



***Bacillus subtilis* promueve el crecimiento e incrementa el rendimiento del cultivo de chocho
(*Lupinus mutabilis*)**

Gómez Cruz Jordhy Maurizio

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

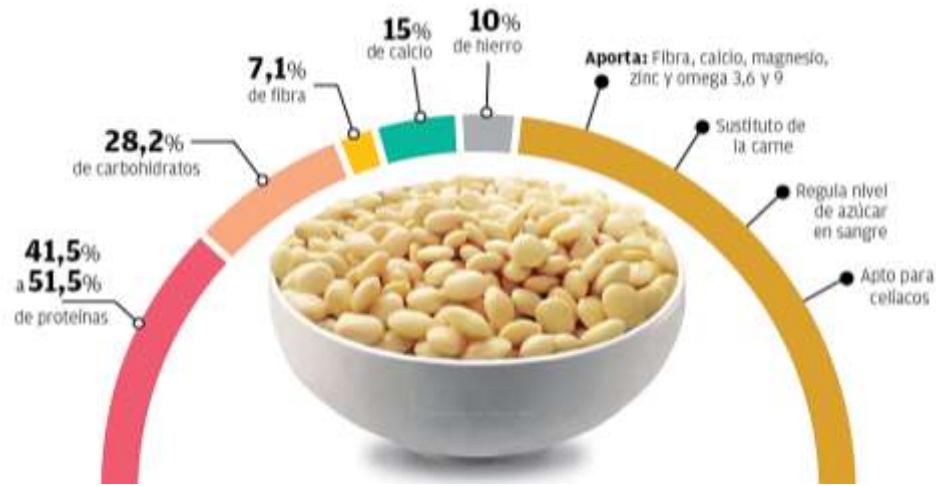
Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario

Ing. Falconí Saá César Eduardo Ph.D

04 de agosto del 2023



INTRODUCCIÓN



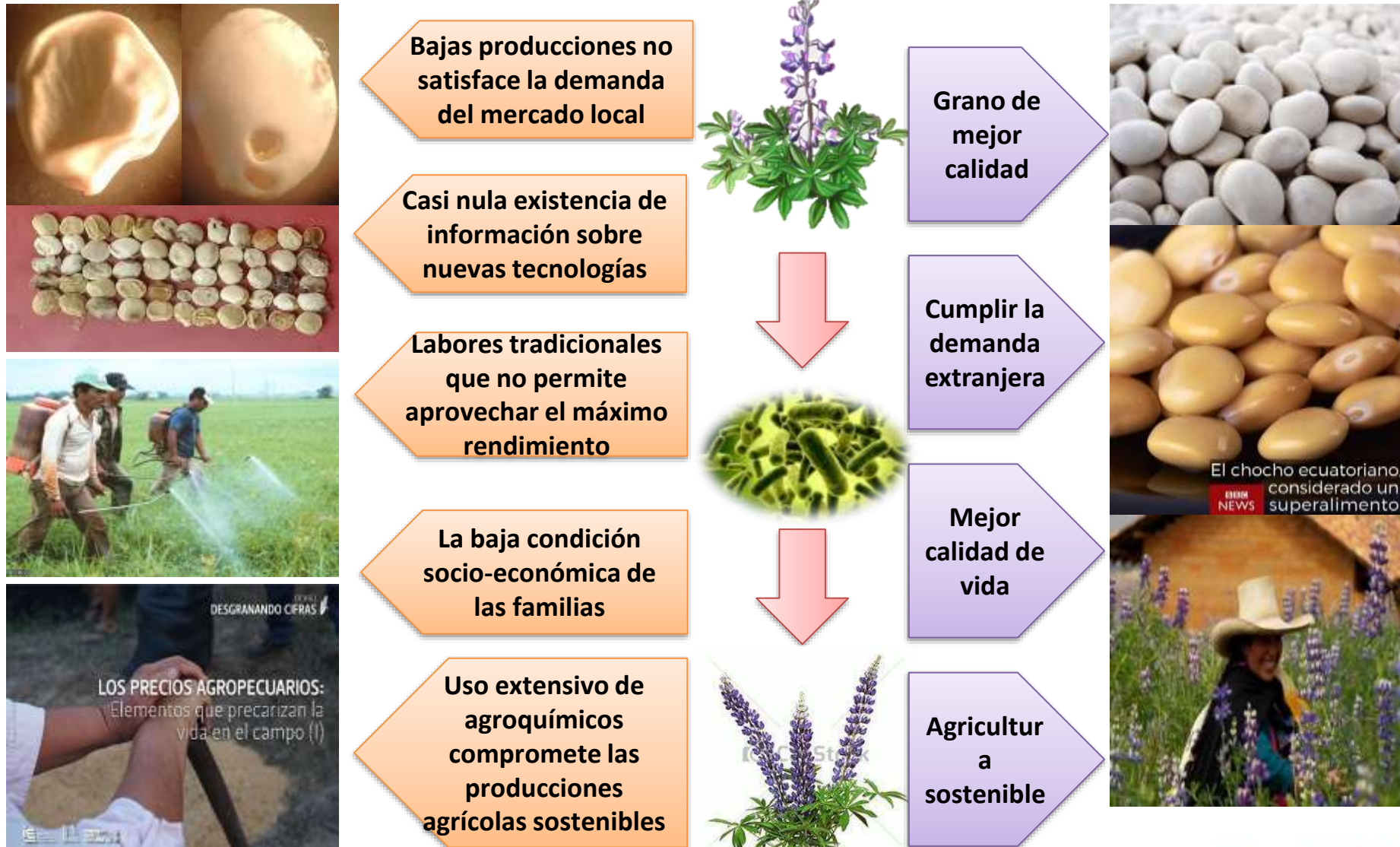
- Afectan positivamente a diversos procesos fisiológicos
- Agentes potenciales para controlar infecciones

Debido a su alta calidad nutritiva este cultivo es actualmente de interés mundial, por lo que contribuye significativamente a la seguridad alimentaria y nutricional de la población global (Alarcón, 2012)



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

JUSTIFICACIÓN



Nota: Tomado de (Falconí & Yánez, 2022), (Hernández *et al.*, 2022) y (Acosta, 2008).

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar el efecto de *Bacillus subtilis* CtpxS2-1 y CtpxS3-5 como promotoras de crecimiento y rendimiento vegetal en plantas de chocho (*Lupinus mutabilis*).

Objetivos específicos

- ✓ Evaluar la concentración de ácido indolacético en ápices de chocho tratados mediante aspersión con 2 cepas de *Bacillus subtilis*.
- ✓ Estimar quincenalmente la concentración de proteína y el índice de clorofila en hojas de chocho tratado mediante aspersión con 2 cepas de *Bacillus subtilis*.
- ✓ Cuantificar el número de vainas, número de granos por vaina, rendimiento, semilla comercial y no comercial como variables asociadas al rendimiento del cultivo de chocho tratado mediante aspersión con 2 cepas de *Bacillus subtilis*.
- ✓ Evaluar, la dinámica poblacional de dos cepas de *Bacillus subtilis* presentes en la filósfera del cultivo de chocho, como producto de aplicaciones quincenales.



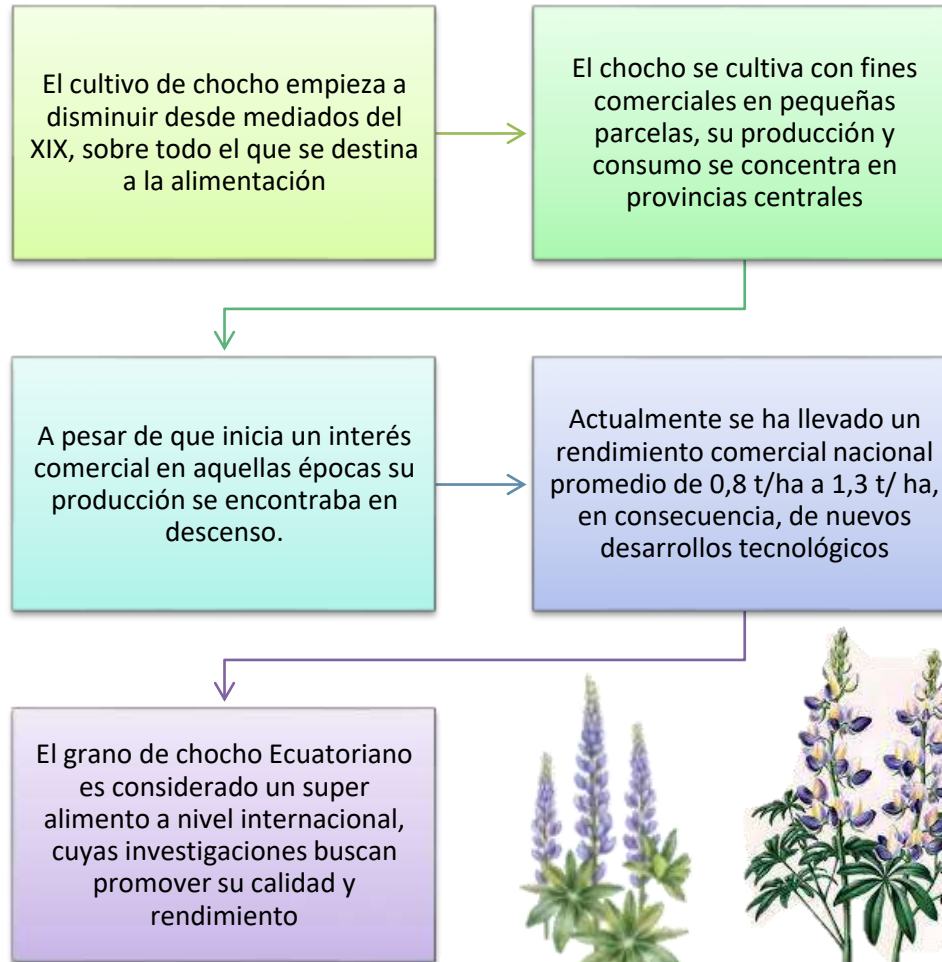
HIPÓTESIS

H0: La aplicación por aspersión de *Bacillus subtilis* en plantas de chocho no incrementa significativamente la concentración de ácido indolacético, concentración de proteína, índice de clorofila y el rendimiento (nro. vainas y nro. de grano por vaina, rendimiento, semilla comercial y no comercial) del cultivo.

H1: La aplicación por aspersión de *Bacillus subtilis* en plantas de chocho incrementa significativamente la concentración de ácido indolacético, concentración de proteína, índice de clorofila y el rendimiento (nro. vainas, nro. de grano por vaina, rendimiento, semilla comercial y no comercial) del cultivo.



Rendimiento del cultivo de chocho en Ecuador



En Ecuador, la producción de chocho incentiva el trabajo de pequeños y medianos productores abriendo una posibilidad de competir en mercados potenciales

El valor nutricional de la semilla de chocho es motivo de atención de organizaciones internacionales como FAO



EL CHOCHO

- Es la leguminosa con mayor porcentaje de proteína (42-51 %).
- Considerado un super alimento en el mundo.
- Posee Calcio, Fósforo, Hierro, Omega 3 y 6.
- Cuenta con la presencia de la extraña proteína: "Gamma Conglutin"



La alimentación saludable es una necesidad fundamental que se está convirtiendo en una tendencia del consumo industrial a nivel mundial.



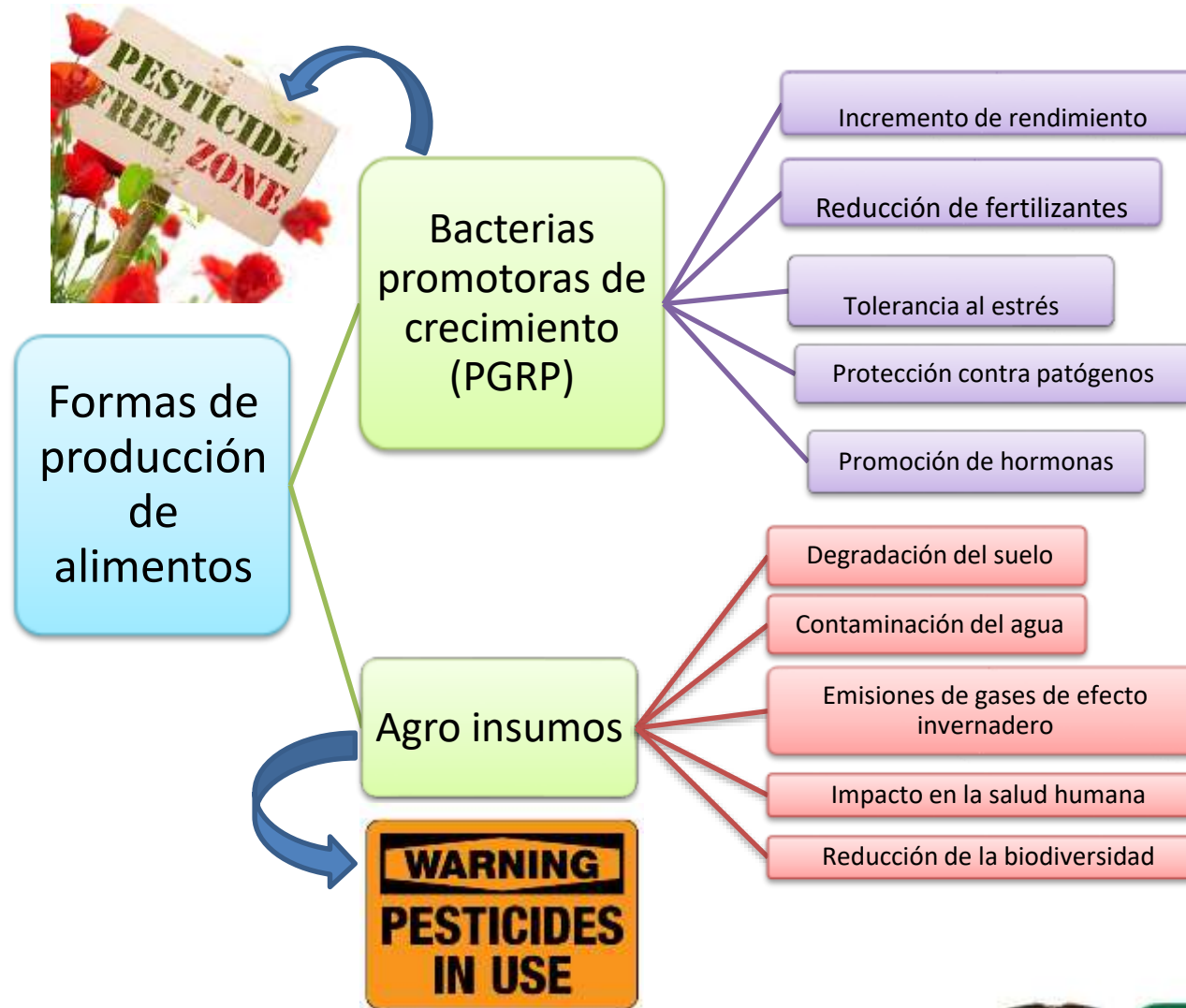
Desde el aspecto nutricional, el chocho es un alimento que presenta la posibilidad de competir en el mercado de los super alimentos

INDUSTRIA DE LOS SUPERALIMENTOS EN ECUADOR

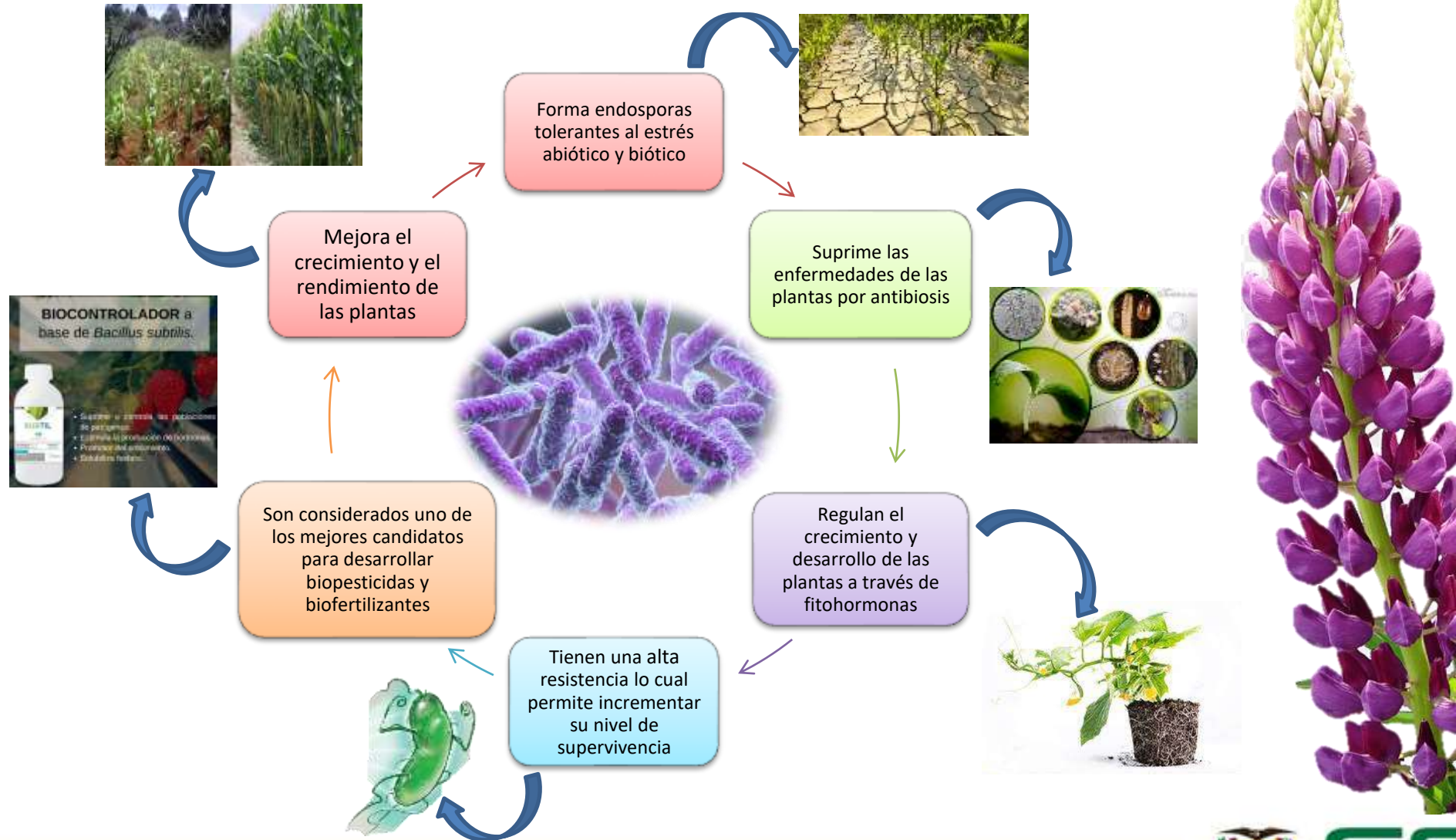
Tal es el caso del Ministerio de Agricultura y Ganadería que actualmente mantiene una alianza con empresas extranjeras para la exportación certificada del producto en el mercado extranjero.



Rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal (PGRP)



Potencialidades del género *Bacillus subtilis* como inductor de crecimiento



Ubicación del área de investigación

La presente investigación se realizó en las instalaciones del laboratorio e invernadero de Fitopatología y Control Biológico de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA I, Hacienda el Prado, perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, ubicado en la localidad de San Fernando, parroquia Sangolquí, cantón Rumiñahui provincia Pichincha.

Figura 1

Ubicación satelital del sitio de investigación



Nota. A) Invernadero de Fitopatología, B) Laboratorio de Fitopatología.
Tomado de (GoogleMaps, 2022)

Diseño experimental

Se evaluó la respuesta de 10 plantas de chocho por tratamiento distribuidos de manera aleatoria (Tabla 1) con 3 repeticiones tratadas mediante aspersión con dos cepas de *Bacillus subtilis* CtpxS2-1 y CtpxS3-5 en condiciones de invernadero.

Las variables de respuestas asociadas al crecimiento y características agronómicas se caracterizaron mediante estadística descriptiva (media +/- desviación estándar)

Para comparar las variables de respuesta asociadas al crecimiento y características agronómicas entre tratamientos. Se realizó un análisis de varianza para un diseño completamente al azar con prueba de comparación inexacta (Tukey, $\alpha=5\%$).

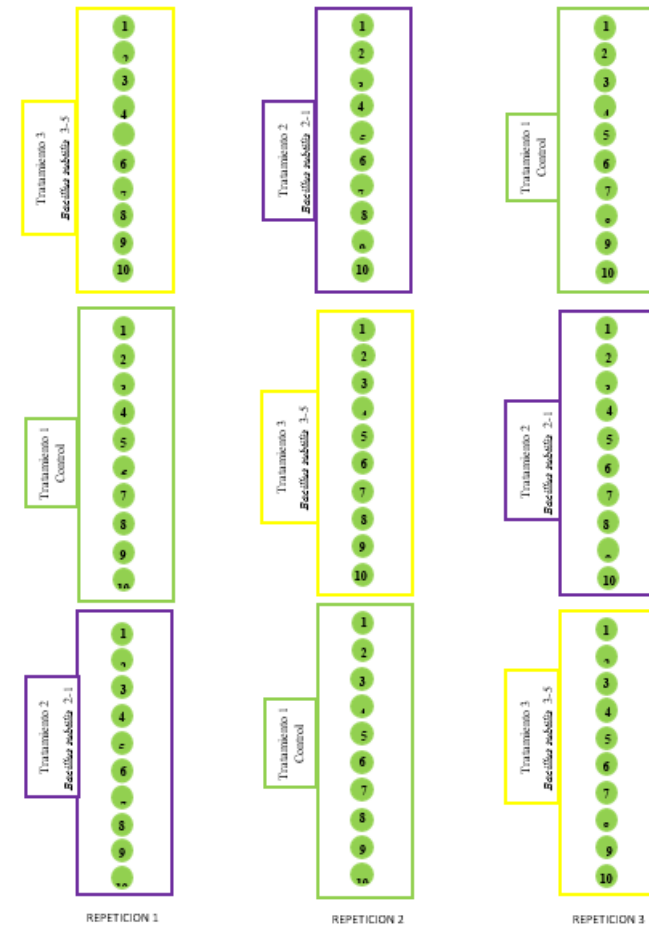
Tabla 1

Descripción de tratamientos

Tratamiento	Característica
T1	Control
T2	Plantas tratadas mediante aspersión con <i>B. subtilis</i> CtpxS2-1
T3	Plantas tratadas mediante aspersión con <i>B. subtilis</i> CtpxS3-5

Figura 2

Esquema croquis experimental



Variables de respuesta del trabajo de investigación

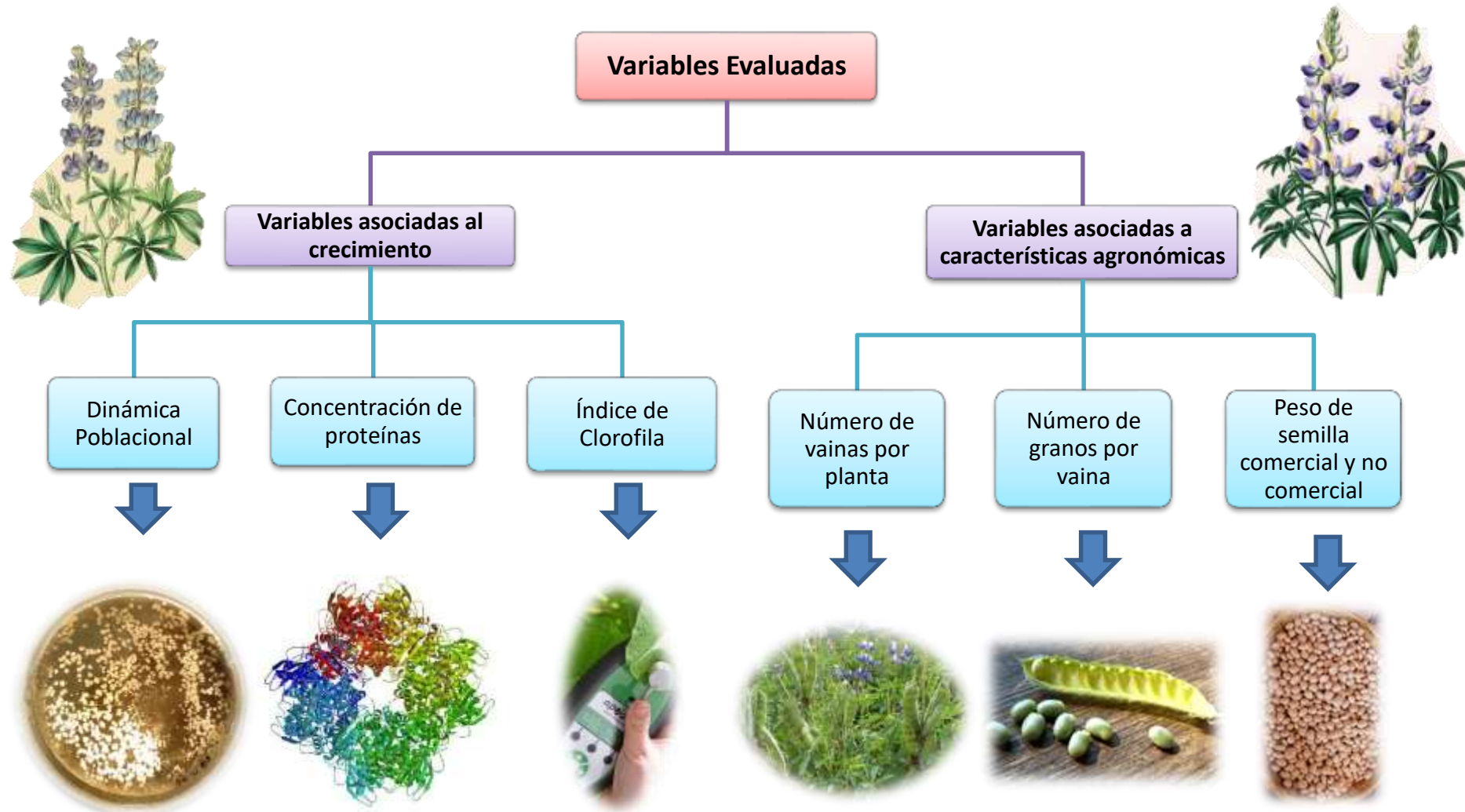
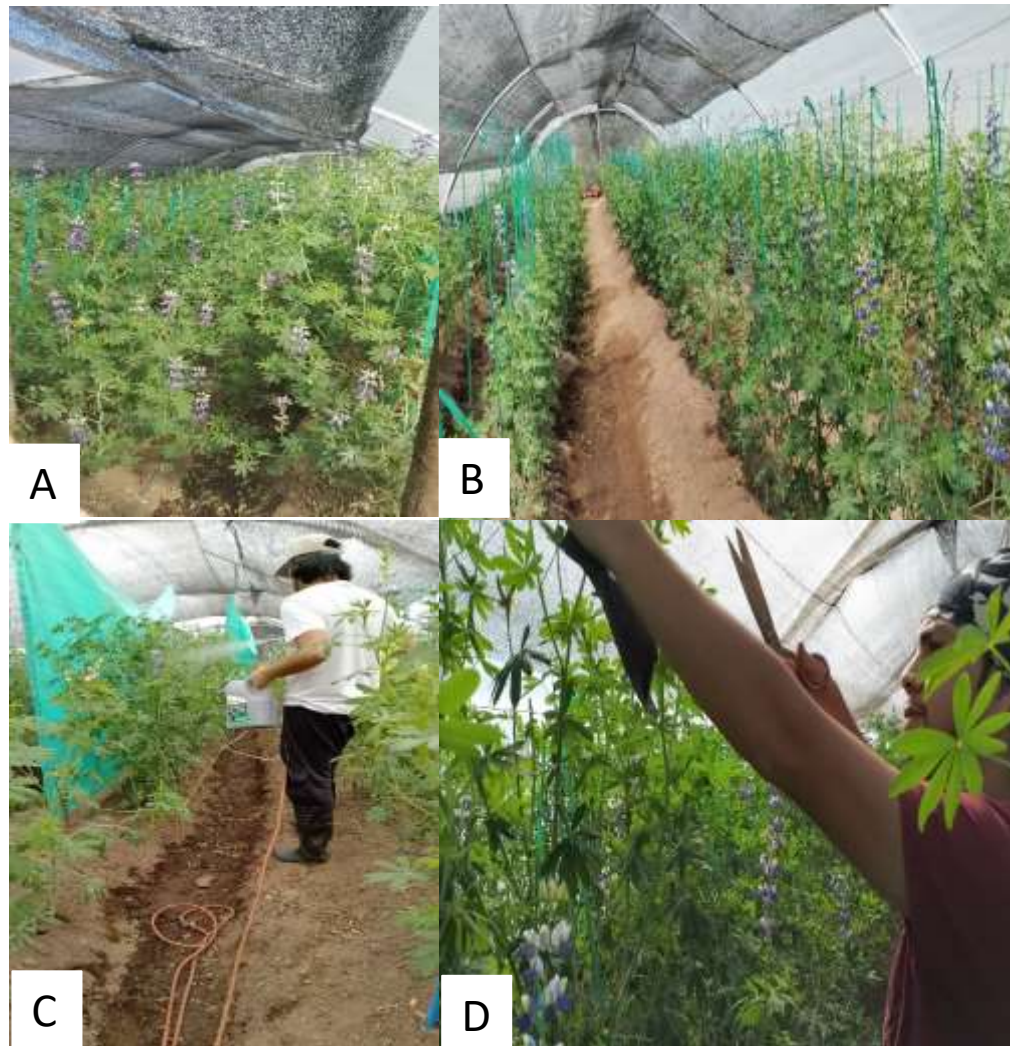


Figura 1

Instalación del proyecto



Inoculación de *Bacillus subtilis* CtpxS2 y CtpxS3-5 en plantas de chocho (*L. mutabilis*)

- Aplicación de labores culturales en el cultivo de chocho
- Inoculación de cepas de *B. subtilis* en el filoplano de plantas de chocho
- Se realizó cada aplicación cada 15 días por 3 meses

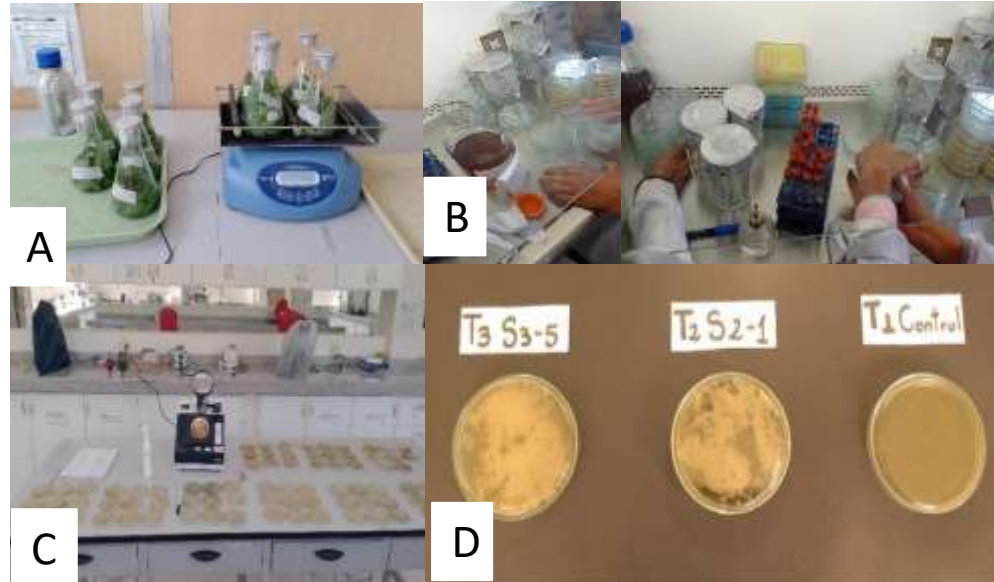
Nota. A) Recibimiento del cultivo de chocho, B) Aplicación de labores culturales, C) Inoculación por aspersión de *B. subtilis*, D) Recolección de muestras para análisis de laboratorio. Autoría propia.

Dinámica poblacional

1. Se seleccionaron aleatoriamente 10 g de hojas inoculadas previamente con *B. subtilis* CtpxS2-1 y CtpxS3-5,
2. Se colocaron en 90 ml de PBS dentro de fundas ziploc las cuales se colocaron en un agitador a 350 rpm para extraer las bacterias sobrevivientes del filoplano de hojas.
3. Se agito cada muestra por 5 min a 100 rpm y a partir de esta dilución en serie se prepararon bancos hasta la dilución 10^4 .
4. Se tomaron alícuotas de 50 uL de cada dilución y se sembraron en placas por triplicado utilizando la técnica de siembra superficial en medio NYDA.
5. Las muestras se incubaron a 28 ± 1 °C durante 24 horas.
6. La población bacteriana contada en colonias se estimó como unidades formadoras de colonias por mililitro.

Figura 2

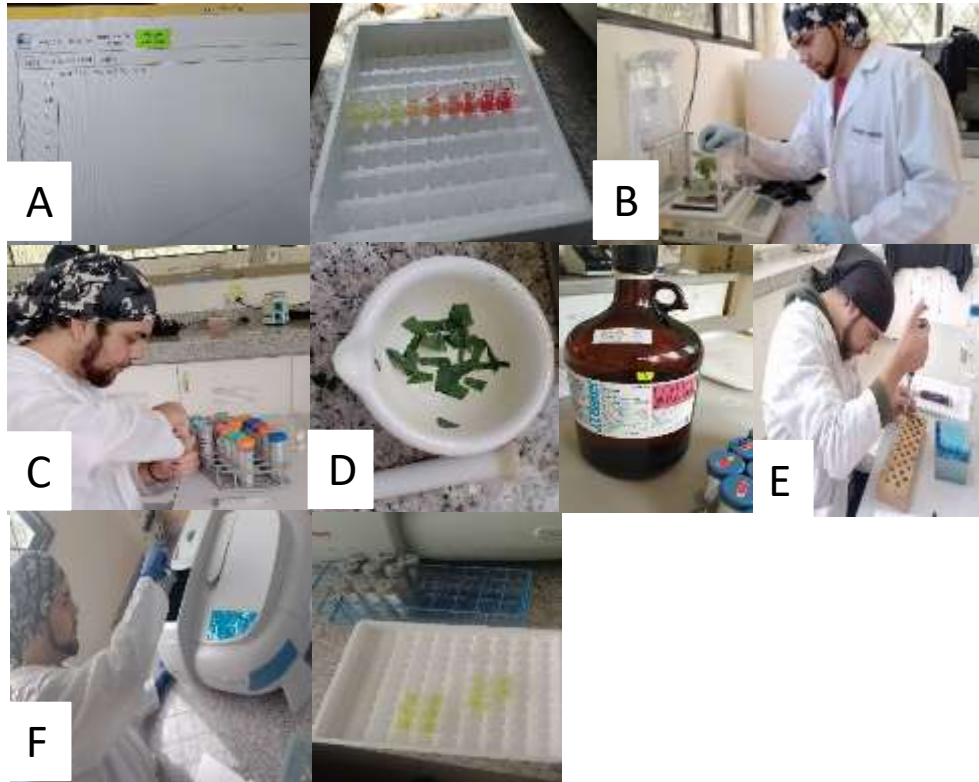
Dinámica Poblacional de B. subtilis



Nota. A) Muestras en agitador para extracción de UFC, B) Dispersión de medio NYDA y siembra de alícuotas de *B. subtilis*, C) Conteo de UFC, D) Crecimiento de las distintas de cepas de *B. subtilis* en cajas Petri. Autoría propia.

Figura 3

Determinación de índice de auxinas



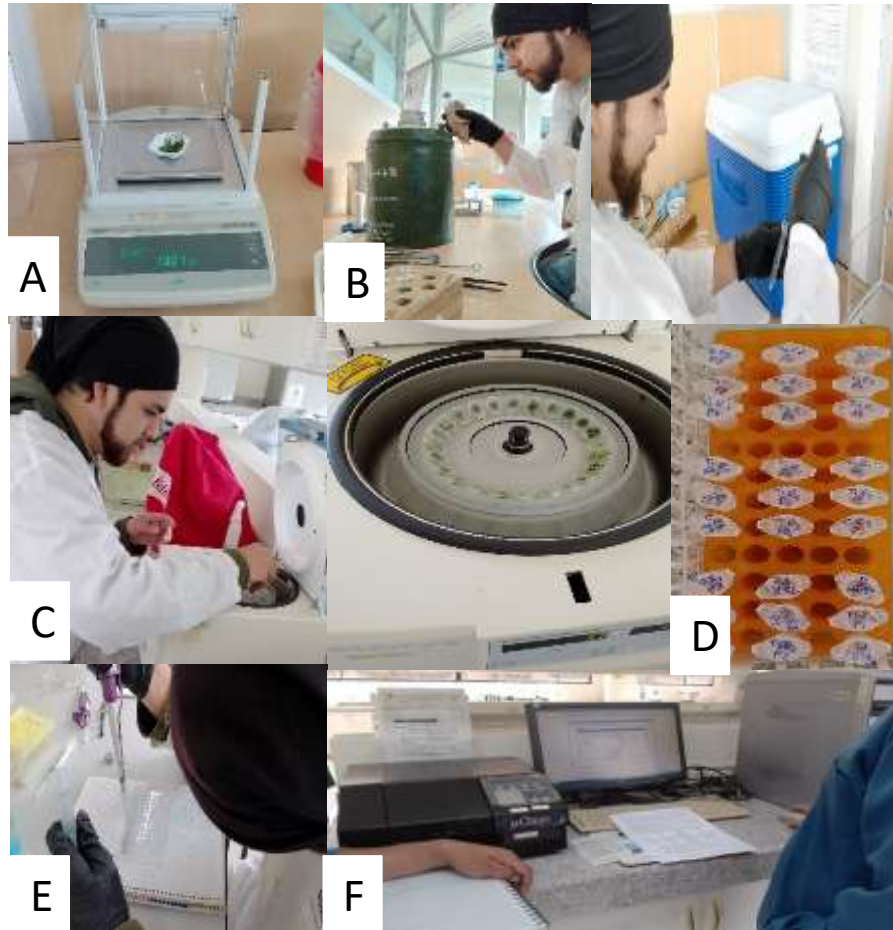
Nota. A) Calibración de curva estándar de AIA, B) Peso de muestras de 1 gr, C) Colocación de muestras en acetona 80%, D) Maceración de muestras con acetona 80%, E) Colocación del reactivo de Salkowski en muestras, F) Lectura en espectrofotómetro. Autoría propia.

Índice de auxinas (ácido indolacético)

1. Se tomó 10 g de ápices de plantas de chocho las cuales fueron colocadas en fundas ziploc oscuras para evitar exposición a la luz.
2. Se colocó las muestras en tubos de ensayo recubiertos con papel aluminio para mantener la oscuridad.
3. Se vertió acetona al 80% hasta cubrir las muestras y se dejó reposar en congelador o refrigeradora a -4° C por 5 días.
4. Posteriormente se colocó cada muestra junto con la acetona en un mortero para macerar.
5. Con un embudo se filtró el líquido obtenido a través de papel filtro en nuevos tubos de ensayo recubiertos con papel aluminio hasta obtener 500 ul.
6. Finalmente se agregó 1500 ul del reactivo de Salkowski en una relación es 1:3 y esperar 30 minutos para la reacción del reactivo.
7. Se realizó la cuantificación de AIA en un espectrofotómetro.

Figura 4

Determinación de concentración de proteínas



Nota. A) Peso de la muestra de 1 gr, B) Congelación y trituración de la muestra en nitrógeno líquido, C) Colocación de las muestras en micro centrifugadora, D) Colocación del sobre nadante en tubos eppendorf, E) Pipeteo de muestras en micro placa, F) Lectura en espectrofotómetro. Autoría propia.

Concentración de proteínas

1. Se colocó 25 ul de cada réplica (x2) de muestra desconocida en un tubo de ensayo debidamente etiquetado.
2. Se añadió 200 ul del WR a cada tubo y se mezclará bien.
3. Se tapó e incubó los tubos a la temperatura y tiempo seleccionados: Protocolo estándar: 37°C durante 30 minutos (rango de trabajo = 20-2000 $\mu\text{g/ml}$)
4. A temperatura ambiente se enfrió las muestras.
5. Se programó el espectrofotómetro ajustado a 540 - 590 nm.
6. Utilizando la curva estándar se determinó la concentración de proteína de cada muestra desconocida.

Índice de clorofila

1. Se tomó una muestra de hoja y se cortó en tiras de 0,5 cm
2. Se pesó 0,5 g de la muestra cortada para macerarlo en un mortero adicionando 5 ml de etanol al 96%
3. En tubos eppendorf de 5ml se colocó el resultado de la maceración y se llevó a refrigeración a -4°C durante 24 horas hasta extraer todo el colorante de la muestra
4. Posteriormente se colocó la muestra en tubos de ensayo para centrifugar a 2000 rpm por 10 minutos
5. Se extrajo el sobrenadante que contiene los pigmentos en nuevos tubos y se aforó a 6 ml con etanol del 96%
6. Se tomó 1 ml del sobrenadante de cada muestra y se diluyó hasta 5 ml con etanol al 96%
7. Con un espectrofotómetro programado de 645 y 663 nm se midió las muestras diluidas.

Figura 5

Determinación del índice de clorofila



Nota. A) Corte de muestra de hoja de chocho de 1 gr, B) Colocación de muestra macerada en alcohol de 96%, C) Colocación de las muestras en micro centrifugadora, D) Lectura en espectrofotómetro. Autoría propia.

Figura 5

Cuantificación del rendimiento de plantas de chocho



Nota. A) Cosecha de vainas de chocho, B) Desgrane de vainas de chocho, C) Diferencias de vainas entre tratamientos, D) Diferencia entre tamaño de semillas y número de semillas por vaina entre tratamientos, E) Diferencias entre semilla comercial y no comercial, F) Enfundado de semillas comerciales. Autoría propia.

Rendimiento

Número de vaina

El número de vaina se determinó mediante el conteo del número total de vainas presentes en el eje central y en las ramas laterales de la época de cosecha.

Número de semillas por vaina

Después de la cosecha se procedió a desgranar las vainas de cada tratamiento y se contabilizó el número de semillas por vaina.

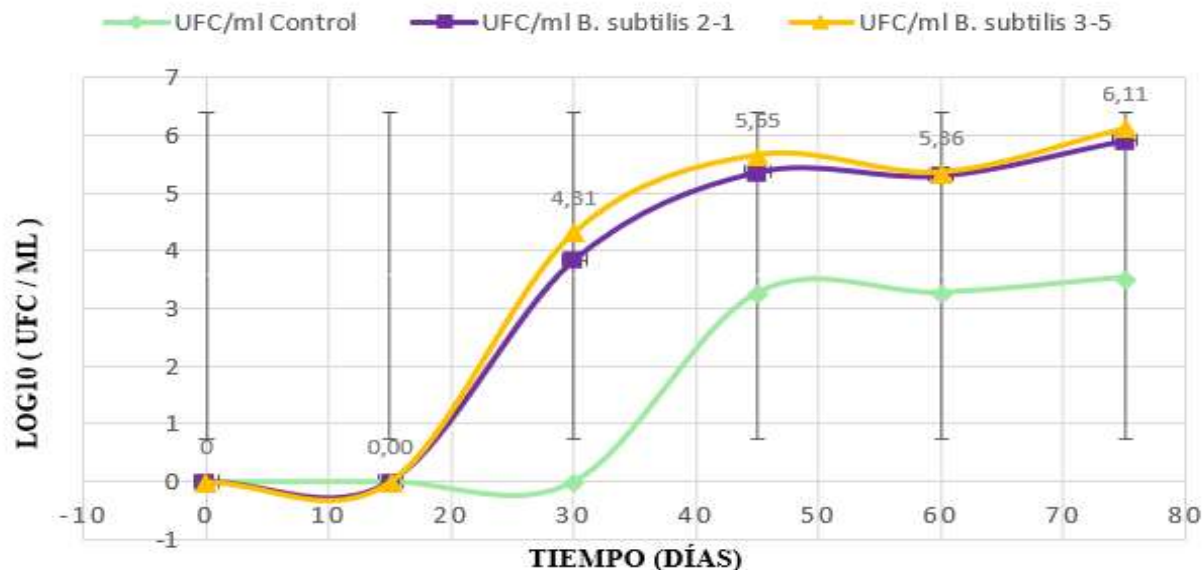
Cantidad de semilla comercial y no comercial

El porcentaje de semilla comercial y no comercial se calculó tras pesar la cantidad de semilladañada y la semilla total.

DINAMICA POBLACIONAL

Figura 6

Dinámica poblacional de inoculaciones quincenales por tres meses mediante aspersión de dos cepas de *B. subtilis* CtpxS2-1 y CtpxS3-5 en la filósfera de plantas de chocho



Nota. a) Para una mejor interpretación de las varianzas, los datos de concentración de unidades formadoras de colonias (UFC) se transformaron a Log_{10} (UFC/gr). Donde cada punto representa la media \pm D.E, de seis inoculaciones cada 15 días. Autoría propia.

En el estudio realizado por **Feng et al. (2016)** menciona que las colonias de *B. subtilis* en la filósfera de hojas de fresa presentaron un decrecimiento no significativo bajo condiciones controladas; sin embargo, se observó que las colonias expuestas a campo abierto redujeron su población en un 50%, debido al estrés provocado por la intensa luz solar, la sequedad y las altas temperaturas, lo que podría reducir la colonización inicial.



Falconí et al. (2022), reporta que un promedio de la población inoculada de *B. subtilis* en la filósfera de lupino se estable alrededor de 7.0 Log_{10} UFC/g después de dos semanas posteriormente de cada pulverización y durante una evaluación de tres meses



Con base en estas investigaciones, se puede afirmar que los resultados obtenidos en el presente estudio son consistentes, ya que la concentración de *B. subtilis* CtpxS2-1 y CtpxS3-5 en la filósfera de las plantas de chocho fue de 6.11 Log_{10} (UFC/ml) y 5.91 Log_{10} (UFC/ml), respectivamente.

CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO INDOLACÉTICO (AIA)

Figura 7

Efecto de la inoculación de *B. subtilis* CtpxS2-1 y CtpxS3-5 sobre la concentración de ácido indolacético en plantas de chocho en etapa de floración hasta cosecha.

	Tratamiento	Quincenas					Concentración de ácido indolacético (mg/mL)
		Quincena 1	Quincena 2	Quincena 3	Quincena 4	Quincena 5	
T r a t a m i e n t o s	Control						0 - 18
							19 - 21
							22 - 26
	CtpxS 2-1						27 - 31
							32 - 35
							33 - 37
	CtpxS 3-5						38 - 42
							43 - 46
							47 - 50

Nota. Autoría propia

Tabla 3

Intervalos de confianza para el efecto de la inoculación de dos cepas *B. subtilis* CtpxS2-1 y CtpxS3-5 sobre la concentración de AIA en mg/ml en plantas de chocho en estado de cosecha

Tratamientos	Estimación	LI (95%)	LS (95%)
Control	38,32±1,6	37,08	39,55
CtpxS2-1	41,24±2,2	38,55	43,92
CtpxS3-5	40,41±3,5	38,74	42,08

Nota. Promedio ± D.E del efecto de la inoculación de dos cepas de *B. subtilis* sobre la concentración de AIA y límites de confianza bilaterales con una confiabilidad del 95%.

Autoría propia.

Según Sorokan *et al.* (2021) en su estudio, destaca la importancia de la capacidad de *Bacillus subtilis* 26D para mantener niveles adecuados de ácido indolacético en las plantas. Sin embargo, señala que el impacto de esta cepa productora de fitohormonas no altera el estado fitohormonal de las plantas en condiciones normales



Mientras que en la investigación de Arkhipova *et al.* (2005) del efecto de *Bacillus subtilis* IB-22 en la concentración de AIA en plantas de lechuga muestra resultados similares a los de Sorokan *et al.* (2021), donde la concentración de auxinas en brotes de plantas inoculadas con *B. subtilis* no experimenta cambios significativos.



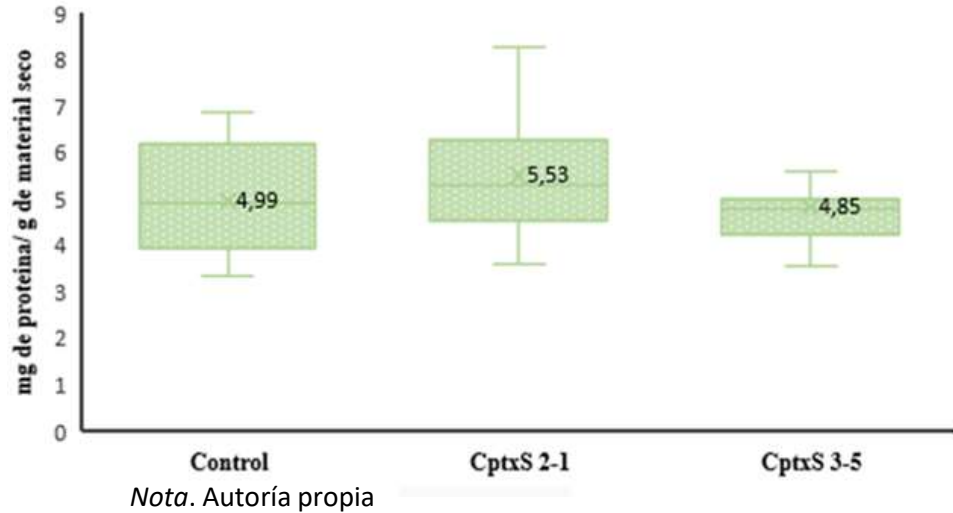
Según estas investigaciones, podemos afirmar que los resultados obtenidos en el presente estudio son consistentes, ya que no se observan diferencias significativas en la concentración de auxinas entre los tratamientos, lo que sugiere una similitud entre los resultados



CONCENTRACIÓN DE PROTEÍNAS

Figura 8

Concentración de proteínas de plantas de chocho inoculadas con dos cepas de *B. subtilis*

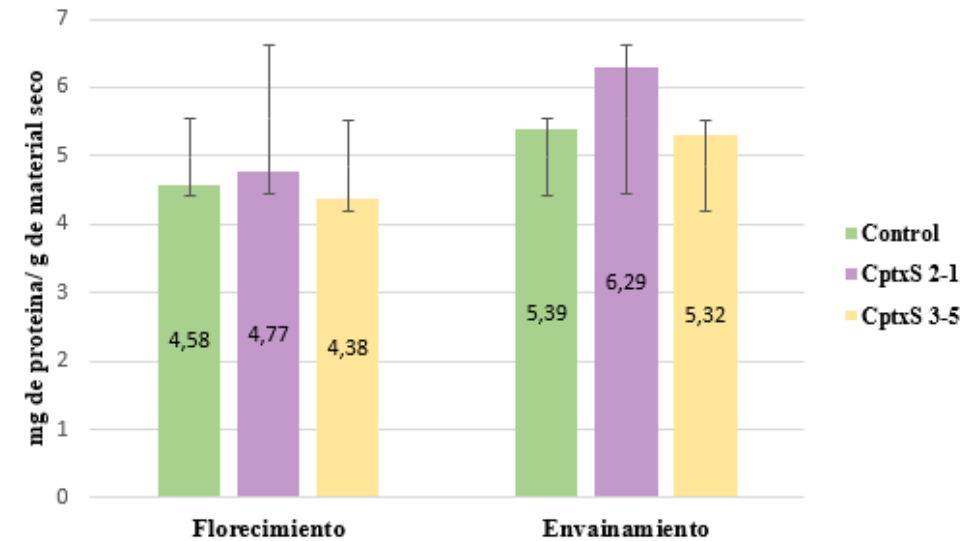


Según Yáñez & Falconí (2018) en su estudio donde se investigó el efecto de las cepas *B. subtilis* CtpxS2-1 y CtpxS3-5 en el contenido de proteínas a nivel foliar en plantas de chocho.

Mostraron que los tratamientos con la cepa *CtpxS2-1* presentaron los contenidos más altos de proteínas foliares una vez que las plantas se desarrollaron.

Figura 9

Concentración de proteínas (mg/g de materia seca) de plantas de chocho inoculadas con dos cepas de *B. subtilis* en distintas fases fenológicas.



Se observó que las plantas tratadas con la cepa *CtpxS2-1* en la presente investigación tuvo un mayor contenido de proteína a nivel foliar tanto en el estado fenológico de floración (4,77 mg/g FW) como en el estado de envainamiento (6,11 mg/g FW).

ÍNDICE DE CLOROFILA (a)

Figura 10

Efecto de la inoculación de dos cepas *B. subtilis* CtpxS2-1 y CtpxS3-5 sobre el índice de clorofila (a) en plantas de chocho en estado de floración hasta cosecha.

		Quincenas					Concentración de Clorofila a (ug/mL)
		Quincena 1	Quincena 2	Quincena 3	Quincena 4	Quincena 5	
T r a t a m i e n t o s	Control						0 - 1
							2 - 5
							6 - 9
	Bacillus subtilis 2-1						10 - 14
							15 - 18
							19 - 22
	Bacillus subtilis 3-5						23 - 26
							27 - 30
							31 - 34

Nota. Autoría propia

Tabla 4

Efecto de la inoculación de dos cepas *B. subtilis* CtpxS2-1 y CtpxS3-5 sobre el índice de clorofila (b) en plantas de chocho en etapa de cosecha.

Tratamientos	Variable	Media ± D. E	LI (95%)	LS (95%)
Control	Clorofila (a)	19,64 ± 1,13	18,77	20,51
CtpxS2-1		20,68 ± 0,87	20,01	21,35
CtpxS3-5		20,28 ± 1,81	18,89	21,67

Nota. Promedio ± D.E del efecto de la inoculación de dos cepas de *B. subtilis* sobre el índice de clorofila (a) y límites de confianza bilaterales con una confiabilidad del 95% del índice de clorofila (a). Autoría propia

De acuerdo con el estudio realizado por **Cusín (2021)** en su investigación, donde se inoculo la cepa *Bacillus subtilis CtpxS2-1* en el follaje de dos variedades de plantas de chocho, I-450 Andino y F3 (Ecu 2658 X Ecu 8415). Los resultados revelaron que, en las etapas fenológicas del cultivo, desde floración hasta envainamiento, el índice de clorofila en las plantas tratadas con la cepa *CtpxS2-1* fue consistentemente superior en comparación con los demás tratamientos aplicados



Asi mismo, otro estudio realizado por **Cusín (2021)**, donde se aplicó *Bacillus subtilis CtpxS2-1* de manera foliar a nuevas variedades de plantas de chocho, I-451 Guaranguito y el cruzamiento F3 (ECU 2658 x ECU 8415), recalco que las plantas tratadas con la cepa *CtpxS2-1* presentaban la mayor concentración de clorofila en comparación con los otros tratamientos aplicados.



Se puede corroborar que el índice de clorofila de las plantas tratadas con *Bacillus subtilis CptxS2-1* mostró los resultados más altos, con un máximo de 20,68 (ug/ml), lo que respalda la consistencia de los hallazgos en el presente estudio

ÍNDICE DE CLOROFILA (b)

Figura 11

Efecto de la inoculación de dos cepas *B. subtilis* CtpxS2-1 y CtpxS3-5 sobre el índice de clorofila (b) en plantas de chocho en etapa de floración hasta cosecha.

		Quincenas					Concentración de clorofila b(ug/ mL)
		Quincena 1	Quincena 2	Quincena 3	Quincena 4	Quincena 5	
T r a t a m i e n t o s	Control						0 - 2
							3 - 5
							6 - 8
	Bacillus subtilis 2-1						9 - 11
							12 - 14
							15 - 17
	Bacillus subtilis 3-5						18 - 20
							21 - 23
							24 - 26

Nota. Autoría propia

Tabla 4

Efecto de la inoculación de dos cepas *B. subtilis* CtpxS2-1 y CtpxS3-5 sobre el índice de clorofila (b) en plantas de chocho en etapa de cosecha.

Tratamientos	Variable	Media D. E	
Control		17,66 ± 0,99	B
CtpxS2-1	Clorofila (b)	18,12 ± 0,99	B
CtpxS3-5		18,69 ± 2,19	A

Nota. El índice de del índice de clorofila (b) se caracterizó con estadística descriptiva (media ± D.E). Para comparar el índice de clorofila (b) se realizó análisis de la varianza y prueba de comparación de medias tukey ($\alpha= 0,05$). Todos los análisis fueron realizados en Infostat. Medias con letras diferentes presentan diferencias significativas. Autoría propia

Esto indica que, las plantas de chocho inoculadas con *B. subtilis* CtpxS3-5 presentaron mayor cantidad de clorofila (b) en comparación de las plantas de chocho inoculadas con *B. subtilis* CtpxS2-1.

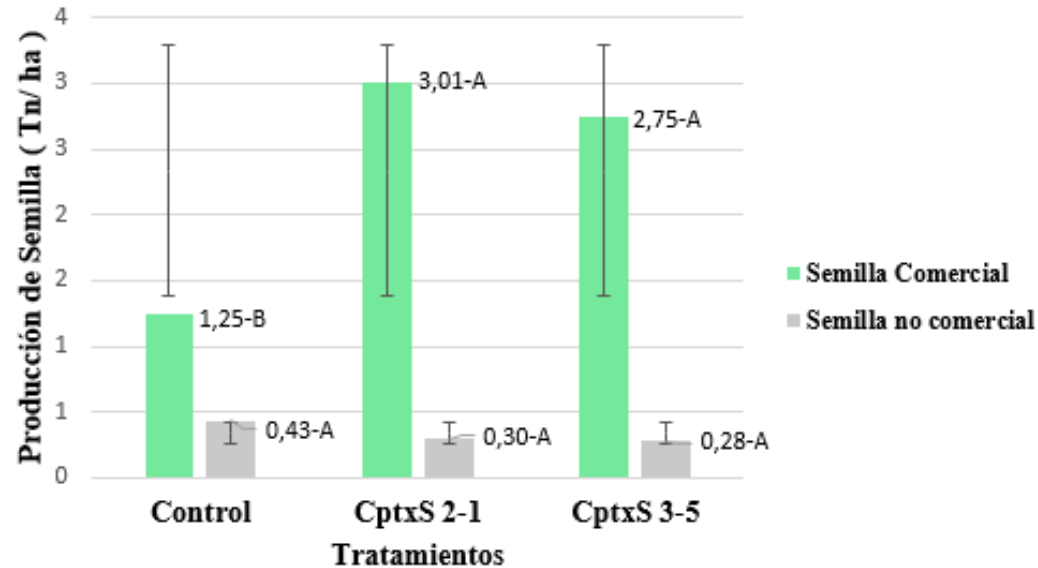


Sin embargo, la diferencia entre el índice de clorofila (b) de las plantas tratadas con CtpxS2-1 y CtpxS3-5 son mínimas.

Rendimiento

Figura 12

Peso de semilla comercial y no comercial (Tn/ha) de chocho F5 (ECU265xECU8415) proveniente de las plantas de chocho inoculadas con *B. subtilis* CtpxS2-1 y CtpxS3-5 desde la floración hasta cosecha.



Nota. Autoría propia

En la investigación llevada a cabo **Chávez & Vásquez (2021)**, al aplicar un controlador biológico basado en *Bacillus subtilis* en distintas variedades de plantas de frejol, se observó un aumento en el rendimiento tanto en el número de vainas como en el número de semillas para todas las variedades estudiadas, en comparación con el grupo de control sin la aplicación de *Bacillus subtilis*.

Número de semillas y vainas

Tabla 13

Número de semillas y vainas por planta de chocho F5 (ECU265xECU8415) inoculadas con *B. subtilis* CtpxS2-1 y CtpxS3-5.

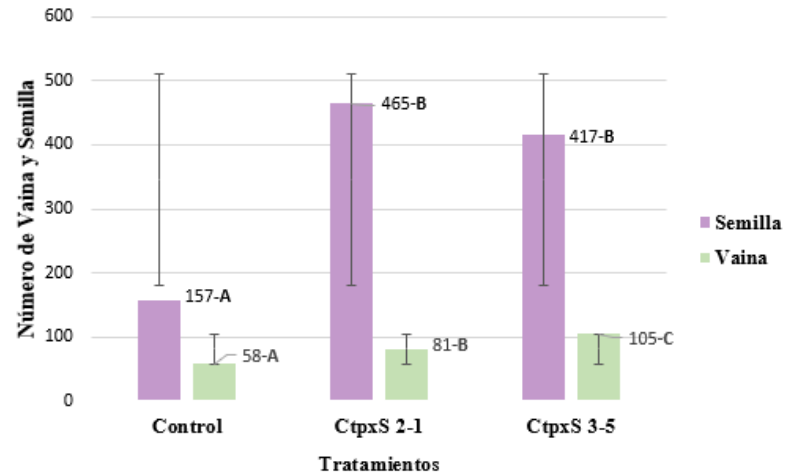


Tabla 5

Número de semillas y vainas de plantas de chocho F5 (ECU265xECU8415) inoculadas con *B. subtilis* CtpxS2-1 y CtpxS3-5

Tratamiento	Número de semillas		Número de vainas	
	Media ± D. E		Media ± D. E	
Control	157 ± 25	A	58,33±5,34	A
CtpxS2-1	465 ± 65	B	80,89 ±9,09	B
CtpxS3-5	417 ±57	B	105 ± 5,68	C

Nota. Para comparar el número de semillas se realizó análisis de la varianza y prueba de comparación de medias Tukey ($\alpha = 0,05$). Todos los análisis fueron realizados en infostat. Medias con letras diferentes presentan diferencias significativas. Autoría propia

Otra investigación realizada por **Ron (2022)**, en la cual se evaluó sobre la variedad de chocho F3 (ECU-2658 x ECU-8415) la aplicación de la cepa *CtpxS1-2* de *Bacillus subtilis*. Se encontró que las plantas tratadas con *Bacillus subtilis* mostraron un mayor número de vainas por planta y un mayor número de semillas por vaina, con el porcentaje más bajo de semillas no comerciales en comparación con los otros tratamientos aplicados



Las plantas tratadas con *Bacillus subtilis* CtpxS2-1 en el presente estudio también mostraron un aumento en el **número de vainas** (81 vainas/planta) y **un mayor número de semillas** (465 semillas/plantas), con un **rendimiento estimado** de 3,1 Tn/ha y un **peso mínimo** de 0,30 Tn/ha de semillas no comerciales.

Conclusiones



- La inoculación por aspersión de manera periódica de *Bacillus subtilis* CtpxS2-1 y CtpxS3-5 en plantas de chocho no incrementó la concentración de ácido indolacético (IAA). Ya que pueden producir pequeñas cantidades de fitohormonas o compuestos similares a las hormonas vegetales, pero generalmente no son la principal fuente de fitohormonas en las plantas. Como se puede apreciar en los valores obtenidos.
- Las plantas de chocho tratadas con *Bacillus subtilis* CtpxS2-1 exhibieron una mayor concentración de proteínas en estado de envainamiento (6,29 mg/g de materia fresca) evidenciando un cambio positivo en el aumento en el índice de clorofila (a) (20,68 ug/ml).
- Debido a un aumento en la concentración de proteínas e índice de clorofila en plantas de chocho tratadas mediante aspersión con la cepa CtpxS2-1. Se evidencio un aumento en el rendimiento de tales plantas como: peso de semilla comercial 3,01 Tn/ha, número de vainas/ planta de 81, número de semillas por vaina de 6 y se obtuvo un peso mínimo de 0,30 Tn/ha de semilla no comercial.
- De acuerdo a la dinámica poblacional de *B. subtilis* CtpxS2-1 y CtpxS3-5 presentes en la filosfera de plantas de chocho, la cepa Ctpx3-5 tuvo mayor número de Unidades Formadoras de Colonias por cada gramo de filosfera recolectada (UFC/g), logrando estabilidad alrededor de 6,11 Log_{10} (UFC/g) al final de tres meses de evaluación.

Recomendaciones



- Se sugiere llevar a cabo nuevos estudios complementarios para profundizar en el efecto de *B. subtilis* en los diferentes niveles de fitohormonas y su relevancia en el desarrollo y la resistencia del cultivo, aspectos que aún no han sido completamente esclarecidos.
- La aplicación de *B. subtilis* representan una innovadora alternativa para reemplazar los fertilizantes y estimulantes sintéticos en la agricultura. Por lo tanto, es recomendable que en futuros estudios que involucren el uso de *B. subtilis* en el follaje, se tenga un mayor control en variables ambientales como temperatura, viento, lluvia, entre otros, que podrían afectar su efectividad en el cultivo.
- Se sugiere llevar a cabo un nuevo estudio que explore la utilización de *B. subtilis* en conjunto con un cronograma de fumigación rotativa. De esta manera, se busca encontrar una estrategia que combine lo mejor de ambos métodos, maximizando la protección de la planta contra plagas y enfermedades, mientras se minimiza el impacto negativo de los plaguicidas químicos en el ambiente y la salud.



Laboratorio de Fitopatología y Control
biológico de la Carrera Agropecuaria IASA I



“La educación es el arma mas poderosa que puedes usar para
cambiar el mundo”
-Nelson Mandela



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA