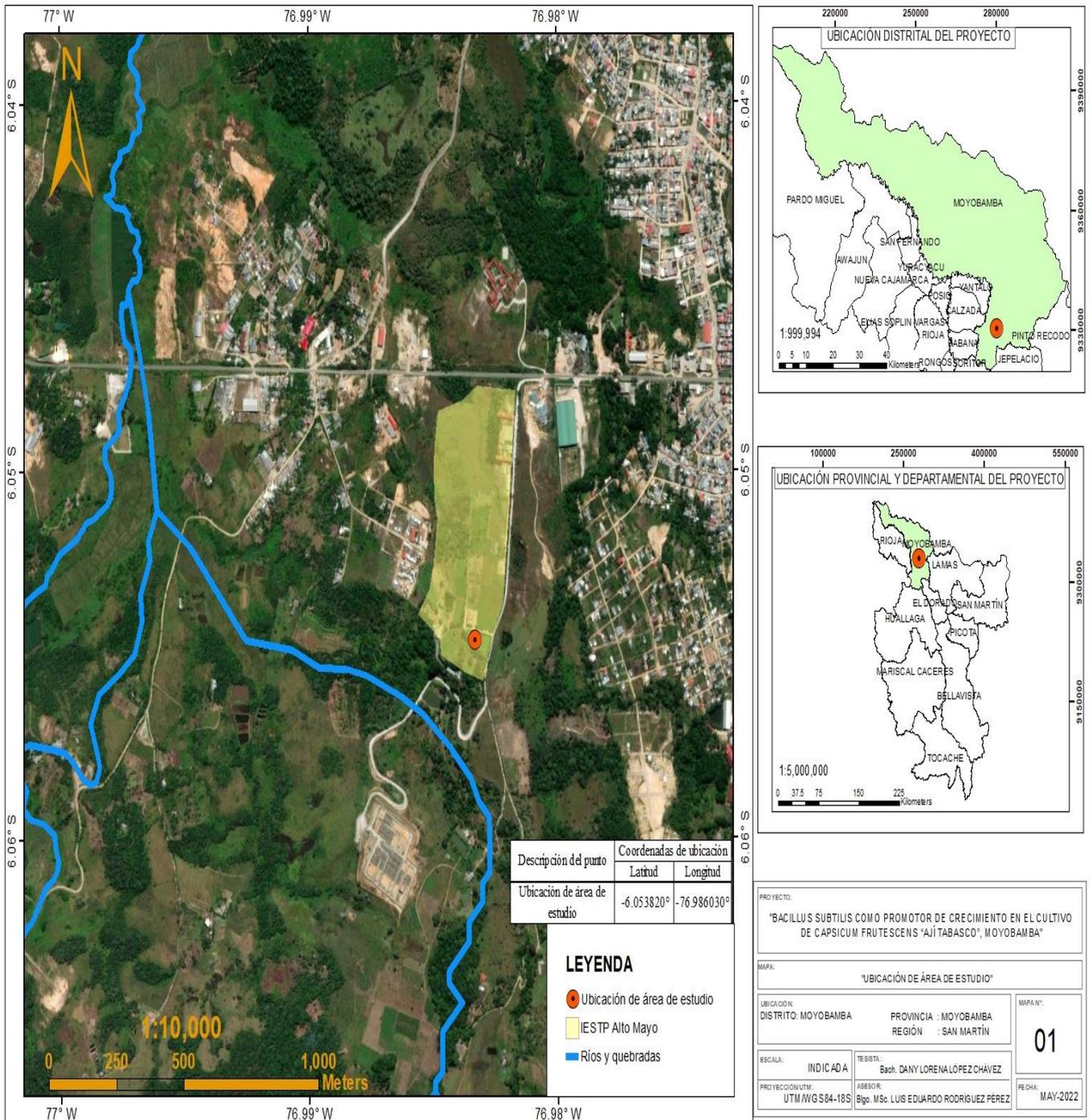
- Martínez, J., y Moreno, E. (2009). *Manual técnico del manejo de chiles en campo abierto*.
- Medina, M. (2020). Entomofauna asociada al ají tabasco (*Capsicum frutescens* L.) en épocas húmeda y seca [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Martín]. <https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/3840>
- Mehta, P., Chauhan, A., Mahajan, R., Mahajan, P., & Shirkot, C. (2010). Strain of *Bacillus circulans* isolated from apple rhizosphere showing plant growth promoting potential. *Current Science*, 98(4), 538–542.
- Mejía, M., Cristóbal, J., Pacheco, J., y Reyes, A. (2022). *Bacillus* spp. en el crecimiento y rendimiento de *Capsicum chinense* Jacq. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13(1), 115–126. <https://doi.org/10.29312/REMEXCA.V13I1.2664>
- Mejía, M., Reyes, A., Cristóbal, J., Tun, J., Borges, L., y Pacheco, J. (2016). *Bacillus* spp. en el Control de la Marchitez Causada por *Fusarium* spp. en *Capsicum chinense*. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 34(3), 208–222. <https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.1603-1>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MINAGRI). (2020). *Agricultores de San Martín incrementan producción de ají tabasco - Gobierno del Perú*. Oficina de Comunicaciones e Imagen Institucional. <https://www.gob.pe/institucion/midagri/noticias/85338-agricultores-de-san-martin-incrementan-produccion-de-aji-tabasco>
- Moscol, A. (2018). *Eficacia del Bacillus Subtilis para reducir la salinidad de los suelos del centro poblado de Quepepampa, Huaral – 2018* [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/20211/Moscol_SAJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ñacato, C., y Valencia, M. (2016). *Aislamiento, identificación y pruebas in vitro de cepas autóctonas de Bacillus subtilis como agente de biocontrol de Alternaria spp en Brassica oleracea var.italica* [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana Quito]. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/12144>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2018). *Los contaminantes agrícolas: una grave amenaza para el agua del planeta*. Organización de Las Naciones Unidas Para La Alimentación y La Agricultura. <https://www.fao.org/news/story/es/item/1141818/icode/>

- Posada, L. (2017). *Promoción de crecimiento vegetal de Bacillus subtilis EA-CB0575, colonización rizosférica y potencial genómico y bioquímico* [Tesis de doctorado, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/59749>
- Raaijmakers, J. M., De Bruijn, I., Nybroe, O., & Ongena, M. (2010). Natural functions of lipopeptides from *Bacillus* and *Pseudomonas*: more than surfactants and antibiotics. *FEMS Microbiology Reviews*, 34(6), 1037–1062. <https://doi.org/10.1111/J.1574-6976.2010.00221.X>
- Rajankar, P., & Tambekar, D. (2007). Study of Phosphate Solubilization Efficiencies of Fungi and Bacteria Isolated from Saline belt of Purna river basin. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 3(6), 701–703.
- Rodríguez, E. (2009). *Efecto de la fertilización química, orgánica y biofertilización sobre la nutrición y rendimiento de ají (capsicum spp.) en el Valle del Cauca*. Universidad Nacional de Colombia.
- Rodríguez, G. (2014). *Caracterización de fitopatógenos y evaluación de biocontroles en ají tabasco Capsicum Frutescens (solanaceae) en Rozo, Valle*. Universidad del Valle.
- Ruiz, E., Mejía, M., Cristóbal, J., Valencia, A., y Reyes, A. (2014). Actividad antagónica de filtrados de *Bacillus subtilis* contra *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(7).
- Sánchez, C., y Reyes, C. (2006). *Metodología y diseño en la investigación científica* (E. V. Universitaria, Ed.).
- Sosa, M., Ruiz, E., Tun, J. M., Pinzón, L. L., y Reyes, A. (2019). Germinación, crecimiento y producción de glucanasas en *Capsicum chinense* Jacq. inoculadas con *Bacillus* spp. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 6(16), 137–143. <https://doi.org/10.19136/ERA.A6N16.1801>
- Spaepen, S., Vanderleyden, J., & Remans, R. (2007). Indole-3-acetic acid in microbial and microorganism-plant signaling. *FEMS Microbiology Reviews*, 31(4), 425–448. <https://doi.org/10.1111/J.1574-6976.2007.00072.X>
- Tejera, B., Rojas, M., y Heydrich, M. (2011). Potencialidades del género *Bacillus* en la promoción del crecimiento vegetal y el control biológico de hongos fitopatógenos. *Revista Centro Nacional de Investigaciones Científicas*, 42(3), 131–138.

- Trujillo, M. (2021). *Densidad de siembra en la producción y calidad de Ají Escabeche (Capsicum baccatum L. var. pendulum), en Cañete* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/4794>
- Valverde, A. (2020). *Bacillus sp y caolin en el control de ácaros (Oligonychus Sp) de palto (Persea Americana Mill) en condiciones edafoclimáticas del Centro de Investigación Frutícola Olerícola - Unheval, 2018* [Tesis de doctorado, Universidad Nacional Hermilio Valdizan]. <https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/5979>
- Velasco, M., Hernández, C., Gómez, E., Torres, C., y Caro, P. (2019). Bacterias endófitas de *Capsicum frutescens* antagónicas a *Fusarium spp.* *Agronomy Mesoamerican*, 30(2), 367–380. <https://doi.org/10.15517/AM.V30I2.31760>
- Venner, C., y Martín, M. (2010). *Aislamiento y selección de rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal en cultivos de uchuva (physalis peruviana l.) con capacidad antagónica frente a fusarium sp.* [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Javeriana]. <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/8471>

ANEXOS

Anexo 1. Mapa de ubicación del proyecto



nexo 2. Solicitud de permiso para uso de área geográfica

“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

Moyobamba, 07 de diciembre de 2021

Carta N° 01-2022-DLLC

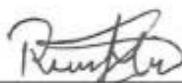
SEÑOR. Lic. Carlos Gustavo Montalvo Ligan
Director General del IESTP “Alto Mayo”

ASUNTO: Solicita permiso para usar espacio geográfico en el IESTP “Alto Mayo en acorde a las actividades a realizare durante la ejecución del Proyecto de Tesis

Yo, **Dany Lorena López Chávez**, con DNI N° 45932761 Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Nacional De San Martín, saludo a su persona cordialmente; a la vez informar a UD que habiendo formulado y elaborado el proyecto de tesis **“Influencia del *Bacillus subtilis* como promotor de crecimiento en el cultivo de *Capsicum frutescens* “ají tabasco”, Moyobamba”** asesorado por el Blgo. M.Sc. Luis Eduardo Rodríguez Pérez Solicito permiso para usar espacio geográfico en el IESTP “Alto Mayo en acorde a las actividades a realizare durante la ejecución del Proyecto de Tesis.

Le agradezco la atención.

Atentamente,



Dany Lorena López Chávez

DNI: 45932761

Cel. 927846016



Anexo 3. Solicitud de permiso para uso de laboratorio agrícola

“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

Moyobamba, 07 de diciembre de 2021

Carta N° 01-2022-DLLC

SEÑOR. Lic. Carlos Gustavo Montalvo Lingan
Director General del IESTP “Alto Mayo”

ASUNTO: Solicita permiso para ingresar al laboratorio agrícola y disponibilidad de los materiales durante la ejecución del Proyecto de Tesis.

Yo, **Dany Lorena López Chávez**, con DNI N° 45932761 Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Nacional De San Martín, saludo a su persona cordialmente; a la vez informar a UD que habiendo formulado y elaborado el proyecto de tesis **“Influencia del *Bacillus subtilis* como promotor de crecimiento en el cultivo de *Capsicum frutescens* “ají tabasco”, Moyobamba”**

Por lo que solicito permiso para ingresar al laboratorio y disponibilidad de los materiales en el IESTP “Alto Mayo acorde a las actividades a realizare durante la ejecución del Proyecto de Tesis.

Le agradezco la atención.

Atentamente,



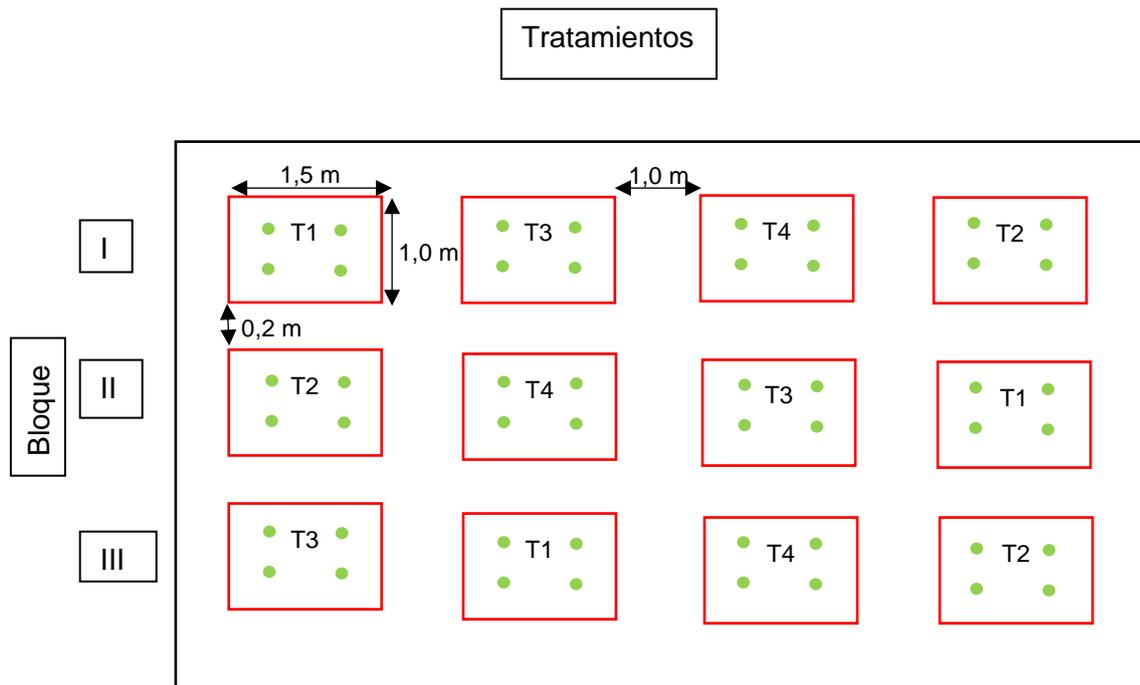
Dany Lorena López Chávez

DNI: 45932761

Cel. 927846016



Anexo 4. Diseño experimental del proyecto



Área total del ensayo: 36 m²

Distancia entre plantas: 0,40 cm.

Número de tratamientos: 4

Número de repeticiones: 3

Número de plantas por unidad experimental: 4

Número de plantas por tratamiento: 12

Número total de plantas: 48

Anexo 5. Comprobante de compra de bacteria *Bacillus subtilis*

PRODUCTOS BIOLÓGICOS PARA LA AGRICULTURA EIRL
Calle 16 Mz 5 lote 18 AA- HH Laura Caller Iberico
LOS OLIVOS, LIMA - LIMA
www.pba.pe

RUC 20515364952
GUÍA DE REMISIÓN REMITENTE
ELECTRÓNICA
T001-1256

DESTINATARIO

Razón Social: DANY LORENA LÓPEZ CHÁVEZ
DNI: 45932761
Dirección: MOYOBAMBA- MOYOBAMBA- SAN MARTIN

ENVÍO

Fecha Emisión: 21/12/2021
Motivo Traslado: Venta
Peso Bruto Total (KGM): 12
Punto de Partida: Calle 16 Mz 5 lote 18 AA- HH Laura Caller Iberico - LOS OLIVOS, LIMA - LIMA

Fecha de Inicio de Traslado: 21/12/2021
Modalidad de transporte: Público
Número de bultos: 1
Punto de Llegada: MOYOBAMBA-MOYOBAMBA- SAN MARTIN

TRANSPORTE

Razón Social: MOVIL BUS S.A.C
RUC: 20555901179

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
BIO-45293791	BIOSAFE 5C - X 1L (BACILLUS SUBTILIS)	LTR	12.00

COMPROBANTE DE PAGO	Nº DE COTIZACIÓN	ORDEN DE COMPRA
B001-473	-	-

Código hash: TtoCuR8yH5oSLR5NdPvOh5WY2ls=

Anexo 6. Registro fotográfico



Fotografía 1. Recolección de semillas para germinación.



Fotografía 2. Repique de semillas de ají tabasco.



Fotografía 3. Medición de variables pretratamiento en vivero.



Fotografía 4. Preparación de *B. subtilis* con diferentes dosis.



Fotografía 5. Primera aplicación de tratamientos en vivero.



Fotografía 6. Preparación de parcela demostrativa.



Fotografía 7. Trasplante de plantas de ají tabasco.



Fotografía 8. Labores culturales, aporque, trampas y canales.



Fotografía 9. Medición de variables a los 30 días.



Fotografía 10. Aplicación de tratamientos a los 30 días.



Fotografía 11. Medición de variables a los 60 días.



Fotografía 12. Aplicación de tratamientos a los 60 días.



Fotografía 13. Medición de variables a los 90 días.



Fotografía 14. Plantas de ají tabasco a los 90 días.



Fotografía 15. Parcela demostrativa final.

Bacillus subtilis como promotor de crecimiento en el cultivo de Capsicum frutescens “ají tabasco”, en Moyobamba

por Dany Lorena López - Chávez

Fecha de entrega: 10-jul-2023 01:54p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2129242782

Nombre del archivo: ING_AMBIENTAL_-_Dany_Lorena_L_pez_Ch_vez.docx (9.06M)

Total de palabras: 13601

Total de caracteres: 70728

Bacillus subtilis como promotor de crecimiento en el cultivo de Capsicum frutescens "ají tabasco", en Moyobamba

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unsm.edu.pe Fuente de Internet	3%
2	tesis.unsm.edu.pe Fuente de Internet	3%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
4	repositorio.unas.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	revistas.unsm.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	Submitted to Universidad Nacional de San Martín Trabajo del estudiante	1%
8	www.dspace.uce.edu.ec Fuente de Internet	1%