



Evaluación de dos cepas de *Bacillus subtilis* en la promoción de crecimiento del tomate de árbol (*Solanum betaceum*) en etapa juvenil

Loor Castillo, Diego Andrés

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

Cesar E. Falconí Saá, PhD.

10 de agosto del 2022



# INTRODUCCIÓN

Lugar de Origen:



Lugar de Domesticación:



Figura 1

*Origen y distribución del tomate de árbol*



(Días et al., 2012; Feicán, 2016)

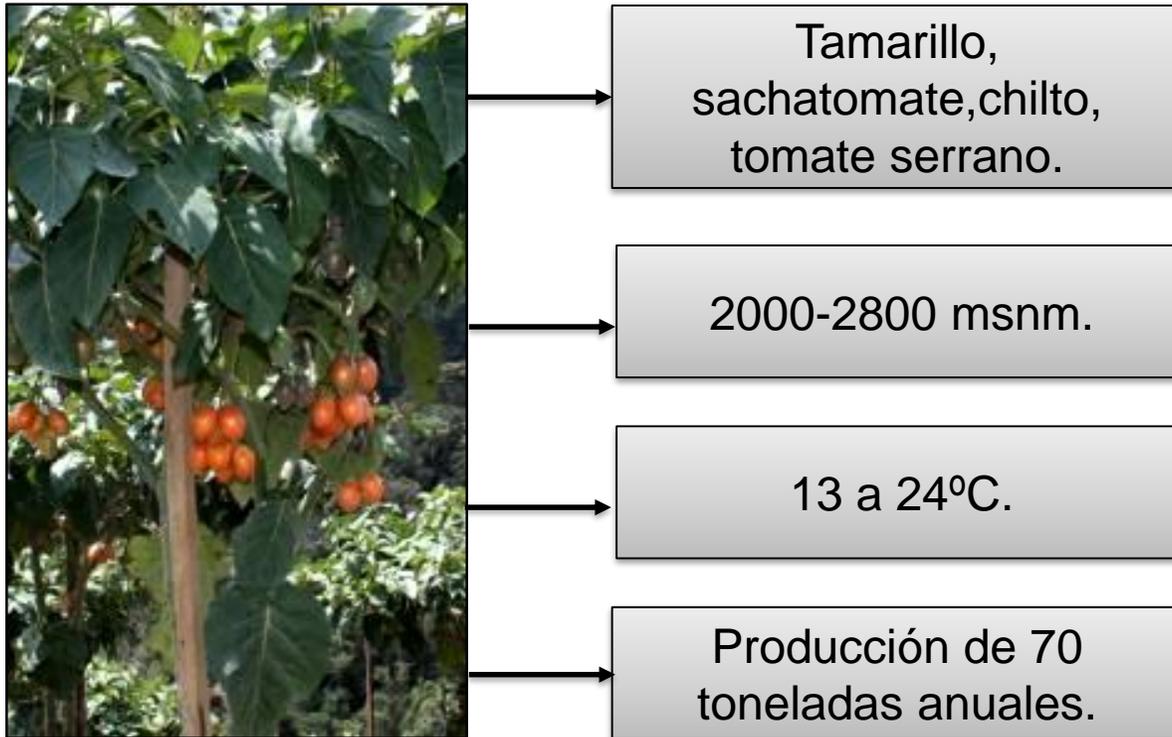


**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# INTRODUCCIÓN

**Figura 2**

*Solanum betaceum*



**Figura 3**

Subproductos y domesticación del tomate de árbol

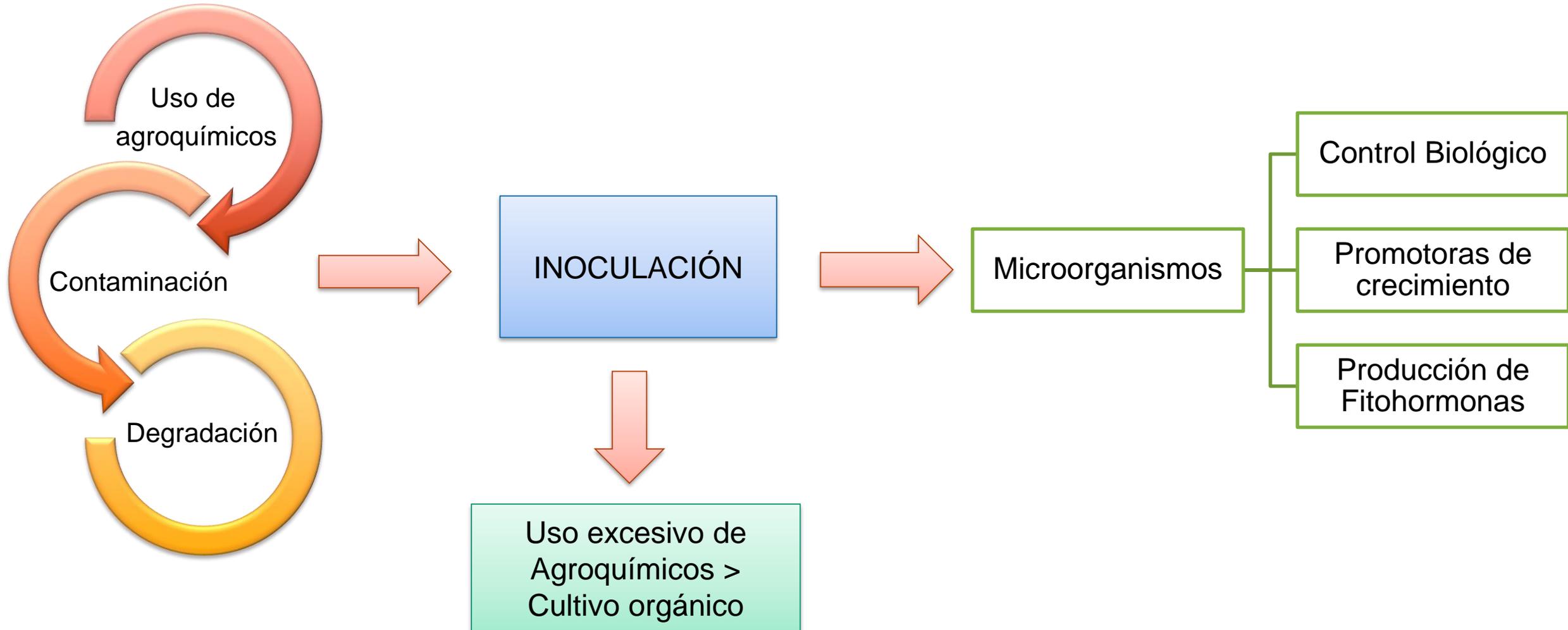


(Días et al., 2012; Feicán, 2016; MAGAP, 2016)



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# JUSTIFICACIÓN



(Mishra et al., 2021; González & Fuentes, 2016; Yáñez-Mendizábal & Falconí, 2021)



# OBJETIVOS

## GENERAL

- Evaluar el efecto de *Bacillus subtilis* en el crecimiento de tomate de árbol (*Solanum betaceum*), bajo condiciones de invernadero durante la etapa juvenil

## ESPECÍFICOS

- Evaluar el crecimiento de *B. subtilis* CtpxS2-1 y CtpxS3-5 en un medio de bajo costo en un periodo de 3 meses.
- Cuantificar la colonización de dos cepas de *B. subtilis* en la rizósfera de tomate de árbol cada 15 días durante 3 meses.
- Monitorear el efecto de células y sobrenadantes de *B. subtilis* sobre parámetros agronómicos de plantas de tomate de árbol de 2 meses de edad durante un periodo de 3 meses.



# HIPÓTESIS

*H0.* “Células o sobrenadantes de *Bacillus subtilis* CtpxS2 y CtpxS3-5 crecidos en medio de bajo costo no afectan el crecimiento de plantas de tomate de árbol”.

*H1.* “Células o sobrenadantes de *Bacillus subtilis* CtpxS2 y CtpxS3-5 crecidos en medio de bajo costo afectan el crecimiento de plantas de tomate de árbol”.



# METODOLOGÍA

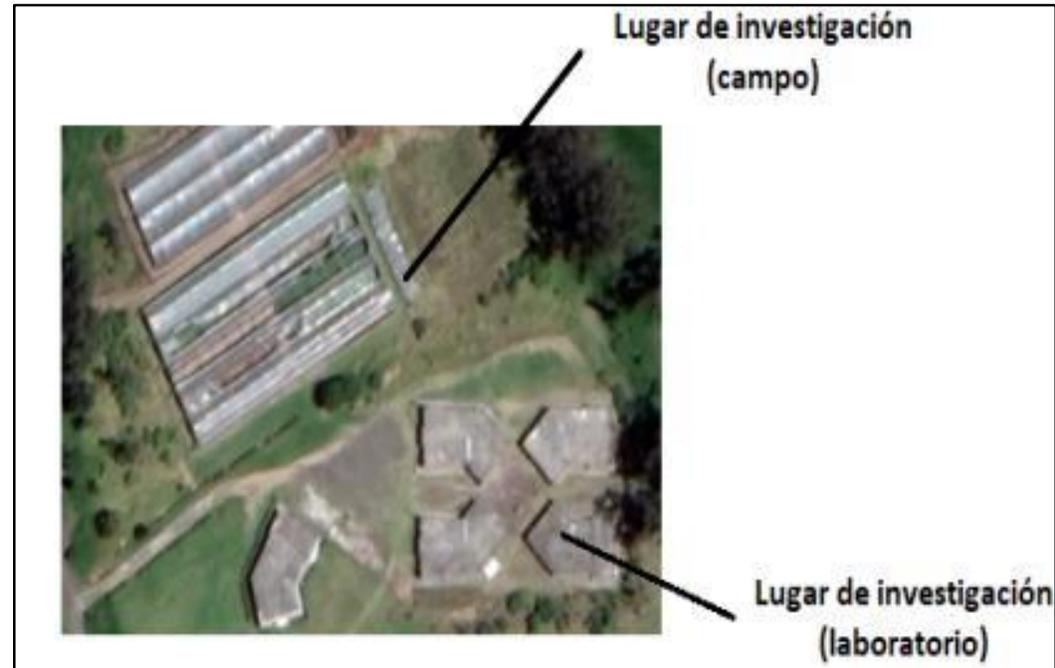
Fases

Campo

Laboratorio

## Figura

*Visión satelital del área de estudio*



Latitud: 0°23'20''S

Longitud: 78°24'44''W

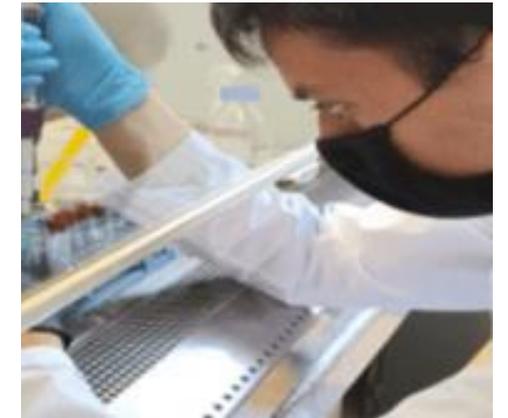
Altitud: 2737 msnm



Temperatura media anual: 14 °C

Precipitación media anual: 1285 mm

Humedad relativa: 69,03%



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# METODOLOGÍA

## Fase de campo

Terreno

Riego

Plántulas

Siembra

Rizotrones

Inoculación



# METODOLOGÍA

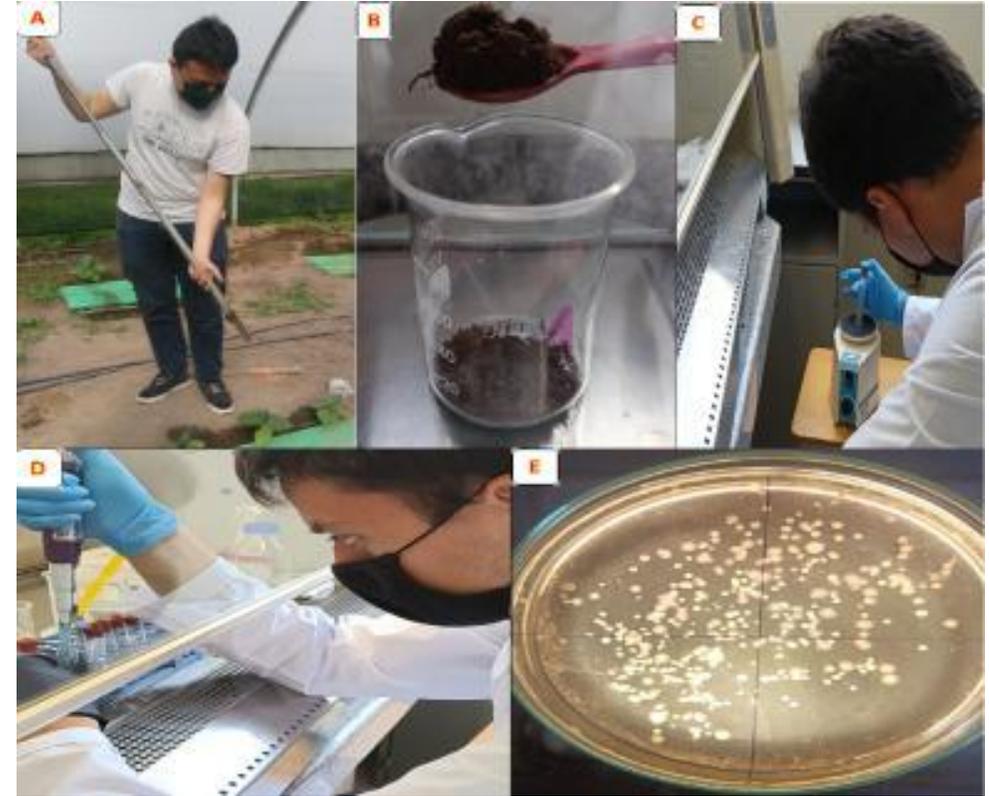
## Fase de laboratorio

**Fase 0.** Preparación de medios de bajo costo

**Fase 1.** Preparación de inóculo *B. subtilis*

**Fase 2.** Preparación de Células y Sobrenadante

**Fase 3.** Análisis de las variables medidas



# METODOLOGÍA

## DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

### Área de la raíz

Se utilizó el software Digital imaging of root traits (DIRT),

#### Figura

Medición del área radicular con la ayuda del software DIRT



Se empleó un diseño completamente al azar (DCA)  $2 \times 2 + 1$ .

**Factor 1:** dos cepas de *B. subtilis* (Ctpx2-1 y Ctpx3-5)

**Factor 2:** dos métodos de aplicación (células y sobrenadantes).

Con tres repeticiones y un testigo, con 15 unidades experimentales conformadas por 2 plantas de tomate de árbol como unidad muestral.



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## Altura planta

Periodos de inoculación	T1	T2	T3	T4	T5
1	4,32 a	4,38 a	3,18 a	3,65 a	1,15 b
2	6,58	6,47	4,4	5,85	2,85
3	11,28	10,32	8,42	8,87	5,75
4	13,25	15,02	10,9	11,43	7,98
5	20,68	19,27	14,72	16,65	11,52
6	23,52	22,32	18,78	19,43	14,88
7	27,23 a	25,45 a	21,76 ab	23,18 ab	17,08 b



Aumento significativo en la altura de las plantas

El uso de *B. subtilis* ayuda a la promoción de crecimiento de las plantas mediante la producción de AIA, LPs, solubilización de fosfatos, fijación de nitrógeno, entre otros  
Olivas et al., (2019)



# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## Clorofila

Periodos de inoculación	T1	T2	T3	T4	T5
1	22,85 a	23,94 a	20,21 b	16,66 c	15,85 c
2	28,85	24,03	27,40	26,48	17,94
3	48,75	25,60	34,39	36,78	19,00
4	48,65	28,62	34,49	30,68	24,09
5	62,44	31,83	44,56	46,95	25,43
6	62,68	36,61	50,01	45,60	30,15
7	70,6 a	42,47 c	56,7 b	59,6 b	38,18 c



la adición de bacterias fijadoras de nitrógeno como este caso *B. subtilis* aumenta el contenido de clorofila en las plantas, mejorando así el desarrollo vegetativo y capacidad fotosintética Schlichting et al., (2015)



# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## Área raíz

Periodos de inoculación	T1	T2	T3	T4	T5
1	54,82 a	50,62 a	52,12 a	47,74 a	34,52 b
2	65,19	59,05	60,70	60,14	41,57
3	76,26	65,30	72,27	70,58	49,96
4	92,28	76,43	92,67	84,73	65,50
5	119,53	112,11	112,47	100,80	78,43
6	133,61	117,81	121,01	120,53	94,82
7	151,57 a	131,74 b	140,82 ab	142,06 ab	109,54 c

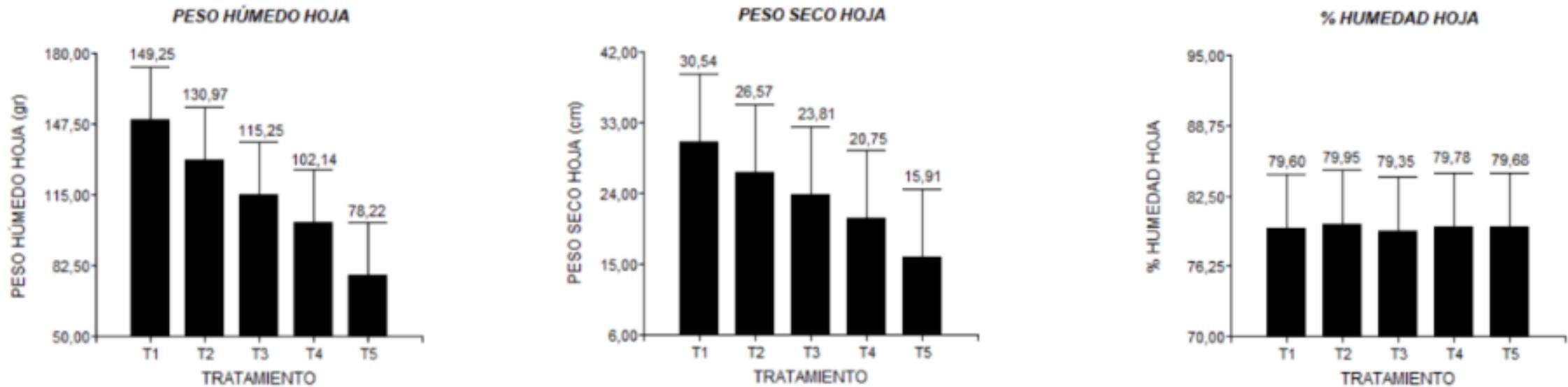


La utilización de cepas de *B. subtilis* EA-CB0575 en plantas de tomare riñón hubo un aumento del 85% a comparación del control en el área de raíz Jiménez, (2016)



# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## Peso húmedo, peso seco y porcentaje de humedad

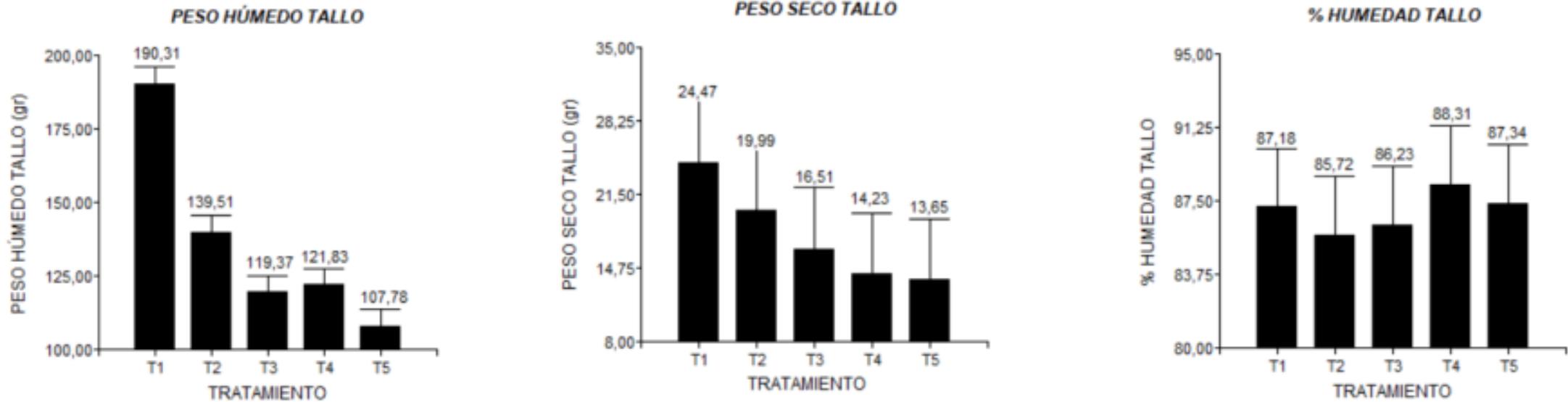


Plantas inoculadas con cepa de *B. subtilis* Ctpx2-1 presentaron mayores valores de peso húmedo y seco que las plantas que fueron tratadas con cepa de *B. subtilis* Ctpx3-5



# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## Peso húmedo, peso seco y porcentaje de humedad

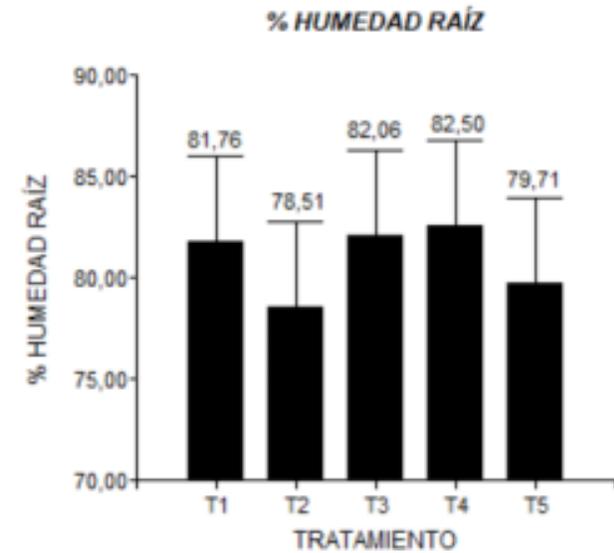
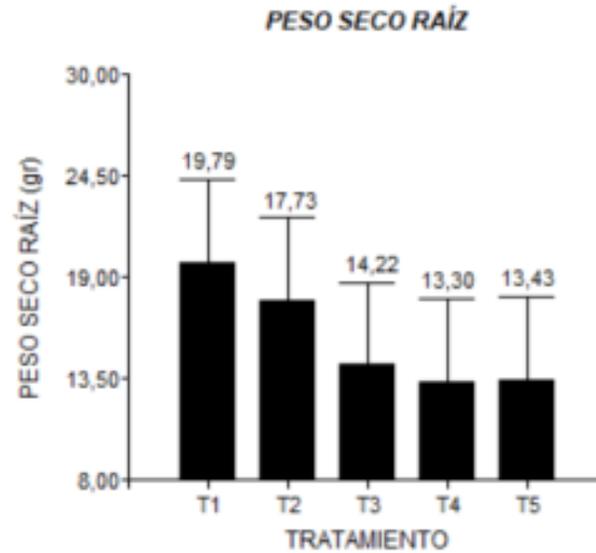
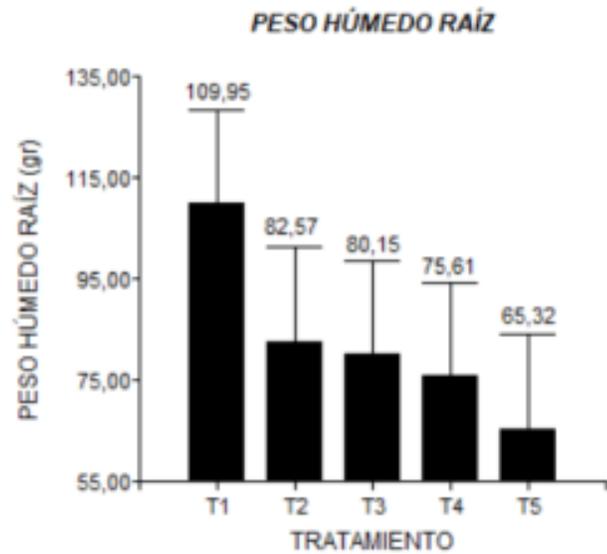


Plantas inoculadas con células *B. subtilis* Ctpx2-1 presentaron mayores valores de peso húmedo y peso seco que los demás tratamientos incluyendo el control



# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## Peso húmedo, peso seco y porcentaje de humedad

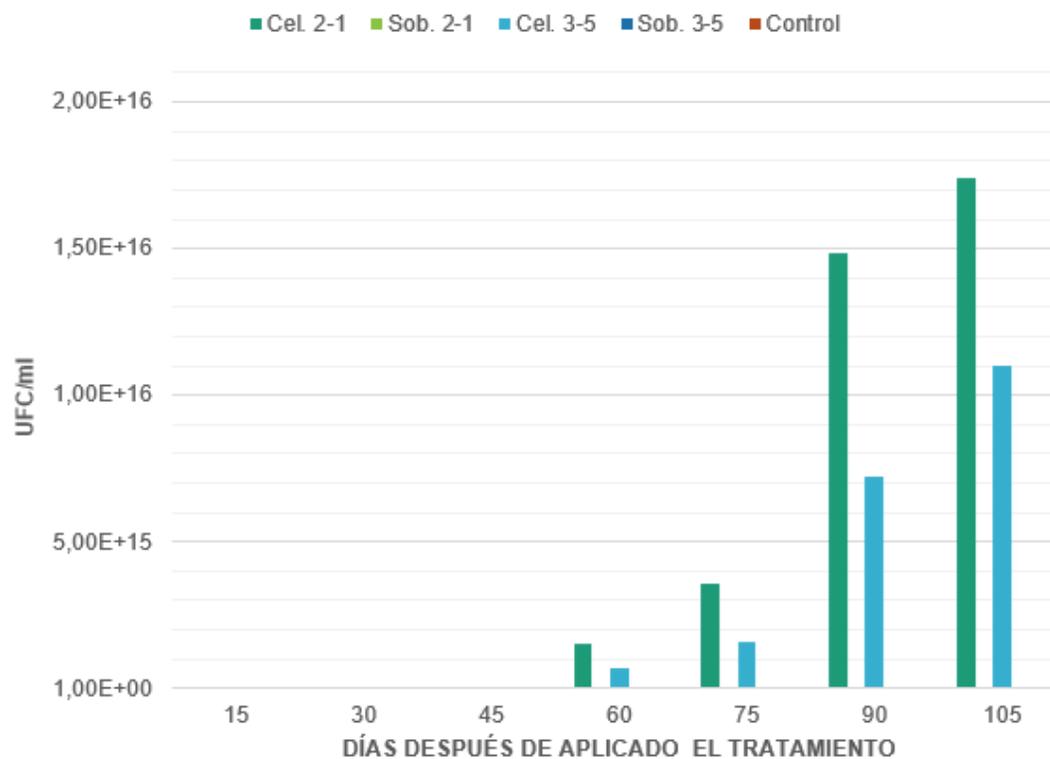


Plantas inoculadas con de células *B. subtilis* Ctpx2-1 presentó mayores valores de peso húmedo que los demás tratamientos incluyendo el control



# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## Dinámica poblacional



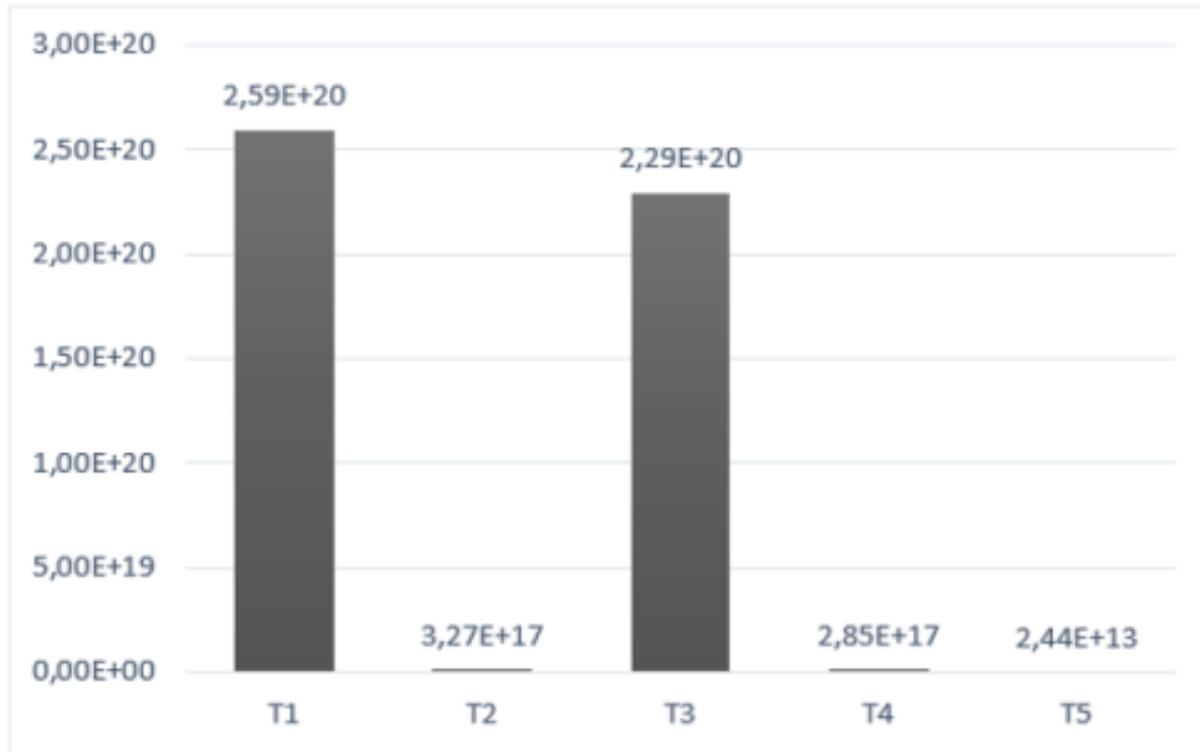
Periodos de inoculación	T1	T2	T3	T4	T5
1	1,23E+09	8,39E+07	1,18E+09	1,20E+07	1,02E+07
2	2,37E+10	7,39E+07	1,46E+09	1,12E+07	1,13E+07
3	1,19E+12	7,46E+07	9,29E+10	6,19E+07	6,32E+07
4	1,50E+15	6,80E+09	7,00E+14	6,92E+07	5,79E+07
5	3,60E+15	1,31E+10	1,59E+15	8,73E+08	9,47E+08
6	1,49E+16	1,06E+11	7,20E+15	1,61E+10	1,45E+10
7	1,74E+16	1,31E+13	1,10E+16	1,54E+12	1,55E+11

El tratamiento de células de la cepa Ctpx2-1 tuvo mayor número de Unidades Formadoras de Colonias por mililitro (UFC/ml) a partir de la segunda inoculación



# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## Colonización de raíz



La aplicación de inoculantes de *B. subtilis* en diferentes periodos de tiempo favorece la colonización de las raíces de las plantas por parte de los microorganismos y además mejora los valores de crecimiento e índices de calidad González, (2018)



# CONCLUSIONES

De acuerdo a la dinámica poblacional durante la fase experimental se obtuvo que las células de *B. subtilis* cepa Ctpx2-1 tuvo mayores resultados desde el inicio de la inoculación con un valor de  $1,74E+16$  UFC/ml, le sigue el tratamiento de células de *B. subtilis* cepa Ctpx3-5 con un valor de  $1,10E+16$  UFC/ml, luego tenemos al tratamiento de sobrenadante de *B. subtilis* cepa Ctpx2-1 con un valor de  $1,31E+13$  UFC/ml, le sigue el tratamiento de sobrenadante de *B. subtilis* cepa Ctpx3-5 con un valor de  $1,54E+12$  UFC/ml y al control con un valor de  $1,55E+11$  UFC/ml. En la colonización de raíz la cepa de células de *B. subtilis* Ctpx2-1 tuvo mayor número de unidades formadoras de colonia ( $2,59E+20$ ) seguido de la cepa *B. subtilis* Ctpx3-5 ( $2,29E+20$ ).



# CONCLUSIONES

El efecto de las células y sobrenadantes de *B. subtilis* Ctpx2-1 y Ctpx3-5 sobre los parámetros agronómicos evaluados (altura planta, índice de concentración de clorofila, área de raíz, dinámica poblacional de la bacteria, colonización de raíz y peso seco y húmedo), siendo el tratamiento de células de *B. subtilis* Ctpx2-1 el que mejores resultados presentó en la mayoría de variables efectuadas como se describe en la parte de resultados



# RECOMENDACIONES

- Para facilitar el proceso de sacado de raíz de las plantas de tomate se recomienda no trasplantar en el suelo mismo si no de realizarlo en sustrato. Tener en cuenta el distanciamiento de siembra del cultivo para no tener problemas con la toma de datos a futuro
- Seguir con la investigación hasta el periodo de producción y cosecha ya que en el periodo de estado vegetativo la aplicación de células y sobrenadantes de *B. subtilis* Ctpx2-1 y Ctpx3-5 presentaron resultados favorables en la promoción de crecimiento de la planta de tomate de árbol o también en otros cultivos de interés



# Gracias por su atención !



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA