

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE AGROPECUARIA

Tema: “Efecto de la aplicación de varias dosis de *Bacillus subtilis* en dos variedades del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en el sector de Guamag, cantón Tulcán”

Trabajo de titulación previa la obtención del
título de Ingeniero en Agropecuaria

AUTOR: Obando Chamorro Brayan Alejandro

TUTOR: MSc. Herrera Ramírez Carlos David Ing.

Tulcán, 2022

CERTIFICADO JURADO EXAMINADOR

Certificamos que el estudiante **OBANDO CHAMORRO BRAYAN ALEJANDRO** con el número de cédula **0401944327** ha elaborado el trabajo de titulación: “Efecto de la aplicación de varias dosis de *Bacillus subtilis* en dos variedades del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en el sector de Guamag, cantón Tulcán”

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuesta en el Reglamento de Titulación, Sustentación e Incorporación de la UPEC, por lo tanto, autorizamos la presentación de la sustentación para la calificación respectiva.



f.....

MSc. Herrera Ramirez Carlos David Ing.

TUTOR



f.....

MSc. Ortiz Tirado Paul Santiago Ing.

LECTOR

Tulcán, 21 de marzo de 2022

AUTORÍA DE TRABAJO

El presente trabajo de titulación constituye requisito previo para la obtención del título de **Ingeniero** en la Carrera de Agropecuaria de la Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales

Yo, Obando Chamorro Brayan Alejandro con cédula de identidad número 0401944327 declaro: que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal y los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.

A handwritten signature in blue ink, reading "Obando Chamorro Brayan Alejandro", is written over a horizontal dotted line. The signature is enclosed within a rectangular box.


Obando Chamorro Brayan Alejandro

AUTOR

Tulcán, 21 de marzo de 2022

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Obando Chamorro Brayan Alejandro declaro ser autor de los criterios emitidos en el trabajo de investigación: “Efecto de la aplicación de varias dosis de *Bacillus subtilis* en dos variedades del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en el sector de Guamag, cantón Tulcán” y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

A handwritten signature in blue ink, enclosed in a rectangular box with a dotted border. The signature is cursive and appears to read 'Obando Chamorro Brayan Alejandro'.

Obando Chamorro Brayan Alejandro

AUTOR

Tulcán, 21 de marzo de 2022

AGRADECIMIENTO

A Dios y a mi familia

Quienes me han apoyado incondicionalmente a lo largo del camino durante mi formación académica. Gracias a mi universidad y mis distinguidos docentes por brindarme sus valiosos conocimientos, en especial al Ing. David Herrera tutor de tesis, quien me supo guiar y solucionar las diferentes inquietudes.

También agradezco a mi compañera de vida Karol Salazar por estar siempre conmigo en todo momento y a todas las personas que colaboraron de una u otra manera en la realización de este trabajo. Fomentado en mí el deseo de superación y de triunfo en la vida, lo que ha aportado a la consecución de este logro.

DEDICATORIA

A Dios por haberme permitido llegar hasta este momento de mi vida.

A los pilares fundamentales de mi vida: mi madre Lucía Chamorro y mi padre Ramiro Obando por ser los seres que me dieron la vida, por enseñarme que todo se logra con esfuerzo, dedicación y por guiarme en el camino del bien.

A mis hermanos que me apoyaron en todo momento.

A mi tía Martha Chamorro por siempre mostrarme la importancia de luchar por mis objetivos de vida y por su apoyo incondicional.

A Karol Salazar por brindarme su apoyo, amor, comprensión, consejos y darme ánimos en cada uno de los momentos trascendentales de mi vida.

ÍNDICE

RESUMEN	14
ABSTRACT	15
INTRODUCCIÓN	16
I. PROBLEMA	17
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	18
1.3. JUSTIFICACIÓN	18
1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	19
1.4.1. Objetivo General.....	19
1.4.2. Objetivos Específicos	19
1.4.3. Preguntas de Investigación	19
II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	21
2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	21
2.2. MARCO TEÓRICO	23
2.2.1. El cultivo de papa	23
2.2.1.1. Origen de la papa.....	23
2.2.1.2. Importancia de la papa.....	23
2.2.1.3. Producción del cultivo de papa a nivel mundial.....	23
2.2.1.4. Producción nacional del cultivo de papa	24
2.2.1.5. Descripción botánica	25
2.2.1.5.1. Raíces.....	25
2.2.1.5.2. Tallos	25
2.2.1.5.3. Estolones	25
2.2.1.5.4. Tubérculos	26
2.2.1.5.5. Brotes	26
2.2.1.5.6. Hojas	26

2.2.1.5.7. Inflorescencia, flor	26
2.2.1.5.8. Fruto, semilla	26
2.2.1.6. Requerimientos edafoclimáticos.....	27
2.2.1.7. Variedades	27
2.2.1.7.1. Variedad Superchola.....	28
2.2.1.7.2. Variedad Única	29
2.2.1.8. Fases fenológicas.....	30
2.2.1.9. Manejo agronómico.....	31
2.2.1.9.1. Preparación del terreno	31
2.2.1.9.2. Fertilización	31
2.2.1.9.3. Manejo de semilla.....	34
2.2.1.9.4. Desinfección de semilla tubérculo	34
2.2.1.9.5. Siembra	34
2.2.1.10. Labores culturales.....	35
2.2.1.10.1. Retape	35
2.2.1.10.2. Rascadillo o deshierbe	35
2.2.1.10.3. Medio aporque y aporque	35
2.2.1.10.4. Riego.....	36
2.2.2. Bacterias promotoras de crecimiento vegetal.....	36
2.2.2.1. Asociaciones planta-microorganismo.....	37
2.2.2.2. El género <i>Bacillus</i>	38
2.2.2.3. <i>Bacillus subtilis</i>	38
2.2.2.3.1. Ciclo de <i>Bacillus</i>	38
2.2.2.3.2. Mecanismo de acción.....	39
2.2.2.3.3. Solubilización de fósforo	39
2.2.2.3.4. Fijación biológica de nitrógeno	40
2.2.2.3.5. Inhibición de la interacción planta patógeno.	40

2.2.2.3.6. Estimulación del sistema de defensa de la planta	40
2.2.2.3.7. Produce biomoléculas con propiedades antifúngicas y antibacterianas. ...	41
III. METODOLOGÍA.....	42
3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO	42
3.1.1. Enfoque.....	42
3.1.2. Tipo de Investigación	42
3.2. HIPÓTESIS	42
3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	43
3.4. MÉTODOS UTILIZADOS	45
3.4.1. Diseño experimental	45
3.4.2. Factores en estudio	45
3.4.3. Tratamientos	45
3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	47
3.5.1. Población y muestra.....	47
3.5.2. Esquema del ensayo.....	48
3.6. VARIABLES INDEPENDIENTES	49
3.6.1. Dosificación de <i>Bacillus subtilis</i>	49
3.7. VARIABLES DEPENDIENTES	49
3.7.1. Altura de la planta.....	49
3.7.2. Número de tallos de plantas	49
3.7.3. Diámetro de tallos de plantas	49
3.7.4. Tamaño (diámetro ecuatorial y eje longitudinal) del tubérculo	49
3.7.5. Estado sanitario del tubérculo.....	49
3.7.6. Rendimiento por categoría.....	50
3.7.7. Rendimiento total del cultivo	50
3.7.8. Relación costo/beneficio	50
3.8. Procedimiento.....	50

IV. RESULTADOS	53
4.1. Características agronómicas del cultivo bajo el efecto de <i>Bacillus subtilis</i>	53
4.1.1. Altura de la planta.....	53
4.1.2. Diámetro de tallos.....	56
4.1.3. Número de tallos.....	60
4.2. Características de calidad del tubérculo bajo el efecto de <i>Bacillus subtilis</i>	64
4.2.1. Tamaño de tubérculo	64
4.3.2. Estado Sanitario del tubérculo	66
4.3. Características productivas del cultivo bajo el efecto de <i>Bacillus subtilis</i>	67
4.3.1. Rendimiento por categoría.....	67
4.3.2. Rendimiento total del cultivo	69
4.4. Características económicas.....	71
4.4.1. Relación Costo/Beneficio	71
V. DISCUSIÓN	73
5.1. Características agronómicas	73
5.2. Características de calidad	74
5.3. Características productivas	74
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	76
6.1. CONCLUSIONES	76
6.2. RECOMENDACIONES.....	78
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79
V. ANEXOS	84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Caracterización de la producción de papa en el 2018	25
Tabla 2. Requerimientos edafoclimáticos para el cultivo de papa	27
Tabla 3. Variedades de papa producidas por zonas	28
Tabla 4. Extracción total de nutrientes por el cultivo de papa para diferentes niveles de producción.	31
Tabla 5. Composición del fertilizante Papa Siembra	32
Tabla 6. Composición del fertilizante Papa Aporque	33
Tabla 7. Distanciamiento para siembra de papa.	35
Tabla 8. Descripción de grupos y tratamientos	46
Tabla 9. Momentos de aplicación	46
Tabla 10. Esquema de ADEVA para parcelas divididas	47
Tabla 11. ADEVA para altura de plantas a los 30, 60 y 90 (dds).	53
Tabla 12. ADEVA para altura de plantas a los 120 y 150 (dds).	54
Tabla 13. Prueba de medias (Tukey al 5%) para altura de plantas a los 30, 60, 90 120 y 150 días después de la siembra.	55
Tabla 14. ADEVA para diámetro de tallos de plantas a los 30, 60 y 90 (dds).	57
Tabla 15. ADEVA para diámetro de tallos de plantas a los 120 y 150 (dds).	58
Tabla 16. Prueba de medias (Tukey al 5%) para diámetro de tallos de plantas a los 30, 60, 90 120 y 150 (dds).	59
Tabla 17. ADEVA para número de tallos de plantas a los 30, 60 y 90 (dds).	61
Tabla 18. ADEVA para número de tallos de plantas a los 120 y 150 dds.	62
Tabla 19. Prueba de medias (Tukey al 5%) número de tallos de plantas a los 30, 60, 90 120 y 150 (dds).	63
Tabla 20. ADEVA para tamaño de tubérculos.	65
Tabla 21. Prueba de medias (Tukey al 5%) para tamaño de tubérculo.	66
Tabla 22. ADEVA para estado sanitario de tubérculos.	67
Tabla 23. ADEVA para rendimiento por categoría en kg/ha	67
Tabla 24. Prueba de medias (Tukey al 5%) para rendimiento por categoría en kg/ha.	68
Tabla 25. ADEVA para rendimiento total del cultivo en kg/ha.	69
Tabla 26. Prueba de medias (Tukey al 5%) para rendimiento total del cultivo en kg/ha.	70
Tabla 27. Datos de relación costo/Beneficio	71

Tabla 28. Datos para altura de planta a los 30, 60, 90, 120 y 150 días después de la siembra (dds).....	88
Tabla 29. Datos para diámetro de tallos a los 30, 60, 90, 120 y 150 (dds).....	88
Tabla 30. Datos para número de tallos de plantas a los 30, 60, 90, 120 y 150 (dds).	89
Tabla 31. Datos para rendimiento total del cultivo en Kg/ha.	89
Tabla 32. Datos para rendimiento por categoría Kg/Ha.	90

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Altura de plantas a los 150 dds para Dosificación de <i>Bacillus subtilis</i> x Variedad.	56
Ilustración 2. Diámetro de tallos de plantas a los 150 dds para dosificación de <i>Bacillus subtilis</i> x Var.	60
Ilustración 3. Número de tallos a los 150 dds, para dosificación de <i>Bacillus subtilis</i> x Var. .	64
Ilustración 4. Rendimiento por categoría en kg/ha de dos variedades.....	69
Ilustración 5. Rendimiento total del cultivo en kg/ha en dos variedades, para dosificación de <i>Bacillus subtilis</i> x Var.	71
Ilustración 6. Relación Costo – Beneficio	72

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Certificado o Acta del Perfil de Investigación.....	84
Anexo 2: Certificado del abstract por parte de idiomas	85
Anexo 3: Análisis de suelo	87
Anexo 4: Preparación del terreno	91
Anexo 5: División de parcelas.....	91
Anexo 6: Siembra y aplicación de <i>Bacillus subtilis</i>	92
Anexo 7. Deshierba	92
Anexo 8: Aporque	93
Anexo 10: Aplicación de producto (<i>Bacillus subtilis</i>)	93
Anexo 11: Testigo Químico vs Dosificación 3	94
Anexo 12: Toma de datos.....	94
Anexo 13: Cosecha y selección	94
Anexo 14: Pesado.....	91
Anexo 15: Rendimiento.....	95

Anexo 16: Costos de producción del experimento 96

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo la finalidad de determinar el efecto de la aplicación de varias dosis de *Bacillus subtilis* en la producción de dos variedades del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*). Se evaluó la dosificación más efectiva para las variedades Superchola y Única en condiciones de campo abierto, durante los meses de marzo – septiembre (época con baja presencia de lluvias), en el sector de Guamag, cantón Tulcán, provincia del Carchi; se establecieron dosis de 2,5 ml, 5 ml y 7,5 ml de *Bacillus subtilis* por litro de agua, en comparación a un testigo químico y un testigo absoluto. Se aplicó *Bacillus subtilis* a la siembra y con una frecuencia de quince días, por aspersión foliar. El Diseño Experimental utilizado fue el de Parcelas Divididas (DPD) en bloques al azar, obteniéndose 10 tratamientos y 3 bloques, dando un total de 30 unidades experimentales. Las variables evaluadas fueron: altura de planta, diámetro de tallos por planta, número de tallos por planta, tamaño de tubérculo por categoría, estado sanitario del tubérculo, rendimiento por categoría, rendimiento total y relación costo – beneficio. Los resultados obtenidos indican que la dosificación 3 que comprendió a los T4 (*B. subtilis* a una dosis de 7,5 ml/l en variedad Superchola) y el T9 (*B. subtilis* a una dosis de 7,5 ml/l en variedad Única) promueven el crecimiento vegetal, aumentando la altura de planta, el número de tallos con un promedio de (3,9). Además, mejora el rendimiento y el estado sanitario del tubérculo, siendo similar al testigo químico y en algunos casos superior. Esto debido a que posee diferentes mecanismos de acción de las PGPR y puede colonizar la rizosfera de los cultivos sin dificultad.

Palabras claves: Superchola, Única, *Bacillus subtilis*, Bacterias Promotoras de crecimiento vegetal.

ABSTRACT

The purpose of the present research work was to determine the effect of the application of several doses of *Bacillus subtilis* in the production of two varieties of potato (*Solanum tuberosum*). The most effective dosage for the “Superchola” and “Única” varieties was evaluated under open field conditions during the months of March - September (season with low rainfall) in Guamag, Tulcán canton, Carchi province. Doses of 2.5 ml, 5 ml and 7.5 ml of *Bacillus subtilis* per liter of water were established and compared to a chemical control and an absolute control. *Bacillus subtilis* was applied at sowing and after fifteen days, a foliar spray. The Experimental Design used was that of Divided Plots (DPD) in random blocks, obtaining 10 treatments and 3 blocks, giving a total of 30 experimental units. The variables evaluated were: plant height, stem diameter per plant, number of main stems per plant, tuber size, tuber health status, yield per category, total yield and cost-benefit ratio. The results obtained indicate that the D3 that included T4 (*B. subtilis* at a dose 7.5 ml/l in variety Superchola) and T9 (*B. subtilis* at a dose of 7.5 ml/l and in variety Única) promotes plant growth, increasing the height of plants, the number of stems with an average of (3,9). In addition, it improves the yield and the sanitary state of the tuber, being similar to the chemical control and in some cases superior. This is because it has different mechanisms of action from PGPR and can colonize the rhizosphere of crops without difficulty.

Keywords: Superchola, Única, *Bacillus subtilis*, Plant growth promoting bacteria.

INTRODUCCIÓN

El exceso de fertilizantes químicos en la producción de alimentos ha causado impactos negativos que tienen consecuencias a largo plazo, de las cuales muchas de estas son irreversibles como los daños ambientales a los suelos, que son afectados en su productividad debido a que en su mayoría se encuentran saturados por el uso intensivo de fertilizantes químicos pero poca disponibilidad para las plantas, además un suelo saturado puede anular la eficiencia de otros nutrientes vitales para las plantas. También ocasiona la contaminación de aguas subterráneas, debido a que el fertilizante que no se asimila será filtrado por el suelo y conducido por la lluvia, contaminando nuevos suministros de agua, generando consecuencias negativas en la salud de la población (Ulibarry, 2019).

Según el nivel de importancia de productos alimenticios en el mundo la papa ocupa el cuarto puesto, superado únicamente por el trigo, maíz y arroz. Debido a su composición nutricional, productividad, fácil adaptación y gran capacidad industrial, es uno de los principales productos que genera fuentes de ingresos de muchos países desarrollados, siendo su producción muy rentable. La papa es una planta que produce mucho alimento por unidad de superficie, ocupa el primer lugar en calorías diarias por unidad de área y el segundo lugar en producción de proteínas por hectárea (Andrade, 2009).

En el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) se busca obtener altos rendimientos, para la producción de semilla, como tubérculos para el consumo humano, pero este cultivo depende de una gran fertilización química que genera un elevado costo para el productor. A pesar de ser producto que se originó en Sudamérica, concretamente en la zona Andina, su principal producción radica en Asia y Europa debido a que sus rendimientos son más elevados comparados con los rendimientos en Latinoamérica (Linares & Gutiérrez, 2018).

Ante esta problemática el uso de microorganismos benéficos que ayuden al desarrollo a través de la nutrición de las plantas y por ende permitan disminuir el empleo de fertilizantes químicos, es de gran importancia. Las bacterias promotoras de crecimiento en plantas (BPCP) pueden incrementar el desarrollo y productividad vegetal de las cuales se destaca el género *Bacillus subtilis* que puede tener influencia directa sobre el metabolismo de las plantas. Es por esta razón que se estudió el efecto de la aplicación de esta bacteria *Bacillus subtilis* en el cultivo de papa. Como una alternativa que tiene la capacidad de mejorar el rendimiento, la fertilidad del suelo y la nutrición de las plantas.

I. PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La población tiende a aumentar de una manera alarmante y es necesario cubrir con la demanda de producción de alimento de forma sostenible, para hacer frente a este crecimiento demográfico. En la actualidad existen muchos alimentos producidos con el uso excesivo de fertilizantes químicos, que causan muchos impactos negativos y relevantes (FAO, 2008).

La cuna de la papa se encuentra en Sudamérica, pero esta región tiene el nivel más bajo de producción de papa, comparada con otros continentes. Debido a que se lo considera como un cultivo tradicional por muchos pequeños productores. Pero para países desarrollados es una de las principales fuentes de ingresos, por su capacidad de industrialización, rendimiento y adaptación. Al ser un cultivo de importancia trascendental requiere de nuevas alternativas, que sean eficientes con el fin de mejorar su producción (Borba, 2008).

Según la FAO en el 2018, de los 21 países de América, Ecuador se ubicó en el vigésimo puesto de los países principales productores de papa, muy por debajo de Colombia y de Perú con un rendimiento de 21,99 y 15,76 t/ha respectivamente. Ecuador obtuvo producciones con rendimientos de 12.18 t/ha superado únicamente a Bolivia con 6,42 t/ha. (UIC, 2020). En los últimos años, la producción a nivel nacional ha disminuido a las 20.626 hectáreas, de las cuales la mayor producción se concentra en la provincia del Carchi con el 43,56% mientras que las superficies cultivadas han aumentado con un total del 24,98% (ESPAC, 2019).

Pumisacho & Stephen (2002) la producción de papa está en manos de pequeños campesinos y por lo general tienen parcelas de menos de 5 hectáreas, de las cuales el mayor porcentaje se destina a este cultivo. Su producción en monocultivo siempre ha estado ligada a una alta dependencia de fertilizantes (Ramírez *et al.*, 2014). Es por esta razón que la utilización intensiva de productos químicos a largo plazo ha tenido un efecto adverso al que se esperaba.

El alto uso de fertilizantes químicos por unidad de área ha causado daños considerables a la salud de la población, además de tener un costo elevado también origina daños ambientales, afectando directamente al suelo y el agua por su acumulación, pero poca disponibilidad para las plantas. De esta manera afecta la productividad del cultivo, debido a que en un futuro los recursos naturales serán menos productivos a causa de la erosión.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El uso excesivo de fertilizantes químicos en el cultivo de papa ha ocasionado daños ambientales por su acumulación en el suelo, pero poca disponibilidad para las plantas este es uno de los principales problemas que ocasionan bajos rendimientos, además de tener costos elevados para los productores afecta a la salud de las personas.

1.3. JUSTIFICACIÓN

En Ecuador la papa es uno de los cultivos más importantes, con una superficie sembrada de 50 mil hectáreas, donde se obtienen producciones de 300 mil toneladas y su consumo varía en un promedio de 30 kg per cápita anuales (MAG, 2014). Su mayor producción se concentra en el norte y centro de la Sierra Ecuatoriana, siendo Carchi una de las provincias más productoras con 120 mil toneladas (ESPAC, 2019).

En la actualidad la producción agrícola se enfoca en desarrollar nuevas técnicas que incidan en el rendimiento del cultivo de papa, para obtener mejores producciones tratando de evitar el uso excesivo de fertilizantes químicos, con el fin de obtener buenos rendimientos y alimentos que sean saludables para su consumo. Una alternativa eficaz es la incorporación de microorganismos benéficos al suelo.

Los microorganismos benéficos del suelo son los mejores aliados ya que intervienen en el crecimiento y nutrición de las plantas, formando una serie de asociaciones simbióticas y asimbióticas, es decir, que necesitan beneficiarse mutuamente para su desarrollo, logrando un mejor aprovechamiento y asimilación de los recursos del suelo. Se encuentran asociaciones entre microorganismos que facilitan la fijación de nitrógeno, la descomposición de la materia orgánica, producción y regulación de sustancias promotoras del crecimiento vegetal, solubilización de elementos minerales y protección frente a fitopatógenos (Fitter & Garbaye, 1994). Por esta razón se estudia el empleo de microorganismos que promuevan una eficiente producción y a su vez genere mayores rendimientos.

La bacteria *Bacillus subtilis* contribuye al crecimiento de las plantas, porque facilita la disponibilidad de nitrógeno y fósforo en los suelos agrícolas, al ser un inoculante biológico interviene en el desarrollo de los cultivos aumentando su rendimiento y promoviendo el desarrollo vegetal con la producción de reguladores de crecimiento como el ácido indolacético. Como promotor de crecimiento es una opción sostenible ya que es una alternativa amigable

para el medio ambiente y el suelo con la finalidad de dar respuesta a la necesidad de disminuir la fertilización química (Caycedo, 2016).

Además, es un controlador biológico que actúa como enemigo natural de muchos agentes fitopatógenos, como los que pertenecen a los géneros *Rhizoctonia spp*, *Pythium spp*, *Phytophthora spp*, *Fusarium spp*, *Rhizopus*, *Sclerotium spp*, *Oidium*, otros hongos y bacterias patógenas de los cultivos (Soluciones, 2017).

1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo General

Determinar el efecto de la aplicación de varias dosis de *Bacillus subtilis* en la producción de dos variedades (Única y Superchola) del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*).

1.4.2. Objetivos Específicos

- Evaluar el rendimiento y calidad de la producción en dos variedades (Única y Superchola) del cultivo de papa frente a la aplicación de *Bacillus subtilis*.
- Determinar el efecto de la aplicación de *Bacillus subtilis* en las características agronómicas de la planta.
- Identificar cual es la mejor dosis de *Bacillus subtilis* aplicada en el cultivo de papa.
- Determinar la relación costo beneficio de la aplicación de *Bacillus subtilis* en el cultivo de papa.

1.4.3. Preguntas de Investigación

- ¿Qué efecto ocasiona la aplicación de *Bacillus subtilis*, en el rendimiento de dos variedades (Única y Superchola) del cultivo de papa?
- ¿Cómo influye la aplicación de *Bacillus subtilis* al tamaño y estado sanitario del tubérculo?
- ¿Cómo incide la aplicación de *Bacillus subtilis* en la altura de la planta, número y diámetros de tallos principales en el cultivo de papa?
- ¿Qué dosis de *Bacillus subtilis* aplicada en el cultivo de papa es mejor?

- ¿Cómo influye la aplicación de *Bacillus subtilis* en la relación costo beneficio en el cultivo de papa?

II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Main & Franco (2011) evaluaron la influencia de la bacteria (*Bacillus subtilis*) en comparación con micorrizas (*Glomus fasciculatum*) en el cultivo de papa, a una determinada fertilización de N-P-K con distintos niveles de fósforo (120; 60; 30; 00). Los tratamientos fueron los siguientes: *B. subtilis*, *G. fasciculatum*, *B. subtilis* + *G. fasciculatum* y un testigo comercial, establecidos en un diseño por parcelas divididas con tres repeticiones. Evaluaron la bacteria *B. subtilis* con los siguientes niveles de fertilización 80-60-00 y 80-30-00. Cuyos resultados presentaron una mayor emergencia (72,37%) y un incremento de hasta 4 tallos por planta, en comparación al testigo (sin bacterias y sin micorrizas). Obtuvieron un mayor rendimiento con un promedio de 15940 kg/ha, con el tratamiento de *B. subtilis* a una fertilización de 80-30-00, el cual fue similar al tratamiento comercial 80-120-00 con un rendimiento de 15550 kg/ha. Concluyeron que *B. subtilis* con niveles altos de fósforo disminuye su actividad bacteriana, lo que nos permite reducir costos de fertilización y menorar los daños ambientales.

Alvarado *et al.* (2015) determinaron en una investigación el efecto de la bacteria *Bacillus subtilis* como promotora de crecimiento vegetal e incremento del rendimiento agrícola en la producción de mini tubérculos. Emplearon plantas *In vitro* de papa con cinco cepas de bacteria (CCIBP-M27, CCIBP-C5, CCIBP-B14, CCIBP-W13 y CCIBP-B12). Estas bacterias fueron aplicadas a las plantas por medio de inmersión de las raíces e incluyéndose controles con y sin fertilizantes. Como resultado determinaron que las aplicaciones de las cepas bacterianas aumento la altura de las plantas, influyó tanto en el rendimiento de mini tubérculos por planta, así como en su crecimiento y desarrollo.

Posada (2017) evaluó el potencial de *B. subtilis* a nivel genómico con el fin de determinar el crecimiento vegetal, capacidad de producción y colonización rizosférica en el cultivo de banano y tomate. Determinó que esta cepa puede promover el crecimiento de las plantas de banano (*Musa AAA*) variedad Willians y tomate (*Lycopersicum esculentum*) variedad Chonto. A nivel *in vitro* el autor concluyó que *B. subtilis* posee diferentes mecanismos de acción de las PGPR y puede colonizar la rizosfera de los cultivos sin dificultad.

Según Cisneros *et al.*, (2017) en una investigación titulada la Influencia de microorganismos en la disponibilidad de fósforo en las plántulas de café, se estudiaron los microorganismos: *Kocuria sp.*, *B. subtilis*, *S. diversispora* y *P. ochrochloron* y el efecto que tienen sobre la disponibilidad

de fósforo en el desarrollo de plantas de café, en condiciones de invernadero con 23 tratamientos y 10 repeticiones. Los tratamientos se desarrollaron en un suelo *Typic Melanudand* con pulpa de café descompuesta y microorganismos. Obtuvieron como resultado que la aplicación de pulpa de café descompuesta con y sin roca fosfórica y microorganismos, favoreció la disponibilidad de fósforo, reflejándose en el crecimiento de las plántulas de café, en el análisis químico del suelo y en las variables de respuesta del fósforo y el área foliar.

Pérez, (2015) investigó el efecto de la inoculación de *Bacillus spp.* con potencial fijador de nitrógeno ambiental en los cultivos de *Chlorella sorokiniana*, a nivel de laboratorio. Encontró en su investigación que 10 cepas PGPB, fijan nitrógeno debido a que crecen en medios NFb. De las cuales *Bacillus subtilis* promueve el crecimiento de la microalga, aumentando en un 94% la densidad celular y en 4.5 veces el tamaño de la microalga. Para evaluar la fijación de nitrógeno usó el método ARA, en donde, se encontró que la bacteria fue capaz de reducir el acetileno en etileno lo que indica que posiblemente la fijación de nitrógeno sea el método de promoción de crecimiento microalgar.

Hernández *et al.*, (2013) realizaron un estudio con condiciones controladas, en laboratorio. El cual tuvo como objetivo efectuar una comparación entre cepas de la bacteria del género *Bacillus* (B3, B9 y B15), en paralelo con un extracto resinoso obtenido de hojas de *Larrea tridentata* contra *R. solani*, así como su efecto promotor de crecimiento en el cultivo de papa. Los resultados indicaron que las cepas bacterianas tuvieron una clara actividad antifúngica, al igual que el extracto de *L. tridentata*. Además, las cepas de *Bacillus* sobresalieron por su efecto estimulador del crecimiento de las plantas y del rendimiento del cultivo de papa.

Cruz *et al.* (2016) realizaron una investigación con la finalidad de conocer el potencial de *Bacillus* aislados y la mezcla de estos (B1, B3, B9 y B13) sobre patógenos que causan la pudrición de la raíz, el efecto de rendimiento y desarrollo del cultivo de chile. Obteniendo como resultado que la aplicación de las bacterias incremento la altura en 20% y el rendimiento de cultivo en un 270%. Además, se redujo la incidencia en 80% y severidad de la pudrición en 39% en comparación con el testigo. Para la identificación de la bacteria se realizó pruebas bioquímicas y por reacción en cadena de polimerasa (PCR).

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. El cultivo de papa

2.2.1.1. Origen de la papa

El centro de domesticación del cultivo está en los alrededores del Lago Titicaca, en la frontera entre Perú y Bolivia. Existe prueba arqueológica que demuestran que algunas civilizaciones viejas, como la Inca, la Tiahuanaco, la Nazca y la Mochica, cultivaron la papa. De alrededor de 2.000 especies conocidas dentro del género *Solanum*, entre 160 y 180 conforman tubérculos; de las cuales, solamente 8 son especies cultivadas.

La evolución de las especies de papa se originó a partir del nivel diploide, es decir, dos pares de cromosomas Pumisacho & Stephen, (2002). Su cultivo se encuentra presente en más de cien países, entre ellos, los de América del Norte y Europa vienen siendo de los mayores productores, aunque en las últimas décadas hubo un crecimiento extraordinario de estas plantaciones en Asia, África y América Latina (Borba, 2008).

2.2.1.2. Importancia de la papa

El cultivo de la papa tiene una importancia trascendental, debido a que es una fuente de empleo rural muy rentable, lo cual hace que sea un alimento importante para la seguridad alimentaria. Su producción puede dinamizar la economía local por su capacidad de industrialización, es un alimento que proporciona diversas ventajas entre ellas: su valor nutritivo, la capacidad de adaptación, su rendimiento por unidad de superficie, la diversidad de variedades, su fácil manejo y la diversidad de formas para su consumo. Además, la papa es una oportunidad de alimento frente a la crisis alimentaria. Por lo que se la considera como un tesoro en las áreas donde se la produce (Kobakiwal, 2010).

2.2.1.3. Producción del cultivo de papa a nivel mundial

La producción mundial de papa ha atravesado grandes cambios, desde sus inicios; Europa, América del Norte y en los países de la antigua Unión Soviética han sido los principales productores y consumidores, pero con el pasar del tiempo se vivió un importante cambio de producción y demanda de papa en Asia, África y América Latina. La producción de 30 millones de toneladas de papa desde el 1960 aumentó a más de 341 millones aproximadamente en la actualidad.

En la actualidad Asia es uno de los principales productores de papa donde se destaca China con una producción que varía entre 66 y 71 millones de toneladas anuales. Otros grandes productores son: Rusia, India, EE. UU., Ucrania y Alemania cuyos rendimientos han alcanzado un promedio de 20t/ha (YARA, 2021).

Por su origen América del Sur es considerada como la cuna de la papa, pero esta región tiene el nivel más bajo de producción. Debido a que para la mayoría de pequeños productores sigue estableciéndose como un cultivo tradicional. Además, se cultivan otras pequeñas especies de papa que no son conocidas a nivel mundial. En países como Argentina, Brasil, Colombia y México, se observa un importante incremento de producción comercial a gran escala de *Solanum tuberosum*.

2.2.1.4. Producción nacional del cultivo de papa

En Ecuador la región andina tiene una gran diversidad genética en papa, principalmente en el centro del país, donde se puede encontrar una gran variedad de papas silvestres. El cultivo de papa está en manos de pequeños productores con áreas para producir de menos de 5 hectáreas, de las cuales una es destinada para la producción de papa.

Los costos de producción se deben principalmente a la constante alza de precios de los fertilizantes químicos causando una rentabilidad inestable del cultivo de papa. En los últimos 10 años, el total de la producción ha caído de 450 000 toneladas a 350 000 toneladas, mientras que la superficie cultivada se ha reducido de 65 000 a unas 50 000 hectáreas.

En la actualidad la producción de papa está adquiriendo una mayor importancia comercial con la finalidad de dar respuesta a la demanda alimentaria del sector urbano del Ecuador, que se encuentra en pleno desarrollo el cual representa a más de 60% de la población. Toda la papa se produce y consume a nivel local, con un consumo per cápita de 25 Kilogramos al año.

La producción de papa se encuentra como una de las principales actividades agrícolas realizadas en la sierra andina del Ecuador, esto debido a su capacidad de generación de ingresos y su consumo cotidiano por parte de la población. La producción a nivel nacional en el año 2018 obtuvo un rendimiento promedio de 12,18 t/ha. Durante este periodo se destacaron las provincias de: Sucumbíos, Tungurahua, Carchi y Chimborazo. Por otra parte, la zona de menor productividad fue Cotopaxi (MAG, 2018).

Tabla 1. Caracterización de la producción de papa en el 2018

Provincia	Rendimiento t/ha	Superficie sembrada (ha)		Mes de siembra	Densidad Ha	Variedad
		Menor o igual a 1 ha	Mayor a 1 ha			
Sucumbíos	30,0	40%	60%	Marzo	20,851	Única
Tungurahua	25,7	89%	11%	Noviembre	25,789	Superchola
Carchi	21,9	35%	65%	Febrero	17,667	Superchola
Chimborazo	19,2	98%	2%	Octubre	20,762	Superchola
Bolívar	18,7	93%	7%	Noviembre	19,102	Superchola
Azuay	17,6	86%	14%	Diciembre	18,730	Chaucha

Fuente: MAG (2018). *Informe de rendimientos de papa en Ecuador en el 2018*

2.2.1.5. Descripción botánica

2.2.1.5.1. Raíces

La raíz tiene un sistema radicular fibroso y muy ramificado, pudiendo alcanzar hasta los 0,8 m de profundidad. Las plantas pueden crecer a partir de una semilla o de un tubérculo. Cuando se desarrollan a partir de una semilla se forma una delicada raíz axonomorfa de donde se originan ramificaciones laterales. Cuando crece de un tubérculo, primero se desarrollan raíces adventicias, las cuales se originan a partir de yemas subterráneas.

2.2.1.5.2. Tallos

Existen tres tipos de tallos, uno aéreo sobre el cual se encuentran las hojas, que puede ser de forma circular o angular y dos tipos de tallos subterráneos: Los rizomas y los tubérculos que son tallos subterráneos modificados. Las plantas provenientes de semilla originan solo un único tallo principal a diferencia de las provenientes de tubérculos, las cuales pueden producir varios tallos (Inostroza *et al.*, 2016).

2.2.1.5.3. Estolones

Son tallos que crecen de forma lateral, es decir, de crecimiento subterráneo horizontal, que se origina de yemas debajo del suelo. Los estolones tienen la capacidad de desarrollar tubérculos a través de un agrandamiento de su extremo terminal, sin embargo, un estolón que no fue cubierto con suelo puede crecer como un tallo normal (Leverato, 2015).

2.2.1.5.4. Tubérculos

Son tallos modificados, su principal función radica en que son órganos de almacenamiento de la planta de papa. Un tubérculo está conformado por dos extremos uno basal, que se encuentra ligado al estolón y el extremo expuesto denominado extremo apical. En el tubérculo se distribuyen los ojos los cuales darán origen a varias yemas.

2.2.1.5.5. Brotes

Los brotes se originan de las yemas que se encuentran en los nudos, conocidos comúnmente como ojos del tubérculo y su color es característico de la variedad. El extremo basal del brote origina la parte subterránea del tallo, que después de la siembra producirá rápidamente raíces y luego estolones. El extremo apical del brote da origen al tallo de la planta del cual se desprenderá las hojas.

2.2.1.5.6. Hojas

Se encuentran distribuidas en espiral sobre el tallo, están conformadas por un raquis central y varios folíolos. Los cuales pueden ser laterales primarios o terminales. En la mayoría de los casos cada hoja se encuentra unida al raquis por un peciolo denominado peciólulo, sin embargo, puede estar unido directamente.

2.2.1.5.7. Inflorescencia, flor

El pedúnculo de la inflorescencia origina a dos ramas, las cuales se subdividen en otras dos más, esta inflorescencia es denominada como “cimosa”. Las flores de la papa son bisexuales, es decir, poseen ambos sexos. Se encuentran conformadas por las cuatro partes esenciales de una flor; cáliz, corola, estambres y pistilo.

2.2.1.5.8. Fruto, semilla

Después de ser fertilizado el ovario se convierte en fruto denominado baya, el cual en su interior contiene numerosas semillas. El fruto puede tener forma; circular, ovoide o cónica. Normalmente el fruto posee un color verde y puede tener unos puntos blancos o pigmentos dependiendo de la variedad. El fruto puede contener más de 200 semillas de papa, según la productividad de cada variedad.

La semilla se encuentra cubierta por una capa llamada testa, que tiene la función de cubrir al embrión y al endospermo. Estas semillas son conocidas como semillas botánicas o semillas verdaderas para diferenciarlas de la semilla tubérculo (Inostroza *et al.*, 2016).

2.2.1.6. Requerimientos edafoclimáticos

En el siguiente cuadro se muestra las condiciones agroecológicas óptimas para el desarrollo del cultivo de papa.

Tabla 2. Requerimientos edafoclimáticos para el cultivo de papa

Requerimientos óptimos	
	Desarrollo: 15 – 20°C
Temperatura	Inicio tuberización: <15°C Tuberización 14 – 20°C
Altitud	2600 – 3600 msnm.
Precipitación	600 a 1500 mm (cada ciclo)
Suelo	Francos, bien drenados, profundos (30-35 cm), con buen contenido de materia orgánica.
pH	5 – 6

Fuente. Huarte (2016). INIAP, *Cultivo de papa requerimientos edafoclimáticos*.

2.2.1.7. Variedades

La producción de papa se realiza en la sierra ecuatoriana, de las cuales se destacan tres zonas de importancia; zona norte, zona centro y zona sur (Pumisacho & Stephen, 2002). También existen zonas marginales que producen papa, sin embargo, su aporte es de reducidas cantidades, como las provincias de Napo, Pastaza, el Oro y ciertas partes de Galápagos.

Las variedades según Torres *et al.*, (2011) se clasifican en dos grupos: nativas y mejoradas. Las variedades nativas son el producto de un proceso de domesticación, selección y una conservación ancestral, aquí se encuentran las variedades como: Chiwila, Dolores, Calvache, Tushpa, Coneja Negra, Leona Negra, Uvilla, etc.

Las variedades mejoradas fueron el resultado de los diferentes procesos de mejoramiento a nivel genético. Se caracterizan por poseer mayores ventajas como: mejor potencial de rendimiento, resistencia a enfermedades y plagas, además, por su variedad de formas de consumo.

En la siguiente tabla se muestra las variedades mejoradas de papa, producidas en las diferentes zonas de la Sierra ecuatoriana.

Tabla 3. Variedades de papa producidas por zonas

Zonas de Cultivo	Provincias	Variedades producidas
Zona Norte	Carchi, Sucumbíos	Gabriela, Esperanza, María, Fripapa, Estela, Superchola, Yema de huevo (Chauchas), Chola, ICA-Capiro, Única, clon “Carolina” y clon “Libertad”
Zona Centro	Pichincha, Cotopaxi, Tunguragua, Bolívar y Chimborazo.	Santa Catalina, Esperanza, Gabriela, María, Rosita, Santa Isabel, Fripapa 99, Cecilia, Natividad, Suprema, Estela, Superchola, Chola, Uvilla, Yema de huevo, Leona, clon “Carolina”, clon “Libertad”, ICA-Única.
Zona Sur	Cañar, Azuay y Loja	Santa Catalina, Gabriela, Esperanza, Soledad Cañari, Santa Ana, Bolona.

Fuente: Herrera *et al.*, (citada en Torres *et al.*, 2011). INIAP, *Inventario de tecnologías e información para el cultivo de papa en Ecuador*.

2.2.1.7.1. Variedad Superchola

La variedad Superchola es una papa para consumo fresco y para procesamiento (papa frita en forma de hojuelas y de tipo francesa). Los tubérculos son medianos, elípticos a ovalados. De piel rosada y lisa, con ojos superficiales y pulpa amarilla pálida (CIP, 2018).

a) Origen de la variedad

Esta variedad fue generada por el señor Germán Bastidas, San Gabriel, Carchi. Proviene de los cruzamientos realizados con las variedades (Curipamba negra x *Solanum demissum*) x (clon resistente con comida amarilla x chola seleccionada). Esta variedad fue liberada en 1984.

b) Características morfológicas

Planta de crecimiento erecto, con numerosos tallos verdes con pigmentación púrpura, bien desarrollados y pubescentes. Tiene un follaje frondoso de crecimiento rápido que cubre bien el terreno, presenta hojas de color verde intenso, abiertas. Con tres pares de folíolos primarios, tres pares de folíolos secundarios y cinco pares de folíolos terciarios, sus flores son de color morado y los tubérculos presentan un período de reposo de 80 días (Pumisacho y Velásquez, 2009).

c) Siembra

- Densidad de siembra: 1000 – 1200 kg/ha de semilla certificada.
- Distancia entre surcos: 1,10 – 1,20 m.
- Distancia entre plantas: 0,30 a 0,40 m.

d) Características agronómicas

- Zona recomendada: desde los 2800 a 3600 m de altitud.
- Días a la floración: 120
- Maduración: 180 días a 3000 m de altitud.
- Rendimiento: 30 t/ha

e) Características de calidad

- Materia seca: 24%
- Gravedad específica: 1.098

f) Reacción a enfermedades

Es susceptible a lancha (*Phytophthora infestans*), medianamente resistente a roya (*Puccinia pittieriana*) y tolerante al nematodo del quiste de la papa *Globodera pallida* (Andrade, 2009).

2.2.1.7.2. Variedad Única

La variedad ICA Única es una variedad colombiana generada por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). Esta papa es apta para consumo en fresco y para fritura tipo bastón. Los tubérculos son redondos. La piel es crema con presencia de color morado en los ojos, los mismos que son superficiales. La pulpa es amarillo-claro (CIP, 2017).

a) Origen de la variedad

ICA Única proviene de cruzamientos con E-59-42 (Clon *neotuberosum ssp adg*) x Masal de polen (variedades nativas colombianas). Liberada en 1995.

b) Características morfológicas

- Presenta porte de planta alta y follaje verde oscuro.
- Floración media y poca formación de frutos.
- Los tubérculos poseen un período de reposo de 30 días a 15°C y 75% HR.

c) Características agronómicas

Es de adaptación amplia (2000 a 3500 m de altitud). En Colombia su principal zona de cultivo es el departamento de Boyacá, los agricultores le atribuyen rusticidad y es cultivada con menor cantidad de fertilizante que las variedades tradicionales. En el Ecuador se encuentra distribuida en las zonas norte y centro.

- Maduración: relativamente semitardía (165 días a 2600 m de altitud).
- Rendimiento: en condiciones óptimas de cultivo es superior a las 40 t/ha

d) Características de calidad

- Materia seca: 20.21%
- Color de las hojuelas moderadamente claro

e) Reacción a enfermedades

Moderadamente resistente a lancha *Phytophthora infestans* (Ñustez, 2010).

2.2.1.8. Fases fenológicas

- **Emergencia:** La papa común emerge a los 30- 35 días después de la siembra, alcanzando el 100% a los 40-45 días.
- **Estolonización:** Se inicia a los 15-20 días después de la emergencia.
- **Floración:** Ocurre normalmente a los 50-60 días después de la siembra. El final de la floración se presenta a los 90-100 días de la siembra.
- **Tuberización:** Se inicia a los 70-75 días después de la siembra.

- **Madurez fisiológica:** Se observa a los 140 a 145 días después de la siembra (Canqui, 2008).

2.2.1.9. Manejo agronómico

2.2.1.9.1. Preparación del terreno

Es una de las principales labores culturales de gran importancia para la producción de papa, debido a que consiste en preparar el suelo de tal manera que se encuentre disponible para que la planta pueda cubrir con sus necesidades. Por lo que se recomienda la utilización de un arado a una profundidad máxima de 40 cm, dependiendo de la compactación del suelo. Para mullir el terreno se puede utilizar una rastra. Después de haber arado y eliminado los restos de terrones y raíces, se procede a la elaboración de surcos, estos no deben sobrepasar un largo de 50 metros, para evitar complicaciones con el riego. La distancia entre surco recomendada es de 0,7 a 1 metros (INIA, 2013).

2.2.1.9.2. Fertilización

Otro factor que se debe tomar en cuenta es la fertilización, su aplicación varía de acuerdo con las siguientes necesidades.

- Se parte con la ayuda del análisis químico del suelo.
- La aplicación del nitrógeno se la realiza dividiéndolo en dos partes: 50% en la siembra y el otro 50% a los 45 días, aproximadamente después de siembra.
- Los otros elementos nutricionales de importancia como el: (fósforo, potasio y azufre) se aplican al momento de la siembra en su totalidad.
- Se deben realizar fertilizaciones foliares al momento de efectuar los diferentes controles fitosanitarios. Es preferible emplear fertilizantes de formulación completa (Montesdeoca, 2005).

Tabla 4. Extracción total de nutrientes por el cultivo de papa para diferentes niveles de producción.

	Rendimiento t/ha	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn
Ecuador	17	70	15	140	25	10		400	35	1.050	200
	50	220	50	350	95	35		900	60	4.600	550
Colombia	20	120	40	250		20	10				
	40	210	70	430		40	20				
	50	300	100	600		60	25				

Fuente: Pumisacho & Stephen (2002). El cultivo de la papa en Ecuador.

2.2.1.9.2.1. Fertilizante Papa Siembra

Fertilizante sólido, granulado de formulación completa, particularmente alto en fósforo que es un nutriente esencial para una buena conformación de la raíz del cultivo, lo que permite obtener mejores rendimientos debido a que origina un mayor número de tubérculos. Su formulación completa conformada de macro y micronutrientes se han definido según los requerimientos particulares del cultivo.

Al ser un fertilizante de especialidad, puede usarse en diversos tipos de suelo y diversas situaciones agronómicas.

a) Características Físicas y Químicas

Nombre comercial: FERTIANDINO, Papa Siembra

Formulación Química: N 10%, P₂O₅ 29%, K₂O 16%, MgO 1%, S 1%, CaO 1%, Zn 0.2%, B 0.06%, SiO₃ 1%

Tabla 5. Composición del fertilizante Papa Siembra

Composición		
Nitrógeno	(N)	10%
Fósforo	(P ₂ O ₅)	29%
Potasio	(K ₂ O)	16%
Magnesio	(MgO)	1%
Azufre	(S)	1%
Calcio	(CaO)	1%
Zinc	(Zn)	0,20%
Boro	(B)	0,06%
Silicio	(SiO ₃)	1%

Fuente: (Orellana, 2010). FERTIANDINO, *programa de nutrición de Papa Siembra*.

b) Recomendaciones de uso

- Aplicaciones manuales: Se realizará una aplicación de tipo edáfica, al momento de la siembra.
- Dosis recomendada: 250 kg/ha
- Compatible con la mayoría de los fertilizantes: Es un fertilizante medianamente higroscópico, la fórmula que se aplica en el campo es uniformemente distribuida a través de la superficie de siembra (Orellana, 2010).

2.2.1.9.2.2. Fertilizante Papa Aporque

Por su relación N: K de 1:1.5, permite obtener el máximo rendimiento, tubérculos más grandes y calidad de los productos. Al aportar el 50% del N en forma nitrato y 50% de nitrógeno Amoniacal puede ser absorbido inmediatamente por la planta y en altas cantidades, lo que implica rápida respuesta de los cultivos y una eficiente corrección de deficiencias nutritivas.

Al ser un producto de alta solubilidad, puede ser aplicado aún en condiciones de baja humedad, lo que permite una rápida y total penetración en el perfil edáfico para ser aprovechado eficientemente por la planta. La incorporación en la mezcla del Silicio promueve la transformación del fósforo no disponible para la planta en formas asimilables (FERTIANDINO, 2010).

a) Características Físicas y Químicas

Nombre comercial: Papa Aporque

Formulación Química: N 16%, P₂O₅ 0%, K₂O 25%, MgO 2%, S 1%, CaO 0,4%, Zn 0.2%, B 0.1%, SiO₃ 2%

Tabla 6. Composición del fertilizante Papa Aporque

Composición		
Nitrógeno	(N)	16%
Fósforo	(P ₂ O ₅)	0%
Potasio	(K ₂ O)	25%
Magnesio	(MgO)	2%
Azufre	(S)	1%
Calcio	(CaO)	0,40%
Zinc	(Zn)	0,20%
Boro	(B)	0,10%
Silicio	(SiO ₃)	2%

Fuente. (FERTIANDINO, 2010). Papa Aporque, *DELCORP*.

b) Ventajas de su uso

- 50% Nitrógeno nítrico, no se volatiliza y es de absorción inmediata.
- Alta solubilidad, fácil manejo y rápida disponibilidad de Potasio.
- Granulometría uniforme, así los ingredientes no se separan y la fórmula que se aplica en el campo es uniformemente distribuida a través de la superficie de siembra.

- Aporta calcio que interviene en la calidad de los tubérculos (Orellana, 2010).

2.2.1.9.3. Manejo de semilla

La producción del cultivo de papa depende del éxito del tipo de semilla y de su manejo. Si se utiliza una semilla de calidad obtendremos como resultado una producción exitosa, estimándose que este componente puede influir en un peso relativo porcentual en la producción esperada de aproximadamente el 25%. Tomando esta consideración, se debe realizar algunas prácticas previas a la siembra del cultivo.

2.2.1.9.4. Desinfección de semilla tubérculo

Esta actividad consiste en dar un tratamiento con la finalidad de desinfectar el tubérculo, este tratamiento puede ser realizado con diferentes productos directamente aplicados a la papa semilla, entera o partida, para evitar el ataque de numerosas enfermedades fungosas y bacterianas como: *Fusarium sp.*, *Curvularia sp.*, *Aspergillus sp.*, *Colletotrichum sp.*, *Helminthosporium sp.*, *Chaetomium sp.*, *Phoma sp.*, *Piricularia sp.*, *Rhizopus sp.*, *Penicilium sp.*, *Rhizoctonia sp.* y *Xantomonas sp.*, cuyos inóculos se pueden propagar en el suelo o van adheridos a la propia semilla. Para hacer frente a estas enfermedades se pueden utilizar desinfectantes como Busa y Vitavax. Se recomienda realizar con antelación las actividades de desbrote, la selección y el verdeo (Canqui, 2008).

2.2.1.9.5. Siembra

Comúnmente, los tubérculos de semilla son utilizados para la reproducción vegetativa de papa. La semilla pierde su capacidad productiva, debido a la degeneración constante ocasionada por diferentes enfermedades fungosas, bacterianas o viróticas, Además, de la utilización de la misma semilla después de varios ciclos. Por tal motivo, es imprescindible el renovar constantemente la semilla, de forma periódica, adquiriendo semilla certificada o de calidad (Pumisacho & Stephen, 2002).

El tubérculo semilla debe alcanzar un peso de 20 a 40 g. La semilla debe tener de 2 a 3 brotes mínimo, con un tamaño de 5 a 10 cm de longitud, con la finalidad de obtener varios tallos por planta, los cuales emergerán rápidamente, desarrollando su follaje frondoso. De esta manera proporcionara un mayor rendimiento. Cuando la papa se siembra para la obtención de papa semilla, los distanciamientos son más cortos que para papa comercial como se observa en la tabla 7 (Román & Hurtado, 2002).

Tabla 7. Distanciamiento para siembra de papa.

Distanciamiento	Papa semilla	Papa comercial
Entre surcos	0,9m	1,00 – 1,20 m
Entre posturas	0,15m	0,30 m
Densidades	50 mil plantas	20 - 25 mil plantas

Fuente: Román & Hurtado (2002). *Guía cultivo de papa*.

2.2.1.10. Labores culturales

Las labores culturales son actividades para realizar después de que las plantas han emergido. En Ecuador las principales prácticas culturales asociadas al manejo agronómico son: el retape, el rascadillo y los aporques. En algunos casos puede incluir el riego.

2.2.1.10.1. Retape

Esta actividad comúnmente se la realiza en la provincia del Carchi, es una labor que se hace entre los 15 y 21 días después de la siembra. Tiene la finalidad de incorporar el fertilizante restante, además, de realizar un control mecánico de malezas. En algunas zonas esta labor sustituye al rascadillo (Pumisacho & Stephen, 2002).

2.2.1.10.2. Rascadillo o deshierbe

Esta técnica consiste en remover superficialmente el suelo, para lograr un control oportuno de malezas y permitir que el suelo se airee. Se realiza a los 30 a 35 días después de la siembra, cuando la planta ha alcanzado los 10 a 15 cm de altura. Sin embargo, el momento del deshierbe puede variar debido a las condiciones de preparación del suelo y de la humedad. La labor en pequeñas extensiones puede realizarse de forma manual con ayuda de un azadón. En extensiones grandes con un área topográfica plana, se puede utilizar maquinaria como un cultivador tiller, el mismo que afloja el suelo a una profundidad ajustable. En los dos casos es recomendable tomar ciertas precauciones a fin evitar el daño del follaje joven y el sistema radicular de la planta.

2.2.1.10.3. Medio aporque y aporque

Es aproximar la tierra a las plantas, originando camellones bien formados. Al igual que en los casos anteriores se realiza de forma manual o mecánica utilizando una yunta o tractor. En el

país se realizan dos momentos de aporque. Sin embargo, con las variedades de ciclo corto solo es posible aporcar una vez (variedades menores a los 100 días). Pero si existe problemas con el drenaje se debería realizar un segundo aporque. El tiempo en realizar esta labor depende de la formación de estolones y la tuberización.

Es recomendable realizar el medio aporque entre los 50 a 60 días y el aporque a partir de los 70 a 80 días. Se incorpora la fertilización complementaria en el medio aporque. El aporque propiamente dicho tiene la funcionalidad de cubrir los estolones con tierra ayudando de esta manera con la tuberización. Además, tiene la finalidad de controlar malezas, proporcionar sostén a la planta y facilitar la cosecha (Pumisacho & Stephen, 2002).

2.2.1.10.4. Riego

Las necesidades de agua del cultivo de papa dependen de las épocas del año, del estado fenológico en el que este cruzando y de los periodos críticos de mayor demanda hídrica. Un aspecto fundamental es la profundidad de las raíces, debido a que las plantas jóvenes necesitan tiempos de riego cortos, pero más frecuentes por la profundidad de sus raíces. Sin embargo, a medida que la planta crece requiere de riegos menos frecuentes, pero de mayor tiempo. También hay obstáculos para el desarrollo radical, como el pie de arado y alto nivel freático.

El cultivo de papa puede ser susceptible al déficit hídrico. Los periodos críticos en donde necesita mayor cantidad de agua son entre el inicio de la estolonización, la formación de tubérculos y al desarrollo de la cosecha; mientras que los periodos que requiere de una menor cantidad de agua corresponden a la maduración y a su fase inicial. Esta respuesta fisiológica es el resultado de estrecha relación de procesos internos de la planta con el agua, reconociéndose en la papa al menos cuatro estados fenológicos: establecimiento, desarrollo vegetativo, formación de la producción y maduración (Inostroza *et al.*, 2017).

2.2.2. Bacterias promotoras de crecimiento vegetal

Kloepper en sus investigaciones en 1978 determinó a un tipo de bacteria como PGPR (por sus siglas en inglés, denominándose como plant growth promoting o bacteria promotora de crecimiento vegetal), la cual se identificó por ser altamente eficiente en promover el crecimiento de las plantas y aumentar sus defensas frente a otros agentes causantes de enfermedades. Algunas características que poseen las BPCV son; elevada densidad de población rizosférica durante su inoculación en las plantas, debido a que, si la población es disminuida tiende a declinar

rápidamente por su baja capacidad de competitividad con la microflora autóctona del suelo. Además, poseen la capacidad de colonizar con efectividad la superficie de la raíz con la finalidad de que puedan influir positivamente en el desarrollo de la planta. Otro aspecto importante es que pueden combatir a otros microorganismos perjudiciales, que afectan negativamente a la planta de forma natural. Y por último que sean inocuos para el hombre.

La inoculación con este tipo de bacterias puede proporcionar como resultado un evidente crecimiento en materia vegetativa de las plantas, observándose un aumento en el porcentaje de emergencia, vigor, biomasa, mejor desarrollo radicular e incrementos de la producción hasta un 30% en cultivos como: jitomate, soya y trigo (Hernandez & Escanola, 2003).

2.2.2.1. Asociaciones planta-microorganismo

Las bacterias benéficas del suelo juegan un papel muy importante para la planta, debido a que su asociación les permite aumentar su crecimiento. Ecológicamente, a esta interacción benéfica se la denomina mutualismo, que se determina como la condición en la que diferentes especies de seres vivos habitan juntos, proporcionando un beneficio mutuo tanto para el hospedero (planta) como para el simbiote (bacteria).

Comúnmente la mayoría de las asociaciones planta y microorganismo suceden a nivel de la rizosfera. Esta parte de la planta se define como el suelo, el cual está ligado fuertemente a las raíces de la planta. A su vez la rizosfera se subdivide en tres partes; rizoplano (microorganismos adheridos a la raíz), endorrizosfera (se encuentran los microorganismos dentro de la raíz) y ectorrizosfera (microorganismo que actúan cerca de la corteza radical). Esta asociación comienza como respuesta conocida como efecto rizosférico, el cual se da lugar a través de un intercambio de señales fisiológicas que se distribuyen a partir de la interacción bacteria-planta, con resultados benéficos para los dos.

Aproximadamente el 40% del carbono fijado en la fotosíntesis por la planta, puede ser llevado a la rizosfera, lo que promueve positivamente a la mayoría de las bacterias que se encuentran en la raíz, a que se alimenten de los exudados generados por las plantas, como azúcares, vitaminas, glúcidos, ácidos orgánicos, factores de crecimiento y mucigel (Hernandez & Escanola, 2003).

2.2.2.2. El género *Bacillus*

Ferdinand Julius Cohn entre 1870 y 1880 describió por primera vez el género *Bacillus*, su gran diversidad en fisiologías ecológica dificulta su clasificación genética y su identificación. A través de estudios de ARNr 16s, se ha logrado dividir en cuatro grandes grupos: el primer grupo se conoce como *Bacillus sensu stricto* donde encontramos el *Bacillus subtilis*, el segundo grupo *Bacillus sensu lato* que incluye principalmente *B. anthracis*, *B. thuringiensis* y *B. cereus*, finalmente se han descrito dos grupos más con nuevas especies, destacando a *B. horti*, *B. carboniphilus*, *B. chitinolyticus*, y *B. infernus*, entre otros.

Bacillus es un género de interés, dado que aporta un amplio perfil de diversidad fisiológica (acidofilia, alcalofilia, psicofilia, termofilia y parasitismo), virtud que es otorgada por la formación de su espora, cualidad que le permite estar en diferentes hábitats tanto acuáticos como terrestres (Lozano *et al.*, 2016).

2.2.2.3. *Bacillus subtilis*

El género *Bacillus subtilis* es perteneciente a la familia de *Bacillaceae*, en donde se encuentran incluidas más de 60 especies. Son microorganismos Gram positivos, que desarrollan endosporas que pueden ser móviles. Estos pueden ser aerobios o anaerobios facultativos. El tamaño de esta bacteria puede variar entre los 0,5 a 2,5 μm x 1,2-10 μm . Su habitat común es en los suelos y las plantas donde tiene un papel importante especialmente en el ciclo del nitrógeno y carbono. Pero también pueden encontrarse en aguas frescas y estancadas (Koneman, 2001).

Bacillus subtilis produce endosporas que se caracterizan por ser termorresistentes, que pueden sobrevivir frente condiciones adversas como; la desecación, la radiación y los ácidos. Esta bacteria produce enzimas hidrofílicas extracelulares que son capaces de descomponer polisacáridos. Vive dentro de los límites de 55 a 70°C y especifican por promover el desarrollo vegetativo de las plantas y actuar como biocontrolador biológico (Calderón *et al.*, 2002). Además, se consideran como agentes biológicos seguros, esto debido a que su potencial como bio-controladores es muy alto (AZOBAC, 2001).

2.2.2.3.1. Ciclo de *Bacillus*

Durante la primera etapa, la bacteria crece de forma exponencial mediante fisión binaria, ya que se encuentra en un medio con las condiciones favorables para su desarrollo. La segunda

fase comienza como una estrategia de supervivencia en presencia de algún tipo de estrés (alta densidad de población, escasez de nutrientes, factores externos como salinidad, temperatura, pH, entre otros), así la célula vegetativa inicia la formación de la endospora, lo cual implica la división celular asimétrica, dando lugar a la formación de dos compartimentos, célula madre y la inmersión de una preespora.

Posteriormente, la preespora es engullida, formando una célula dentro de la célula madre. Durante las etapas posteriores, la preespora es recubierta de capas protectoras (componentes proteicos, peptidoglicano y una pared que reside debajo de ésta, formada por células germinales), seguido de la deshidratación, y la maduración final de la preespora. Finalmente, la célula madre se lisa mediante muerte celular programada, liberando la endospora. La endospora puede permanecer viable en el ambiente hasta que las condiciones son favorables para iniciar sus procesos metabólicos y generar una célula vegetativa (Villarreal *et al.*, 2018).

2.2.2.3.2. Mecanismo de acción

La inoculación del género *B. subtilis* de acuerdo con la promoción del crecimiento vegetal puede ser de forma directa o indirecta. Cuando ocurre de forma directa se observa que las bacterias rizosféricas poseen la funcionalidad de llevar a cabo la fijación de nitrógeno, solubilizar el elemento fósforo y a su vez la producción de hormonas reguladoras de crecimiento en la planta. Por otra parte, la forma indirecta sobre el crecimiento vegetal se relaciona con *b. subtilis* como bio-controlador, es decir que actúa como antagonista de patógenos, proporcionando a la planta resistencia.

2.2.2.3.3. Solubilización de fósforo

La solubilización de fósforo es de vital importancia para las plantas. Ya que este nutriente limita el crecimiento si no es correctamente solubilizado. Dentro de las varias funciones que se le han atribuido como; el almacenamiento y transferencia de energía, como también de constituir parte de algunas macromoléculas de importancia que se encuentran en la membrana citoplasmática las cuales son: ácidos nucleicos y fosfolípidos.

Por otro lado, las cantidades excesivas de fosfatos químicos aplicados al suelo como fertilizantes son inmóviles después de su aplicación, siendo inasimilables por la planta. El género *Bacillus subtilis* es uno de los más investigados al ser de importancia ya que posee la

capacidad de excretar al medio ácidos orgánicos como principal mecanismo de solubilización de fósforo (Tejera *et al.*, 2011).

2.2.2.3.4. Fijación biológica de nitrógeno

La fijación de nitrógeno es un proceso microbiano, en donde, el nitrógeno atmosférico es asimilado como amonio e incorporado a la biomasa, con lo que llega a constituir una fuente principal de nitrógeno por parte de las plantas. Este proceso es llevado a cabo por la enzima nitrogenasa, la cual está presente en todos los microorganismos que tiene la capacidad de fijar nitrógeno.

Se determina que 175 millones de toneladas de nitrógeno son adicionadas al suelo a través de la fijación biológica del nitrógeno, calculándose que el 60% del nitrógeno es usado por las plantas. Teniendo en cuenta esto, se podría reducir considerablemente el uso de fertilizantes nitrogenados en la agricultura si se emplearan los microorganismos que puedan llevar a cabo esta función Tejera *et al.*, (2011). El género *B. subtilis* presenta una gran versatilidad metabólica y se ha demostrado su capacidad de llevar a cabo el proceso de fijación biológica de nitrógeno.

2.2.2.3.5. Inhibición de la interacción planta patógeno.

B. subtilis tiene la capacidad de competir eficientemente por la colonización de la rizósfera. Disminuyendo la posibilidad de que el patógeno pueda interactuar con las raíces de la planta. Este efecto se debe a que forma una barrera física conocida como biofilm bacteriano. La cual no impide la interacción entre el *Rhizobium* y la leguminosa, debido a que esta última se produce mediante un apéndice específico de la planta que supera esta barrera permitiendo la interacción con *Rhizobium* (AZOBAC, 2001).

2.2.2.3.6. Estimulación del sistema de defensa de la planta.

Esto hace que la planta sea capaz de defenderse de futuros ataques de patógenos no solo a nivel de raíz sino a nivel de toda la planta ya que activa lo que se conoce como resistencia sistémica de la planta. Esta estimulación se produce a través de la inducción de las vías de Resistencia locales y sistémicas de la planta. La inducción de Resistencia RSI (Resistencia sistémica inducida) es un estado fisiológico que aumenta la capacidad defensiva, donde las defensas innatas de la planta son potenciadas contra subsecuentes desafíos bióticos (posteriores ataques de patógenos vegetales). Este estado potenciado de Resistencia es efectivo contra un amplio rango de patógenos y parásitos. *B. subtilis* provoca una significativa reducción de la incidencia

y severidad de varias enfermedades sobre una gran cantidad de hospedadores vegetales (AZOBAC, 2001).

2.2.2.3.7. Produce biomoléculas con propiedades antifúngicas y antibacterianas.

Varias especies de *bacillus* producen toxinas que inhiben el crecimiento o la actividad de hongos y nematodos patógenos de plantas, siendo el más estudiado y utilizado *B. subtilis*. Esta bacteria puede secretar enzimas catabólicas, péptidos antibióticos y pequeñas moléculas que contribuyen a la supresión de patógenos (AZOBAC, 2001).

III. METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

3.1.1. Enfoque

La investigación tiene un enfoque cuantitativo debido a que se obtuvo datos que permitieron evaluar las diferentes variables agronómicas y productivas como: altura de planta, número de tallos, diámetro de tallos principales, rendimiento por categoría, calidad de tubérculo y análisis de la relación costo beneficio sobre el efecto de la aplicación de varias dosis de *Bacillus subtilis*, en dos variedades del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*), con la finalidad de probar la hipótesis.

3.1.2. Tipo de Investigación

La presente investigación se caracterizó por ser experimental, pues se realizó en un determinado período de tiempo, con ayuda de un Diseño Experimental de Parcelas Divididas (DPD) en Bloques al Azar, en el cual describió los grupos y tratamientos que se obtuvieron con su respectiva dosificación, teniendo en cuenta como la aplicación de *Bacillus subtilis* incide en el cultivo de papa, para finalmente realizar un análisis de resultados y determinar que tratamiento tiene una mayor efectividad en las diferentes variables.

3.2. HIPÓTESIS

Ho: No existe diferencia estadística significativa en la producción de dos variedades del cultivo de papa (Única y Supechola) frente a la aplicación de varias dosis de *Bacillus subtilis*.

Hi: Existe diferencia estadística significativa en la producción de dos variedades del cultivo de papa (Única y Supechola) frente a la aplicación de varias dosis de *Bacillus subtilis*.

3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variables	Definición	Dimensiones	Indicadores	Items	Técnica	Instrumento
Independientes: <i>Bacillus subtilis</i> y Variedades	VI. Dosificación de <i>Bacillus subtilis</i>	A2: <i>Bacillus subtilis</i> en dosis baja	Se dosificó el producto a base de <i>Bacillus subtilis</i> para luego su inoculación en el cultivo de papa a la siembra y luego con intervalos de 15 días dds hasta los 150 días dds.	Dosis 2,5 ml/l	Se inoculó manualmente mediante aspersión al Tubérculo-semilla y luego foliarmente a la planta de papa	Bomba de mochila
		A3: <i>Bacillus subtilis</i> en dosis media		Dosis 5 ml/l		
		A4: <i>Bacillus subtilis</i> en dosis alta		Dosis 7,5 ml/l		
	VI. Variedades	V1: Superchola V2: Única	Se realizó la siembra a un distanciamiento promedio de 0,40 m entre plantas y 1m entre surcos	Sé adquirió 230 kg de semilla certificada: 115 kg variedad Superchola y 115 kg variedad Única	La siembra se la realizó manualmente	Herramientas manuales de labranza
Dependiente: Cultivo de papa	VD. Características agronómicas	Altura de planta	Los datos fueron tomados desde el cuello del tallo hasta la hoja más alta de la planta a los 30, 60, 90, 120 y 150 días (dds).	En centímetros	Medición manual	Flexómetro, Libreta de campo
		Número de tallos de plantas	Se determinó mediante el conteo de tallos por planta en la parcela neta a los 30, 60, 90, 120 y 150 días (dds).	Unidades	Medición manual	Libreta de campo
		Diámetro de tallos de plantas	Se evaluó a partir de las mediciones de los tallos principales mediante el uso	En centímetros	Medición manual	Calibrador, Libreta de campo

		del calibrador a los 30, 60, 90, 120 y 150 días (dds).			
VD. Características de calidad en el tubérculo	Tamaño (diámetro ecuatorial y eje longitudinal) del tubérculo.	En la cosecha, se midió el diámetro ecuatorial y el eje longitudinal del tubérculo.	En centímetros	Medición manual	Calibrador, Libreta de campo
	Estado sanitario del tubérculo	Se determinó la incidencia de enfermedades en los tubérculos mediante la identificación visual de los síntomas, tomando 10 tubérculos de diferente categoría por parcela	Incidencia de enfermedades externas en el tubérculo.	Observación y registro	Libreta de campo
VD. Características productivas	Rendimiento por categoría	Se determinó el rendimiento por categoría, clasificando los tubérculos en categorías: primera, segunda y tercera.	Kg/ha	Clasificación manual, pesado y registro.	Libreta de campo, Balanza
	Rendimiento total del cultivo	Se evaluó el rendimiento total de cada parcela en kg/ha a los 180 días después de la siembra	Kg/ha		
VD. Características económicas	Relación costo/beneficio	Después de analizar el costo en el mercado se procedió a realizar los costos de producción y un análisis financiero para determinar el C/B	Cálculo del C/B	Fórmulas financieras	Herramienta informática Statistix 8

3.4. MÉTODOS UTILIZADOS

3.4.1. Diseño experimental

Se utilizó un Diseño de Parcela Divididas (DPD) en Bloques al Azar. En donde las parcelas grandes fueron el factor variedad y las parcelas pequeñas el factor dosificación de *Bacillus subtilis*.

3.4.2. Factores en estudio

Factor A: Dosificación de *Bacillus subtilis*

Niveles de factor

A1: Testigo cero (sin fertilización)

A2: *Bacillus subtilis* en dosis baja

A3: *Bacillus subtilis* en dosis media

A4: *Bacillus subtilis* en dosis alta

A5: Testigo químico (fertilización química)

Factor B: Variedad de papa

Variedades

V1: Superchola

V2: Única

3.4.3. Tratamientos

Se obtuvo 10 tratamientos con 3 bloques para un total de 30 unidades experimentales. Los cuales se expresan en la tabla 6.

Tabla 8. Descripción de grupos y tratamientos

Tratamientos	Descripción	
1	A1V1	Sin fertilización en variedad Superchola
2	A2V1	<i>Bacillus subtilis</i> 2,5 ml/l en variedad Superchola
3	A3V1	<i>Bacillus subtilis</i> 5 ml/l en variedad Superchola
4	A4V1	<i>Bacillus subtilis</i> 7,5 ml/l en variedad Superchola
5	A5V1	Fertilización química en variedad Superchola
6	A1V2	Sin fertilización en variedad Única
7	A2V2	<i>Bacillus subtilis</i> 2,5 ml/l en variedad Única
8	A3V2	<i>Bacillus subtilis</i> 5 ml/l en variedad Única
9	A4V2	<i>Bacillus subtilis</i> 7,5 ml/l en variedad Única
10	A5V2	Fertilización química en variedad Única

Tabla 9. Momentos de aplicación

Trat.	Aplicación	Contenido	Producto	Momento de Aplicación
T1 T6	Testigo Absoluto	(Sin fertilización)		
T2 T7	<i>Bacillus subtilis</i>	Dosis baja (2,5ml/l)	Nombre comercial: NITO	- Momento de la siembra - Intervalos de 15 días dds.
T3 T8	<i>Bacillus subtilis</i>	Dosis media (5ml/l)	Nombre comercial: NITO	- Momento de la siembra - Intervalos de 15 días dds.
T4 T9	<i>Bacillus subtilis</i>	Dosis alta (7,5ml/l)	Nombre comercial: NITO	- Momento de la siembra - Intervalos de 15 días dds.
T5 T10	Testigo químico	Fertilización química	- Papa siembra (Composición 10% N, 29% P ₂ O ₅ , 16% K ₂ O, 1% MgO, 1% S, 1% Ca. - Para aporque (Composición 16% N, 0% P ₂ O ₅ , 25% de K ₂ O, 2% MgO, 1% S, 0,40% Ca, 0,20% Zn.	-Momento de la siembra - Segunda aplicación 45 días dds.

3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se empleo el programa estadístico Statistix versión 8 para realizar el análisis de varianza (ADEVA) con el objetivo de verificar si existe interacción entre los factores estudiados (factor dosificación de *Bacillus subtilis* y factor variedad), también se utilizó las pruebas denominadas diferencia de medias (Tukey) al 5% de probabilidad, para determinar si existe diferencia entre los tratamientos, con respecto a las diferentes variables.

Tabla 10. Esquema de ADEVA para parcelas divididas

Fuente de variación	Grados de libertad
Bloque	2
Fertilización	4
Error Bloque x Fert.	8
Variedad	1
Fert x Var	4
Error Bloque x Fert x Var	10
Total	29

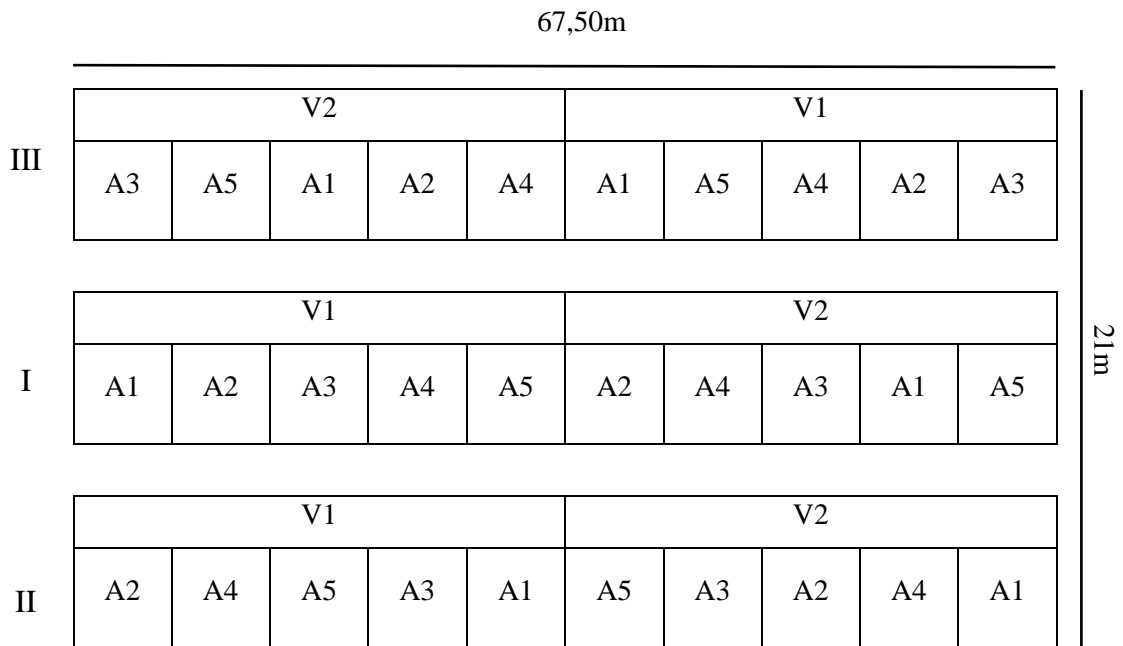
3.5.1. Población y muestra

El diseño experimental implantado contó con una población total de 2700 plantas establecidas en 30 parcelas, cada unidad experimental tuvo un área de 36 m². Mientras que la muestra total fue de 300 plantas distribuidas en 30 parcelas netas, cada parcela neta estuvo constituida por 10 plantas en un área de 4 m²

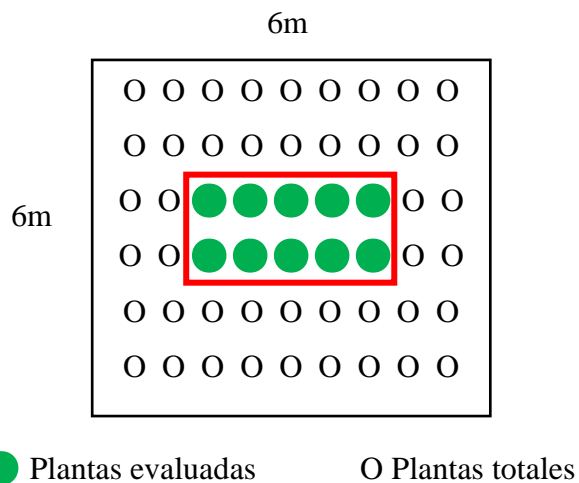
Ancho de unidad experimental	6,0 m
Largo de unidad experimental	6,0 m
Área total de unidad experimental	36 m ²
Número de plantas por parcela	90 plantas
Distanciamiento entre plantas	0,40 m
Distanciamiento entre surcos	1,00 m
Separación entre bloques	1,00 m

Área total de parcelas	1080 m ²
Área total de caminos	337.5 m ²
Área total neta	1417.5 m ²

3.5.2. Esquema del ensayo



Esquema de la unidad experimental



3.6. VARIABLES INDEPENDIENTES

3.6.1. Dosificación de *Bacillus subtilis*

Se dosificó *B. subtilis* a 2,5 ml, 5ml y 7,5 ml/litro de agua, los cuales fueron aplicados a la siembra y luego con intervalos de 15 días dds hasta que el cultivo alcanzó los 150 días dds.

3.7. VARIABLES DEPENDIENTES

Se determinó como resultado las siguientes características:

3.7.1. Altura de la planta

Los datos se obtuvieron de las respectivas mediciones de las plantas a los 30, 60, 90, 120 y 150 días después de la siembra, la medida se tomó desde el cuello del tallo hasta la hoja más alta, con un flexómetro hasta el final del ciclo, expresando los resultados en centímetros.

3.7.2. Número de tallos de plantas

Se determinó mediante el conteo de tallos por planta en la parcela neta a los 30, 60, 90, 120 y 150 días después de la siembra, tomando en cuenta que los tallos principales se originan a partir del tubérculo, su resultado se expresó en unidades.

3.7.3. Diámetro de tallos de plantas

La variable se la evaluó a partir de las mediciones de los tallos mediante el uso del calibre a los 30, 60, 90, 120 y 150 días dds, sus resultados se expresaron en cm.

3.7.4. Tamaño (diámetro ecuatorial y eje longitudinal) del tubérculo

Con el fin de evaluar esta variable se midió el diámetro ecuatorial (diámetro) y el eje longitudinal (longitud) del tubérculo tomando 10 tubérculos por categoría después de la cosecha, para realizar esta medición se utilizó un calibre, el resultado fue expresado en cm.

3.7.5. Estado sanitario del tubérculo

Se determinó la incidencia de enfermedades en los tubérculos a los 180 días dds, mediante la identificación visual de los síntomas, tomando 10 tubérculos de diferente categoría por

parcela, de los cuales se evaluó mediante conteo si estaban enfermos. Los resultados se expresaron en porcentaje.

3.7.6. Rendimiento por categoría

Se determinó el rendimiento por categoría a los 180 días dds, clasificando los tubérculos en categorías: primera, segunda y tercera. Los resultados se expresaron en kg/Ha.

3.7.7. Rendimiento total del cultivo

Se evaluó el rendimiento total de cada parcela en kg/ha a los 180 días después de la siembra, con el uso de una balanza para determinar el rendimiento total de cada tratamiento.

3.7.8. Relación costo/beneficio

Se determinó mediante el análisis del cálculo de los costos de producción de cada tratamiento en relación con las ventas, después de analizar el costo en el mercado se procedió a realizar los costos de producción y un análisis financiero para determinar el C/B con la finalidad de obtener que tratamiento es económicamente más rentable.

3.8. Procedimiento

a) Análisis de suelo

Un mes antes de la siembra se tomó 3 muestras del suelo a una profundidad de 5 a 20 cm, para su análisis fisicoquímico, estas muestras fueron enviadas al laboratorio Labonort en Ibarra.

b) Preparación del terreno

Para la preparación del terreno se empleó maquinaria agrícola, que efectuó las labores de arada y rastra en el suelo.

c) Instalación del ensayo

El ensayo se estableció en campo abierto con una pendiente mínima de 2%, se delimitó la superficie de 1417.5 m², donde se trazaron 30 unidades experimentales de 36m², la distribución de tratamientos fue al azar dentro de cada bloque.

Se colocaron estacas y piola para el trazado de los caminos y parcelas, luego se realizó los surcos a una distancia de 1m.

d) Siembra

Se utilizaron 230 kg de tubérculos-semilla de papa (*Solanum Tuberosum*); 115 kg de la variedad Única y 115 kg de variedad Supechola. La siembra se la realizó colocando 2 tubérculos-semilla por sitio, a una distancia promedio de 0,40 m entre plantas y 1m entre surcos, la semilla fue previamente desinfectada con el insecticida (thiamethoxam y lambdacihalotrina).

Se realizó la inoculación de *Bacillus subtilis* dependiendo del tratamiento a una dosificación de 2,5; 5 y 7,5 ml/l de agua, por aspersión al tubérculo-semilla.

e) Retape

Se realizó a los 20 días después de la siembra, con el fin de que la planta brote a la superficie con mayor vigor.

f) Deshierba

Actividad realizada de forma manual a los 45 días después de la siembra, para ello se utilizó un azadón con el que se retiró los arvenses.

g) Aporque

Consiste en aproximar la tierra a las plantas, originando camellones bien formados. Esta labor cultural se la realizó a los 65 días después de la siembra.

h) Controles fitosanitarios

Se realizaron 8 controles fitosanitarios de manera periódica y de acuerdo con las necesidades del cultivo; el primer control se lo realizó al momento de la emergencia de las plantas, tomando en cuenta que el cultivo fue implementado durante los meses de marzo – septiembre (época con baja presencia de lluvia) el cultivo es más susceptible a plagas. Luego se trabajó con controles preventivos para *Premnotrypes vorax*.

i) Cosecha

Se efectuó a los 180 días después de la siembra, el cultivo alcanzó su madurez fisiológica y estuvo listo para cosechar. Esta labor consiste en sacar del suelo los tubérculos, con ayuda de un azadón pequeño.

IV. RESULTADOS

4.1. Características agronómicas del cultivo bajo el efecto de *Bacillus subtilis*

4.1.1. Altura de la planta

Se realizó el respectivo análisis de varianza (ADEVA) para la variable altura de la planta desde los 30 hasta los 150 días después de la siembra (tabla 11 y 12), en donde se observa que no hay interacción entre el factor dosificación de *Bacillus subtilis* y el factor variedad ($p > 0,05$), es decir que ambos factores son independientes. Para el factor dosificación de *Bacillus subtilis* en todos los casos se puede observar que, si hay efecto en esta variable ($p < 0,01$), por lo que se puede deducir que una dosificación incidió para un mayor tamaño de plantas. Para el factor variedad no se encontró diferencias estadísticas ($p > 0,05$). Los coeficientes de variación entraron en los rangos normales para experimentación de campo.

Tabla 11. ADEVA para altura de plantas a los 30, 60 y 90 (dds).

F.V.	30 días dds.				60 días dds.			90 días dds.		
	GL	SC	CM	P	SC	CM	P	SC	CM	P
BLOQUE	2	0,028	0,0142		2,402	1,2012		3,23	1,617	
DOSIF. <i>B. SUBTILIS</i>	4	124,855	31,2136	0,0000 **	210,875	52,7187	0,0000 **	2905,00	726,250	0,0000 **
Error BLOQUE x FERT	8	0,479	0,0599		5,367	0,6709		26,45	3,307	
VAR	1	0,046	0,0464	0,6354 ns	0,128	0,1281	0,7196 ns	1,20	1,200	0,3496 ns
DOSIF x VAR	4	0,725	0,1814	0,4824 ns	1,784	0,4459	0,7537 ns	11,07	2,767	0,1397 ns
Error BLOQUxDOSIFxVAR	10	1,941	0,1941		9,392	0,9392		12,46	1,246	
Total	29	128,075			229,948			2959,41		
CV(BLOQUxDOSIF):	2,51%				5,23%			3,93%		
CV(BLOQUxDOSIFxVAR):	4,52%				6,18%			2,42%		
MEDIA X:	9,74cm				15,675cm			46,216cm		

** = Significativo al 1%; * = Significativo al 5%; ns = no significancia; dds = días después de la siembra; Var = Variedad; Dosif = dosificación de *Bacillus subtilis*.

Tabla 12. ADEVA para altura de plantas a los 120 y 150 (dds).

F.V.	120 días dds.				150 días dds.		
	GL	SC	CM	P	SC	CM	P
BLOQ	2	18,70	9,350		187,93	93,965	
DOSIF. <i>B. SUBTILIS</i>	4	3160,74	790,186	0,0000 **	3062,63	765,657	0,0001 **
Error BLOQxDOSIF	8	124,86	15,608		202,39	25,299	
VAR	1	1,85	1,850	0,4813 ns	1,71	1,709	0,8186 ns
DOSIFxVAR	4	12,25	3,062	0,5067 ns	45,38	11,346	0,8261 ns
Error BLOQxDOSIFxVAR	10	34,58	3,458		308,30	30,830	
Total	29	3352,99			3808,35		
CV(BLOQUxDOSIF):	5,79%				5,70%		
CV(BLOQUxDOSIFxVAR):	2,72%				6,29%		
MEDIA X:	68,225cm				88,292cm		

** = Significativo al 1%; * = Significativo al 5%; ns = no significancia; dds = días después de la siembra; Var = Variedad; Dosif = dosificación de *Bacillus subtilis*; Bloq = Bloque

Se efectuó la prueba de medias para el factor dosificación de *Bacillus subtilis*.

La prueba de medias Tukey para la variable altura de planta desde los 30 hasta los 150 días dds (tabla 13), muestra diferencias para dosificación de *Bacillus subtilis*, en donde, el testigo químico en todos los casos se ubicó en el rango A, seguido por *Bacillus subtilis* a una dosificación de 7.5ml/l (D3), que ocupó el rango B desde los 30 hasta los 120 días dds, sin embargo a los 150 dds, esta dosificación asciende al rango A, compartiendo este rango con el testigo químico, con una media de 100,08 cm de altura. El testigo absoluto fue el que tuvo menor altura con respecto a las otras dosificaciones de *Bacillus subtilis*.

Tabla 13. Prueba de medias (Tukey al 5%) para altura de plantas a los 30, 60, 90 120 y 150 días después de la siembra.

30 días dds.			60 días dds.			90 días dds.			120 días dds.			150 días dds.		
Dosif.	Altura de Planta(cm)	Rango	Dosif.	Altura de Planta(cm)	Rango	Dosif.	Altura de Planta(cm)	Rango	Dosif.	Altura de Planta(cm)	Rango	Dosif.	Altura de Planta(cm)	Rango
D4	13,037	A	D4	20,033	A	D4	59,678	A	D4	85,210	A	D4	100,37	A
D3	11,118	B	D3	17,458	B	D3	53,670	B	D3	73,575	B	D3	100,08	A
D2	8,635	C	D2	13,988	C	D2	43,568	C	D1	64,030	C	D2	83,11	B
D1	8,452	C	D1	13,700	C	D1	43,143	C	D2	63,120	CD	D1	82,44	B
D0	7,468	D	D0	13,180	C	D0	31,020	D	D0	55,340	D	D0	75,47	B

D4 = Testigo químico; D3 = *Bacillus subtilis* (7,5 ml/l); D2 = *Bacillus subtilis* (5 ml/l); D1 = *Bacillus subtilis* (2,5 ml/l); D0 = Testigo absoluto.

En la ilustración 1 se observa la altura de plantas a los 150 dds en las dos variedades de papa, en donde, la D3 (*Bacillus subtilis* a 7,5ml/l en variedad Única) alcanzó una mayor altura con un promedio de 101,63 cm, sin embargo, para la variedad Superchola la D4 (testigo químico) promovió a una mayor altura con un promedio de 99,97 cm.

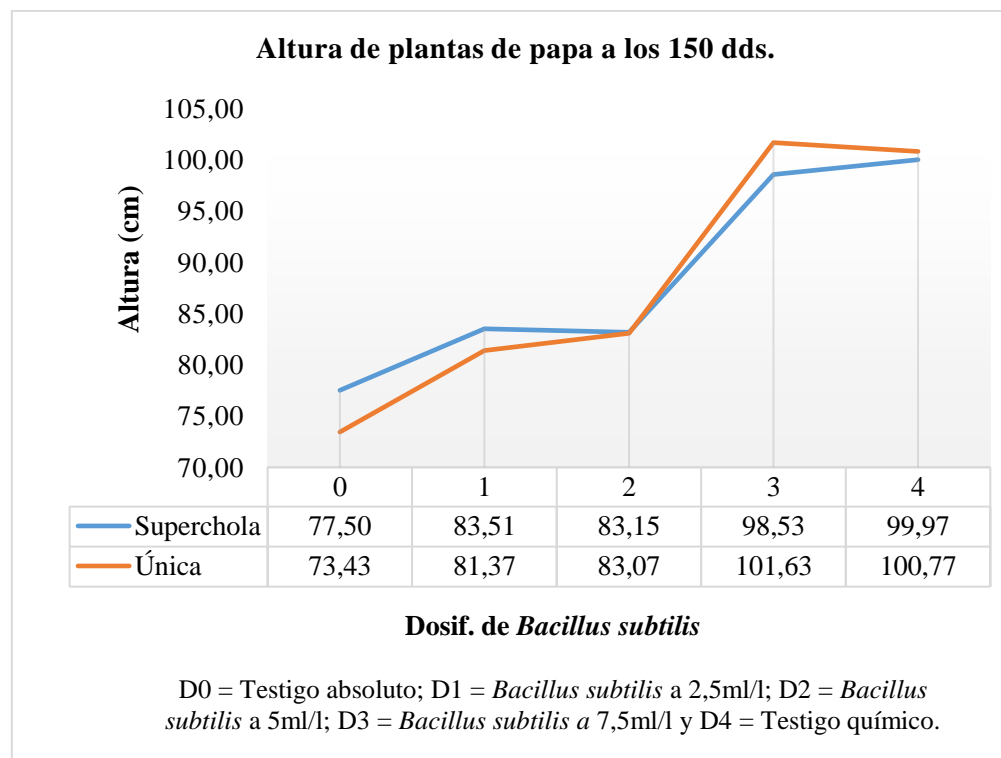


Ilustración 1. Altura de plantas a los 150 dds para Dosificación de *Bacillus subtilis* x Variedad.

4.1.2. Diámetro de tallos

De acuerdo con el ADEVA para la variable diámetro de tallos de planta desde los 30 hasta los 90 días dds (tabla 14), se observa que no hay interacción entre los factores de dosificación de *Bacillus subtilis* y variedad ($p > 0,05$). Para el factor dosificación de *Bacillus subtilis* si hay diferencia estadística en todos los casos ($p < 0,01$), por lo que se puede deducir que una dosificación promovió a un mayor diámetro de tallos. Para el factor variedad se observa que existe diferencias estadísticas a los 60 y 90 días dds, ($p < 0,05$) con una media de 0.64 y 0.85 cm de diámetro respectivamente. Los coeficientes de variación entraron en los rangos normales para experimentación de campo.

Tabla 14. ADEVA para diámetro de tallos de plantas a los 30, 60 y 90 (dds).

F.V.	30 dds.				60 dds.			90 dds.		
	GL	SC	CM	P	SC	CM	P	SC	CM	P
BLOQU	2	0,01781	0,00890		0,02017	0,01008		0,01736	0,00868	
DOSIF	4	0,09630	0,02408	0,0003 **	0,11443	0,02861	0,0023 **	0,09375	0,02344	0,0001 **
Error BLOQUxDOSIF	8	0,00986	0,00123		0,02047	0,00256		0,00621	0,00078	
VAR	1	0,00456	0,00456	0,0797 ns	0,00901	0,00901	0,0269 *	0,01008	0,01008	0,0408 *
DOSIFxVAR	4	0,00429	0,00107	0,5029 ns	0,00735	0,00184	0,3121 ns	0,00177	0,00044	0,9085 ns
Error BLOQUxDOSIFxVAR	10	0,01200	0,00120		0,01343	0,00134		0,01830	0,00183	
Total	29	0,14482			0,18487			0,14747		
CV(BLOQUxFERT):	6,29%				7,82%			3,24%		
CV(BLOQUxFERTxVAR):	6,20%				5,67%			4,98%		
MEDIA X:	0,5583cm				0,6467cm			0,859cm		

** = Significativo al 1%; * = Significativo al 5%; ns = no significancia; dds = días después de la siembra; Var = Variedad; Dosif = dosificación de *Bacillus subtilis*; Bloq = Bloque

De acuerdo con el ADEVA realizado para variable diámetro de tallos a los 120 dds (tabla 15), se observa que no existe interacción entre el factor A (dosificación de *Bacillus subtilis*) y B (variedad) ($p > 0,05$), es decir que ambos factores son independientes. Para el factor dosificación de *Bacillus subtilis* si existe diferencia estadística ($p < 0,01$) con una media de 0.97cm. El coeficiente de variación en la parcela grande es de 5.43% y en la parcela pequeña es de 3.87%. A los 150 dds, se identifica que existe diferencia estadística en el factor variedad y en el factor dosificación de *Bacillus subtilis* ($p < 0,05$), con respecto al diámetro de los tallos de plantas. El coeficiente de variación para parcelas grandes es de 8.70% y para parcelas pequeñas es de 9.81% con una media 1,05 cm de diámetro.

Tabla 15. ADEVA para diámetro de tallos de plantas a los 120 y 150 (dds).

F.V.	120 dds.				150 dds.		
	GL	SC	CM	P	SC	CM	P
BLOQ	2	0,02019	0,01009		0,07309	0,03654	
DOSIF	4	0,16565	0,04141	0,0001 **	0,25565	0,06391	0,0162 *
Error BLOQxDOSIF	8	0,01135	0,00142		0,08631	0,01079	
VAR	1	0,00833	0,00833	0,1144 ns	0,05292	0,05292	0,0315 *
DOSIFxVAR	4	0,01040	0,00260	0,4831 ns	0,02138	0,00535	0,6520 ns
Error BLOQxDOSIFxVAR	10	0,02787	0,00279		0,08480	0,00848	
Total	29	0,24379			0,57415		
CV(BLOQUxDOSIF):		3,87%				9,81%	
CV(BLOQUxDOSIFxVAR):		5,43%				8,70%	
MEDIA X:		0,9727cm				1,0587cm	

** = Significativo al 1%; * = Significativo al 5%; ns = no significancia; dds = días después de la siembra; Var = Variedad; Dosif = dosificación de *Bacillus subtilis*; Bloq = Bloque

Se efectuó la prueba de medias para el factor dosificación de *Bacillus subtilis* y el factor variedad.

En el factor dosificación de *Bacillus subtilis* la prueba de medias (Tukey) al 5% para la variable diámetro de tallos de planta desde los 30 hasta los 150 dds (tabla 16), muestra diferencias para dosificaciones, en donde, se puede observar que a los 30 dds se obtienen dos rangos conformados por: A (D4 y D3) y B (D2, D1 y D0). A los 60 dds, obtenemos 5 rangos: A (D3), AB (D4), ABC (D2), BC (D1) y C (D0). A los 90 días dds, se obtuvo dos rangos: A (D3 y D4) y B (D2, D1 y D0). A los 120 días dds, se obtuvo cuatro rangos: A (D4 y D3), B (D2), BC(D1) y C (D0) y a los 150 días dds, se obtuvo tres rangos: A (D4), AB (D3, D1 y D2) y B (D0). Por lo tanto, nos indica que la fertilización química y *Bacillus subtilis* a 7,5ml/l, fueron las que tuvieron una mayor diferencia estadística en cuanto a la variable diámetro de tallos, debido a que presentaron mayor grosor de tallos en comparación con las otras dosificaciones. Para el factor variedad se obtuvieron dos rangos, presentando la variedad 2 (Variedad única) mayor diámetro de tallos para los días 60, 90 y 150 dds.

Tabla 16. Prueba de medias (Tukey al 5%) para diámetro de tallos de plantas a los 30, 60, 90 120 y 150 (dds).

Factor Dosificación de <i>Bacillus subtilis</i>														
30 dds.			60 dds.			90 dds.			120 dds.			150 dds.		
Dosif.	Diámetro de tallos(cm)	Rango	Dosif.	Diámetro de tallos(cm)	Rango	Dosif.	Diámetro de tallos(cm)	Rango	Dosif.	Diámetro de tallos(cm)	Rango	Dosif.	Diámetro de tallos(cm)	Rango
D4	0,6300	A	D3	0,7183	A	D3	0,9250	A	D4	1,0617	A	D4	1,1783	A
D3	0,6133	A	D4	0,7167	AB	D4	0,9250	A	D3	1,0517	A	D3	1,1600	AB
D2	0,5383	B	D2	0,6217	ABC	D2	0,8367	B	D2	0,9467	B	D1	1,0167	AB
D1	0,5350	B	D1	0,6167	BC	D1	0,8183	B	D1	0,9383	BC	D2	0,9800	AB
D0	0,4750	B	D0	0,5600	C	D0	0,7900	B	D0	0,8650	C	D0	0,9583	B

Factor variedad										
	Var.	Diámetro de tallos(cm)	Rango	Var.	Diámetro de tallos(cm)	Rango		Var.	Diámetro de tallos(cm)	Rango
	V2	0,6640	A	V2	0,8773	A		V2	1,1007	A
	V1	0,6293	B	V1	0,8407	B		V1	1,0167	B

D4 = Testigo químico; D3 = *Bacillus subtilis* (7,5 ml/l); D2 = *Bacillus subtilis* (5 ml/l); D1 = *Bacillus subtilis* (2,5 ml/l); D0 = Testigo absoluto; Var = Variedad; V2 =

Variedad única; V1 = Variedad Super Chola.

En la ilustración 2 se observa la variable diámetro de tallos de plantas a los 150 dds. Se aprecia que el testigo químico (D4) presentó un mayor diámetro de tallos con un promedio de 1,20 cm para la variedad Única y 1,16 cm para la variedad Superchola. Luego se ubicó D3 (*Bacillus subtilis* a 7,5ml/l) con un promedio de 1,17 cm para la variedad Única y 1,15 cm para la variedad Superchola.

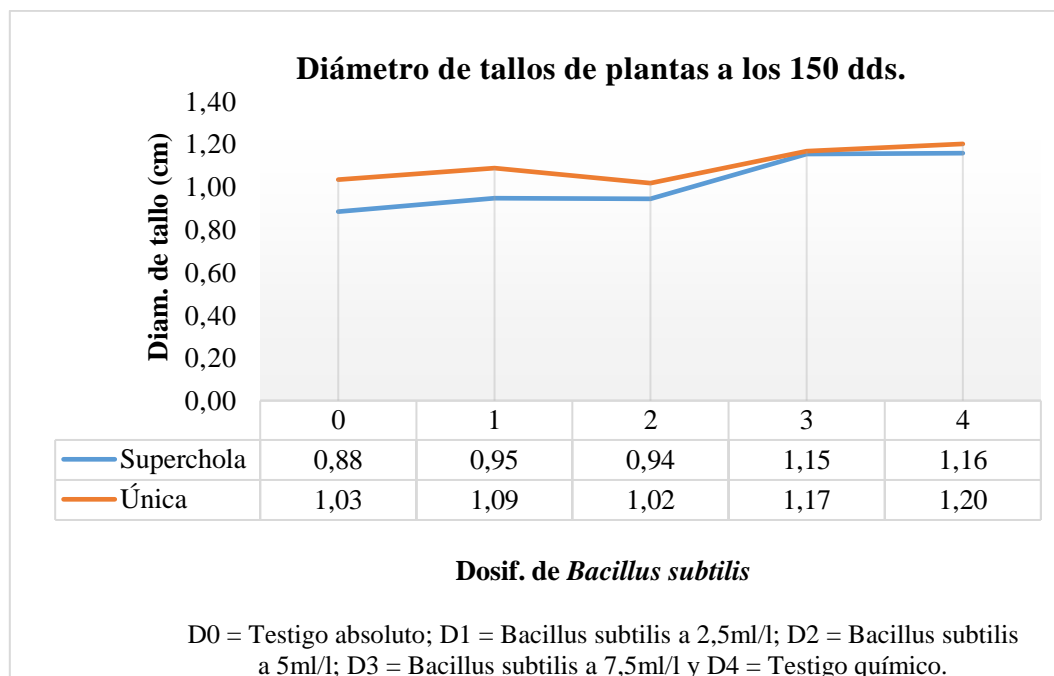


Ilustración 2. Diámetro de tallos de plantas a los 150 dds para dosificación de *Bacillus subtilis* x Var.

4.1.3. Número de tallos

En el ADEVA realizado para los 30, 60 y 90 dds para la variable número de tallos de planta (tabla 17), se observa que no hay interacción entre los factores dosificación de *bacillus subtilis* y variedad de papa ($p > 0,05$), es decir que ambos factores son independientes. A los 30 y 60 dds, se observa que, si hay diferencia estadística en el factor dosificación de *Bacillus subtilis* y el factor variedad independientemente, con respecto al número de tallos, por lo que se puede deducir que una dosificación incidió para un mayor número de tallos por planta. A los 90 dds, se observa diferencias únicamente en el factor dosificación de *Bacillus subtilis* ($p < 0,01$). Los coeficientes de variación entraron en los rangos normales para experimentación de campo.

Tabla 17. ADEVA para número de tallos de plantas a los 30, 60 y 90 (dds).

F.V.	30 dds.				60 dds.			90 dds.		
	GL	SC	CM	P	SC	CM	P	SC	CM	P
BLOQU	2	0,04819	0,02409		0,03002	0;01501		0,17141	0,08570	
DOSIF	4	0,48555	0,12139	0,0007 **	0,59293	0,14823	0,0013 **	0,92278	0,23070	0,0056 **
Error BLOQUxDOSIF	8	0,06021	0,00753		0,08955	0,01119		0,21706	0,02713	
VAR	1	0,05292	0,05292	0,0266 *	0,10561	0,10561	0,0008 **	0,02581	0,02581	0,4083 ns
DOSIFxVAR	4	0,01568	0,00392	0,7368 ns	0,03459	0,00865	0,2001 ns	0,01722	0,00431	0,9704 ns
Error BLOQUxDOSIFxVAR	10	0,07840	0,00784		0,04730	0,00473		0,34647	0,03465	
Total	29	0,74095			0,90000			1,70075		
CV(BLOQUxDOSIF):	6,13%				7,35%			7,36%		
CV(BLOQUxDOSIFxVAR):	6,26%				4,78%			8,31		
MEDIA X:	1,4147 tallos				1,5023 tallos			2,2387tallos		

** = Significativo al 1%; * = Significativo al 5%; ns = no significancia; dds = días después de la siembra; Var = Variedad; Dosif = dosificación de *Bacillus subtilis*; Bloq = Bloque

De acuerdo con el ADEVA realizado a los 120 y 150 días dds, para la variable número de tallos (tabla 18), se observa que no existe interacción entre el factor A y B ($p > 0,05$), por lo que se puede deducir que ambos factores son independientes. A 120 días dds, existe diferencia estadística significativa en el factor dosificación de *Bacillus subtilis* ($p < 0,01$) con una media de 3.22 tallos por planta. El coeficiente de variación en la parcela grande es de 5.11% y en la parcela pequeña es de 8.48%. A los 150 días dds, se identifica que también existe diferencia estadística en el factor dosificación de *Bacillus subtilis* ($p < 0,01$). El coeficiente de variación para parcelas grandes es de 12.38% y para parcelas pequeñas es de 7.53% con una media 3.55 tallos.

Tabla 18. ADEVA para número de tallos de plantas a los 120 y 150 dds.

F.V.	120 dds.				150 dds.		
	GL	SC	CM	P	SC	CM	P
BLOQ	2	0,07731	0,03865		1,30369	0,65184	
DOSIF	4	2,27288	0,56822	0,0003 **	3,16023	0,79006	0,0024 **
Error BLOQxDOSIF	8	0,21736	0,02717		0,57275	0,07159	
VAR	1	0,06721	0,06721	0,3662 ns	0,02187	0,02187	0,7436 ns
DOSIFxVAR	4	0,07472	0,01868	0,9038 ns	0,22785	0,05696	0,8749 ns
Error BLOQxDOSIFxVAR	10	0,75027	0,07503		1,93303	0,19330	
Total	29	3,45975			7,21942		
CV(BLOQUxDOSIF):	5,11%				7,53%		
CV(BLOQUxDOSIFxVAR):	8,48%				12,38%		
MEDIA X:	3,2287 tallos				3,5517 tallos		

** = Significativo al 1%; * = Significativo al 5%; ns = no significancia; dds = días después de la siembra; Var = Variedad; Dosif = dosificación de *Bacillus subtilis*; Bloq = Bloque

Se efectuó la prueba de medias para el factor dosificación de *Bacillus subtilis* y el factor variedad.

La prueba de medias para la variable número de tallos por planta desde los 30 hasta los 150 días dds, muestra diferencias para dosificaciones, en donde, *Bacillus subtilis* a una dosificación de 7,5 ml/l (D3) y el testigo químico (D4), fueron los mejores debido a que se ubicaron en el rango A, lo que nos indica que tuvieron mayor número de tallos. La variedad Superchola registro 1,45 tallos por planta a los 30 días dds, y 1,49 tallos por planta a los 60 días dds, superando y diferenciándose estadísticamente de la variedad Única.

Tabla 19. Prueba de medias (Tukey al 5%) número de tallos de plantas a los 30, 60, 90 120 y 150 (dds).

Factor Dosificación de <i>Bacillus subtilis</i>														
30 dds.			60 dds.			90 dds.			120 dds.			150 dds.		
Dosif.	Número de tallos/planta	Rango	Dosif.	Número de tallos/planta	Rango	Dosif.	Número de tallos/planta	Rango	Dosif.	Número de tallos/planta	Rango	Dosif.	Número de tallos/planta	Rango
D3	1,5467	A	D3	1,5850	A	D4	2,4067	A	D3	3,5000	A	D3	3,9350	A
D4	1,5233	A	D4	1,5617	A	D3	2,4050	A	D4	3,4767	A	D4	3,8633	AB
D2	1,4300	A	D2	1,4450	A	D2	2,2400	AB	D2	3,2400	A	D2	3,5367	ABC
D1	1,3833	A	D1	1,4183	A	D1	2,2150	AB	D1	3,1900	A	D1	3,3717	BC
D0	1,1900	B	D0	1,1900	B	D0	1,9267	B	D0	2,7367	B	D0	3,0517	C

Factor Variedad														
Var.	Número de tallos/planta	Rango	Var.	Número de tallos/planta	Rango									
V1	1,4567	A	V1	1,4993	A									
V2	1,3727	B	V2	1,3807	B									

D4 = Testigo químico; D3 = *b. subtilis* (7,5 ml/l); D2 = *b. subtilis* (5 ml/l); D1 = *b. subtilis* (2,5 ml/l); D0 = Testigo absoluto; Var = Variedad; V2 = Variedad Única;

V1 = Variedad Super Chola

En la ilustración 3 se observa la variable número de tallos por planta a los 150 dds, la D3 (*Bacillus subtilis* a 7,5ml/l) alcanzó un mayor número de tallos con un promedio de 4,01 para la variedad Única y 3,86 tallos/planta para la variedad Superchola en comparación con la D4 (testigo químico) que obtuvo un promedio de 3,93 tallos/planta para la variedad Única y 3,80 tallos/planta para la variedad Superchola.

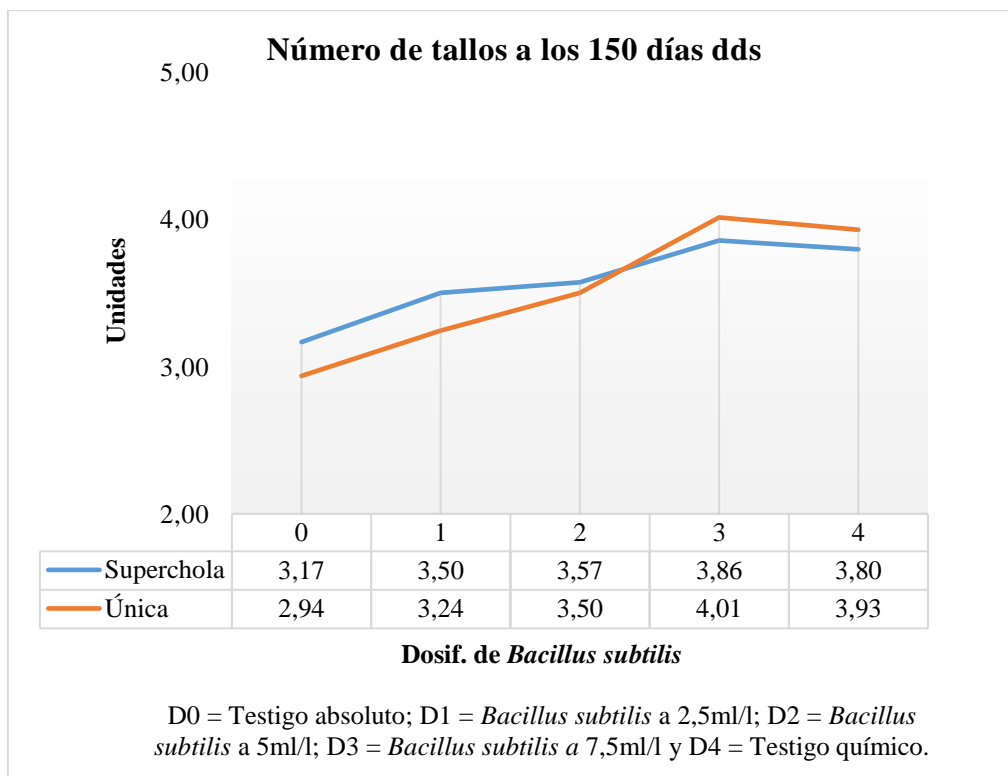


Ilustración 3. Número de tallos a los 150 dds, para dosificación de *Bacillus subtilis* x Var.

4.2. Características de calidad del tubérculo bajo el efecto de *Bacillus subtilis*

4.2.1. Tamaño de tubérculo

De acuerdo con el ADEVA realizado para la variable tamaño de tubérculo (tabla 20), se determinó que no hay interacción entre los factores de dosificación de *Bacillus subtilis* y variedad ($p > 0,05$). Sin embargo, individualmente en el factor dosificación si hay diferencias estadísticas significativas en todos los casos ($p < 0,01$), por lo que se puede deducir que una dosificación produjo un mayor tamaño tanto en diámetro ecuatorial como en eje longitudinal del tubérculo. Se obtuvo una media de 9,38 cm de longitud y 6,13 cm de diámetro para la primera categoría, para la segunda categoría de 5,64 y 4,93 cm de longitud y diámetro respectivamente, para la categoría tercera se observa una longitud de 2,89 cm y un diámetro de 2,37 cm. Para el factor variedad muestra que existe diferencia estadística significativa ($p < 0,05$) en la longitud del tubérculo para la primera y segunda categoría.

Tabla 20. ADEVA para tamaño de tubérculos.

1ra categoría			2da categoría		3ra categoría		
Diámetro		Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro	Longitud	
F.V.	GL	P	P	P	P	P	
BLOQ	2						
DOSIF	4	0,0009 **	0,0000 **	0,0003 **	0,0000**	0,002 **	0,0008**
Error BLOQxDOSIF	8						
VAR	1	0,5789 ns	0,0118 *	0,6487 ns	0,0268 *	0,8973 ns	0,2059 ns
DOSIFxVAR	4	0,4706 ns	0,7373 ns	0,1527 ns	0,9163 ns	0,3604 ns	0,8008 ns
E. BLOQxDOSIFxVAR	10						
Total	29						
CV(BLOQxDOSIF):		5,29%	5,96%	3,68%	2,32%	6,34%	4,25%
CV(BLOQxDOSIFxVAR):		5,14%	5,42%	7,18%	7,34%	4,65%	7,75%
MEDIA X:		6,13cm	9,38cm	4,93cm	5,64cm	2,37cm	2,89cm

** = Significativo al 1%; * = Significativo al 5%; ns = no significancia; dds = días después de la siembra; Var = Variedad; Dosif = dosificación de *Bacillus subtilis*; Bloq = Bloque

Se efectuó prueba de medias para el factor variedad y dosificación de *Bacillus subtilis*

Para el factor dosificación de *Bacillus subtilis* la prueba de medias (Tukey) realizada para la variable tamaño de tubérculo (tabla 21) muestra diferencias para dosificaciones, en donde se observa que, el testigo químico (D4) obtuvo mejores tamaños, es decir, alcanzaron mayores promedios tanto para diámetros como para longitudes. La dosificación 3 (*Bacillus subtilis* 7ml/l) ocupó el segundo rango, pero en muchos casos logró establecerse en el rango A, juntamente con el testigo químico. Para el factor variedad en la primera categoría se observa que la variedad única obtuvo una mejor longitud, pero para la segunda categoría se observa que la variedad Superchola obtuvo una mayor longitud.

Tabla 21. Prueba de medias (Tukey al 5%) para tamaño de tubérculo.

Factor Dosif. de <i>Bacillus subtilis</i>																	
1ra categoría					2da categoría					3ra categoría							
Dosif.	Media Diam(cm)	Rango	Dosif.	Media Long(cm)	Rango	Dosif.	Media Diam(cm)	Rango	Dosif.	Media Long(cm)	Rango	Dosif.	Media Diam(cm)	Rango			
D4	6,9183	A	D4	11,440	A	D4	5,3633	A	D4	6,2383	A	D4	2,7117	A	D4	3,1483	A
D3	6,3433	AB	D3	10,268	B	D3	5,1050	AB	D3	5,8017	B	D3	2,4333	AB	D3	2,9967	AB
D2	5,9350	BC	D2	8,927	C	D2	4,9750	BC	D2	5,5617	BC	D2	2,2700	B	D2	2,9033	BC
D1	5,8500	BC	D1	8,518	CD	D1	4,6517	CD	D1	5,3933	CD	D1	2,2533	B	D1	2,7417	CD
D0	5,6250	C	D0	7,750	D	D0	4,5467	D	D0	5,2083	D	D0	2,1983	B	D0	2,6567	D

Factor Variedad														
	Var.	Media Long(cm)	Rango		Var.	Media Long(cm)	Rango							
	V2	9,6660	A		V1	5,8367	A							
	V1	9,0953	B		V2	5,4447	B							

D4 = Testigo químico; D3 = *Bacillus subtilis* (7,5 ml/l); D2 = *Bacillus subtilis* (5 ml/l); D1 = *Bacillus subtilis* (2,5 ml/l); D0 = Testigo absoluto.

4.3.2. Estado Sanitario del tubérculo

De acuerdo con el ADEVA para la variable estado sanitario del tubérculo (tabla 22), no se observa interacción entre los factores dosificación de *Bacillus subtilis* y variedad ($p > 0,05$). El coeficiente de variación para parcelas grandes es de 125,25% y para parcelas pequeñas es de 88,57%, con una media de 9,33% de incidencia con tubérculos enfermos.

Tabla 22. ADEVA para estado sanitario de tubérculos.

F.V.	GL	SC	CM	P
BLOQ	2	86,6667	43,3333	
DOSIF	4	153,333	38,3333	0,6979 ns
Error BLOQxDOSIF	8	546,667	68,3333	
VAR	1	9,336E-31	9,336E-31	1,0000 ns
DOSIFxVAR	4	33,3333	8,33333	0,9920 ns
Error BLOQxFERTxVAR	10	1366,67	136,667	
Total	29	2186,67		
CV(BLOQ*DOSIF):		88,57%		
CV(BLOQ*DOSIF*VAR):		125,25%		
MEDIA X:		9,3333%		

ns = no significancia; Var = Variedad; Dosif = dosificación de *Bacillus subtilis*; Bloq = Bloque

4.3. Características productivas del cultivo bajo el efecto de *Bacillus subtilis*

4.3.1. Rendimiento por categoría

De acuerdo con el ADEVA realizado para la variable rendimiento por categoría en kg/ha (tabla 23), se observa que no hay interacción entre los factores de dosificación de *Bacillus subtilis* y variedad ($p>0,05$). Para el factor dosificación de *Bacillus subtilis* si hay diferencia estadística significativa en todos los casos, por lo que se puede deducir que una dosificación insidió para un mayor rendimiento por categoría en kg/ha. La media para el rendimiento de la 1ra categoría fue de 13523 kg/ha, para la 2da categoría fue de 15819 kg/ha alcanzado un mayor rendimiento promedio. La 3ra categoría obtuvo una media de 3969.4 kg/ha. Para el factor variedad se observa que no existe diferencia estadística.

Tabla 23. ADEVA para rendimiento por categoría en kg/ha

F.V.	Rendimiento categoría 1ra kg/ha		Rendimiento categoría 2da kg/ha	Rendimiento categoría 3ra kg/ha
	GL	P	P	P
BLOQ	2			
DOSIF	4	0,0056 **	0,0000 **	0,0125 *
Error BLOQxDOSIF	8			
VAR	1	0,6019 ns	0,9511 ns	0,2120 ns
DOSIFxVAR	4	0,9047 ns	0,4332 ns	0,1338 ns
Error BLOQxDOSIFxVAR	10			
Total	29			
CV(BLOQxDOSIF):	4,76%		7,71%	3,81%
CV(BLOQxDOSIFxVAR):	4,94%		3,31%	8,91%
MEDIA X:	13523kg/ha		15819kg/ha	3969,4kg/ha

** = Significativo al 1%; * = Significativo al 5%; ns = no significancia; dds = días después de la siembra; Var =

Variedad; Dosif = dosificación de *Bacillus subtilis*; Bloq = Bloque

Prueba de medias para el factor dosificación de *Bacillus subtilis*

La prueba de medias (Tukey) para la variable rendimiento por categoría en Kg/ha (tabla 24), muestra diferencias para dosificaciones, en donde, el testigo químico incidió en la primera categoría para un mayor rendimiento. Para la 2da categoría la dosificación 3 (*b. subtilis* 7,5ml/l) produjo un mejor rendimiento y la 3ra categoría obtuvo un mayor rendimiento por el testigo absoluto.

Tabla 24. Prueba de medias (Tukey al 5%) para rendimiento por categoría en kg/ha.

Rendimiento			Rendimiento			Rendimiento		
Dosif.	1ra categoría kg/ha	Rango	Dosif.	2da categoría hg/ha	Rango	Dosif.	3ra categoría kg/ha	Rango
D4	25870	A	D3	22731	A	D0	9463,0	A
D3	13435	B	D2	19560	B	D1	3074,1	B
D2	12736	BC	D1	19199	B	D2	2773,1	B
D1	11583	C	D4	12025	C	D3	2592,6	B
D0	3991	D	D0	5579	D	D4	1944,4	B

D4 = Testigo químico; D3 = *Bacillus subtilis* (7,5 ml/l); D2 = *Bacillus subtilis* (5 ml/l); D1 = *Bacillus subtilis* (2,5 ml/l); D0 = Testigo absoluto.

En la ilustración 4 se observa la variable rendimiento por categoría en kg/ha de las dos variedades estudiadas, se puede determinar que para la 1ra categoría la D4 (Testigo químico) obtuvo un rendimiento de 25925,9 kg/ha para la variedad Superchola y 25814,8 kg/ha para la variedad Única. Para la 2da categoría la D3 (*Bacillus subtilis* a 7,5 ml/l) obtuvo un rendimiento de 22777,8 kg/ha para la variedad Superchola y 22685,2 kg/ha para la variedad Única. Para la 3ra categoría la D0 (Testigo absoluto) produjo un rendimiento de 9305,5 kg/ha para la variedad Superchola y 9620,4 kg/ha para la variedad Única.

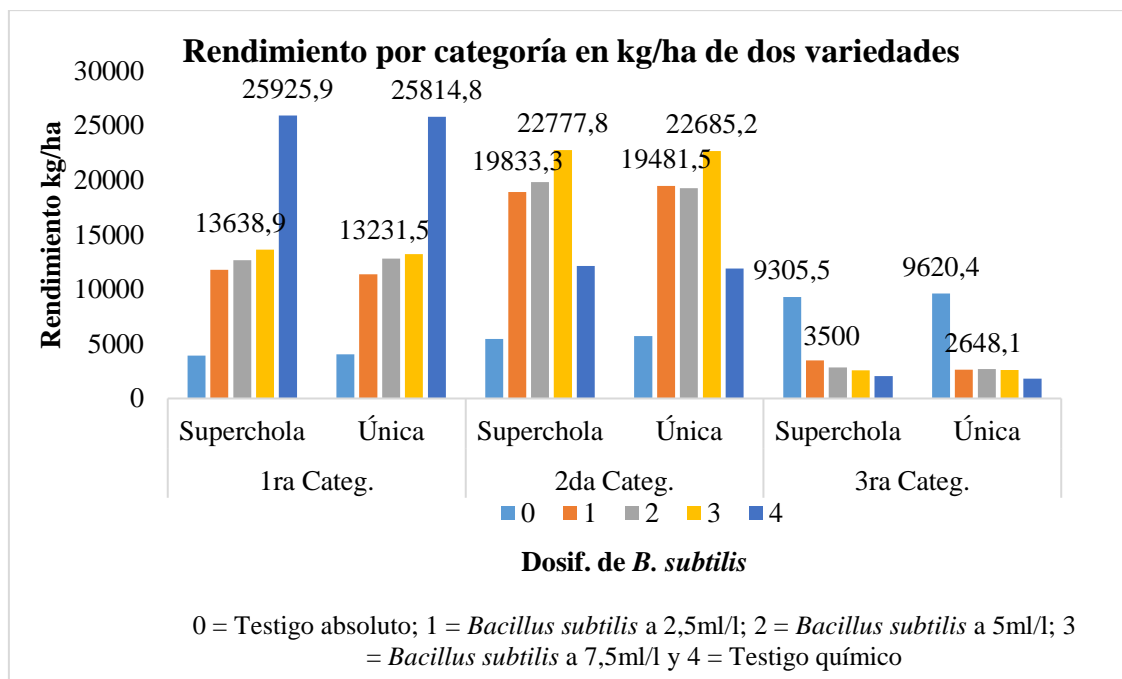


Ilustración 4. Rendimiento por categoría en kg/ha de dos variedades

4.3.2. Rendimiento total del cultivo

De acuerdo con el ADEVA para la variable rendimiento total del cultivo en Kg/ha (tabla 25), no se observa interacción entre el factor A (dosificación de *Bacillus subtilis*) y el factor B (Variedad) ($p > 0,05$). Sin embargo, si existe diferencias estadísticas individualmente en el factor dosif. de *Bacillus subtilis* ($p < 0,01$) lo que nos indica que una dosificación promovió a un mejor rendimiento en kg/ha. Para el factor variedad no se observó diferencias estadísticas entre tratamientos. El coeficiente de variación para parcelas grandes y pequeñas fue de 2,73% y 2,20% respectivamente, con una media para esta medición de 33312 kg/ha.

Tabla 25. ADEVA para rendimiento total del cultivo en kg/ha.

F.V.	GL	SC	CM	P
BLOQ	2	1,170E+07	5851861	
DOSIF	4	1,677E+09	4,194E+08	0,0000 **
Error BLOQxDOSIF	8	6637550	829694	
VAR	1	747694	747694	0,2663 ns
DOSIFxVAR	4	1964929	491232	0,4939 ns
Error BLOQxDOSIFxVAR	10	5392412	539241	
Total	29	1,704E+09		
CV(BLOQxDOSIF):		2,73%		
CV(BLOQxDOSIFxVAR):		2,20%		
MEDIA X:		33312 kg/ha		

** = Significativo al 1%; * = Significativo al 5%; ns = no significancia; dds = días después de la siembra; Var = Variedad; Dosif = dosificación de *Bacillus subtilis*; Bloq = Bloque

Prueba de medias para el factor dosificación de *Bacillus subtilis*.

En la prueba de medias para el factor dosificación de *Bacillus subtilis* para la variable rendimiento por parcela (tabla 26), se puede identificar que el testigo químico (D4) y *Bacillus subtilis* a una dosificación de 7,5ml/l (D3), se ubicaron en el rango A, debido a que obtuvieron un mayor rendimiento con un promedio de 39840 y 38759 kg/ha respectivamente. La Dosificación 2 (*b. subtilis* 5ml/l) y la Dosificación 1 (*b. subtilis* 2,5ml/l) ocuparon el rango B. El testigo absoluto obtuvo un menor rendimiento en comparación con las otras dosificaciones ocupando el rango C.

Tabla 26. Prueba de medias (Tukey al 5%) para rendimiento total del cultivo en kg/ha.

Dosif.	Rendimiento kg/ha	Rango
D4	39840	A
D3	38759	A
D2	35069	B
D1	33856	B
D0	19032	C

D4 = Testigo químico; D3 = *Bacillus subtilis* (7,5 ml/l); D2 = *Bacillus subtilis* (5 ml/l); D1 = *Bacillus subtilis* (2,5 ml/l); D0 = Testigo absoluto.

En la ilustración 5 se observa la variable rendimiento total del cultivo en kg/ha de las dos variedades estudiadas, para los factores dosificación de *Bacillus subtilis* x variedad. La variedad 1 (Superchola) alcanzó un mayor rendimiento en todas las dosificaciones en comparación con la variedad Única. El rendimiento más alto fue logrado por el testigo químico, seguido por *Bacillus subtilis* a 7,5 ml/l (D3) que obtuvo un rendimiento de 38981,4 kg/ha en la variedad Superchola y 38537 kg/ha para la variedad Única.

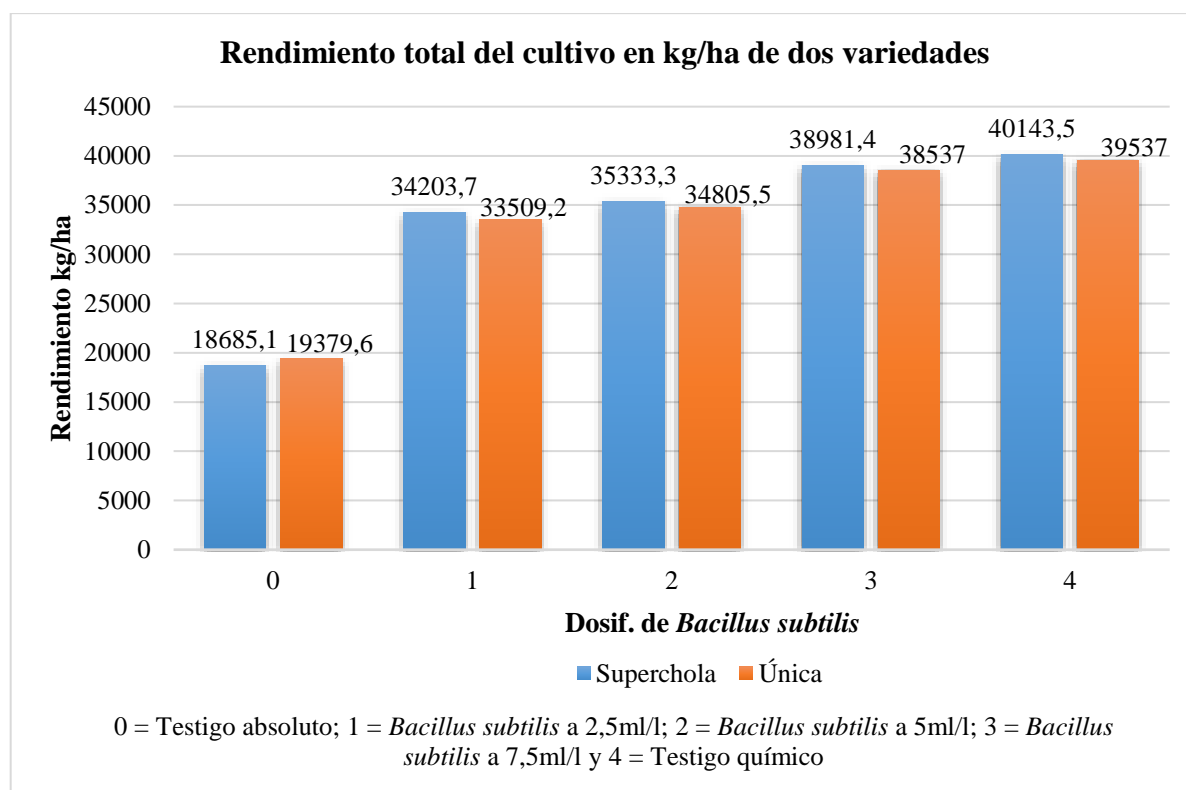


Ilustración 5. Rendimiento total del cultivo en kg/ha en dos variedades, para dosificación de *Bacillus subtilis* x Var.

4.4. Características económicas

4.4.1. Relación Costo/Beneficio

Tabla 27. Datos de relación costo/Beneficio

Trat.	Costo Marginal USD /ha	Costo del Tratamiento USD/ha	Costo total USD / ha	Rend. qq / ha	Precio USD / qq	Venta USD	Utilidad USD	C/B índice
T1	4087,71	0	4087,71	373,7	15	5605,5	1517,79	-0,37
T2	4087,71	250	4337,71	684,07	15	10261,05	5923,34	1,37
T3	4087,71	500	4587,71	706,67	15	10600,05	6012,34	1,31
T4	4087,71	750	4837,71	779,63	15	11694,45	6856,74	1,42
T5	4087,71	980	5067,71	802,87	15	12043,05	6975,34	1,38
T6	4087,71	0	4087,71	387,59	13	5038,67	950,96	-0,23
T7	4087,71	250	4337,71	670,19	13	8712,47	4374,76	1,01
T8	4087,71	500	4587,71	696,11	13	9049,43	4461,72	-0,97
T9	4087,71	750	4837,71	770,74	13	10019,62	5181,91	1,07
T10	4087,71	980	5067,71	790,74	13	10279,62	5211,91	1,03

En el análisis económico se detallan los costos de producción de los diez tratamientos, el precio de venta, la utilidad neta y el costo-beneficio. Para este análisis se consideró un precio promedio de venta de 15 dólares por quintal para la variedad Superchola y 13 dólares por quintal para la

variedad Única (precios promedios de venta para 1ra, 2da y 3ra categoría). El mejor tratamiento para la variedad Superchola fue el T4 (*B. subtilis* 7,5ml/l) y el tratamiento 5 (testigo químico), con un índice costo beneficio de 1,42 y 1,38; el cual determina que por cada dólar invertido se obtiene una utilidad de 0,42 dólares para el T4 y 0,38 dólares para el T5. Para la variedad Única el mejor tratamiento fue el T9 (*B. subtilis* 7,5ml/l) y el T10 (testigo químico), con un índice costo beneficio de 1,07 y 1,03 respectivamente, como se observa en la ilustración 6.

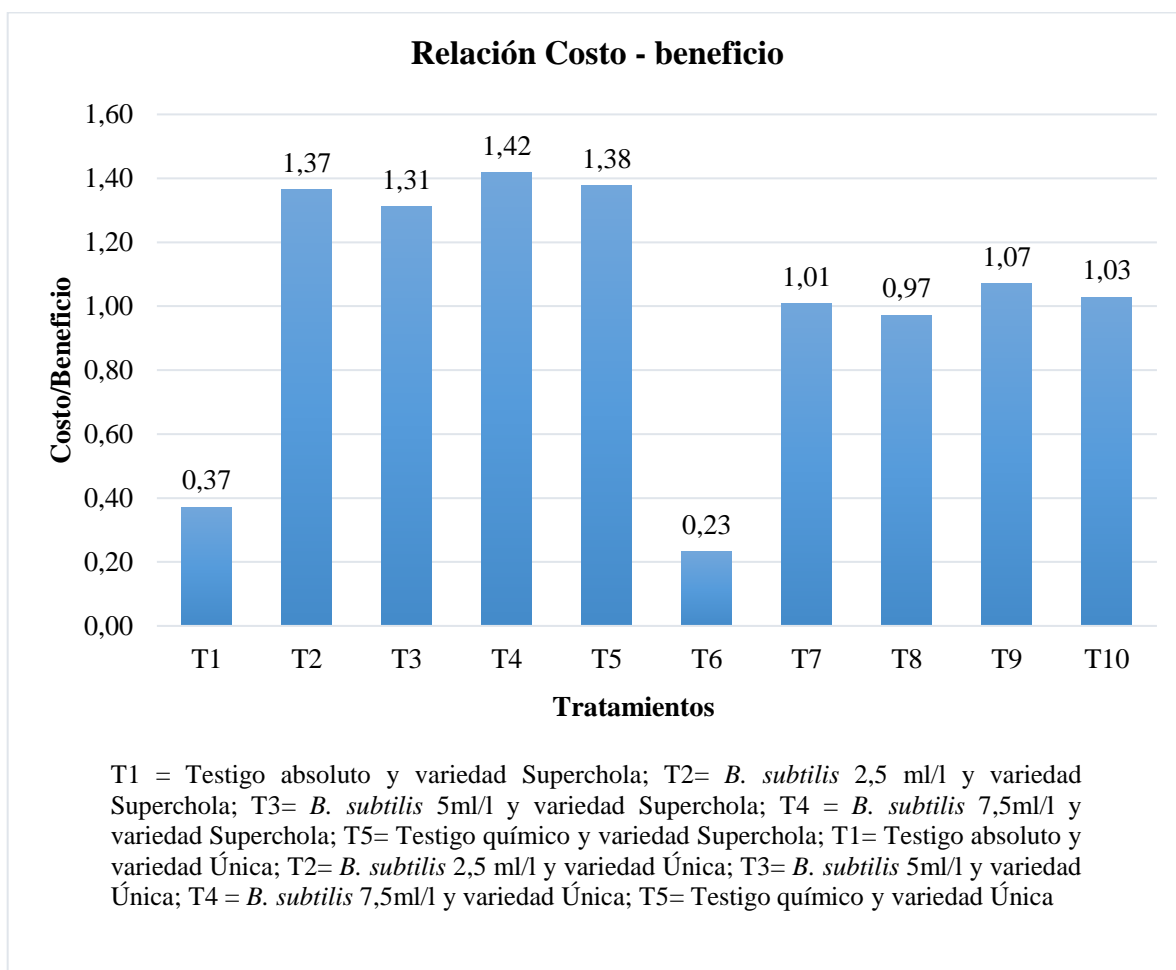


Ilustración 6. Relación Costo – Beneficio

V. DISCUSIÓN

5.1. Características agronómicas

La bacteria *Bacillus subtilis* incrementa la altura de plantas de papa con la D3 que comprendió al T4 (*B. subtilis* a 7,5 ml/l y variedad Superchola) y el T9 (*B. subtilis* a 7,5ml/l y variedad Única), compitiendo principalmente con el testigo químico, quienes presentaron mejores promedios de altura a los 150 días dds para las dos variedades, esto concuerda con los resultados obtenidos por Alvarado *et al.*, (2015), en donde manifiesta que la bacteria *Bacillus subtilis* aumentó la altura de las plantas en el cultivo de papa, esto se debe a que probablemente *Bacillus subtilis* promueve al crecimiento vegetal de la planta, aumentando así su altura y área foliar. Por su parte González, (2017) menciona que la aplicación de microorganismos estimula el crecimiento, debido a que trae consigo a un mayor desarrollo de foliolos y por ende una mayor superficie fotosintética lo que activa el desarrollo y crecimiento de la planta, como consecuencia de que el género *Bacillus subtilis* es secretor de proteínas y metabolitos eficientes como es el ácido indol acético, que es una auxina principal promotora de crecimiento. Por otra parte, Pulido, (2016) en cultivo de tomate y maíz, obtiene similares resultados que muestran que las plantas inoculadas con *Bacillus subtilis* favorecen la promoción de crecimiento agronómico.

Para la variable diámetros de tallos de plantas, la D3 que comprendió al T4 (*B. subtilis* a 7,5 ml/l y variedad Superchola) y el T9 (*B. subtilis* a 7,5ml/l y variedad Única), influyeron a un mayor grosor de tallos por planta en las dos variedades. Lo que concuerda con los resultados obtenidos por Villarreal *et al.*, (2018), en donde se inocularon cepas de *Bacillus subtilis* en plantas de tomate, cebolla y pimentón las cuales han registrado un incremento de grosor de tallos, debido a los mecanismos de solubilización de fosfatos. Por otro lado los resultados obtenidos por: Rojas *et al.*, (2020), a una dosificación de 1ml de cultivo bacteriano por semilla de maíz y tomate, para la variable diámetros de tallos no se demostró significancia respecto a los demás tratamientos.

La D3 que comprendió al T4 (*B. subtilis* a 7,5 ml/l y variedad Superchola) y el T9 (*B. subtilis* a 7,5ml/l y variedad Única), influyeron a un mayor número de tallos de plantas de papa con un promedio de 3,9 tallos por planta tanto para la variedad Superchola y Única. Lo que concuerda con los resultados obtenidos por: Main & Franco (2011), en su investigación plantearon que el tratamiento comprendido de *Bacillus subtilis* con distintos niveles de fertilización, obtuvo un mayor número de tallos con un promedio de 4 respectivamente, como causa a que *Bacillus*

subtilis produce hormonas que favorecen el desarrollo vegetal, además de solubilizar fosfatos, también usan mecanismos como la liberación de ácidos orgánicos.

5.2. Características de calidad

En relación con el tamaño de tubérculos en esta investigación, el testigo químico obtuvo mejores tamaños tanto en diámetro polar como en eje longitudinal del tubérculo para las dos variedades. Por su parte, *Bacillus subtilis* a una dosificación de 7,5 ml/l, presentó menores tamaños de tubérculos, sin embargo, obtuvo similares diámetros polares para 1ra y 2da categoría con el testigo químico. Lo que coincide con los resultados reportados por; Alvarado *et al.*, (2015) para papa, Magaña *et al.*, (2015) para fresa y Corrales *et al.*, (2021) para chile, en los cuales los tratamientos con *Bacillus subtilis*, aumentaron el tamaño de los frutos y tubérculos en el caso del cultivo de papa, con solo aplicar la bacteria las plantas alcanzaron a producir frutos del mismo tamaño que las plantas fertilizadas al 100%. Lo cual confirma el efecto bioestimulador que ejercen estas bacterias. Esto debido a la alta compatibilidad de estos microorganismos benéficos con los diferentes cultivos y además a la producción de ciertas sustancias como fitohormonas.

5.3. Características productivas

En el rendimiento por categoría en la presente investigación se evidencia las diferencias obtenidas por las plantas inoculadas con *Bacillus subtilis*, la fertilización química y los testigos absolutos. Por lo tanto, se puede determinar que la fertilización química mejoró el rendimiento para la primera categoría con un promedio de 25925,9 kg/ha para la variedad Superchola y 25814,8 kg/ha para la variedad Única. y *Bacillus subtilis* incidió para un mayor rendimiento para la segunda categoría con un promedio de 22777,8 kg/ha para la variedad Superchola y 22685,2 kg/ha para la variedad Única.

El rendimiento es la característica primordial de cualquier cultivo. *Bacillus subtilis* muestra un mejor rendimiento total del cultivo, a una dosificación de 7,5 ml/l para las dos variedades, lo que concuerda con la investigación realizada por Alvarado *et al.*, (2015). En donde menciona que las plantas inoculadas por las cepas de *Bacillus subtilis*, incrementaron significativamente el número de tubérculos con respecto a otros tratamientos con cepas bacterianas. Por otro lado Magaña *et al.*, (2015), argumentan que en términos agrícolas, una buena conformación agronómica de la planta está directamente relacionada con una mayor eficiencia como resultado una mejor producción agrícola. Asimismo, en su investigación en el cultivo de fresa

determinaron que la aplicación de bacterias *Bacillus subtilis* con fines de promoción de crecimiento vegetal, influyen positivamente en el desarrollo de las plantas, mostrando tener mayor número de frutos.

Lo que concuerda con los resultados obtenidos por Leal *et al.*, (2017), en donde menciona que los mejores rendimientos, con un mayor número de tubérculos se obtuvieron en el T2 (*Trichoderma harzianum* y calcio) y T3 (*Bacillus subtilis* y *Pseudomonas fluorescens*), este último supero con 51,5% al testigo siendo mayor al T2. Este efecto se debe a que los microorganismos producen hormonas de crecimiento, de esta manera favorecen el desarrollo del sistema radicular y mejoran la nutrición.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en esta investigación “Efecto de la aplicación de varias dosis de *Bacillus subtilis* en dos variedades del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en el sector de Guamag, cantón Tulcán” se determinan las siguientes conclusiones.

- Los mayores rendimientos se obtuvieron con el testigo químico con una producción de 40143,5 kg/ha para la variedad Superchola y 39537 kg/ha para la variedad Única. Por su parte la D3 que comprendió al T4 (*B. subtilis* a 7,5ml/l en variedad Superchola) obtuvo una producción de 38981,4 kg/ha y al T9 (*B. subtilis* a 7,5ml/l en variedad Única) registró una producción de 38537 kg/ha.
- En el rendimiento por categoría se determinó que para la 1ra categoría la D4 (Testigo químico) obtuvo un rendimiento de 25925,9 kg/ha para la variedad Superchola y 25814,8 kg/ha para la variedad Única. Para la 2da categoría la D3 que comprendió al T4 (*B. subtilis* a 7,5 ml/l en variedad Superchola) obtuvo un rendimiento de 22777,8 kg/ha y al T9 (*B. subtilis* a 7,5 ml/l en variedad Única) que registró un rendimiento promedio de 22685,2 kg/ha. Para la 3ra categoría la D0 (Testigo absoluto) produjo un rendimiento de 9305,5 kg/ha para la variedad Superchola y 9620,4 kg/ha para la variedad Única.
- Para las características de calidad del tubérculo evaluadas, la D3 (*Bacillus subtilis* a 7,5ml/l) insidió en el tamaño en las dos variedades estudiadas, para diámetros de tubérculos en la 1ra y 2da categoría se determina que consiguieron similares promedios en comparación con los testigos químicos para cada variedad, para longitudes de tubérculos de 1ra categoría la variedad 2 (Única), obtuvo la mayor longitud con 9,67 cm, mientras que en tubérculos de segunda categoría la variedad 1 (Superchola), consiguió la mejor longitud de tubérculo con 5,84 cm para este experimento.
- En las características agronómicas la D3 (*Bacillus subtilis* 7,5ml/l) obtuvo los mejores promedios, en altura de planta alcanzó un promedio de 101,6 cm para la variedad Única y 98,5 cm para la variedad Superchola, al final del ciclo de cultivo, siendo similar al testigo químico, y en algunos casos superior, como es en la variable número de tallos con un promedio de 3,86 tallos/planta para la variedad Superchola y 4,01 tallos/planta

para la variedad Única. Además, se obtuvo similares diámetros de tallos en comparación con el testigo químico con un promedio de 1,10 cm de diámetro de tallos para la variedad Única y 1,02 cm de diámetro de tallos para la variedad Superchola a los 150 dds.

- Los tratamientos: T4 (*Bacillus subtilis* a 7,5ml/l en variedad Superchola) y T9 (*Bacillus subtilis* a 7,5ml/l en variedad Única), correspondientes a la D3, fueron los más eficientes con respecto a las diferentes características agronómicas y productivas en las dos variedades estudiadas.
- Para la relación costo – beneficio los mejores tratamientos en la variedad Superchola fueron el T4 (*b. subtilis* a 7,5ml/l) y el T5 (testigo químico), con un índice costo beneficio de 1,42 y 1,38 respectivamente; el cual determina que por cada dólar invertido se obtiene una utilidad de 0,42 dólares para el tratamiento 4 y 0,38 dólares para el T5. Para la variedad Única el mejor tratamiento fue el T9 (*b. subtilis* a 7,5ml/l) y el T10 (testigo químico), con un índice costo beneficio de 1,07 y 1,03 respectivamente.

6.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda el uso de *Bacillus subtilis* en el cultivo de papa, a una dosificación de 7,5 ml/l de agua o 1500 ml por tanque de 200 litros, con aplicación a la siembra del cultivo y luego con una frecuencia de 15 días, hasta los 150 dds.
- Se debe realizar investigaciones sobre *Bacillus subtilis* dentro de un programa de manejo integrado del cultivo, con el fin de integrar este promotor de crecimiento en combinación con agroquímicos, de esta manera ir reemplazando las cantidades elevadas de sales minerales o productos sintéticos. Para disminuir los costos de producción, incrementar los rendimientos, conservar el equilibrio del ecosistema, producir alimentos sustentables e inocuos para el consumidor.
- Se recomienda realizar investigaciones sobre la bacteria *Bacillus subtilis*, con la finalidad de determinar el grado de compatibilidad con otros cultivos de importancia económica para el país y para determinadas zonas.
- Se recomienda determinar los niveles de nitrógeno y fosforo que aporta la bacteria *Bacillus subtilis* al cultivo, con la finalidad de implementar o equilibrar las necesidades de fertilizantes durante el ciclo del cultivo. Ya que en el transcurso de la investigación se presentaron algunas posibles deficiencias de elementos.
- Realizar una investigación sobre las diferentes cepas de *Bacillus subtilis* debido a que algunas cepas tienen la funcionalidad de ser empleadas como promotoras de crecimiento como fue en el caso de la presente investigación y otras cepas tienen la capacidad de ser empleadas como bio controladores, frente a diferentes fitopatógenos.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado Capó, Y., Leiva Mora, M., Cruz Martín, M., Mena, E., Acosta Suárez, M., Roque, B., Pichardo, T., García Aguila, L., Jimenez Terry, F., Hurtado, O., Veitia, N., & Padron, L. (2015). *Efecto de Bacillus spp . sobre el crecimiento y rendimiento agrícola de plantas in vitro de papa cv . ‘ Romano ’ en casa de cultivo*. *Biotecnología Vegetal*, 15(2), 115–122.
- Andrade. (2009). *Datos y cifras de la papa en Perú*. International Potato Center. <https://cipotato.org/es/potato/potato-facts-and-figures/>
- AZOBAC, P. (2001). *Promotores de crecimiento vegetal basados en Bacillus subtilis*. <http://www.microbiologiarosario.org/Fig/Plant Growth Promoter Azobac PGPR.pdf>
- Borba, N. (2008). *La Papa un Alimento Básico*. Posibles Impactos Frente a la Introducción de Papa Transgénica. Casa Editora Sudamerica.
- Buestán Vera, J. C. (2019). *Evaluación de cepas de Bacillus spp. como microorganismos promotores del crecimiento vegetal (PGPR) en brócoli y lechuga*. Tesis de maestría. Universidad Politécnica Salesiana, Quito. 80.
- Canqui, F. (2008). *Conocimiento Local en el Cultivo de la Papa*. Fundación PROINPA. Cochabamba, Bolivia. 2–3.
- Caycedo, C. (2016). *La Bacteria Bacillus subtilis como promotor de crecimiento*. Agrovida. Perú.
- CIP. (2017). *ICA ÚNICA. Inventario de Tecnologías e Información para el Cultivo de Papa en Ecuador*. Centro Internacional de la papa
- CIP. (2018). *Tecnologías para el Cultivo de Papa en Ecuador*. Centro Internacional de la papa. <https://cipotato.org/papaenecuador/2017/10/12/19-superchola/>
- Cisneros, C., Franco, J. M., Realpe Fernández, M., & Fuenmayor, J. C. (2017). *Influencia de microorganismos en la disponibilidad de fósforo en plántulas de café (Coffea arabica)*. *Biología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 15(1), 19. [https://doi.org/10.18684/bsaa\(15\)19-26](https://doi.org/10.18684/bsaa(15)19-26).
- Corrales, L., Losano L., Gómez, M., Ramos, S., Rodríguez, J. (2021) *Bacillus spp: una*

alternativa para la promoción vegetal por dos caminos enzimáticos. Bacillus y crecimiento vegetal, 12 – 22.

Cruz, R., Hernández, F. D., Gallegos-, G., Autónoma, U., Antonio, A., Uaaan, N., Parasitología, D. De, Postal, A., Cp, M., Aguilar-gonzález, C. N., De, U. A., Investigación, C. De, Edificio, S., Cp, M., Reyes-valdés, M. H., & De, D. (2016). *Bacillus spp. como Biocontrol en un Suelo Infestado con Fusarium spp., Rhizoctonia solani Kühn y Phytophthora capsici Leonian y su Efecto en el Desarrollo y Rendimiento del Cultivo de Chile (Capsicum annuum L.)*. Revista Mexicana de Fitopatología, 24(2), 105–114.

ESPAC. (2019). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua*. Obtenido de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2019/Presentacion%20de%20los%20principales%20resultados%20ESPAC%202019.pdf.

FAO. (2008). *Año Internacional de la papa*. Obtenido de FAO. El mundo de la papa América Latina : http://www.fao.org/potato-2008/es/mundo/america_latina.html.

FERTIANDINO. (2010). *FERTIANDINO*. Papa Aporque. www.fertiandino.com

Fitter, A. H., & Garbaye, J. (1994). *Interactions between mycorrhizal fungi and other soil organisms*. Plant and Soil, 159(1), 123–132.

González, M. (2017). *Bacillus subtilis como promotora del rendimiento y calidad de fresa*. Instituto Politecnico Nacional, Centro de Interdisciplinario de Investigación Para El Desarrollo Integral Regional Unidad Michoacan, 1–139.

Hernández-Castillo, F. D., Lira-Saldivar, R. H., Cruz-Chávez, L., Gallegos-Morales, G., Galindo-Cepeda, M. E., Padrón-Corral, E., & Hernández-Suárez, M. (2013). *Potencial antifúngico de cepas de Bacillus spp. y extracto de Larrea tridentata contra Rhizoctonia solani en el cultivo de la papa (Solanum tuberosum L.)*. Phyton, 77, 241–252.

Hernandez, L., & Escanola, M. (2003). *Microorganismos que benefician a las plantas: las bacterias PGPR*. Revista de Divulgación Científica y Tecnológica de La Universidad De Veracruz.

- Huarte, M. A. (2016). *Cultivo de Papa*. Cultivo de Papa en Ecuador y sus variedades 2. https://www.researchgate.net/publication/256195293_Cultivo_de_papa.
- INIA. (2013). *Manejo Agronómico para la papa*. Cultivo e importancia. Informativo INIA URURI, Chile. 1–4.
- Inostroza F., J., Méndez L., P., & Sotomayor T., L. (2016). *Botánica y morfología de la papa*. Manual de Papa Para La Araucanía, 1, 7–13.
- Inostroza, J., Méndez, P., Espinoza, N., Acuña, I., Navarro, P., Cisternas, E., & Larraín, P. (2017). *Manual del cultivo de la papa en Chile*. Inia, 144.
- Koneman, C. (2001). *El género Bacillus subtilis y sus características*. Habitat natural 28-34.
- Kobakiwal, A. (2010). *La papa: Un alimento con tradición, nutrición y sabor*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 1–82.
- Leal-Almanza, J., Gutiérrez-Coronado, M. A., Castro-Espinoza, L., Lares-Villa, F., Cortes-Jiménez, J. M., & De Los Santos-Villalobos, S. (2017). *Microorganismos promotores de crecimiento vegetal con yeso agrícola en papa (Solanum tuberosum)*. Publicado como artículo en Agrobiencia, 52, 1149–1159.
- Leverato, J. (2015). *El Cultivo de papa*. Obtenido de INTA: <https://inta.gob.ar/noticias/el-cultivo-de-papa>.
- Linares, Y., & Gutiérrez, A. (2018). *El mercado mundial de la papa*. Aldea Mundo. 5. 10, 59-69.
- Lozano, L. C., Julieth, S., & Rojas, R. (2016). *Bacillus spp : una alternativa para la promoción vegetal*. Caminos enzimáticos. 1–2.
- MAG. (2018). *Informe de rendimientos de papa en el Ecuador 2017*. Ministerio de agricultura y ganadería. 66, 37–39.
- MAG. (2014). *Ecuador se proyecta a ser exportador de papa*. Obtenido de Ministerio de Agricultura y Ganadería: <https://www.agricultura.gob.ec/ecuador-se-proyecta-a-ser-exportador-de-papa/#:~:text=%E2%80%9CLa%20papa%20es%20el%20segundo,a%20su%20cultivo%>

20y%20comercializaci%C3%B3n.

- Magaña-Sánchez, M. M., Mena-Violante, H. G., León-Martínez, D. G., Angoa-Pérez, M. V., & Ramírez-Jiménez, M. R. (2015). *Efecto de Bacillus subtilis sobre el rendimiento, desarrollo y propiedades nutraceuticas de fresa*. Tesis de maestría publicada. Instituto Politécnico Nacional. Michoacán, Mexico.
- Main, G., & Franco, J. (2011). *Efecto de la bacteria Bacillus subtilis y el hongo Micorrizico Arbuscular Glomus fasciculatum en la fertilización fosfórica en el cultivo de la papa (Solanum tuberosum ssp. andigena)*. Dialnet, Efecto de la Bacteria Bacillus Subtilis y el Hongo Micorrizo 5512049.pdf
- Montesdeoca, F. (2005). *Guía para la producción , comercialización y uso de semilla de Papa de Calidad*. PNTR-INIAP. Proyecto Fertipapa, pp 40.
- Ñustez. (2010). *ÚNICA*, Cultivo de Papa en Ecuador.
- Orellana. (2010). *FERTIANDINO*, Papa siembra. Programa de nutrición para el cultivo Papa Siembra (Saco de Fertilizante/Saco de Semilla).
- Pérez, D. (2015). *Evaluación del efecto de la inoculación de Bacillus spp. con potencial fijador de nitrógeno en cultivos de Chlorella sorokiniana*. Medellín, Colombia: Universidad EAFIT.
- Posada, L. (2017). *Promoción de crecimiento vegetal de Bacillus subtilis EA-CB0575, colonización rizosférica y potencial genómico y bioquímico*.
- Pulido Jiménez, A. C. (2016). *Evaluación del efecto de Bacillus subtilis EA-CB0575 en la promoción de crecimiento de Zea mays y Solanum lycopersicum a nivel de invernadero*.
- Pumisacho, M., & Stephen, S. (2002). *El Cultivo de la Papa en Ecuador*. Quito: American Potato Journal, 45(4), 233.
- Ramírez-Muñoz, F., Fournier-Leiva, M. L., Ruepert, C., & Hidalgo-Ardón, C. (2014). *Uso de agroquímicos en el cultivo de papa en Pacayas, Cartago, Costa Rica*. Agronomía Mesoamericana, 25(2), 337–345. <https://doi.org/10.15517/am.v25i2.15441>.
- Rojas-Badía, M. M., Bello-González, M. A., Ríos-Rocafull, Y., Lugo-Moya, D., & Rodríguez

- Sánchez, J. (2020). *Utilización de cepas de Bacillus como promotores de crecimiento en hortalizas de importancia económica y comerciales*. *Acta Agronómica*, 69(1), 54–60. <https://doi.org/10.15446/acag.v69n1.79606>.
- Román, M., & Hurtado, G. (2002). *Cultivo de la Papa*. Centro Nacional De Tecnología Agropecuaria y Forestal, 34.
- Soluciones, B. (2017). *Bacteria antagonica y promotora de crecimiento*. Bio Soluciones. M y V.
- Tejera, H., Berto, P., & Marcia, R. (2011). *Potencialidades del género Bacillus en la promoción del crecimiento vegetal y el control biológico de hongos fitopatógenos*. *Revista CENIC : Ciencias Biológicas*, 42(3), 131–138.
- Torres, L., Cuesca, X., Monteros, C., & Rivadeneira, J. (2011). *Variedades de papa – Inventario de Tecnologías e Información para el Cultivo de Papa en Ecuador*. <https://cipotato.org/papaenecuador/variedades-de-papa/>.
- UIC. (2020). *Análisis de mercado*. Ministerio de agricultura y riego. *Revista de Unidad de inteligencia Comercial.pdf*.
- Ulibarry, P. G. (2019). *Consecuencias ambientales de la aplicación de fertilizantes*. Biblioteca de congreso Nacional de Chile – BCN , 118.
- Villarreal-Delgado, M. F., Villa-Rodríguez, E. D., Cira-Chávez, L. A., Estrada-Alvarado, M. I., Parra-Cota, F. I., & De los Santos-Villalobos, S. (2018). *El género Bacillus como agente de control biológico y sus implicaciones en la bioseguridad agrícola*. *Revista Mexicana de Fitopatología, Mexican Journal of Phytopathology*, 36(1), 95–130.
- YARA. (2021). *La producción mundial de papa*. Obtenido de Yara Nutrición vegetal : <https://www.yara.com.pe/nutricion-vegetal/papa/la-produccion-mundial-de-papas/>

V. ANEXOS

Anexo 1: Certificado o Acta del Perfil de Investigación



ACTA

DE LA SUSTENTACIÓN DE PREDEFENSA DEL DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN

NOMBRE Brayan Alejandro Obando Chamorr
CÉDULA DE IDENTID 0401944327
NIVEL/PARALELO: 0
PERIODO ACADÉMIK XXXXX-XXXXX

TEMA DEL TIC: "Efecto de la aplicación de varias dosis de Bacillus subtilis en dos variedades del cultivo de papa (Solanum tuberosum) en el sector de Guamaq, cantón Tulcán"

Tribunal designado por la dirección de esta Carrera, conformado por:

PRESIDENTE: MSC. Ramiro Mora
DOCENTE TUTOR: MSC. David Herrera
DOCENTE: MSC. Paul Ortiz

De acuerdo al artículo 32 Una vez entregados los documentos y cumplidos los requisitos para la realización de la pre-defensa el Director de Carrera designará el Tribunal, fijando lugar, fecha y hora para la realización de este acto:

EDIFICIO DE AULAS 0 **AULA:** 0

FECHA: miércoles, 23 de febrero de 2022

HORA: 11H00

Obteniendo las siguientes notas:

1) Sustentación de la predefensa: 5,25
2) Trabajo escrito 2,25
Nota final de PRE DEFENSA 7,50

Por lo tanto: **APRUEBA CON OBSERVACIONES** ; debiendo acatar el siguiente artículo:

Art. 36 - De los estudiantes que aprueban el informe final del TIC con observaciones - Los estudiantes tendrán el plazo de 10 días para proceder a corregir su informe final del TIC de conformidad a las observaciones y recomendaciones realizadas por los miembros del Tribunal de sustentación de la pre-defensa.

Para constancia del presente, firman en la ciudad de Tulcán el miércoles, 23 de febrero de 2022



RAMIRO RAMIRO
MORA GUILLENAL
MSC. Ramiro Mora

PRESIDENTE



CARLOS DAVID
HERRERA
RAMIREZ
MSC. David Herrera

DOCENTE TUTOR



PAUL SANTIAGO
ORTIZ TIRADO

MSC. Paul Ortiz
DOCENTE

Adj.: Observaciones y recomendaciones

Anexo 2: Certificado del abstract por parte de idiomas



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI
FOREIGN AND NATIVE LANGUAGE CENTER

ABSTRACT- EVALUATION SHEET				
NAME: Obando Chamorro Bryan Alejandro				
DATE: 8 de marzo de 2022				
TOPIC: "Efecto de la aplicación de varias dosis de bacillus subtilis en dos variedades del cultivo de papa (solanum tuberosum) en el sector de Guamag, cantón Tulcán."				
MARKS AWARDED		QUANTITATIVE AND QUALITATIVE		
VOCABULARY AND WORD USE	Use new learnt vocabulary and precise words related to the topic	Use a little new vocabulary and some appropriate words related to the topic	Use basic vocabulary and simplistic words related to the topic	Limited vocabulary and inadequate words related to the topic
	EXCELLENT: 2	GOOD: 1,5	AVERAGE: 1	LIMITED: 0,5
WRITING COHESION	Clear and logical progression of ideas and supporting paragraphs.	Adequate progression of ideas and supporting paragraphs.	Some progression of ideas and supporting paragraphs.	Inadequate ideas and supporting paragraphs.
	EXCELLENT: 2	GOOD: 1,5	AVERAGE: 1	LIMITED: 0,5
ARGUMENT	The message has been communicated very well and identify the type of text	The message has been communicated appropriately and identify the type of text	Some of the message has been communicated and the type of text is little confusing	The message hasn't been communicated and the type of text is inadequate
	EXCELLENT: 2	GOOD: 1,5	AVERAGE: 1	LIMITED: 0,5
CREATIVITY	Outstanding flow of ideas and events	Good flow of ideas and events	Average flow of ideas and events	Poor flow of ideas and events
	EXCELLENT: 2	GOOD: 1,5	AVERAGE: 1	LIMITED: 0,5
SCIENTIFIC SUSTAINABILITY	Reasonable, specific and supportable opinion or thesis statement	Minor errors when supporting the thesis statement	Some errors when supporting the thesis statement	Lots of errors when supporting the thesis statement
	EXCELLENT: 2	GOOD: 1,5	AVERAGE: 1	LIMITED: 0,5
TOTAL/AVERAGE	9 - 10: EXCELLENT 7 - 8,9: GOOD 5 - 6,9: AVERAGE 0 - 4,9: LIMITED		TOTAL 9	



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL
CARCHI FOREIGN AND NATIVE LANGUAGE
CENTER**

Informe sobre el Abstract de Artículo Científico o Investigación.

Autor: Obando Chamorro Bryan Alejandro

Fecha de recepción del abstract: 8 de marzo de 2022

Fecha de entrega del informe: 8 de marzo de 2022

El presente informe validará la traducción del idioma español al inglés si alcanza un porcentaje de: 9 – 10 Excelente.

Si la traducción no está dentro de los parámetros de 9 – 10, el autor deberá realizar las observaciones presentadas en el ABSTRACT, para su posterior presentación y aprobación.

Observaciones:

Después de realizar la revisión del presente abstract, éste presenta una apropiada traducción sobre el tema planteado en el idioma Inglés. Según los rubrics de evaluación de la traducción en Inglés, ésta alcanza un valor de 9 por lo cual se valida dicho trabajo.

Atentamente




EDISON BOANERGES
PEÑAÑIEL ARCOS

Ing. Edison Peñañiel Arcos MSc
Coordinador del CIDEN

Anexo 3: Análisis de suelo

L A B O N O R T

LABORATORIOS NORTE
Av. Cristobal de Troya y Jaime Roldos Ibarra - Ecuador

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS			
DATOS DE PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD	
Nombre: Brayan Obando		Provincia: Carchi	
Ciudad: Tulcán		Cantón: Tulcán	
Teléfono: 0922627755		Parroquia: Tulcán	
Fax:		Sector: Guamag	
Correo:		Comunidad:	
DATOS DEL LOTE		LABORATORIO	
Sitio: Centro		Nro Reporte:	
Superficie:		Tipo de Análisis: Semi - completo	
Número de Campo: 1		Muestra: Suelo, muestra	
Cultivo actual: nr.		Fecha de ingreso: 2019-11-22	
Nutriente	Valor	Unidad	Interpretación
N	65.15	ppm	Alto
P	7.03	ppm	Bajo
S	12.3	ppm	Bajo
K	0.81	meq/100 ml	Alto
Ca	7.02	meq/100 ml	Alto
Mg	1.01	meq/100 ml	Medio
Zn	6.02	ppm	Medio
Cu	3.31	ppm	Medio
Fe	528.3	ppm	Alto
Mn	21.34	ppm	Alto
B	0.56	Ppm	Bajo
Materia orgánica	12.01	%	Alto
pH	4.65		Fuertemente ácido
Dr. Quim. Edison Miño V Responsable Laboratorio			




Tabla 28. Datos para altura de planta a los 30, 60, 90, 120 y 150 días después de la siembra (dds)

Tr.	30 días dds				60 días dds				90 días dds				120 días dds				150 días dds			
	B1	B2	B3	\bar{x} cm	B1	B2	B3	\bar{x} cm	B1	B2	B3	\bar{x} cm	B1	B2	B3	\bar{x} cm	B1	B2	B3	\bar{x} cm
T1	7,24	7,14	7,09	7,16	12,99	13,19	12,71	12,96	32,27	31,29	28,56	30,71	56,66	54,47	54,64	55,26	70,1	72,3	90,1	77,50
T2	8,44	8,34	8,36	8,38	14,13	14,16	13,77	14,02	43,41	41,74	43,86	43,00	64,86	65,6	60	63,49	87,32	74,8	88,4	83,51
T3	8,3	9,03	8,51	8,61	14,47	14,71	13,96	14,38	43,37	41,5	44,6	43,16	66,23	65,63	58,99	63,62	88,5	81,05	79,9	83,15
T4	11,23	11,09	11,21	11,18	16,87	17,7	17,64	17,40	53,5	53,43	56,59	54,51	73,93	75,51	67,31	72,25	100,09	96,5	99	98,53
T5	13,31	13,86	12,39	13,19	17,29	20,84	21,63	19,92	62,11	60,61	59,4	60,71	83,59	82,21	90,47	85,42	100,1	99,4	100,4	99,97
T6	8,04	7,44	7,86	7,78	13,43	13,96	12,8	13,40	31,3	32,2	30,5	31,33	54,97	54,86	56,44	55,42	69,2	71,8	79,3	73,43
T7	8,49	8,37	8,71	8,52	13,77	13,47	12,9	13,38	42,6	42,51	44,74	43,28	65,21	66,4	62,11	64,57	72,5	82,6	89	81,37
T8	8,47	8,59	8,91	8,66	14,27	13,46	13,06	13,60	43,74	42,39	45,81	43,98	64	65,24	58,63	62,62	75,3	85,2	88,7	83,07
T9	11,24	10,8	11,14	11,06	17,3	17,84	17,4	17,51	53,76	53,3	51,44	52,83	75,29	74,14	75,27	74,90	101,2	102,2	101,5	101,63
T10	12,93	12,33	13,4	12,89	20,31	21,39	18,74	20,15	59,83	58,93	57,19	58,65	83,09	84,37	87,53	85,00	100	100,3	102	100,77

B1 = Bloque 1; B2 = Bloque 2; B3 = Bloque 3; (x cm) = promedio

Tabla 29. Datos para diámetro de tallos a los 30, 60, 90, 120 y 150 (dds).

Tr.	30dds				60 dds				90 dds				120 dds				150 dds			
	B1	B2	D3	\bar{x} cm	B1	B2	B3	\bar{x} cm	B1	B2	B3	\bar{x} cm	B1	B2	B3	\bar{x} cm	B1	B2	B3	\bar{x} cm
T1	0,43	0,47	0,46	0,45	0,56	0,59	0,53	0,56	0,77	0,81	0,74	0,77	0,8	0,86	0,84	0,83	0,9	0,9	0,85	0,88
T2	0,53	0,59	0,44	0,52	0,6	0,64	0,51	0,58	0,84	0,83	0,71	0,79	0,93	0,94	0,86	0,91	0,98	1	0,86	0,95
T3	0,57	0,57	0,46	0,53	0,63	0,66	0,54	0,61	0,86	0,84	0,73	0,81	0,97	0,97	0,86	0,93	1	0,97	0,86	0,94
T4	0,64	0,59	0,53	0,59	0,77	0,63	0,64	0,68	0,96	0,9	0,86	0,91	1,07	1,06	0,94	1,02	1,2	1,06	1,2	1,15
T5	0,66	0,66	0,59	0,64	0,73	0,77	0,64	0,71	0,94	0,96	0,86	0,92	1,11	1,06	1,07	1,08	1,3	1,1	1,07	1,16
T6	0,47	0,53	0,49	0,50	0,54	0,57	0,57	0,56	0,8	0,83	0,79	0,81	0,89	0,93	0,87	0,90	1,3	0,93	0,87	1,03
T7	0,57	0,54	0,54	0,55	0,66	0,66	0,63	0,65	0,83	0,86	0,84	0,84	0,97	0,97	0,96	0,97	1,2	1,1	0,96	1,09
T8	0,53	0,56	0,54	0,54	0,63	0,63	0,64	0,63	0,86	0,84	0,89	0,86	1,01	0,93	0,94	0,96	1,1	0,95	1	1,02
T9	0,66	0,63	0,63	0,64	0,77	0,73	0,77	0,76	0,93	0,94	0,96	0,94	1,06	1,07	1,11	1,08	1,1	1,1	1,3	1,17
T10	0,67	0,64	0,56	0,62	0,76	0,77	0,63	0,72	0,96	0,96	0,87	0,93	1,11	1,11	0,91	1,04	1,2	1,2	1,2	1,20

B1 = Bloque 1; B2 = Bloque 2; B3 = Bloque 3; (x cm) = promedio

Tabla 30. Datos para número de tallos de plantas a los 30, 60, 90, 120 y 150 (dds).

	30dds				60 dds				90 dds				120 dds				150 dds			
Tr.	B1	B2	B3	\bar{x}	B1	B2	B3	\bar{x}	B1	B2	B3	\bar{x}	B1	B2	B3	\bar{x}	B1	B2	B3	\bar{x}
T1	1,29	1,14	1,14	1,19	1,29	1,14	1,14	1,19	2	2	2	2,00	3	2,57	2,71	2,76	3,4	3,1	3	3,17
T2	1,43	1,29	1,57	1,43	1,58	1,29	1,57	1,48	1,86	2,29	2,57	2,24	3	3	3,57	3,19	3,5	3,2	3,8	3,50
T3	1,43	1,43	1,57	1,48	1,43	1,43	1,63	1,50	2	2,29	2,43	2,24	3	3,29	3,43	3,24	4	3,29	3,43	3,57
T4	1,71	1,57	1,57	1,62	1,71	1,7	1,64	1,68	2,29	2,57	2,43	2,43	3,43	3,86	3,57	3,62	4,1	3,9	3,57	3,86
T5	1,71	1,43	1,57	1,57	1,72	1,65	1,57	1,65	2,43	2,43	2,43	2,43	3,71	3,71	3,29	3,57	4,4	3,7	3,29	3,80
T6	1,29	1,14	1,14	1,19	1,29	1,14	1,14	1,19	1,71	2,14	1,71	1,85	2,43	3	2,71	2,71	3,1	3	2,71	2,94
T7	1,29	1,29	1,43	1,34	1,35	1,29	1,43	1,36	2,14	2,14	2,29	2,19	3,14	3,14	3,29	3,19	3,3	3,14	3,29	3,24
T8	1,43	1,29	1,43	1,38	1,43	1,32	1,43	1,39	2,29	2	2,43	2,24	3,29	3	3,43	3,24	3,5	3	4	3,50
T9	1,43	1,43	1,57	1,48	1,46	1,43	1,57	1,49	2,43	2,14	2,57	2,38	3,57	3,14	3,43	3,38	4,5	3,14	4,4	4,01
T10	1,43	1,57	1,43	1,48	1,43	1,57	1,43	1,48	2,29	2,43	2,43	2,38	3,29	3,29	3,57	3,38	4	3,29	4,5	3,93

B1 = Bloque 1; B2 = Bloque 2; B3 = Bloque 3; (\bar{x} cm) = promedio

Tabla 31. Datos para rendimiento total del cultivo en Kg/ha.

Bloques	Tratamientos									
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
B1	21000	35444,4	36916,7	39500	40597,2	20305,6	34027,8	34916,7	38611,1	39583,3
B2	17472,2	34361,1	34166,7	38694,4	40277,8	19888,9	34277,8	34944,4	38416,7	40333,3
B3	17583,3	32805,6	34916,7	38750	39555,6	17944,4	32222,2	34555,6	38583,3	38694,4
Media (Kg/Ha)	18685,17	34203,70	35333,37	38981,47	40143,53	19379,63	33509,27	34805,57	38537,03	39537,00

B1 = Bloque 1; B2 = Bloque 2; B3 = Bloque 3; (\bar{x} cm) = promedio

Tabla 32. Datos para rendimiento por categoría Kg/Ha.

Trat.	1ra categoría				2da categoría				3ra categoría			
	B1	B2	B3	\bar{x} Kg/Ha	B1	B2	B3	\bar{x} Kg/Ha	B1	B2	B3	\bar{x} Kg/Ha
T1	4361,1	3416,7	4027,8	3935,2	5944,4	5111,1	5277,8	5444,4	10694,4	8944,4	8277,8	9305,5
T2	12361,1	11805,6	11194,4	11787,0	19527,8	19222,2	18000	18916,7	3555,6	3333,3	3611,1	3500
T3	12277,8	12694,4	13000	12657,4	20916,7	19000	19583,3	19833,3	3722,2	2472,2	2333,3	2842,5
T4	13694,4	13500	13722,2	13638,9	22333,3	22305,6	23694,4	22777,8	3472,2	2888,9	1333,3	2564,8
T5	25611,1	25583,3	26583,3	25925,9	12402,8	12611,1	11444,4	12152,8	2583,3	2083,3	1527,8	2064,8
T6	3166,7	5111,1	3861,1	4046,3	5250	6194,4	5694,4	5712,9	11888,9	8583,3	8388,9	9620,3
T7	11194,4	12000	10944,4	11379,6	20111,1	19555,6	18777,8	19481,5	2722,2	2722,2	2500	2648,1
T8	11888,9	13694,4	12861,1	12814,8	19555,6	19222,2	19083,3	19287,0	3472,2	2027,8	2611,1	2703,7
T9	14250	12972,2	12472,2	13231,5	21194,4	22277,8	24583,3	22685,2	3166,7	3166,7	1527,8	2620,4
T10	25416,7	26194,4	25833,3	25814,8	11750	12888,9	11055,6	11898,2	2416,7	1250	1805,6	1824,1

B1 = Bloque 1; B2 = Bloque 2; B3 = Bloque 3; (x cm) = promedio

Anexo 4: Preparación del terreno



Anexo 5: División de parcelas



Anexo 6: Siembra y aplicación de *Bacillus subtilis*



Anexo 7. Deshierba



Anexo 8: Aporque



Anexo 9: Aplicación de producto (*Bacillus subtilis*)



Anexo 10: Testigo Químico vs Dosificación 3

Testigo químico 90 días dds.



Dosificación 3: *B. subtilis* (7,5ml/l) 90dds.



Anexo 11: Toma de datos



Anexo 12: Cosecha y selección



Anexo 13: Pesado



Anexo 14: Rendimiento



Anexo 15: Costos de producción del experimento

Detalle	Unidad	Cantidad	Costo U.	Costo Total	Subtotal	
Arriendo del terreno						
Terreno	2000m2	1	\$ 200,00	\$ 200,00	\$ 200,00	
Análisis del suelo						
Fisicoquímico	muestra	1	\$ 20,00	\$ 20,00	\$ 20,00	
Preparación del terreno						
Arada	horas	1	\$ 15,00	\$ 15,00	\$ 30,00	
Rastrada	horas	1	\$ 15,00	\$ 15,00		
Implementación del ensayo						
Triple	hoja	1	\$ 6,00	\$ 6,00	\$ 53,00	
Piola	cono	1	\$ 10,00	\$ 10,00		
Estacas	unidades	120	\$ 0,10	\$ 12,00		
Flexómetro	metros	1	\$ 3,00	\$ 3,00		
Mano de obra	Dia/jornal	1	\$ 12,00	\$ 12,00		
Transporte	carrera	1	\$ 10,00	\$ 10,00		
Labores culturales						
Surcada	Dia/Jornal	2	\$ 12,00	\$ 24,00	\$ 258,00	
Siembra, fert,tap.	Dia/Jornal	2	\$ 12,00	\$ 24,00		
Retape, fert.	Dia/Jornal	2	\$ 12,00	\$ 24,00		
Deshierba	Dia/Jornal	2	\$ 12,00	\$ 24,00		
Medio aporque	Dia/Jornal	2	\$ 12,00	\$ 24,00		
Aporque	Dia/Jornal	2	\$ 12,00	\$ 24,00		
Controles (5)	Dia/Jornal	2	\$ 15,00	\$ 30,00		
Cosecha	Dia/Jornal	2	\$ 12,00	\$ 24,00		
Pesador ,cosedor	Dia/Jornal	1	\$ 12,00	\$ 12,00		
Cargada	Dia/Jornal	2	\$ 12,00	\$ 24,00		
Transporte	qq	80	\$ 0,30	\$ 24,00		
Fertilizantes						
Papa siembra	Kg	18,7	\$ 0,80	\$ 14,96		\$ 70,96
Papa aporque	Kg	10	\$ 0,60	\$ 6,00		
Nito (b. subtilis)	lt	2	\$ 25,00	\$ 50,00		
Fungicidas						
Satisfar	gr	1	\$ 7,00	\$ 7,00	\$ 24,70	
Propamocar	lt	1	\$ 6,60	\$ 6,60		
Curalancha	kg	1	\$ 7,00	\$ 7,00		
Novac	gr	1	\$ 4,10	\$ 4,10		
Insecticidas						
Engeo	lt	1	\$ 9,00	\$ 9,00	\$ 52,00	
Metralla	gr	1	\$ 7,00	\$ 7,00		
Cipermetrina	lt	1	\$ 15,00	\$ 15,00		
Ciromizina	lt	1	\$ 5,00	\$ 5,00		
Nuvan 100	lt	1	\$ 16,00	\$ 16,00		
Materiales y equipos						

Semilla	qq	4	\$ 20,00	\$ 80,00	
Costales	unidad	80	\$ 0,15	\$ 12,00	
Aguja	unidad	1	\$ 1,00	\$ 1,00	
Bomba de fumigación	unidad	1	\$ 80,00	\$ 80,00	
Guantes	pares	6	\$ 2,00	\$ 12,00	
Mascarilla	unidad	6	\$ 1,00	\$ 6,00	\$ 191,00
Visitas y toma de datos					
Transporte	carrera	48	\$ 100,00	\$ 100,00	\$ 100,00
SUB-COSTO TOTAL					\$ 999,66
IMPREVISTO 10%					\$ 99,96
COSTO TOTAL					\$1.099,62