



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE BIOLOGÍA
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE MICROBIOLOGÍA Y
PARASITOLOGÍA



**Actinobacterias rizosféricas de *Opuntia quitensis* F.A.C.
Weber “tuna” y su potencial como promotores de
crecimiento en *Solanum lycopersicum* L. bajo estrés salino**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

LICENCIADA EN BIOLOGÍA

Bach. Marilín Nicoll Sánchez Purihuamán

LICENCIADO EN BIOLOGÍA - MICROBIOLOGÍA - PARASITOLOGÍA

Bach. Jorge Luis Hernández Hernández

ASESORA:

Dra. Carmen Carreño Farfán

LAMBAYEQUE, PERÚ
2022

**Actinobacterias rizosféricas de *Opuntia quitensis* F.A.C.
Weber “tuna” y su potencial como promotores de
crecimiento en *Solanum lycopersicum* L. bajo estrés salino**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE LICENCIADA EN
BIOLOGÍA Y LICENCIADO EN BIOLOGÍA - MICROBIOLOGÍA -
PARASITOLOGÍA

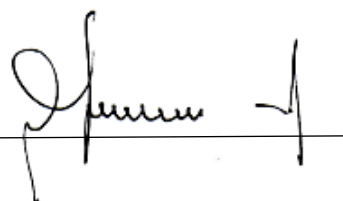
APROBADA POR:

Dra. Gianina Llontop Barandiaran



PRESIDENTA

Dr. Guillermo Eduardo Delgado Paredes



SECRETARIO

Dr. Alberto Díaz Zapata



VOCAL

Dra. Carmen Rosa Carreño Farfán



ASESORA

LAMBAYEQUE, PERÚ
2022

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	10
II.	MARCO TEÓRICO.....	12
2.1	Antecedentes de la investigación	12
2.2	Base teórica.....	15
2.2.1	Salinidad del suelo.....	16
2.2.2	Actinobacterias.....	17
2.2.3	Cactáceas.....	18
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
3.1	Materiales.....	20
3.2	Población y muestra.....	20
3.3	Métodos.....	20
3.3.1	Variables	20
3.3.2	Tipo de estudio y diseño de contrastación de hipótesis.....	20
3.3.3	Lugar de muestreo	22
3.3.4	Identificación fenotípica del género de Actinobacterias rizosféricas de tuna en Chongoyape.....	22
3.3.5	Selección de Actinobacterias con actividad ACC desaminasa.....	22
3.3.6	Efecto de las Actinobacterias en la germinación de semillas de tomate en condiciones de salinidad bajo	25
3.3.7	Efecto comparativo de tres Actinobacterias en el crecimiento, rendimiento y contenido de clorofila de tomate en suelos no salino y salino.....	25
3.3.8	Análisis estadístico de los datos.....	26
IV.	RESULTADOS.....	28
4.1	Géneros de Actinobacterias rizosféricas de tuna en el distrito de Chongoyape, Lambayeque 2019	28
4.2	Actinobacterias con actividad ACC desaminasa seleccionadas en la rizósfera de tuna, Lambayeque 2019.....	28
4.3	Efecto de las Actinobacterias en la germinación de semillas de <i>S. lycopersicum</i> L. “tomate”cv. Rio Grande bajo estrés salino.....	28
4.4	Efecto comparativo de tres Actinobacterias en el crecimiento, rendimiento y contenido de clorofila en tomate	35
V.	DISCUSIÓN.....	51

VI.	CONCLUSIONES.....	56
VII.	RECOMENDACIONES.....	57
VIII.	REFERENCIAS.....	58
IX.	ANEXOS.....	66

Índice de tablas

Tabla 1.	Posición georreferencial de las plantas de <i>O. quitensis</i> F.A.C Weber “tuna” muestreadas en el distrito de Chongoyape, región Lambayeque, 2019.....	23
Tabla 2.	Características físicas y químicas* del suelo radicular de <i>Opuntia quitensis</i> F.A.C. Weber “tuna” en el distrito de Chongoyape, región Lambayeque, 2019.....	24
Tabla 3.	Géneros identificados en Actinobacterias rizosféricas de <i>O. quitensis</i> en Lambayeque, 2019.....	29
Tabla 4.	Absorbancia (405 nm) de medios mínimo Dworkin & Foster con ACC y sulfato de amonio como fuente de nitrógeno cultivados con Actinobacterias, identificadas en la rizósfera de <i>O. quitensis</i> en Lambayeque, 2019.....	33
Tabla 5.	Porcentaje de germinación de semillas de <i>S. lycopersicum</i> “tomate” cv. Río grande inoculadas con Actinobacterias rizosféricas bajo condiciones de salinidad en Lambayeque, 2019.....	34
Tabla 6.	Parámetros de crecimiento y rendimiento de plantas de <i>Solanum lycopersicum</i> inoculadas con Actinobacterias en un suelo no salino.....	36
Tabla 7.	Parámetros de crecimiento y rendimiento de plantas de <i>Solanum lycopersicum</i> L. inoculadas con Actinobacterias en un suelo salino.....	39
Tabla 8.	Prueba de comparaciones múltiples de Tukey de los parámetros de crecimiento y rendimiento de <i>Solanum lycopersicum</i> L. inoculadas con Actinobacterias en un suelo no salino.....	45
Tabla 9.	Prueba de comparaciones múltiples de Tukey de los parámetros de crecimiento y rendimiento de <i>Solanum lycopersicum</i> L. inoculadas con Actinobacterias en un suelo salino.....	46
Tabla 10.	Potasio, sodio y tasa K^+/Na^+ en hojas y raíces de plantas de <i>Solanum lycopersicum</i> L. inoculados con <i>Streptomyces</i> sp. 21 en un suelo salino.....	50

Índice de figuras

Figura 1. Plantas de <i>Opuntia quitensis</i> F.A.C Weber “tuna” en el distrito de Chongoyape, región Lambayeque, 2019.....	21
Figura 2. Tratamientos para determinar el efecto de Actinobacterias en <i>Solanum lycopersicum</i> L. “tomate”, Lambayeque 2019.....	21
Figura 3. Ubicación de Chongoyape en Lambayeque, 2019. https://earth.google.com/web/@6.62778191,79.38481762,238.41760254a,0d,60y,225.90787942h,79.29253382t,0r	24
Figura 4. Plántulas en emergencia con inóculo de Actinobacterias.....	27
Figura 5. Pesaje de la biomasa radicular de <i>Solanum lycopersicum</i> L., Lambayeque 2020.....	27
Figura 6. Micelio aéreo de colonias de Actinobacterias rizosféricas de <i>O. quitensis</i> en Lambayeque, 2019.....	29
Figura 7. Observación microscópica de <i>Streptomyces</i> spp. con espirales primitivos ondulados (a), espirales en resorte (b), espirales abiertos (c) y espirales primitivos (d), identificados en la rizósfera de <i>O. quitensis</i> en Lambayeque, 2019.....	30
Figura 8. Observación microscópica de <i>Streptomyces</i> sp. 21 (a), <i>Nocardia</i> sp. 13 (b), <i>Micromonospora</i> sp. 148 (c) y <i>Pseudonocardia</i> sp. 136 (d), identificados en la rizósfera de <i>O. quitensis</i> en Lambayeque, 2019.....	31
Figura 9. Observación microscópica de <i>Nocardiopsis</i> sp. 22 (a), <i>Nocardioides</i> sp. 1 (b) y <i>Streptoverticillium</i> sp. 33 (c), identificados en la rizósfera de <i>O. quitensis</i> en Lambayeque, 2019.....	32
Figura 10. Plantas de <i>Solanum lycopersicum</i> L. inoculadas con <i>Streptomyces</i> sp.21 en un suelo no salino,15 días (a) y 45 días (b) después del trasplante.....	37
Figura 11. Plantas de <i>Solanum lycopersicum</i> L. inoculadas con <i>Nocardia</i> sp.13 en un suelo no salino,30 días (a) y 60 días (b) después del trasplante.....	37
Figura 12. Plantas de <i>Solanum lycopersicum</i> L. inoculadas con <i>Streptomyces</i> sp.21 en un suelo no salino, 90 días después del trasplante.....	38

- Figura 13. Raíces de plantas de *Solanum lycopersicum* L. sin y con inoculación de *Nocardia* sp. 13 en un suelo no salino.....38
- Figura 14. Plantas de *Solanum lycopersicum* L. inoculadas con *Streptomyces* sp.21 en un suelo salino, 15 días (a) y 90 días (b) después del trasplante.....40
- Figura 15. Plantas de *Solanum lycopersicum* L. inoculadas con *Nocardia* sp.13 en un suelo salino, 30 días (a) y 45 días (b) después del trasplante.....40
- Figura 16. Plantas de *Solanum lycopersicum* L. inoculadas de *Sreptomyces* sp. 21 en un suelo salino, 100 días después del trasplante.....41
- Figura 17. Raíces de plantas de *Solanum lycopersicum* L. sin y con *Streptomyces* sp. 21 en un suelo salino.....41
- Figura 18. Porcentaje de incremento en la altura de *Solanum lycopersicum* L. por efecto de Actinobacterias en suelos no salino y salino 15 días (a), 30 días (b), 45 días (c) y 60 días (T2=Químico, T3=Streptomyces sp. 21, T4=Streptomyces sp.10, T5= Nocardia sp.13).....42
- Figura 19. Porcentaje de incremento en el número de hojas de *Solanum lycopersicum* L. por efecto de Actinobacterias en suelos no salino y salino 15 días (a), 30 días (b), 45 días (c) y 60 días (T2=Químico, T3=Streptomyces sp. 21, T4=Streptomyces sp.10, T5= Nocardia sp.13).....43
- Figura 20. Porcentaje de incremento en la biomasa aérea (a), longitud de raíces (b), número (c) y peso de frutos (d) de *Solanum lycopersicum* L. por efecto de Actinobacterias en suelos no salino y salino (T2=Químico, T3=Streptomyces sp. 21, T4=Streptomyces sp.10, T5= Nocardia sp.13)..... 44
- Figura 21. Contenido promedio de clorofila foliar en plantas de *Solanum lycopersicum* L. inoculadas con Actinobacterias, 45 días después del trasplante en un suelo no salino.....48
- Figura 22. Contenido promedio de clorofila foliar en plantas de *Solanum lycopersicum* L. inoculadas con Actinobacterias, 45 días después del trasplante en un suelo salino.....48

RESUMEN

El cultivo de *Solanum lycopersicum* L. "tomate" es afectado por la salinidad. **Objetivo general** determinar el potencial de Actinobacterias rizosféricas de *Opuntia quitensis* F.A.C. Weber "tuna" como promotoras de crecimiento en tomate bajo estrés salino.

Metodología: Las Actinobacterias se aislaron de la rizósfera, se identificó el género y se investigó la actividad de la enzima ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico desaminasa (ACC) y el efecto en la germinación de semillas de tomate cv. Rio Grande bajo salinidad (Conductividad eléctrica, $CE_e=6,94 \text{ dSm}^{-1}$). En condiciones de invernadero se realizaron dos ensayos en suelos no salino ($CE_e=1,40 \text{ dSm}^{-1}$) y salino ($CE_e= 10,28 \text{ dSm}^{-1}$) para comparar el efecto de *Streptomyces* sp. 10, *Streptomyces* sp. 21, y *Nocardia* sp. 13 en el desarrollo de las plantas. **Resultados:** En el 87,03 % de muestras de rizósfera se aislaron e identificaron Actinobacterias de los géneros *Streptomyces* (46,67 %), *Nocardia* (34,0 %), *Micromonospora* (6,00 %), *Pseudonocardia* (4,67 %), *Nocardiopsis* (3,33 %), *Nocardioides* (3,33 %) y *Streptoverticillium* (2,0 %). El 9,33 % de las Actinobacterias presentó actividad ACC desaminasa e incrementó la germinación de las semillas bajo estrés salino. Asimismo, aumentaron el crecimiento y rendimiento de plantas de tomate en suelos no salino y salino alcanzando porcentajes de incremento de 88,98 % (altura); 96,30 % (número de hojas); 201,35 % (biomasa aérea); 173,77 % (longitud de raíces); 100,0 % (peso de raíces); 150,0 % (número de frutos) y 173,14 % (peso de frutos), así como $1,37 \text{ mg g}^{-1}$ en el contenido de clorofila en el suelo salino. *Streptomyces* sp. 21 disminuyó el sodio e incrementó el contenido de potasio y tasa K^+/Na^+ en las hojas y raíces de las plantas de tomate con el mayor rendimiento (1,068 kg/planta) en el suelo salino. **Conclusión:** Se demostró el efecto de las Actinobacterias en la promoción del desarrollo del cultivo de tomate bajo estrés salino.

Palabras clave: Salinidad, ACC desaminasa, Actinobacterias, tomate, promoción de crecimiento, *Opuntia quitensis*

ABSTRACT

Solanum lycopersicum L. "tomato" crop is affected by salinity. The general objective of this research was to determine the potential of rhizospheric Actinobacteria from *Opuntia quitensis* F.A.C. Weber "tuna" as growth promoters in tomato under salt stress. Actinobacteria were isolated from the rhizosphere, the genus was identified and investigated for 1-aminocyclopropane-1-carboxylate (ACC) deaminase activity, and effect on seed germination of tomato cv. Rio Grande under salinity (Electrical conductivity, $EC_e=6,94 \text{ dSm}^{-1}$) were investigated. Under greenhouse conditions, two trials were conducted in non-saline ($EC_e=1,40 \text{ dSm}^{-1}$) and saline ($EC_e= 10,28 \text{ dSm}^{-1}$) soils to compare the effect of *Streptomyces* spp. 10 and 21, and *Nocardia* sp. 13 on plant development. Actinobacteria of the genera *Streptomyces* (46,67 %), *Nocardia* (34,0 %), *Micromonospora* (6,00 %), *Pseudonocardia* (4,67 %), *Nocardiopsis* (3,33 %), *Nocardioides* (3,33 %) and *Streptoverticillium* (2,0 %) were isolated and identified in 87.03 % of rhizosphere samples. Of the actinobacteria, 9,33% showed ACC deaminase activity and increased seed germination under salt stress. Likewise, they increased the growth and yield of tomato plants in non-saline and saline soils, reaching percentages increases of 88,98 % (height); 96,30 % (number of leaves); 201,35 % (aerial biomass); 173,77 % (root length); 100,0 % (root weight); 150,0 % (number of fruits) and 173,14 % (fruit weight), as well as $1,37 \text{ mg g}^{-1}$ (chlorophyll content) in the saline soil. The effect of Actinobacteria in promoting tomato crop development under salt stress was demonstrated.

Key words: Salinity, ACC deaminase, Actinobacteria, tomato, growth promotion, *Opuntia quitensis*.

I. INTRODUCCIÓN

La salinidad del suelo tiene efectos negativos en la morfología, fisiología y bioquímica de las plantas. El incremento de la presión osmótica en el suelo disminuye la absorción del agua por el sistema radicular, el exceso de iones sodio (Na^+) y cloruro (Cl^-) es tóxico para las células y el desbalance iónico afecta el estado nutricional de las plantas (Boari et al., 2019). En el mundo más del 6% del suelo (800 millones de ha) en uso potencial agrícola está impactado por la salinidad, sobre todo en las regiones áridas y semiáridas (Afridi et al., 2019). En el Perú la salinidad afecta 306,701 ha cultivables de la costa (Ministerio de Agricultura y Riego [MINAGRI], 2015), especialmente en Piura, Trujillo y Lambayeque (Soca et al., 2016).

El estrés por salinidad impacta el crecimiento de las plantas con reducción del rendimiento (Afridi et al., 2019; Thiam et al., 2019). El cultivo de *Solanum lycopersicum* L. “tomate” es considerado moderadamente sensible a la salinidad (Boari et al., 2019). El nivel crítico de salinidad en el suelo para el cultivo de tomate es de $2,5 \text{ dSm}^{-1}$ y se siembra en suelos hasta con $9,9 \text{ dSm}^{-1}$ (Welle y Mauter, 2017); sin embargo, la salinidad disminuye drásticamente el consumo de agua, afecta en forma negativa la altura de las plantas, biomasa de tallos y hojas, densidad radicular, calidad y peso de frutos (Boari et al., 2019) y disminuye 20-65% el rendimiento (Chen et al., 2016).

Las cactáceas agrupan plantas suculentas endémicas de América como *Opuntia quitensis* F.A.C. Weber (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2014), que pueden desarrollar en regiones semiáridas y áridas, con prolongada sequía, gracias a sus mecanismos propios de adaptación (Hernández et al., 2014; Ostolaza, 2014); no obstante, también ejercen influencia las bacterias del suelo rizosférico que promueven el crecimiento de las plantas por lo que son denominadas rizobacterias promotoras de crecimiento en plantas o PGPR (Fonseca et al., 2016).

La sequía y la salinidad son problemas significativos en la agricultura y ambos generan estrés por déficit hídrico en las plantas, que afecta el crecimiento y desarrollo vegetal (Forni et al., 2016); no obstante, las PGPR como las Actinobacterias con actividad de la enzima 1-aminociclopropano-1- carboxilato, ACC desaminasa

disminuyen el estrés por sequía (Abbasi et al., 2020), así como también el estrés por salinidad (Yoolong et al., 2019). Estos microorganismos pueden constituir biofertilizantes para los cultivos agrícolas en suelos impactados con salinidad; sin embargo, es escasa la información de las Actinobacterias rizosféricas de la cactácea *O. quitensis*.

Ante la problemática expuesta, se formuló el siguiente problema: ¿Cuál es el potencial de las Actinobacterias rizosféricas de *O. quitensis* F.A.C. Weber “tuna” como promotores de crecimiento en *S. lycopersicum* “tomate” bajo estrés salino? Se formuló la siguiente hipótesis: Las Actinobacterias rizosféricas de *O. quitensis* F.A.C. Weber “tuna” con actividad de la enzima ACC desaminasa promueven el crecimiento de *S. lycopersicum* “tomate” bajo estrés salino.

El objetivo general de la investigación fue determinar el potencial de las Actinobacterias de la rizósfera de tuna, como promotores de crecimiento en tomate bajo salinidad. Los objetivos específicos fueron: identificar a nivel de género las Actinobacterias rizosféricas de tuna en el distrito de Chongoyape en Lambayeque, seleccionar las Actinobacterias con actividad de la enzima ACC desaminasa, comparar las Actinobacterias según el efecto en la germinación de semillas de tomate cv. Río Grande en condiciones de salinidad, comparar el efecto de tres Actinobacterias en el crecimiento, rendimiento y contenido de clorofila de plantas de tomate cv. Río Grande en suelos no salino y salino y determinar el contenido iónico en las hojas y raíces de las plantas con el mayor rendimiento en el suelo salino.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Las Actinobacterias se han reportado en las cactáceas, *Mammillaria carnea* (Torres et al., 2012), *Opuntia ficus-indica* var. *sanboten* (Lee y Seong, 2014), *Myrtillocactus geometrizans* y *Opuntia robusta* (Fonseca et al., 2016), *Neobuxbaumia macrocephala* (Bustillos et al., 2017), *Cereus jamacaru* (Kavamura et al., 2018) y *Opuntia stricta* (Qi et al., 2019) y se han identificado los géneros *Actinomadura* (Torres et al., 2012), *Nocardioides* (Lee y Seong, 2014), *Nocardiosis* (Fonseca et al., 2016), *Arthrobacter* (Bustillos et al., 2017) y *Streptomyces* (Qi et al., 2019).

Kavamura et al. (2018) identificaron el microbioma rizosférico del cactus *C. jamacaru*, como fuente de genes que codifican para características que permiten soportar largos periodos de sequía. El suelo se colectó al inicio de la estación lluviosa y 6 meses después, momento precedido por 2 meses de una sequía acentuada. La temperatura fue de 25-26 °C en la estación lluviosa y 34-36 °C en la estación seca. Las Actinobacterias, α -Proteobacterias y β -Proteobacterias predominaron durante la época lluviosa, las Chloracidobacterias en la estación seca y las Acidobacterias en la época lluviosa. Se concluyó que la estructura del ecosistema microbiano es alterado por las condiciones ambientales.

Bustillos et al. (2017) estudiaron las bacterias metilótrofas cultivables del cactus *N. macrocephala*. El suelo de la rizósfera se sembró en medio con sales minerales y 0,5 % de metanol como fuente de carbono y energía. Las bacterias desarrolladas se cultivaron en el mismo medio con y sin cloruro de sodio y se identificaron a nivel molecular. Se obtuvieron 38 aislamientos de bacterias de las clases Alphaproteobacteria, Betaproteobacteria, Gammaproteobacteria, Actinobacteria y Sphingobacteria y la presencia de las secuencias *xoxF* demostró su adaptabilidad a las plantas xerófitas. Estas bacterias que metabolizan el metanol secretado por las plantas pueden ser utilizadas como inoculantes microbianos en condiciones desfavorables.

Fonseca et al. (2016) determinaron las comunidades de Bacteria, Archaea y hongos asociadas a las cactáceas *M. geometrizzans* y *O. robusta*. Los microorganismos se estudiaron en la rizósfera, filósfera, interior de raíces y tallos, suelo radicular, suelo colectado a 10-15 cm de profundidad y semillas. Se identificaron 76 clases de Bacteria y dos de Archaea, pertenecientes a 32 Phylum, entre los que predominaron (85%) Proteobacteria, Firmicutes, Actinobacteria, Acidobacteria y Bacteroidetes. El 80% de las bacterias creció con mínima disponibilidad de agua; 47 % fijó nitrógeno; 11,7% produjo sideróforos, 100 % produjo AIA y solubilizó fosfato, evidenciándose el potencial biotecnológico de los microorganismos de las cactáceas.

Torres et al. (2012) estudiaron la comunidad microbiana de la rizósfera de *M. carnea*, durante las estaciones seca y lluviosa en tres localidades con salinidad antropogénica. El ADN se extrajo del suelo rizosférico, se amplificó y se determinó la diversidad microbiana. El Phylum predominante en ambas estaciones fue Acidobacteria, seguido de Actinobacteria. En los Phylum Actinobacteria, Proteobacteria y Bacteroidetes no se encontraron diferencias en cuanto a la diversidad y abundancia. Por el contrario, entre estaciones se encontraron diferencias significativas en los Phylum Cyanobacteria, Gammatimadedetes, Plactimycetes y Firmicutes. Los resultados constituyen la base para el uso potencial de la diversidad microbiana.

En plantas bajo estrés salino se ha reportado que la inoculación de Actinobacterias con actividad ACC desaminasa aumenta la longitud de las plantas y raíces de *Triticum durum* L. “trigo” (Djebaili et al., 2021), diámetro del tallo, longitud y biomasa fresca de *Zea mays* L. “maíz” (Nozari et al., 2021), altura de *Stevia* sp. (Tolba et al., 2019), altura y biomasa aérea y radicular fresca y seca de *Oryza sativa* L. “arroz”(Jaemsaeng et al., 2018), longitud de raíces y hojas, biomasa total de *Limonium sinense* (Qin et al., 2017) y biomasa de plantas de tomate (Palaniyandi et al., 2014).

Djebaili et al. (2021) caracterizaron *in vitro* Actinobacterias aisladas de suelos salinos. Se identificaron *Nocardiopsis* spp. y *Streptomyces* spp., que bajo salinidad produjeron AIA, solubilizaron fosfato y presentaron actividad ACC desaminasa. Las bacterias favorecieron el crecimiento de plantas de trigo con 1M NaCl, a diferencia de los testigos no inoculados que no crecieron a > 0,5M NaCl. Asimismo, se observó incremento en la longitud del tallo y raíces, contenido de clorofila foliar y prolina en las plantas inoculadas y desarrolladas bajo condiciones normales y salinas. Las Actinobacterias disminuyeron el impacto de la salinidad en el cultivo de trigo.

Nozari et al. (2021) determinaron las características de Actinobacterias rizosféricas y el efecto de la inoculación en semillas de maíz sembradas en suelos con 100-300 mM NaCl (CE 0,89-6,37 dSm⁻¹). Se identificó el género *Streptomyces* y se seleccionaron cuatro cepas productoras de AIA, sideróforos y con actividad ACC desaminasa. *Streptomyces* sp. CLV97 fue la más eficiente en disminuir el estrés salino. Se alcanzó 24 y 16 % de incremento en la longitud y biomasa fresca de las hojas bajo 100 y 300 mM NaCl, 33 % en el diámetro del tallo y 40 % de aumento en la biomasa foliar fresca, en comparación con las plantas del suelo no salino, concluyéndose que las Actinobacterias constituyen biofertilizantes para el maíz bajo estrés salino.

Tolba et al. (2019) caracterizaron las Actinobacterias de la rizósfera de *Salicornia europaea* L. y *Cucumis sativus* L., e investigaron el efecto de la inoculación en *Stevia* sp. bajo salinidad. Las bacterias se mezclaron con las semillas y las plantas se regaron con 0, 1000, 1500 y 2000 ppm NaCl. Después de 42 días se observó que la salinidad impactó el crecimiento de las plantas; no obstante, el efecto negativo disminuyó con *Streptomyces* spp. La altura de las plantas fue de 30-64 cm y el número de hojas de 30-64 en los tratamientos inoculados frente a 23-28 cm y 36-54 en las plantas testigo, respectivamente. Los resultados demostraron el potencial de las Actinobacterias para constituir biofertilizantes bajo salinidad.

Jaemsaeng et al. (2018) estudiaron la influencia de *Streptomyces* sp. GMKU con actividad ACC desaminasa y su mutante deficiente en el cultivo de arroz con 150 mM NaCl. Las bacterias se inocularon en las raíces de plántulas bajo condiciones hidropónicas. Transcurridos 7 días, la salinidad afectó el crecimiento de las plantas en comparación con el testigo no salino. Las plantas inoculadas con *Streptomyces* sp. con actividad de la enzima ACC alcanzaron los mayores valores en la altura de planta, longitud radicular y peso del follaje y raíces, a diferencia de las plantas con el mutante de *Streptomyces*, las cuales no se diferenciaron del testigo no inoculado. Se demostró el beneficio de las bacterias en el arroz bajo salinidad.

Palaniyandi et al. (2014) inocularon *Streptomyces* sp. PGPA39 con actividad ACC desaminasa para identificar la influencia en el crecimiento de plantas de tomate con 180 mM NaCl. Las bacterias se mezclaron con el suelo, luego se sembraron las semillas y se regaron con la solución salina. Después de 60 días, las plantas inoculadas mostraron mayor altura y volumen radicular, así como también se encontraron diferencias significativas en la biomasa total (1,3 g), contenido de clorofila (2,1 mg/g) y prolina foliar (30 ug/g), frente a los valores de 0,7 g; 0,75 mg/g y 2,1 mg/g en las plantas

no inoculadas y desarrolladas bajo salinidad. El aumento de la clorofila y disminución de la prolina evidenciaron el potencial de *Streptomyces* sp. para disminuir el estrés salino.

2.2 Base teórica

La sequía y salinidad son problemas significativos en la agricultura y en ambos problemas inicialmente se genera déficit hídrico que impacta el crecimiento y desarrollo. Las PGPR disminuyen el estrés mediante la producción de citoquininas, ácidos indol acético y abscísico, trehalosa, compuestos orgánicos volátiles, exopolisacáridos y actividad ACC desaminasa (Forni et al., 2016). Las Actinobacterias favorecen la tolerancia al déficit hídrico alterando el nivel hormonal en las plantas, en lo correspondiente al ácido indol acético, ácido abscísico, etileno, citoquininas y giberelinas y como consecuencia mejoran el crecimiento y arquitectura de la raíz (Barnawal et al., 2019).

En condiciones desfavorables las plantas sintetizan altos niveles de etileno generándose el "estrés por etileno" que es desfavorable para el crecimiento y desarrollo (Forni et al., 2016); sin embargo, el etileno puede ser disminuido por los microorganismos con actividad 1-aminociclopropano-1- carboxilato (ACC) desaminasa que convierte el precursor (ACC) del etileno en amonio y α cetobutirato (Sathya et al., 2017). La actividad ACC desaminasa ha sido reportada en Actinobacterias de los géneros *Nocardiopsis* (Djebai et al., 2021), *Streptomyces* (Jaemsaeng et al., 2018), *Glutamicibacter* (Qin et al., 2018), *Nocardia*, *Mycobacterium*, *Amycolatopsis* y *Rhodococcus* (Sathya et al., 2017).

Las Actinobacterias con actividad ACC desaminasa favorecen a las plantas bajo salinidad (Yoolong et al., 2019), sequía (Abbasi et al., 2020), inundación (Jaemsaeng et al., 2018) y presencia de bacterias (Dias et al., 2017) y hongos fitopatógenos (Srivastava et al., 2015). Las Actinobacterias disminuyen el etileno, el sodio, las especies reactivas de oxígeno y el malondialdehído que evidencia peroxidación de lípidos (Yoolong et al., 2019). Por el contrario, incrementan el contenido de clorofila, agua, prolina, K^+ , Ca^{2+} (Jaemsaeng et al., 2018), actividad de las enzimas antioxidantes peroxidasa, POD, superóxido dismutasa, SOD y catalasa, CAT (Afridi et al., 2019; Qin et al., 2017).

La conductividad eléctrica (CE_e) máxima para el normal desarrollo de las plantas de tomate es de $2,5 \text{ dSm}^{-1}$, debido que es una especie moderadamente sensible a la salinidad. El tomate se cultiva en suelos con un rango de CE_e de $2-8 \text{ dS m}^{-1}$; no

obstante, el rendimiento es afectado en forma significativa en suelos con una CE_e igual o mayor a 4 dSm^{-1} (Rahman et al., 2018). La salinidad es causa del mayor estrés abiótico que afecta el desarrollo de tomate y se observa reducción de la germinación (Gong et al., 2018), altura, número de hojas, área foliar y materia seca total (Sanjuan et al., 2015), incremento de la actividad antioxidante enzimática, reducción del peso y número de frutos (Goykovic y Saavedra, 2007).

2.2.1 Salinidad del suelo

El estrés causado por factores abióticos como la salinidad disminuye el rendimiento de los cultivos agrícolas e impacta en forma significativa el suelo (Sathya et al., 2017). La salinidad del suelo puede ser primaria y secundaria o antropogénica (Thiam et al., 2019). El suelo es salino cuando la CE_e es mayor de 4 dSm^{-1} y el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) menor de 15 %. El suelo sódico tiene la CE_e menor de 4 dSm^{-1} y el PSI mayor de 15 % y el suelo salino-sódico presenta la CE_e mayor de 4 dSm^{-1} y el PSI mayor de 15 % (Romano et al., 2020). Una CE_e de 4 dSm^{-1} (40 mM NaCl) genera una presión osmótica de $0,2 \text{ MPa}$ (Egamberdieva et al., 2016).

La salinidad es causa del estrés hídrico, toxicidad ion específica (sodio y cloruro) y desbalance en la nutrición (Lamz y González, 2013). El aumento de sales incrementa la presión osmótica y disminuye los potenciales hídrico y osmótico del suelo, así como también el potencial hídrico o contenido relativo de agua en las plantas (Rodríguez et al., 2019). En el suelo, las sales aumentan la fuerza de retención del agua y las raíces no la pueden absorber porque carecen de la fuerza de succión para vencer la presión osmótica edáfica, inclusive en suelos húmedos (Terrazas, 2019).

La toxicidad ion específica está asociada con altas relaciones Na^+/K^+ , Na^+/Ca^{+2} y la acumulación de Na^+ y Cl^- en los tejidos (Rodríguez et al., 2019). El Na^+ y Cl^- en altas concentraciones tienen efecto tóxico dentro de la planta que no se asocia al déficit de agua. El Na^+ compite con la absorción de K^+ por las raíces, debido a que comparten el mecanismo de transporte. Una vez dentro el Na^+ es retenido por las raíces o es translocado a la parte aérea (Lamz y González, 2013). Los síntomas de toxicidad por Na^+ son encrespamiento de las hojas, quemaduras y muerte de los tejidos que avanza desde los bordes hacia las zonas intervenales de las hojas (Terrazas, 2019).

El Cl^- es absorbido y se mueve acompañado de cationes, en forma rápida desde las raíces hasta las hojas, en donde se acumula y causa necrosis de las puntas de las hojas, secamiento que se inicia en los ápices y se extiende a los bordes de las hojas, caída de hojas, flores y frutos y reducción del crecimiento de las raíces, potencial hídrico

de las hojas, fotosíntesis y rendimiento (Terrazas, 2019). El efecto del NaCl es más deletéreo para los estados reproductivos de plantas como el arroz en comparación con el efecto individual del Na^+ y Cl^- , como lo determinaron Kumar y Khare (2016). El rendimiento (g/planta) de grano fue de 5,76 (100 mM NaCl); 9,08 (100 mM Cl^-) y 9,06 (100 mM Na^+), en comparación con 13,39 g/planta en el suelo sin sales.

El desbalance nutricional en las plantas bajo salinidad se produce por el Na^+ y Cl^- acumulados, que disminuyen la captación del K^+ , Ca^{2+} y Mn^{2+} . El K^+ se requiere para la osmoregulación y síntesis de proteínas, mantiene la turgencia de las células y estimula la fotosíntesis. El déficit de K^+ origina clorosis y luego necrosis. El desplazamiento del Ca^{2+} por el Na^+ afecta la integridad y selectividad de la membrana. El estrés osmótico, la toxicidad iónica y la deficiencia nutricional generan el estrés oxidativo o acumulación de las especies reactivas de oxígeno: peróxido de hidrógeno (H_2O_2), superóxido (O_2^-) y radicales hidroxilos (OH), que impactan el ADN, los lípidos y las proteínas (Lamz y González, 2013).

El tomate cultivado es una hortaliza cosmopolita cuyo tamaño y forma de sus frutos diferencia dos variedades: *lycopersicum* y cerasiforme, así como también numerosos cultivares generados por mejoramiento. *S. lycopersicum* L. variedad *lycopersicum* corresponde al tomate cultivado en forma mayoritaria en el mundo. El cultivar Río Grande es un tomate de fruto tipo pera cuadrado, con pulpa gruesa, excelente consistencia y buen sabor, con doble propósito fresco e industrial. Las plantas son de crecimiento determinado, con resistencia a especies de *Fusarium*, *Verticillium* y *Meloidogyne*, con un promedio de 78 días para la madurez fisiológica, 105-140 días para el inicio de la cosecha y un rendimiento máximo de 40 t/ha (MINAM,2020).

2.2.2 Actinobacterias

Las Actinobacterias agrupan formas Gram positivas, filamentosas y no filamentosas. Son ubicuas inclusive en ambientes bajo condiciones desfavorables. Pueden ser acidotolerantes, halotolerantes, haloalcalinotolerantes y xerófitas (Mohammadipanah y Wink, 2016). La arquitectura de la pared celular de las bacterias Gram positivas y su capacidad para esporular posibilita su adaptación a los ambientes áridos (Bull et al., 2018). Las Actinobacterias son aisladas de suelo rizosférico (Bustillos et al., 2017), pantanos salados (Gong et al., 2018), tejidos internos vegetales (Fonseca et al., 2016), suelos salinos (Grishko et al., 2015) y suelos áridos (Souagui et al., 2015).

Los microorganismos de los Phylum Firmicutes, Proteobacteria y Actinobacteria dominan la microbiota de los halófitos y se ha postulado que desempeñan un rol

importante en la adaptación de las plantas hospederas a diferentes ambientes (Qin et al., 2018). Entre las Actinobacterias se ha identificado los géneros *Glutamicibacter*, *Paenarthrobacter*, *Streptomyces*, *Isoptericola* (Qin et al., 2018), *Microbacterium*, *Rhodococcus* (Szymánska et al., 2016 a), *Micrococcus*, *Nocardia* (Szymánska et al., 2016 b) y *Arthrobacter* (Albdaiwi et al., 2019).

Las Actinobacterias benefician a las plantas de forma directa por el nitrógeno fijado (Qin et al., 2017), fosfato inorgánico solubilizado (Días et al., 2017), auxinas producidas y actividad de la enzima ACC desaminasa (Jaemsaeng et al., 2018) y de forma indirecta (control biológico) mediante la competencia por nutrientes, producción de antibióticos (Olanrewaju y Babalola, 2019), sideróforos (Abbasi et al., 2020), enzimas extracelulares degradadoras de la pared celular de los fitopatógenos y diferentes metabolitos secundarios con propiedades biocidas (Sathya et al., 2017).

El género *Streptomyces* es identificado en el 95 % de las Actinobacterias aisladas del suelo. *Streptomyces* spp. son halofílicas productoras de antibióticos, surfactantes, enzimas y compuestos con potencial para la recuperación de suelos y fertilización de plantas en suelos salinos. Estas bacterias sobreviven al estrés salino, por el incremento de los solutos compatibles ectoína (Sadeghi et al., 2012), prolina, alanina y glutamina; péptidos con residuos de los osmolitos glicina y prolina, degradación de las proteínas alteradas mediante proteasas y reducción del 5-metiltioadenosina que inhibe a la prolina o molécula que protege a las plantas bajo estrés salino (Romano et al., 2020).

La investigación de microorganismos en ambientes “extremos” posibilita la obtención de especies con uso biotecnológico. En este contexto, en suelos áridos expuestos a niveles intensos de radiación solar, a 3000- 5000 msnm, se realizó el estudio metagenómico de las Actinobacterias, identificando los órdenes Frankiales, Micrococcales, Acidimicrobiales, Propionibacteriales y Pseudonocardiales (Bull et al., 2018). Asimismo, en suelos con elevada temperatura y concentración de sal existen Actinobacterias con nuevas capacidades metabólicas y se han identificado los géneros *Streptomyces*, *Micromonospora*, *Saccharothrix*, *Streptosporangium*, *Cellulomonas*, *Amycolatopsis*, *Geodermatophilus*, *Lechevalieria*, *Nocardia*, y *Actinomadura* (Mohammadipanah y Wink, 2016).

2.2.3 Cactáceas

Las plantas de la familia Cactaceae almacenan agua en sus tejidos, como una adaptación a prolongadas sequías y sobrevivencia en lugares muy áridos. Tienen tallos fotosintéticos, espinas en reemplazo de las hojas y presentan areolas que originan

hojas, espinas, pelos, cerdas, ramas, flores y frutos. Las cactáceas son dominantes en la vegetación de las zonas áridas o semiáridas en la costa peruana. La familia agrupa tres subfamilias: Pereskioideae, Opuntioideae y Cactoideae. En la subfamilia Opuntioideae se encuentra *O. quitensis*, cuyas plantas son arbustivas con cladodios obovados, hojas verdes, diminutas flores, unisexuales, fruto obovado y semillas con arilo. Esta especie se encuentra en Tumbes, Jaén y Cajamarca (Ostolaza, 2014).

En regiones donde la precipitación es mínima se favorece la acumulación de sales, que limita crecimiento de las cactáceas. En ensayos realizados en condiciones *in vitro* fragmentos de cladodios de *O. streptacantha* fueron expuestos a 0, 100, 200 y 300 mM NaCl por 24 horas y se demostró reducción del contenido de clorofila. La salinidad indujo el cierre de los cloroplastos y afectó la fotosíntesis. Las sales favorecieron acumulación de peróxido de hidrógeno, el cual es responsable del cierre de estas organelas, que son más sensibles a la salinidad que otras (Arias et al., 2017).

La elevada concentración de sales afecta a las cactáceas de manera diversa, como lo demostraron Lallouche et al. (2017), quienes investigaron el comportamiento de *O. ficus indica f. inermis*, *O. amyntopanax*, *O. streptacantha*, *O. robusta* y *O. engelmannii* frente a tres niveles de cloruro de sodio (200, 400 y 600 mM). Con base a la disminución del contenido de la clorofila y el incremento de azúcares totales solubles, se determinó que *O. engelmannii* y *O. streptacantha* fueron las menos afectadas por la salinidad, seguidas de *O. ficus indica f. inermis*. La especie más tolerante fue *O. engelmannii*, superando a *O. ficus indica f. inermis* con tolerancia moderada a la salinidad. Por el contrario, *O. robusta* fue muy susceptible.

La salinidad impacta la germinación de las semillas de *O. ficus-indica*; no obstante, dependiendo de la temperatura se pueden observar semillas germinadas hasta con 500 mM NaCl (Podda et al., 2017). La especie *O. ficus-indica* puede tolerar ambientes árido-salinos como lo demostraron Centofanti et al. (2017). Estos investigadores estudiaron el crecimiento del cactus en un suelo salino ($CE_e=10 \text{ dSm}^{-1}$), durante 3 años y determinaron que las sales no afectaron las características nutricionales del jugo de la fruta: ácido ascórbico, pigmentos, flavonoides y compuestos fenólicos, en comparación con el testigo del suelo no salino.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Materiales

El material estuvo constituido por el suelo rizosférico y las bacterias de la rizósfera de plantas de tuna y semillas de tomate cv. Rio Grande, previamente tratadas con el fungicida Tiofanate metil-Tiram (Homai W.P).

3.2 Población y muestra

En la primera fase de la investigación descriptiva la población correspondió al suelo de la rizósfera de plantas de tuna en el distrito de Chongoyape en Lambayeque y se trabajaron 54 muestras probabilísticas en octubre de 2019, considerando 90% de prevalencia (Hernández et al., 2014). En la segunda fase de la investigación explicativa, la población y muestra no probabilísticas y por conveniencia fueron 60 plantas de tomate, las cuales se distribuyeron en cinco tratamientos con seis plantas por tratamiento y 30 plantas por ensayo.

3.3 Métodos

3.3.1 Variables

En la fase descriptiva de la investigación la variable cuantitativa fue la actividad ACC desaminasa. En la fase explicativa de la investigación las variables independientes fueron dos: Suelo (salino y no salino) y Actinobacterias con actividad ACC desaminasa (tres). La variable dependiente fue el desarrollo vegetativo (altura, número de hojas, peso de biomasa área, longitud y peso radicular), rendimiento (número y peso de frutos) y contenido de clorofila foliar.

3.3.2 Tipo de estudio y diseño de contrastación de hipótesis

En la investigación explicativa bajo el diseño experimental completamente aleatorio, (DCA) se ejecutaron dos ensayos en suelos no salino y salino. En cada ensayo los tratamientos fueron testigo con agua destilada (T1), testigo químico (T2), Actinobacteria 1 (T3), Actinobacteria 2 (T4) y Actinobacteria 3 (T5), considerándose tres repeticiones por tratamiento y 15 unidades experimentales por ensayo (Figuras 1, 2).

Figura 1

Plantas de Opuntia quitensis F.A.C Weber “tuna” en el distrito de Chongoyape, región Lambayeque, 2019.

**Figura 2**

Tratamientos para determinar el efecto de Actinobacterias en Solanum lycopersicum L. “tomate”, Lambayeque 2019.



T1: Testigo con agua destilada

T2: Testigo químico

T3 a T5: Actinobacterias

3.3.3 Lugar de muestreo

El suelo de la rizósfera se colectó en plantas silvestres de tuna, en el distrito de Chongoyape en Lambayeque (Tabla 1, figura 3). El distrito de Chongoyape tiene una superficie territorial de 721,12 km², con una altitud promedio de 211 msnm entre las coordenadas 06°38'13.48" (latitud sur) y 79°23'37.94" (longitud oeste) según CENEPRED (2017).

Las muestras de suelo se colectaron (0,2 m de la base del tallo de las plantas) a una profundidad de 0,15-0,20m para alcanzar las raíces, que se cortaron junto con el suelo rizosférico adherido. Asimismo, se colectaron 2 kg de suelo radicular para determinar las características físicas y químicas en el Laboratorio Agrícola Análisis de Suelo y Agua, CYSAG. El análisis (Tabla 2) demostró que el suelo es franco arenoso, con pH ácido (pH 5,31), ligeramente salino ($CE_e = 5,51 \text{ dSm}^{-1}$), nivel muy bajo de CaCO_3 (1,5%), nivel medio de materia orgánica (2,99%) y niveles altos de fósforo (55 mg kg^{-1}) y potasio (350 mg kg^{-1}).

3.3.4 Identificación fenotípica del género de las Actinobacterias rizosféricas de tuna en Chongoyape

Las Actinobacterias se aislaron de suelo rizosférico en agar avena (Anexo A) suplementado ($0,85 \text{ M NaCl} \sim 5 \% \text{ NaCl}$) y 100 ug mL^{-1} antifúngico nistatina (Horstmann et al., 2020). Después de 7 días de incubación a 30°C se seleccionaron las colonias típicas de Actinobacterias y se agruparon considerando el color de los micelos aéreo y de sustrato (Damodharan et al., 2018). A nivel microscópico se realizaron observaciones de los micelios vegetativo y aéreo de las colonias cultivadas en agar avena durante 5 días (Ruiz, 2021).

3.3.5 Selección de Actinobacterias con actividad ACC desaminasa

Las Actinobacterias se sembraron por duplicado en medio mínimo Dworkin & Foster (DF) con las fuentes de nitrógeno ACC (3 mM) y sulfato de amonio (2 gL^{-1}) como control positivo, ambos suplementados con $0,85 \text{ M NaCl}$. Después de 5 días de incubación a 30°C se determinó la absorbancia de los medios cultivados, en el espectrofotómetro de luz visible (405nm). Las bacterias con actividad ACC desaminasa fueron los que desarrollaron utilizando el ACC como nitrógeno y la absorbancia del medio cultivado fue similar o mayor a la del control positivo (Rangseekaew et al., 2021).

Tabla 1

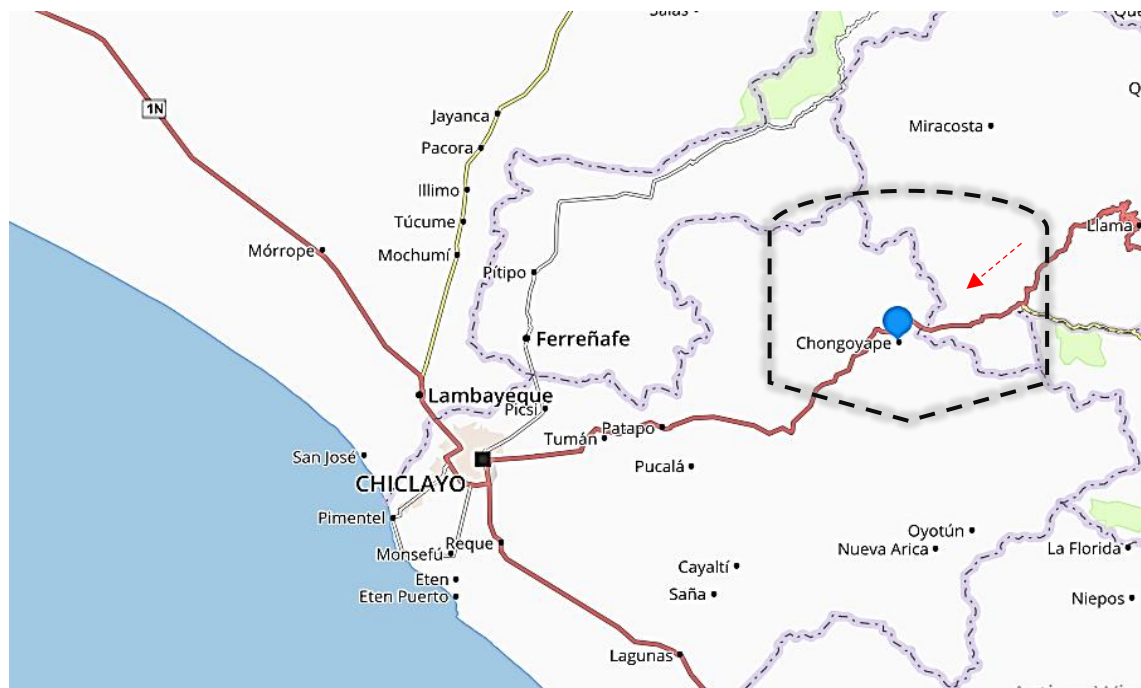
Posición georeferencial de las plantas de O. quitensis F.A.C Weber “tuna” muestreadas en el distrito de Chongoyape, región Lambayeque, 2019

N° muestra	Posición georeferencial			N° muestra	Posición georeferencial		
1	17M 0687917	UTM 9267821	302 m	28	17M 0678314	UTM 9266946	240 m
2	17M 0687919	UTM 9267822	306 m	29	17M 0678311	UTM 9266945	240 m
3	17M 0687925	UTM 9267821	309 m	30	17M 0678314	UTM 9266949	239 m
4	17M 0687922	UTM 9267822	299 m	31	17M 0678314	UTM 9266948	239 m
5	17M 0690521	UTM 9268638	350 m	32	17M 0678310	UTM 9266947	239 m
6	17M 0690521	UTM 9268636	350 m	33	17M 0678312	UTM 9266948	239 m
7	17M 0690521	UTM 9268637	350 m	34	17M 0678311	UTM 9266948	239 m
8	17M 0690521	UTM 9268638	354 m	35	17M 0678311	UTM 9266950	239 m
9	17M 0690521	UTM 9268638	354 m	36	17M 0678313	UTM 9266949	239 m
10	17M 0690521	UTM 9268637	354 m	37	17M 0678311	UTM 9266949	239 m
11	17M 0690520	UTM 9268640	354 m	38	17M 0678312	UTM 9266947	239 m
12	17M 0690520	UTM 9268638	354 m	39	17M 0678312	UTM 9266945	239 m
13	17M 0690520	UTM 9268637	354 m	40	17M 0678353	UTM 9267200	261 m
14	17M 0690519	UTM 9268638	352 m	41	17M 0678352	UTM 9267202	261 m
15	17M 0690514	UTM 9268641	350 m	42	17M 0678354	UTM 9267205	261 m
16	17M 0690515	UTM 9268637	350 m	43	17M 0678353	UTM 9267201	261 m
17	17M 0690515	UTM 9268635	349 m	44	17M 0678351	UTM 9267200	261 m
18	17M 0690515	UTM 9268635	349 m	45	17M 0678351	UTM 9267199	261 m
19	17M 0690518	UTM 9268639	352 m	46	17M 0678351	UTM 9267197	259 m
20	17M 0690520	UTM 9268636	351 m	47	17M 0678350	UTM 9267204	259 m
21	17M 0678158	UTM 9266839	238 m	48	17M 0678350	UTM 9267202	259 m
22	17M 0678309	UTM 9266951	240 m	49	17M 0678350	UTM 9267201	259 m
23	17M 0678312	UTM 9266949	245 m	50	17M 0678350	UTM 9267201	259 m
24	17M 0678311	UTM 9266952	243 m	51	17M 0678348	UTM 9267202	259 m
25	17M 0678313	UTM 9266953	240 m	52	17M 0678349	UTM 9267201	259 m
26	17M 0678312	UTM 9266951	240 m	53	17M 0678349	UTM 9267202	259 m
27	17M 0678317	UTM 9266950	238 m	54	17M 0678349	UTM 9267203	259 m

Figura 3

Ubicación de Chongoyape, en Lambayeque, 2019.

<https://earth.google.com/web/@6.62778191,79.38481762,238.41760254a,0d,60y,225.90787942h,79.29253382t,0r>

**Tabla 2**

Características físicas y químicas* del suelo radicular de *Opuntia quitensis* F.A.C.

Weber “tuna” en el distrito de Chongoyape, región Lambayeque, 2019

Textura	pH	Conductividad eléctrica (dSm ⁻¹)	Materia orgánica (%)	Fósforo (mg kg ⁻¹)	Potasio (mg kg ⁻¹)	Carbonato de calcio (%)
Franco arenosa	5,31	5,51	2,99	55	350	1,5

*Laboratorio Agrícola Análisis de Suelo y Agua, CYSAG

Textura: Hidrómetro

pH: Potenciómetro

CE: Conductímetro

Materia orgánica: Walkey & Black

Fósforo: Olsen modificado

Potasio: Extracción con acetato de amonio

Calcáreo total: Método gaso- volumétrico utilizando el calcímetro

3.3.6 Efecto de las Actinobacterias en la germinación de semillas de tomate en condiciones de salinidad

El efecto de las Actinobacterias en la germinación de semillas bajo estrés salino se determinó en placas de Petri acondicionadas con papel filtro humedecido con agua destilada (Testigo $CE_e = 0 \text{ dSm}^{-1}$) y una solución de 80 mM NaCl ($CE_e = 6,94 \text{ dSm}^{-1}$). El inóculo se obtuvo con el medio mínimo DF (0,85 M NaCl y 3 mM de ACC), cultivado con las bacterias por 6 días, centrifugado por 5 minutos, enjuagado por tres veces con una solución de NaCl (0,85 M NaCl), resuspendido en la misma solución y con una concentración 10^8 conidios mL^{-1} (Zhang et al., 2019).

Las semillas se inocularon con las bacterias durante 10 horas y se incluyeron como testigos agua destilada y NaCl (ambos sin bacterias). Después de 30 minutos de secado las semillas se depositaron en las placas de Petri (40 semillas por placa) y se consideraron semillas germinadas aquellas con la radícula emergida (2mm) y el porcentaje de germinación se calculó cada 3 días (Amna et al., 2019):

$$\text{Germinación (\%)} = \frac{\text{Semillas germinadas}}{\text{Total de semillas}} \times 100$$

3.3.7 Efecto comparativo de tres Actinobacterias en el crecimiento, rendimiento y contenido de clorofila de tomate en suelos no salino y salino

En dos ensayos se determinó el efecto de tres Actinobacterias en el desarrollo de tomate en suelos con y sin salinidad, bajo un diseño completamente aleatorio (DCA) con cinco tratamientos correspondientes a un testigo sin Actinobacterias (T1), testigo químico sin Actinobacterias (T2), Actinobacteria 1 (T3), Actinobacteria 2 (T4), Actinobacteria 3 (T5) en cada ensayo.

El cultivo de tomate y la inoculación de tres Actinobacterias con actividad ACC desaminasa, se realizó en el invernadero de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, (UNPRG) en Lambayeque, entre noviembre de 2019 a marzo de 2020, siendo las temperaturas máximas de 28-30°C, mínimas de 20-22°C y medias 24-26°C, según el registro de la Estación Meteorológica de la UNPRG en Lambayeque.

El inóculo se obtuvo de manera similar a lo explicado en el ítem 3.3.6. Las semillas de tomate se depositaron en bolsas de polietileno (2,5x8,0 cm) donde se mezclaron con 0,5 mL del inóculo bacteriano durante 9 horas, considerando agua destilada para el testigo. Después de 30 minutos de secado las semillas se sembraron

en vasos de tecnopor con 425g de una mezcla de arena de río y humus (1:1) previamente esterilizada en el autoclave a 121°C, 1 atmósfera de presión durante 3 horas (Escobar et al., 2011).

Transcurridos 15 días de la siembra se eliminaron tres plántulas y quedaron las dos más vigorosas, que se trasplantaron a macetas de arcilla con 3kg de suelo no salino ($CE_e = 1,40 \text{ dSm}^{-1}$ y $PSI = 0,68 \%$) y salino ($CE_e = 10,28 \text{ dSm}^{-1}$ y $PSI = 9,58 \%$) según el tratamiento correspondiente (Anexo B). Previo al trasplante las raíces de las plántulas se sumergieron en 300 mL del inóculo bacteriano. En el testigo las raíces se sumergieron en agua de clorada y en el testigo químico se aplicó fertilizante químico 180N:100P:120K, el nitrógeno como urea (46%N), el fósforo como fosfato diamónico (18%N, 46%P) y el potasio como sulfato de potasio (50%K).

Durante 60 días, después del trasplante con intervalos de 15 días se registró la altura y el número de hojas de las plantas. A los 45 días se determinó el contenido relativo de clorofila utilizando un clorofilómetro (Minolta Spad 502 plus) y el contenido total se calculó mediante la ecuación utilizada por Jiang et al. (2017):

$$\text{Clorofila total (mg g}^{-1}\text{)} = [0,0306 (x) + 0,1443]$$

Donde:

X= valor (SPAD) leído del clorofilómetro

A los 120 días después del trasplante se cosecharon los frutos en estado “pintón” para determinar el número y peso de los frutos. A continuación, se registraron la longitud y peso de la biomasa radicular (Figura 5), el peso de la biomasa aérea y se calcularon los porcentajes de incremento. Asimismo, en el laboratorio CYSAG se determinó el contenido iónico para la cual se cuantificó el potasio y sodio y se calculó la tasa K^+/Na^+ en las hojas y raíces de las plantas con el mayor rendimiento en el suelo salino.

3.3.6 Análisis estadístico de los datos

Los valores de los parámetros del crecimiento y rendimiento se analizaron para establecer su normalidad y homocedasticidad (Shapiro - Wilk y Bartlett), determinar las diferencias entre tratamientos (Análisis de varianza) y significancia entre ellos (Prueba de comparaciones múltiples de Tukey). Los programas utilizados fueron Microsoft Office Word, SPSS y Excel versión 2016.

Figura 4

Plántulas de Solanum lycopersicum L. inoculadas con Actinobacterias, Lambayeque 2019.

**Figura 5**

Pesaje de la biomasa radicular de Solanum lycopersicum L., Lambayeque 2020.



IV. RESULTADOS

4.1. Géneros de Actinobacterias rizosféricas de tuna en el distrito de Chongoyape, Lambayeque 2019

En el 87,03 % de las muestras de suelo de la rizosfera de tuna se obtuvieron 150 cultivos puros de Actinobacterias, agrupados en 36 morfotipos (Anexo C), según las características macroscópicas y microscópicas (Figuras 6 a 9). Se identificaron (Tabla 3) *Streptomyces* (46,67 %), *Nocardia* (34,0 %), *Micromonospora* (6,00 %), *Pseudonocardia* (4,67 %), *Nocardiopsis* (3,33 %), *Nocardioides* (3,33 %) y *Streptoverticillium* (2,0 %).

4.2. Actinobacterias con actividad ACC desaminasa seleccionadas en la rizósfera de tuna, Lambayeque 2019

El 9,33% de Actinobacterias rizosféricas de tuna presentó actividad ACC desaminasa evidenciada por el desarrollo en los medios mínimo Dworkin & Foster con ACC y sulfato de amonio como fuentes de nitrógeno con similar absorbancia entre ellos o una mayor absorbancia en el medio con ACC (Tabla 4).

4.3. Efecto de Actinobacterias en la germinación de semillas de tomate cv. Río Grande bajo estrés salino

El porcentaje de germinación de las semillas de tomate bajo estrés salino fue de 5,83 % (*Streptoverticillium* sp. 1) a 26,68 % (*Streptomyces* sp. 21) a los 6 días; 7,50 % (*Streptoverticillium* sp. 1) a 28,33 % (*Streptomyces* sp. 21) a los 9 días; 5,00 % (*Streptomyces* sp. 105) a 25,00 % (*Streptomyces* sp.10) a los 12 días y 5,83 % (*Streptomyces* sp. 49) a 24,18 % (*Streptomyces* sp.10) a los 15 días (Tabla 5). En el testigo (agua destilada) los porcentajes de germinación fueron de 25,83 % (6 días); 20,83 % (9 días); 22,50 % (12 días) y 19,18 % (15 días) y en el testigo NaCl los valores fueron de 4,18; 5,0; 2,50 y 4,18 % respectivamente.

Figura 6

Micelio aéreo de colonias de Actinobacterias rizosféricas de O. quitensis en Lambayeque, 2019.

**Tabla 3**

Géneros identificados en Actinobacterias rizosféricas de O. quitensis en Lambayeque, 2019

Género	Cultivos puros	
	Número	%
<i>Streptomyces</i>	70	46,67
<i>Nocardia</i>	51	34,00
<i>Micromonospora</i>	9	6,00
<i>Pseudonocardia</i>	7	4,67
<i>Nocardiopsis</i>	5	3,33
<i>Nocardioides</i>	5	3,33
<i>Streptoverticillium</i>	3	2,00

Figura 7

Observación microscópica de *Streptomyces* spp. con espirales primitivos ondulados (a), espirales en resorte (b), espirales abiertos (c) y espirales primitivos (d), identificados en la rizósfera de *O. quitensis* en Lambayeque, 2019.

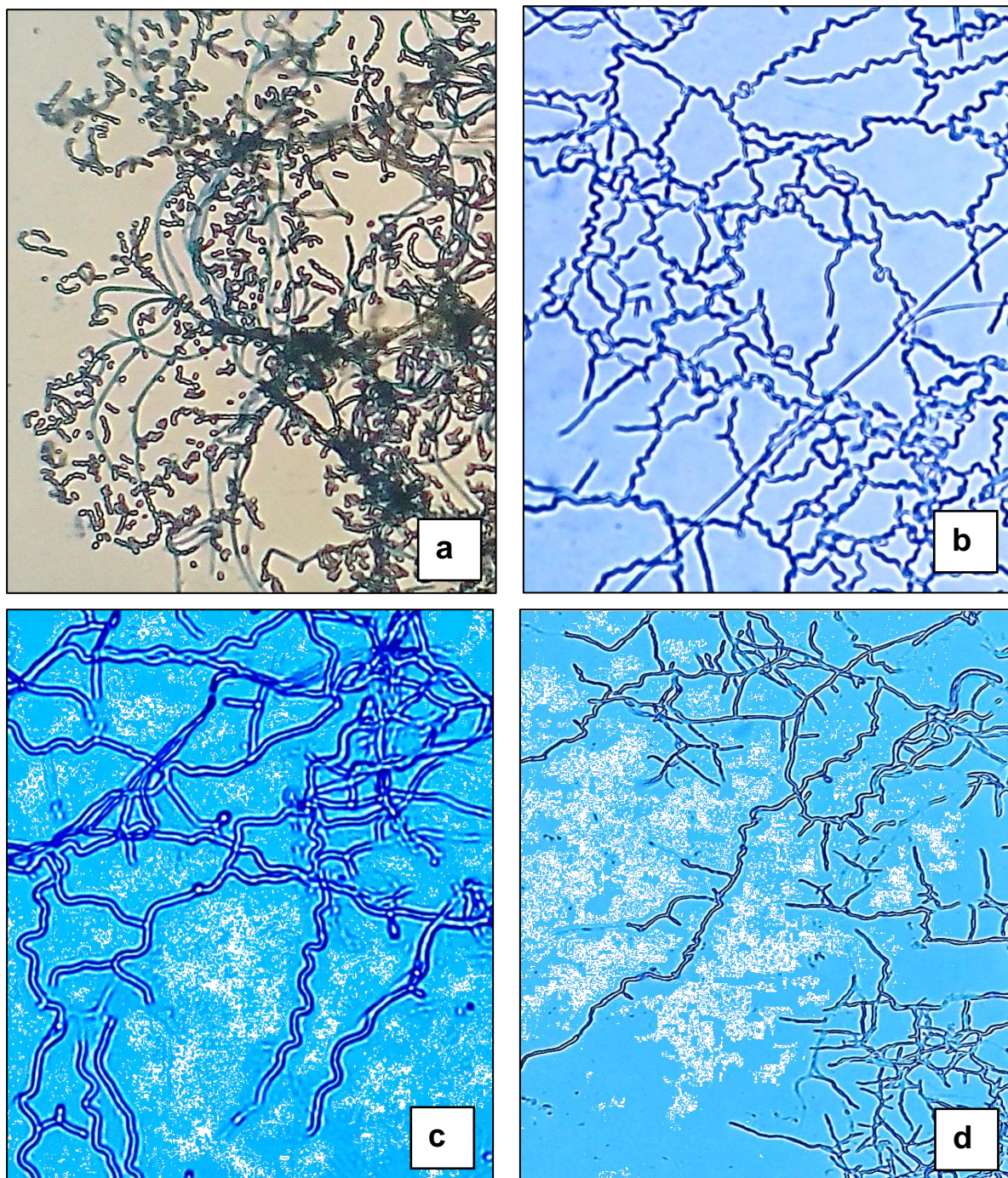


Figura 8

Observación microscópica de *Streptomyces* sp. 21 (a), *Nocardia* sp. 13 (b), *Micromonospora* sp. 148 (c) y *Pseudonocardia* sp. 136 (d), identificados en la rizósfera de *O. quitensis* en Lambayeque, 2019.

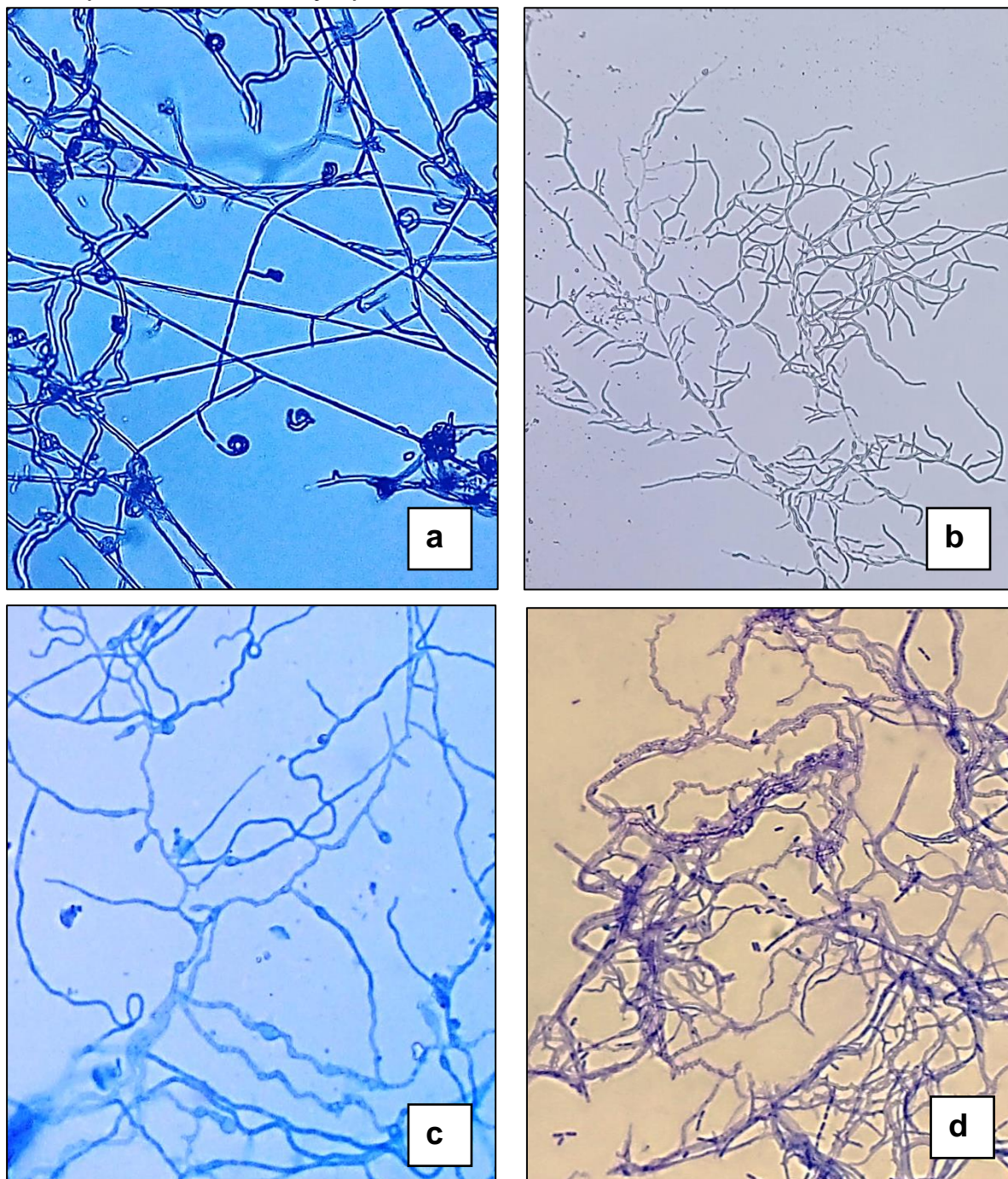


Figura 9

Observación microscópica de *Nocardiopsis* sp. 22 (a), *Nocardioides* sp. 1 (b) y *Streptovercillium* sp. 33 (c), identificados en la rizósfera de *O. quitensis* en Lambayeque, 2019.

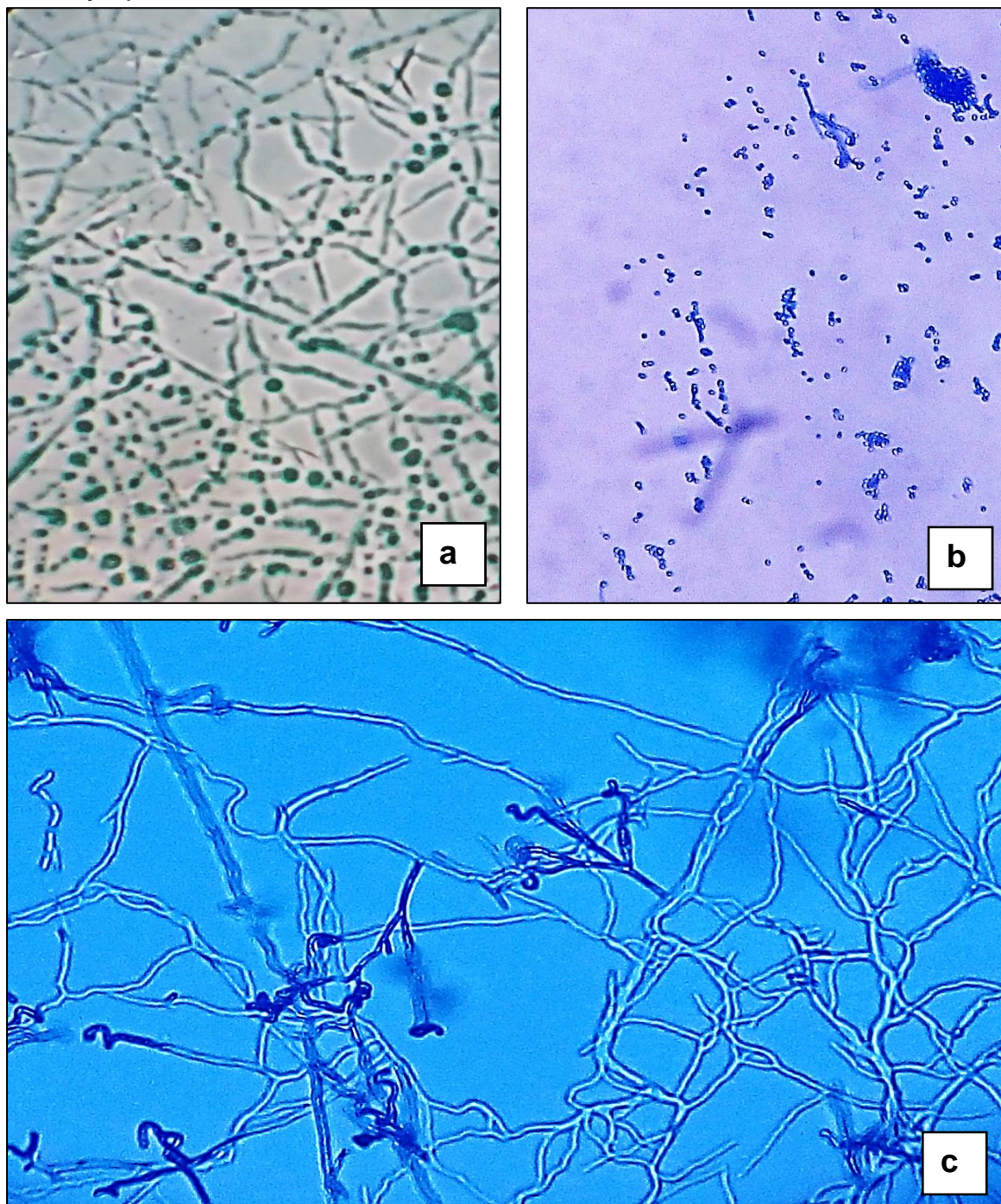


Tabla 4

Absorbancia (405 nm) de medios minimo Dworkin & Foster con ACC y sulfato de amonio como fuente de nitrógeno cultivados con Actinobacterias, identificadas en la rizósfera de O. quitensis en Lambayeque, 2019

Actinobacterias	ACC		Sulfato de amonio	
	Absorbancia	Absorbancia corregida	Absorbancia	Absorbancia corregida
Control*	0,426	-	0,678	-
<i>Streptomyces</i> sp. 21	2,410	1,984	2,500	1,822
<i>Streptomyces</i> sp. 10	2,386	1,960	2,250	1,572
<i>Nocardia</i> sp. 13	2,230	1,804	2,240	1,562
<i>Streptomyces</i> sp. 40	2,090	1,664	1,980	1,302
<i>Streptoverticillium</i> sp. 90	1,910	1,484	1,710	1,032
<i>Streptomyces</i> sp. 140	1,730	1,304	1,520	0,842
<i>Streptoverticillium</i> sp. 70	1,640	1,214	1,385	0,707
<i>Nocardia</i> sp. 2	1,585	1,159	1,360	0,682
<i>Nocardia</i> sp. 43	1,470	1,044	1,285	0,607
<i>Streptomyces</i> sp. 76	1,234	0,808	1,240	0,562
<i>Streptomyces</i> sp. 78	1,097	0,671	1,099	0,421
<i>Streptomyces</i> sp. 49	0,996	0,570	0,990	0,312
<i>Streptomyces</i> sp. 105	0,953	0,527	0,905	0,227
<i>Streptoverticillium</i> sp. 1	0,776	0,350	0,889	0,211

*Medio de cultivo no inoculado

Tabla 5

Porcentaje de germinación de semillas de S. lycopersicum “tomate” cv. Río grande inoculadas con Actinobacterias rizosféricas bajo condiciones de salinidad en Lambayeque, 2019

Tratamientos	Germinación(%) días							
	6		9		12		15	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
<i>Testigo (agua destilada)</i>	10,33	25,83	8,33	20,83	9,00	22,50	7,67	19,18
<i>Testigo (NaCl)</i>	1,67	4,18	2,00	5,00	1,00	2,50	1,67	4,18
<i>Streptomyces</i> sp. 21	10,67	26,68	11,33	28,33	9,67	24,18	7,67	19,18
<i>Streptomyces</i> sp. 10	9,33	23,33	9,00	22,50	10,00	25,00	9,67	24,18
<i>Nocardia</i> sp. 13	9,00	22,50	9,00	22,50	9,00	22,50	8,67	21,68
<i>Streptomyces</i> sp. 40	8,67	21,68	7,00	17,50	8,67	21,68	7,33	18,33
<i>Streptoverticillium</i> sp. 90	6,33	15,83	8,00	20,00	7,33	18,33	6,00	15,00
<i>Streptomyces</i> sp. 140	5,67	14,18	6,67	16,68	6,33	15,83	6,33	15,83
<i>Streptoverticillium</i> sp. 70	4,33	10,83	4,67	11,68	5,67	14,18	5,00	12,50
<i>Nocardia</i> sp. 2	4,33	10,83	6,00	15,00	5,00	12,50	4,67	11,68
<i>Nocardia</i> sp. 43	4,00	10,00	4,67	11,68	4,33	10,83	4,33	10,83
<i>Streptomyces</i> sp. 76	4,67	11,68	3,67	9,18	4,00	10,00	4,67	11,68
<i>Streptomyces</i> sp. 78	3,67	9,18	4,00	10,00	3,67	9,18	4,33	10,83
<i>Streptomyces</i> sp.49	4,00	10,00	4,67	11,68	4,00	10,00	2,33	5,83
<i>Streptomyces</i> sp. 105	3,67	9,18	3,67	9,18	2,00	5,00	2,67	6,68
<i>Streptoverticillium</i> sp. 1	2,33	5,83	3,00	7,50	2,33	5,83	3,33	8,33

4.4 Efecto comparativo de tres Actinobacterias en el crecimiento, rendimiento y contenido de clorofila en tomate

Las Actinobacterias incrementaron de forma significativa los parámetros del crecimiento (altura, número de hojas, peso de la biomasa aérea, longitud y peso de las raíces) y rendimiento (número y peso de frutos) de las plantas de tomate en los suelos no salino (Tabla 6, figuras 10 a 13) y salino (Tabla 7, figuras 14 a 17). La elevada concentración de sales ($CE_e = 10,28 \text{ dSm}^{-1}$) en el suelo impactó de forma negativa el desarrollo de las plantas; sin embargo, la inoculación de las Actinobacterias mejoró las características investigadas, alcanzando los mayores porcentajes de incremento en el suelo salino (Figuras 18 a 20).

En el suelo no salino se alcanzaron porcentaje de incremento de 15,83% en la altura (15 días); 55,12% (30 días); 62,63% (45 días) y 52,72% (60 días), 69,05% (número de hojas); 144,0% (biomasa aérea); 91,43% (longitud de raíces); 109,06% (peso de raíces); 61,11% (número de frutos) y 76,95% en el peso de frutos (Figuras 18 a 20, anexo D). En el suelo salino se alcanzaron porcentaje de incremento de 70,45% en la altura (15 días); 80,0% (30 días); 88,98% (45 días) y 84,56% (60 días), 96,30% (número de hojas); 201,35% (biomasa aérea); 173,77% (longitud de raíces); 100,0% (peso de raíces); 150,0% (número de frutos) y 173,14% en el peso de frutos (Figuras 18 a 20, anexo E).

La prueba de comparaciones múltiples de Tukey demostró que en el suelo no salino el mayor valor en la altura correspondió a *Streptomyces* sp. 21 (45 y 60 días) y *Nocardia* sp. 13 (30 días), en la biomasa aérea a *Nocardia* sp. 13, en la longitud y peso radicular a *Streptomyces* sp. 21, en el número de frutos a las Actinobacterias y el testigo químico y en el peso de frutos a *Streptomyces* sp. 21 (Tablas 6, 8, anexo F). En el suelo salino, los mayores valores en la altura se alcanzaron con *Streptomyces* sp. 21 (45 y 60 días), en el número de hojas y de frutos con las Actinobacterias y el testigo químico, en la biomasa aérea y peso de raíces con *Nocardia* sp. 13 y la longitud de raíces y peso de frutos con *Streptomyces* sp. 21 (Tablas 7, 9, anexo F).

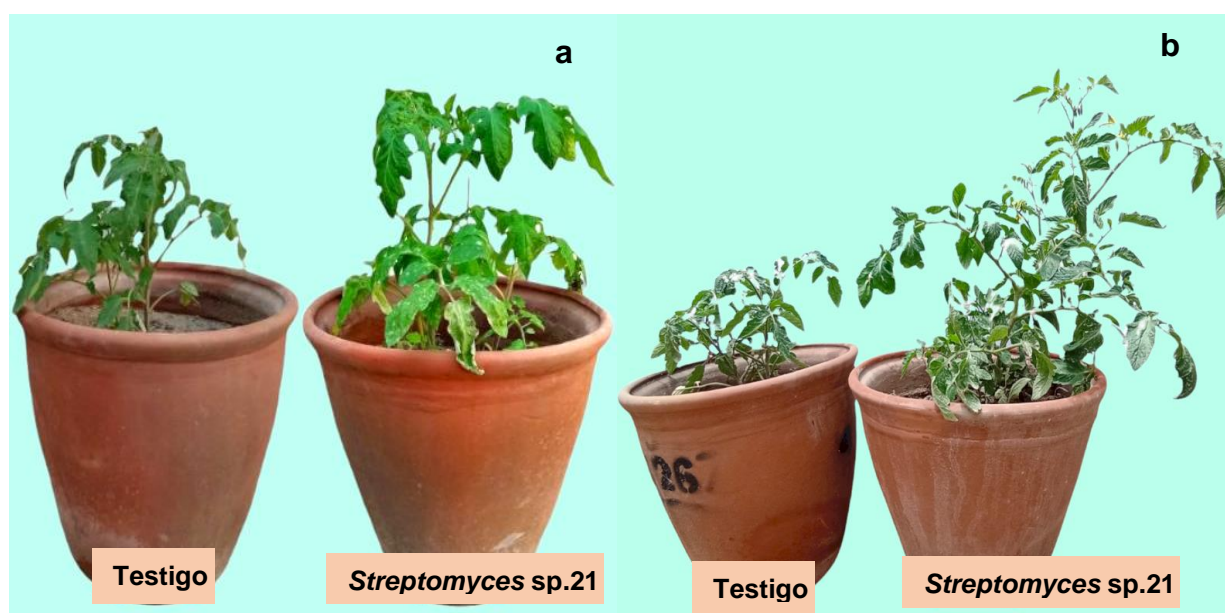
Tabla 6

Parámetros del crecimiento y rendimiento de plantas de Solanum lycopersicum inoculadas con Actinobacterias en un suelo no salino

Parámetros	Valores				
	Testigo	Testigo químico	<i>Streptomyces</i> sp.21	<i>Streptomyces</i> sp.10	<i>Nocardia</i> sp.13
Altura 15 días (cm)	13,67±0,52	14,50±1,22	15,83±0,75	15,50±1,64	15,00±1,10
30 días (cm)	21,17±0,75	25,67±1,03	31,00±1,55	27,33±1,63	32,83±0,75
45 días (cm)	31,67±1,21	37,00±0,89	51,50±1,05	23,16±1,41	45,50±1,52
60 días (cm)	39,83±0,75	42,00±1,41	60,83±1,47	55,17±0,98	58,50±1,05
Número 15 días	3,50±0,55	4,00±0,89	5,00±0,63	3,67±0,52	3,83±0,98
de hojas: 30 días	4,83±0,98	5,33±1,03	7,17±0,75	5,00±1,26	5,33±1,03
45 días	5,83±1,47	6,67±0,52	9,67±1,21	7,00±1,10	9,33±1,51
60 días	7,00±0,63	9,50±0,55	11,00±0,89	9,33±1,51	11,83±0,41
Biomasa aérea (g)	83,33±0,58	121,00±1,73	165,67±2,08	117,33±1,15	203,33±1,53
Longitud de raíces (cm)	35,00±1,00	51,67±1,53	67,00±1,00	55,33±1,53	56,00±1,00
Peso de raíces (g)	92,00±1,73	150,67±2,08	192,23±2,08	174,00±1,00	181,67±1,53
Número de frutos por planta	18,00±0,63	23,00±1,17	29,00±0,75	22,00±1,03	25,00±0,98
Peso de frutos (kg)/planta	0,755±1,94	1,012±1,51	1,336±1,86	0,951±1,05	1,251±1,64

Figura 10

Plantas de Solanum lycopersicum L. inoculadas con Streptomyces sp.21 en un suelo no salino, 15 días (a) y 45 días (b) después del trasplante.

**Figura 11**

Plantas de Solanum lycopersicum L. inoculadas con Nocardia sp.13 en un suelo no salino, 30 días (a) y 60 días (b) después del trasplante.

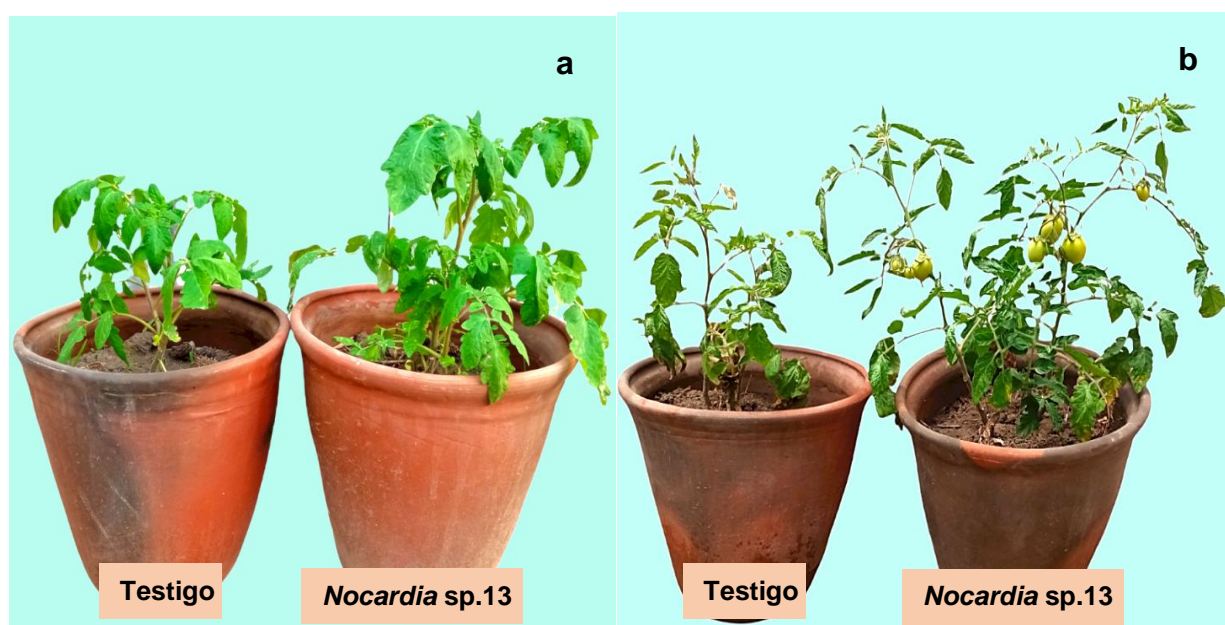


Figura 12

Plantas de Solanum lycopersicum L. inoculadas con Streptomyces sp.21 en un suelo no salino, 90 días después del trasplante.

**Figura 13**

Raíces de plantas de Solanum lycopersicum L. sin y con inoculación de Nocardia sp. 13 en un suelo no salino.



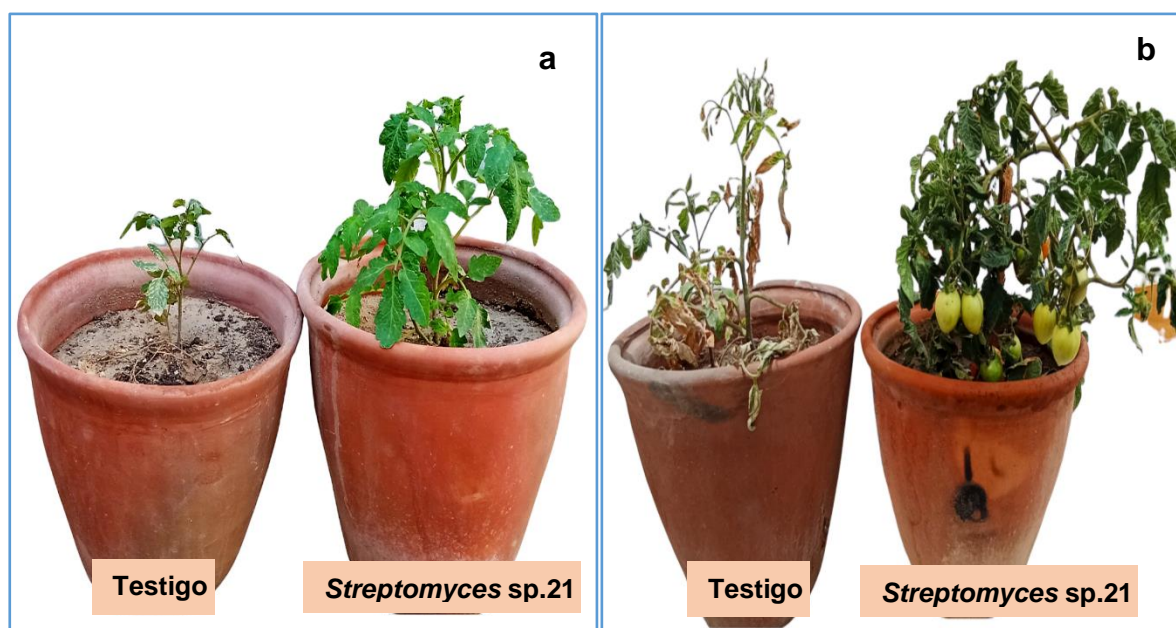
Tabla 7

Parámetros del crecimiento y rendimiento de plantas de Solanum lycopersicum inoculadas con Actinobacterias en un suelo salino

Parámetros	Valores				
	Testigo	Testigo químico	<i>Streptomyces</i> sp.21	<i>Streptomyces</i> sp.10	<i>Nocardia</i> sp.13
Altura 15 días (cm)	07,33±0,82	10,00±0,63	12,50±1,05	12,33±1,51	10,83±0,98
30 días (cm)	11,67±0,82	16,67±1,21	21,00±1,26	19,00±1,41	18,33±1,37
45 días (cm)	19,67±1,03	31,00±1,55	37,17±1,72	31,17±1,47	30,83±1,33
60 días (cm)	24,83±0,75	38,17±1,17	45,83±1,33	41,50±1,38	40,33±1,37
Número 15 días	2,83±0,75	3,50±0,84	3,83±1,17	3,33±1,21	3,83±0,98
de hojas: 30 días	3,50±0,55	4,00±0,89	6,50±1,05	5,00±1,10	5,17±1,17
45 días	4,00±0,63	6,83±0,75	8,17±0,75	6,83±1,17	7,50±1,52
60 días	4,50±0,84	7,83±0,98	8,83±1,33	8,33±1,03	8,00±0,89
Biomasa aérea (g)	49,33±0,58	87,67±1,15	117,67±1,53	77,00±1,00	148,67±2,08
Longitud de raíces (cm)	20,33±1,53	41,67±1,53	55,67±1,53	38,67±0,58	47,00±2,00
Peso de raíces (g)	25,67±1,15	34,00±1,73	46,67±1,53	30,00±2,00	51,33±1,53
Número de frutos por planta	8,00±0,82	14,00±0,52	19,00±0,75	15,00±0,55	20,00±1,03
Peso de frutos (kg)/planta	0,391±1,94	0,648±1,90	1,068±1,41	0,759±1,87	0,983±1,94

Figura 14

Plantas de Solanum lycopersicum L. inoculadas con Streptomyces sp.21 en un suelo salino, 15 días (a) y 90 días (b) después del trasplante.

**Figura 15**

Plantas de Solanum lycopersicum L. inoculadas con Nocardia sp.13 en un suelo salino, 30 días (a) y 45 días (b) después del trasplante.

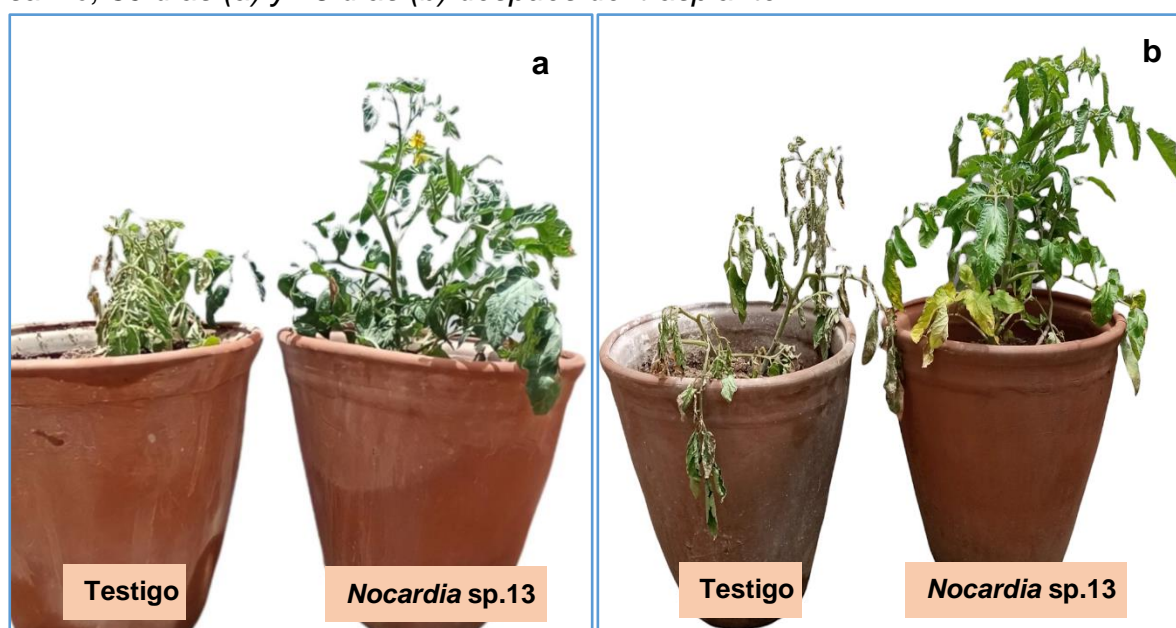


Figura 16

Plantas de Solanum lycopersicum L. inoculadas de Streptomyces sp. 21 en un suelo salino, 100 días después del trasplante.



Figura 17

Raíces de plantas de Solanum lycopersicum L. sin y con Streptomyces sp. 21 en un suelo salino.



Figura 18

Porcentaje de incremento en la altura de *Solanum lycopersicum* L. por efecto de Actinobacterias en suelos no salino y salino a los 15 días (a), 30 días (b), 45 días (c) y 60 días (T2=Químico, T3=Streptomyces sp. 21, T4=Streptomyces sp.10, T5= Nocardia sp.13)

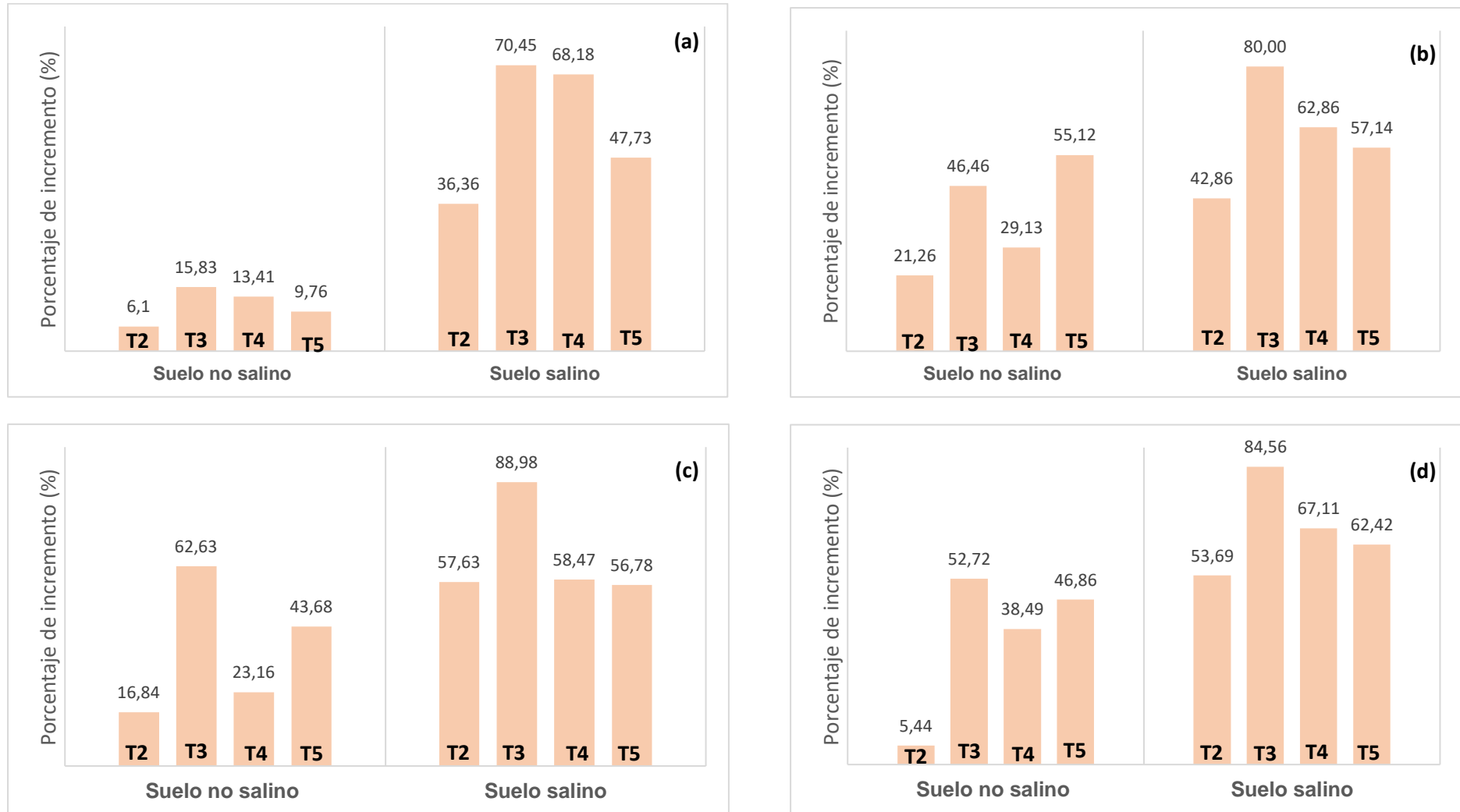


Figura 19

Porcentaje de incremento en el número de hojas de *Solanum lycopersicum* L. por efecto de Actinobacterias en suelos no salino y salino a los 15 días (a), 30 días (b), 45 días (c) y 60 días (T2=Químico, T3=Streptomyces sp. 21, T4=Streptomyces sp.10, T5=Nocardia sp.13)

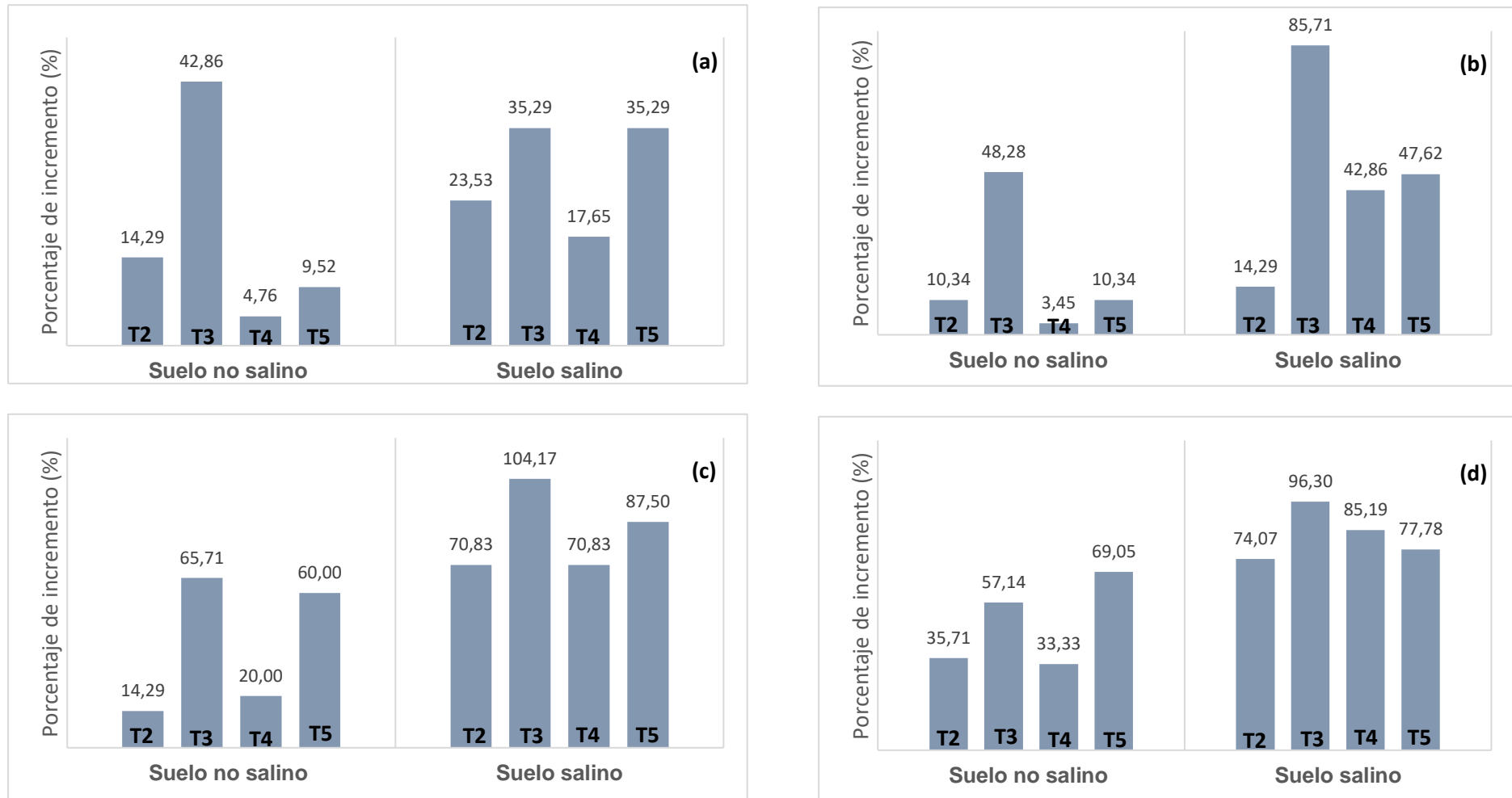


Figura 20

Porcentaje de incremento en la biomasa aérea (a), longitud de raíces (b), número (c) y peso de frutos (d) de *Solanum lycopersicum* L. por efecto de Actinobacterias en suelos no salino y salino (T2=Químico, T3=Streptomyces sp. 21, T4=Streptomyces sp.10, T5=Nocardia sp.13)

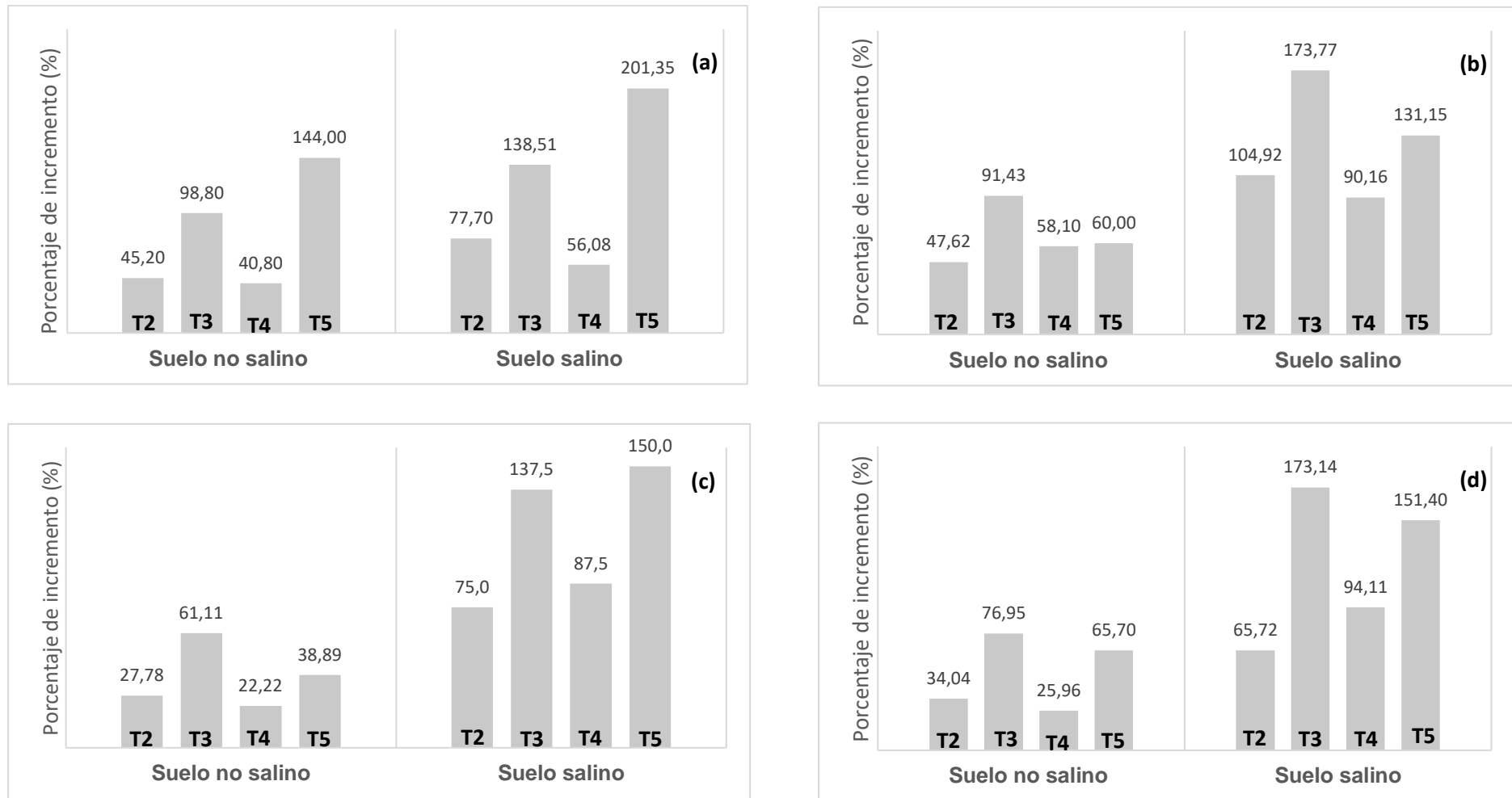


Tabla 8

Prueba de comparaciones múltiples de Tukey de los parámetros del crecimiento y rendimiento de plantas de Solanum lycopersicum inoculadas con Actinobacterias en un suelo no salino

	Testigo		Testigo químico		<i>Streptomyces</i> sp.21		<i>Streptomyces</i> sp.10		<i>Nocardia</i> sp.13	
Parámetros	\bar{X}	Sign.	\bar{X}	Sign.	\bar{X}	Sign.	\bar{X}	Sign.	\bar{X}	Sign.
Altura 15 días (cm)	13,67	b	14,50	a b	15,83	a	15,50	a b	15,00	a b
Altura 30 días (cm)	21,17	c	25,67	b	31,00	a	27,33	b	32,83	a
Altura 45 días (cm)	31,67	d	37,00	c	51,50	a	39,00	c	45,50	b
Altura 60 días (cm)	39,83	e	42,00	d	60,83	a	55,17	c	58,50	b
Número de hojas (60 días)	7,00	d	9,50	b c	11,00	a b	9,33	c	11,83	a
Biomasa aérea (g)	83,33	d	121,00	c	165,67	b	117,33	c	203,33	a
Longitud de raíces (cm)	35,00	d	51,67	c	67,00	a	55,33	b	56,00	b
Peso de raíces (g)	92,00	e	150,67	d	192,00	a	174,00	c	181,67	b
Número de frutos por planta	18,00	b	23,00	a b	29,00	a	22,00	a b	25,00	a b
Peso de frutos (kg)/planta	0,755	e	1,012	c	1,336	a	0,951	d	1,251	b

Tabla 9

Prueba de comparaciones múltiples de Tukey de los parámetros del crecimiento y rendimiento de plantas de Solanum lycopersicum inoculadas con Actinobacterias en un suelo salino

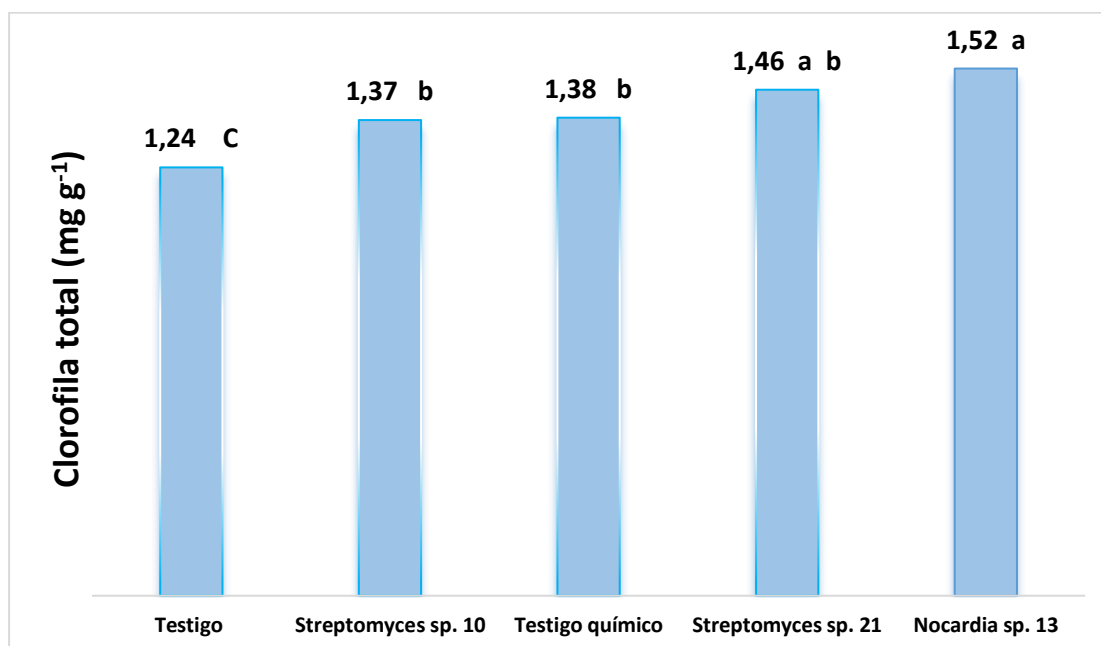
	Testigo		Testigo químico		<i>Streptomyces</i> sp.21		<i>Streptomyces</i> sp.10		<i>Nocardia</i> sp.13	
Parámetros	\bar{X}	Sign.	\bar{X}	Sign.	\bar{X}	Sign.	\bar{X}	Sign.	\bar{X}	Sign.
Altura 15 días (cm)	7,33	c	10,00	b	12,50	a	12,33	a	10,83	a b
Altura 30 días (cm)	11,66	d	16,66	c	21,00	a	19,00	a b	18,33	b c
Altura 45 días (cm)	19,66	c	31,00	b	37,16	a	31,16	b	30,83	b
Altura 60 días (cm)	24,83	d	38,16	c	45,83	a	41,50	b	40,33	b
Número de hojas (60 días)	4,50	b	7,83	a	8,83	a	8,33	a	8,00	a
Biomasa aérea (g)	49,33	e	87,67	c	117,67	b	77,00	d	148,67	a
Longitud de raíces (cm)	20,33	d	41,67	c	55,67	a	38,67	c	47,00	b
Peso de raíces (g)	25,67	d	34,00	c	46,67	b	30,00	c	51,33	a
Número de frutos por planta	8,00	b	14 ,00	a b	19,00	a	15,00	a b	20,00	a
Peso de frutos/planta	0,391	e	0,648	d	1,068	a	0,759	c	0,983	b

Respecto al contenido de clorofila foliar en el suelo no salino se alcanzaron 1,37-1,52 mg g⁻¹ con las Actinobacterias, frente a 1,38 (Químico) y 1,24 mg g⁻¹ (Testigo). Los mayores valores se alcanzaron con *Nocardia* sp. 13 y *Streptomyces* sp. 21, con diferencias significativas frente a los demás tratamientos (Figura 21, anexo G). En las plantas desarrolladas en el suelo salino el contenido de clorofila fue de 1,20-1,37 mg g⁻¹ con las Actinobacterias en comparación con 1,31 (Químico) y 1,03 mg g⁻¹ (Testigo). Los mayores valores correspondieron a las plantas con *Streptomyces* sp. 21, *Nocardia* sp. 13 y el testigo químico, con diferencias significativas frente al testigo y *Streptomyces* sp. 10 (Figura 22).

El contenido iónico de las plantas de tomate fue afectado por la inoculación de *Streptomyces* sp. 21 en el suelo salino. El sodio disminuyó, el potasio y la tasa K⁺/Na⁺ se incrementaron en las hojas y raíces de las plantas inoculadas con *Streptomyces* sp. 21 en comparación con el testigo sin bacterias (Tabla 10).

Figura 21

Contenido promedio de clorofila foliar en plantas de *Solanum lycopersicum* inoculadas con Actinobacterias en un suelo no salino.

**Figura 22**

Contenido promedio de clorofila foliar en plantas de *Solanum lycopersicum* inoculadas con Actinobacterias en un suelo salino.

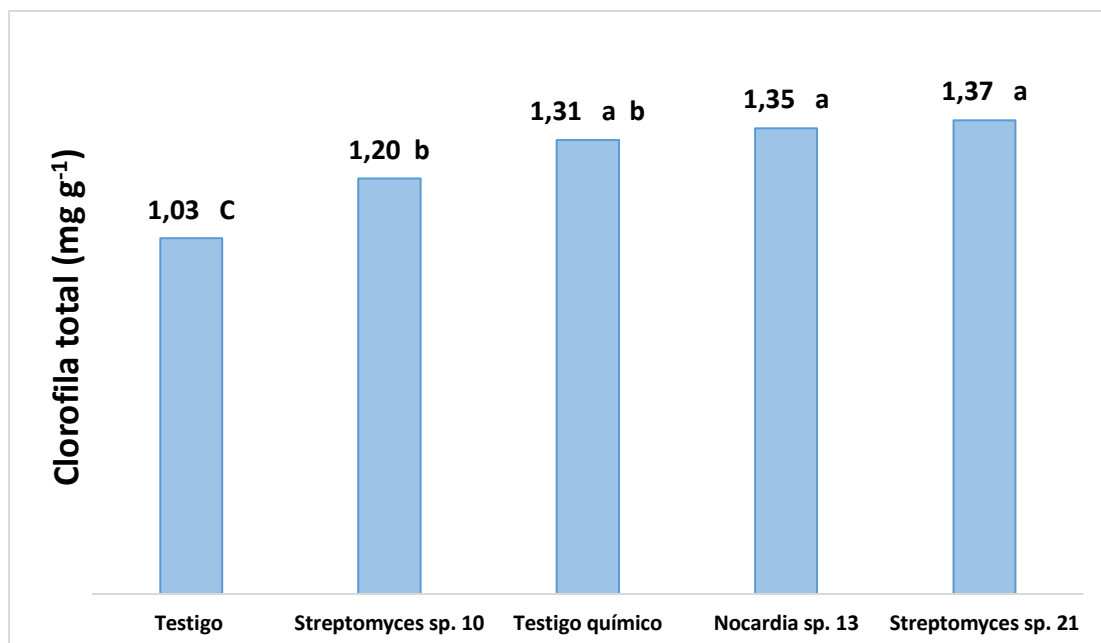


Tabla 10

Potasio, sodio y tasa K^+/Na^+ en hojas y raíces de plantas de *Solanum lycopersicum* L. inoculados con *Streptomyces* sp. 21 en un suelo salino

Tratamientos	Hojas (%)			Raíces (%)		
	K^+	Na^+	K^+/Na^+	K^+	Na^+	K^+/Na^+
Suelo salino	3,26	1,45	2,24	1,20	0,89	1,34
Suelo salino + <i>Streptomyces</i> sp.21	3,42	1,08	3,16	1,60	0,68	2,35

V. DISCUSIÓN

La identificación de Actinobacterias en la rizósfera de una cactácea coincide con Ruiz (2021), Qi et al. (2019) y Fonseca et al. (2016). Las cactáceas son plantas dominantes en los lugares de la costa del Perú (Ostolaza, 2014), donde la precipitación es mínima y la sequía al igual que la salinidad favorecen el estrés por déficit hídrico (Forni et al., 2016). Los microorganismos rizosféricos de las cactáceas constituyen una fuente de genes que codifican para las características que permiten la sobrevivencia en ambientes con sequía por efecto de la falta de lluvia o por la salinidad (Bustillos et al., 2017; Torres et al., 2012).

El nivel de la fitohormona etileno aumenta y se acumula cuando las plantas se desarrollan bajo condiciones desfavorables como la salinidad generando el “estrés por etileno” que inhibe el crecimiento vegetal (Tao et al., 2015). Los microorganismos con actividad de la enzima ACC desaminasa tienen la capacidad de hidrolizar el ACC o precursor del etileno en amonio y α -cetobutirato (Sathya et al., 2017), favoreciendo el desarrollo de las plantas en suelos salinos (Yooling et al., 2019).

Las Actinobacterias presentaron actividad de la enzima ACC desaminasa cuando utilizaron el ACC, lo cual se evidenció por el desarrollo micelial en el medio de cultivo con el ACC como fuente de nitrógeno, coincidiendo con Kaur y Manhas (2022). Estos investigadores demostraron que el consumo de ACC por *Streptomyces hydrogenans* se inició a las 24 horas y finalizó después de 4 días, tiempo en el cual se alcanzó la mayor concentración de uno de los productos de la ruptura del ACC denominado α -cetobutirato.

El 9,33 % de las bacterias rizosféricas de tuna presentaron actividad ACC desaminasa, valor superior a 7,69 % de Actinobacterias aisladas en la cactácea *Echinopsis pachanoi* “San Pedro hembra” (Ruiz, 2021) y muy inferior a 45,4 % en bacterias aisladas en fabáceas (Horstmann et al., 2020) y 60 % en trigo, melón y *Brachiaria* sp (Nozari et al., 2021). Las Actinobacterias con actividad de la enzima ACC desaminasa fueron aisladas de suelos ligeramente salinos en la presente

investigación, pero también pueden ser aisladas de suelos salinos (Horstmann et al., 2020).

La actividad de la ACC desaminasa es un mecanismo de las PGPR que favorece a las plantas, sobre todo en condiciones desfavorables (Abbasi et al., 2020; Jaemsaeng et al., 2018; Srivastava et al., 2015). Esta enzima se ha reportado previamente en Actinobacterias de los géneros *Nocardia* (Sathya et al., 2017), *Nocardiosis* (Djebaili et al., 2020) y *Streptomyces* (Jaemsaeng et al., 2018).

El impacto de salinidad en la germinación de las semillas de tomate es consecuencia de la reducción en la disponibilidad de agua (Li et al., 2021). Por el contrario, las Actinobacterias con actividad de la enzima ACC desaminasa promovieron la germinación de las semillas de tomate coincidiendo con el reporte de Amna et al. (2019), quienes registraron hasta 69,32% de aumento en la germinación de semillas de trigo bajo una $CE_e = 16 \text{ dSm}^{-1}$.

La promoción de la germinación de las semillas bajo salinidad por las bacterias es asociada al aumento en la eficiencia del uso del agua (Li et al., 2021) y de la actividad de la enzima α amilasa (Bharathi et al, citados por Amna et al, 2019; Ameer y Ghoul, 2014), así como de los metabolitos bacterianos como las auxinas y giberilinas (Aly et al., 2012), compuestos orgánicos volátiles (Dias et al., 2017).

La salinidad afectó en forma negativa el desarrollo de las plantas de tomate, impacto reportado previamente por Aini et al. (2021), Miceli et al. (2021), Rangseekeaw et al. (2021), Bai et al. (2020) y Damodharan et al. (2018). Al igual que en la presente investigación estos investigadores observaron disminución en la altura, longitud de la raíz, biomasa aérea y radicular, peso de frutos y contenido de clorofila, de las plantas de tomate.

En plantas de tomate desarrolladas bajo salinidad también se ha reportado reducción del contenido relativo de agua e índice de estabilidad de la membrana (Rangseekeaw et al., 2021), diámetro del tallo (Miceli et al., 2021), área de las hojas, contenido de nitrógeno, fósforo, potasio, número de raíces, así como también aumento del contenido de prolina y malondialdehído (MDA, que evidencia daño en las membranas lipídicas de las células) y sodio acumulado (Gong et al., 2020).

La salinidad incrementa la conductividad eléctrica de la solución suelo y así aumenta el potencial osmótico que limita la disponibilidad de agua para las plantas, reduce la absorción de agua, produce deshidratación parcial del citoplasma celular y por tanto disminuye el contenido relativo de agua. Asimismo, modifica la absorción de nutrientes y la traslocación de éstos desde las raíces hasta el follaje. Como consecuencia, se reduce e inclusive se detiene el crecimiento y cambia la morfología vegetal (Miceli et al., 2021).

Los porcentajes de incremento en el desarrollo de las plantas por efecto de las Actinobacterias fueron mayores en el suelo con elevada concentración de sales solubles, donde se alcanzaron valores máximos de 173,77 % (longitud de raíces); 201,35 % (biomasa aérea) y 151,40 % (peso de frutos), en comparación con 91,43; 144,0 y 65,70 % respectivamente en el suelo no salino. Se coincide con los resultados de Gong et al. (2020), quienes reportaron incrementos de 21,7 % (longitud de raíces); 42,4 % (altura) y 67,4 % (peso de biomasa aérea) en las plantas inoculadas con *Streptomyces* sp. en el suelo salino, en comparación con 16,2; 15,8 y 52,8 % respectivamente en el suelo no salino.

El incremento de los valores en los parámetros del desarrollo de las plantas de tomate por las Actinobacterias con actividad ACC desaminasa en el suelo salino coincide con las investigaciones de Rangseekaew et al. (2021), Gong et al. (2020) y Damodharan et al. (2018). Estos investigadores determinaron que la inoculación de *Streptomyces* spp. favoreció el crecimiento de plantas de tomate desarrolladas con 150, 180 y 200 mM NaCl, respectivamente. Se reportó incremento en la altura, peso de la biomasa aérea, longitud de raíces, contenido de clorofila, potasio y disminución del sodio acumulado y contenido de peróxido de hidrógeno (Rangseekaew et al., 2021; Gong et al., 2020).

Rangseekaew et al. (2021) reportaron que tres cepas de *Dermacoccus* spp. no desarrollaron en agar mínimo con ACC, como fuente de nitrógeno, por lo que se concluyó que no presentaron actividad ACC desaminasa; sin embargo, las Actinobacterias incrementaron el crecimiento de las plantas de tomate bajo salinidad. Los investigadores hipotetizaron que las Actinobacterias utilizaron otros mecanismos para disminuir el estrés por salinidad en las plantas. Por su parte, Nozari et al. (2021) reportaron que el beneficio de *Streptomyces* spp. observado en maíz desarrollado con 100-300 mM NaCl fue consecuencia de la combinación

de la actividad de la enzima ACC desaminasa, producción de ácido indolacético y sideróforos.

Los mecanismos involucrados en el efecto benéfico de las Actinobacterias en las plantas bajo salinidad además de la ACC desaminasa son la producción de ácido indolacético y fijación de nitrógeno (Kaur y Manhas, 2022), solubilización de fosfatos y producción de sideróforos (Rangseekaew et al., 2021), actividad antifúngica (Gong et al., 2020), producción de amonio y actividad enzimática relacionada con el control de fitopatógenos (Djebaili et al., 2020).

Las Actinobacterias rizosféricas de tuna incrementaron la longitud de las raíces hasta 173,77 % valor superior a 88,0 % de aumento en la altura de las plantas de tomate a los 45 días. Se coincide con los resultados de Puppala et al. (2019) con promedios de 50 y 5 % respectivamente. Estos investigadores atribuyeron la superioridad de los valores en las raíces al ácido indol acético producido por la bacteria *Streptomyces* sp. NCIN inoculada en las semillas de tomate.

Las Actinobacterias incrementaron hasta 144 % de la biomasa aérea y 109 % de la biomasa radicular, diferencia que puede ser explicada con la aseveración de Miceli et al. (2021). Estos investigadores concluyeron que el crecimiento del follaje de las plantas de tomate es afectado con mayor rapidez y en menor concentración de sales (menos de 4 dSm⁻¹) que la raíz (4-6 dSm⁻¹) debido a la dificultad para la absorción de agua y nutrientes. Considerando que el efecto de las PGPR promotoras de crecimiento en plantas como las Actinobacterias con actividad ACC desaminasa se hace muy evidente cuando las condiciones son desfavorables, la biomasa aérea fue el parámetro más beneficiado con la inoculación bacteriana.

Aini et al. (2021), investigaron el consorcio de *Streptomyces* sp. + *Bacillus* sp.+ *Corinebacterium* sp. aislados de suelos salinos y determinaron el efecto de su aplicación en el desarrollo de tomate con y sin enmiendas orgánicas en un suelo con una CE_e= 4,12 dSm⁻¹. Las enmiendas solas no presentaron efecto significativo en las plantas, pero si cuando se aplicaron junto al consorcio bacteriano incrementando la altura (23,36), área foliar (96,49 %) peso fresco (81,52 %) y seco (103,51%) de los frutos. El rendimiento se incrementó conforme el número de aplicaciones bacterianas siendo de 409g (una aplicación), 467g (dos aplicaciones), 519g (tres aplicaciones) y 655g (cuatro aplicaciones).

El incremento del contenido de clorofila en las plantas de tomate inoculadas con las Actinobacterias fue reportado previamente por Djebaili et al. (2020) en suelo no salino y Rangseekaew et al. (2021) y (2022) en suelo salino. Al respecto, Aini et al. (2021) demostraron 8-13 % de aumento en el contenido de clorofila de plantas de tomate con una a cuatro aplicaciones de un consorcio de bacterias que incluía a *Streptomyces* sp. Asimismo, Gong et al. (2020) informaron que *Streptomyces* sp. aumentó la clorofila total en las plantas de tomate pero sin diferencias significativas con el control no inoculado.

La salinidad disminuye el contenido de clorofila y por tanto impacta la fotosíntesis de las plantas. Rangseekaew et al. (2021) demostraron que *Dermacoccus* spp. aumentaron el pigmento fotosintético y por tanto favorecieron la biomasa aérea fresca y seca y longitud de raíces. Por su parte Rangseekaew et al. (2022) determinaron 64 % de reducción en el contenido de total de clorofila foliar en las plantas de tomate desarrolladas con 150 mM NaCl; no obstante, la inoculación de *D. abyssi* aumentó el pigmento. Estos investigadores concluyeron que la fotosíntesis fue mejorada con las Actinobacterias, los cuales redujeron el peróxido de hidrogeno inducido por la salinidad.

El análisis bioquímico de las hojas de las plantas desarrolladas bajo salinidad es utilizado para fundamentar de efecto benéfico de las Actinobacterias. En este contexto, en las plantas de tomate inoculadas se ha determinado disminución del contenido de prolina, peróxido de hidrógeno (Rangseekaew et al., 2021) y malondialdehído (MDA) y aumento de la actividad enzimas antioxidantes peroxidasa y catalasa, contenido de calcio (Gong et al., 2020) y azúcares totales solubles (Rangseekaew et al., 2022).

La disminución del sodio y aumento del contenido de potasio y tasa K^+/Na^+ en las hojas y raíces de las plantas inoculadas con *Streptomyces* sp. 21 bajo salinidad evidenció que las Actinobacterias ayudan en el mantenimiento de la homeostasis iónica. De igual manera Gong et al. (2020) demostraron que el sodio se incrementó y el potasio disminuyó en las hojas de tomate bajo 200 mM NaCl; sin embargo, la inoculación de *Streptomyces* sp. KLBMP508 favoreció la exclusión del sodio y el incremento de la observación de potasio y la tasa K^+/Na^+ .

Gong et al. (2020) concluyeron que las PGPR como las Actinobacterias minimizan el daño causado por la salinidad en las plantas mediante mecanismos de regulación fisiológica que incluyen la fotosíntesis, enzimas antioxidantes,

balance osmótico, homeostasis iónica, síntesis de metabolitos y regulación de la expresión de genes como los relacionados con la síntesis de la clorofila (a y b). En este contexto, el efecto benéfico de *Streptomyces* spp. 10 y 21 y *Nocardia* sp.13 en el crecimiento y rendimiento de tomate demostró que estas bacterias pueden ser utilizadas en la formulación de biofertilizantes para el manejo de plantas bajo salinidad.

VI. CONCLUSIONES

- 6.1 En las muestras (87,03%) de suelo rizosférico de tuna se identificaron Actinobacterias de los géneros *Streptomyces* (46,67 %), *Nocardia*(34,0 %), *Micromonospora* (6,00 %), *Pseudonocardia* (4,67 %), *Nocardiopsis* (3,33 %), *Nocardioides* (3,33 %) y *Streptoverticillium* (2,0 %).
- 6.2 El 9,33 % de las Actinobacterias presentó actividad de la enzima ACC desaminasa.
- 6.3 Las Actinobacterias incrementaron la germinación de las semillas de tomate cv. Rio Grande bajo estrés salino, alcanzando valores de 5,0-28,33 % en comparación con 2,5-5,0 % en el testigo NaCl.
- 6.4 Las Actinobacterias *Streptomyces* spp. 10 y 21 y *Nocardia* sp.13 incrementaron el crecimiento y rendimiento de las plantas de tomate en suelos no salino y salino con PI de 88,98 % (altura); 96,30 % (número de hojas); 201,35 % (biomasa aérea); 173,77 % (longitud de raíces); 100,0 % (peso de raíces); 150,0 % (número de frutos) y 173,14 % (peso de frutos), así como 1,37 mg g⁻¹ (contenido de clorofila) en el suelo salino.
- 6.5 *Streptomyces* sp. 21 disminuyó el sodio e incrementó el contenido de potasio y tasa K⁺/Na⁺ en las hojas y raíces de las plantas de tomate con el mayor rendimiento en el suelo salino.

VII. RECOMENDACIONES

- Utilizar técnicas moleculares para la identificación de las especies de *Streptomyces* spp. 10 y 21 y *Nocardia* sp.13.
- Investigar sustratos orgánicos residuales para la formulación de bioinoculantes con *Streptomyces* spp. 10 y 21 y *Nocardia* sp.13.
- Investigar el efecto de *Streptomyces* spp. 10 y 21 y *Nocardia* sp.13 en el cultivo de tomate a nivel de almácigo y campo definitivo.
- Comparar la actividad antioxidante enzimática y los marcadores del estrés oxidativo en las plantas de tomate con y sin *Streptomyces* spp. 10 y 21 y *Nocardia* sp.13.

VIII. REFERENCIAS

- Abbasi, S., Sadeghi, A., y Safaie, N. (2020). *Streptomyces* alleviate drought stress in tomato plants and modulate the expression of transcription factors ERF1 and WRKY70 genes. *Scientia Horticulturae*, 265, 109206. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109206>
- Afridi, M., Amna, Sumaira, Mahmood, T., Salam, A., Mukhtar, T., Mahmood, S., Ali, J., Khatoon, Zobia., Bibi, M., Javed, M., Sultan, T., y Chaudhary, H. (2019). Induction of tolerance to salinity in wheat genotypes by plant growth promoting endophytes: Involvement of ACC deaminase and antioxidant enzymes. *Plant Physiology and Biochemistry*, 139, 569-577. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2019.03.041>
- Aini, N., Yamika, W., Aini, L., y Kurniawan, A. (2021). Application of saline tolerant bacteria and soil ameliorants improved growth, yield and nutrient uptake of tomato in saline land. *Australian Journal of Crop Science*, 15(06), 827–834. <https://doi.org/10.21475/ajcs.21.15.06.p2903>
- Albdaiwi, R., Khyami, H., Ayad, J., Alananbeh, K., y Al-Sayaydeh, R. (2019). Isolation and characterization of halotolerant plant growth promoting rhizobacteria from durum wheat (*Triticum turgidum* subsp. *durum*) cultivated in saline areas of the Dead Sea region. *Frontiers in Microbiology*, 10, 1639. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.01639>
- Aly, M., El Sayed, H., y Jastaniah, S. (2012). Synergistic effect between *Azotobacter vinelandii* and *Streptomyces* sp. isolated from saline soil on seed germination and growth of wheat plant. *Journal of American Science*, 8(5), 667-676. <http://www.americanscience.org/>
- Ameur, H., y Ghoul, M. (2014). Effect of salinity stress, *Streptomyces* sp. SF5 and *Salsola vermiculata* on germination of *Triticum durum* L. *Sky Journal Agricultural Research*, 3(1), 7-16. <http://www.skyjournals.org/SJAR>
- Amna, Din, B., Sarfraz, S., Xia, Y., Kamran, M., Javed, M., Sultan, T., Munis, M., y Chaudhary, H. (2019). Mechanistic elucidation of germination potential and growth of wheat inoculated with exopolysaccharide and ACC- deaminase producing *Bacillus* strains under induced salinity stress. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 183, 109466. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.109466>
- Arias, D., Jiménez, J., López, I., y Delgado, P. (2017). Effects of catalase on chloroplast arrangement in *Opuntia streptacantha* chlorenchyma cells under salt stress. *Scientific Reports*, 7, 8656. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-08744>
- Azadikhah, M., Jamali, F., Nooryazdan, H.R., y Bayat, F. (2019). Growth promotion and yield enhancement of barley cultivars using ACC desaminase producing

- Pseudomonas fluorescens* strains under salt stress. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 17(1), 1-12. <https://doi.org/10.5424/sjar/2019171-13828>
- Bai, Y., Ren, P., Feng, P., Yan, H., y Li, W. (2020). Shift in rhizospheric and endophytic bacterial communities of tomato caused by salinity and grafting. *The Science of the Total Environment*, 734, 0048-9697,. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139388>
- Barnawal, D., Singh, R., y Singh, R. (2019). Role of plant growth promoting rhizobacteria in drought tolerance: regulating growth hormones and osmolytes. *PGPR Amelioration in Sustainable Agriculture*, 107-128. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815879-1.00006-9>
- Boari, F., Cantore, V., Di Venere, D., Sergio, L., Candido, V., y Schiattone, M. (2019). Pyraclostrobin can mitigate salinity stress in tomato crop. *Agricultural Water Management*, 222, 254-264. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.06.003>
- Bull, A., Idris, H., Sanderson, R., Asenjo, J., Andrews, B., y Goodfellow, M. (2018). High altitude, hyper-arid soils of the Central-Andes harbor mega-diverse communities of Actinobacteria. *Extremophiles*, 22(1), 47-57. <https://doi.org/10.1007/s00792-017-0976-5>
- Bustillos, M., Corona, I., Castañeda, M., Águila, C., Seynos, E., Hernández, I., Muñoz, J., Medina, L., y Fuentes, L. (2017). Culturable facultative methylotrophic bacteria from the cactus *Neobuxbaumia macrocephala* possess the locus *xoxF* and consume methanol in the presence of Ce^{3+} and Ca^{2+} . *Microbes and Environments*, 32(3), 244-251. <https://doi.org/10.1264/jsme2.ME17070>
- Centofanti, T., Bañuelos, G., Zambrano, M., y Wallis, C. (2017). Desert Plant for Saline and Drought Stricken Farmland: Assessment of *Opuntia* cactus Nutritional Characteristics. *Journal of Environment and Bio Research*, 1(1). <https://www.researchgate.net/publication/321310216>.
- Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres. (2017). Informe de Evaluación de Riesgo por lluvias intensas en el Centro Poblado de San Juan, Distrito de Chongoyape, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque, diciembre de 2017.
- Chen, S., Zhang, Z., Wang, Z., Guo, X., Liu, M., Hamoud, Y., Zhen, J., y Qiu, R. (2016). Effects of uneven vertical distribution of soil salinity under a buried Straw layer on the growth, fruit yield, and fruit quality of tomato plants. *Scientia Horticulturae*, 203, 131-142. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.03.024>
- Damodharan, K., Palaniyandi, S., Le, B., Suh, J., y Yang, S. (2018). *Streptomyces* sp. strain SK68, isolated from peanut rhizosphere, promotes growth and alleviates salt stress in tomato (*Solanum lycopersicum* cv. Micro-Tom). *The Journal of Microbiology*, 56(10), 753–759. <https://doi.org/10.1007/s12275-018-8120-5>
- Dias, M., Bastos, M., Xavier, V., Cassel, E., Astarita, L., y Santarém, E. (2017). Plant growth and resistance promoted by *Streptomyces* spp. in tomato. *Plant Physiology and Biochemistry*, 118, 479-493. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2017.07.017>
- Djebaili, R., Pellegrini, M., Smati, M., Del Gallo, M., y Kitouni, M. (2020). Actinomycete strains isolated from saline soils: plant-growth-promoting traits and inoculation

- effects on *Solanum lycopersicum*. *Sustainability*, 12, 4617. <https://doi.org/10.3390/su12114617>
- Djebaili, R., Pellegrini, M., Rossi, M., Forni, C., Smati, M., Del Gallo, M., y Kitouni, M. (2021). Characterization of plant growth-promoting traits and inoculation effects on *Triticum durum* of Actinomycetes isolates under salt stress conditions. *Soil systems*, 5(26). <https://doi.org/10.3390/soilsystems5020026>
- Egamberdieva, D., Li, L., Lindström, K., y Räsänen, L. (2016). A synergistic interaction between salt-tolerant *Pseudomonas* and *Mesorhizobium* strains improves growth and symbiotic performance of liquorice (*Glycyrrhiza uralensis* Fish.) under salt stress. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 100(6), 2829-2841. <https://doi.org/10.1007/500253-015-7147-3>
- Escobar, C., Horna, Y., Carreño, C., y Mendoza, G. (2011). Caracterización de cepas nativas de *Azotobacter spp.* y su efecto en el desarrollo de *Lycopersicon esculentum* Mill. "tomate" en Lambayeque. *Scientia Agropecuaria*, 2 (1), 39-49. <http://www.revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop/article/view/37>
- Fonseca, C., Coleman, D., Garrido, E., Visel, A., Tringe, S., y Partida, L. (2016). The cacti microbiome: Interplay between habitat-filtering and host-specificity. *Frontiers in Microbiology*, 7, 150. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00150>
- Forni, C., Duca, D., y Glick, B. (2016). Mechanisms of plant response to salt and drought stress and their alteration by rhizobacteria. *Plant Soil*, 410, 335–356 <https://doi.org/10.1007/s11104-016-3007-x>
- Franco, M. (2008). *Evaluación de caracteres PGPR en actinomicetos e interacciones de estas rizobacterias con hongos formadores de micorrizas* [tesis de doctorado, Universidad de Granada, España] <http://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/2110/17716093.pdf?sequence=1>
- García, F., Muñoz, H., Carreño, C., y Mendoza, G. (2010). Caracterización de cepas nativas de *Azospirillum spp.* y su efecto en el desarrollo de *Oryza sativa* L "arroz" en Lambayeque. *Scientia Agropecuaria*, 1, 107-116. <http://www.revistas.un.itru.edu.pe/index.php/scientiaagrop/article/view/19>
- Gong, Y., Bai, J., Yang, H., Zhang, W., Xiong, Y., Ding, P., y Qin, S. (2018). Phylogenetic diversity and investigation of plant growth-promoting traits of Actinobacteria in coastal salt marsh plant rhizospheres from Jiangsu, China. *Systematic and Applied Microbiology*, 41(5), 516-527. <http://doi.org/10.1016/j.syapm.2018.06.003>
- Gong, Y., Chen, J., Pan, Y., Li, W., Xu, J., Zhang, M., Xing, K., y Qin, S. (2020). Antifungal potential evaluation and alleviation of salt stress in tomato seedlings by a halotolerant plant growth-promoting actinomycete *Streptomyces* sp. KLBMP5084. *Rhizosphere*, 16, 2452-2198. <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2020.100262>
- Goykovic, V., y Saavedra, G. (2007). Algunos efectos de la salinidad en el cultivo del tomate y prácticas agronómicas de su manejo. *IDESIA*, 25(3), 47-58. <http://doi.org/10.4067/S0718-34292007000300006>
- Grishko, V., Syshchikova, O., Zenova, G., Kozhevin, P., Dubrova, M., Lubsanova, D., y Chernov, I. (2015). Mycelial Actinobacteria in salt-affected soils of arid

- territories of Ukraine and Russia. *Eurasian Soil Science* 48(1), 72-76. <http://doi.10.1134/S1064229315010081>
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6ta ed.). Hill Interamericana Editores S.A.
- Hernández, T., Brown, J., Schlumpberger, B., Eguiarte, L., y Magallón, S. (2014). Beyond aridification: multiple explanations for the elevated diversification of cacti in the New World Succulent Biome. *New Phytologist*. 202, 1382–1397. <http://doi:10.1111/nph.12752>
- Horstmann, J., Dias, M., Ortolan, F., Silva, R., Astarita, L., y Santarém, E. (2020). *Streptomyces* sp. CLV45 from Fabaceae rhizosphere benefits growth of soybean plants. *Brazilian Journal of Microbiology*, 51(4), 1861–1871. <https://doi.org/10.1007/s42770-020-00301-5>
- Jaemsaeng, R., Jantasuriyarat, C., y Thamchaipenet, A. (2018). Molecular interaction of 1-aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase (ACCD)-producing endophytic *Streptomyces* sp. GMKU 336 towards salt-stress resistance of *Oryza sativa* L. cv. KDML105. *Scientific Reports*, 8(1), 1950. <http://doi.org/10.1038/s41598-018>
- Jiang, C., Johkan, M., Hohjo, M., Tsukagoshi, S., y Maruo, T. (2017). A correlation analysis on chlorophyll content and SPAD value in tomato leaves. *Hort Research*, 71, 37–42. <http://doi.org/10.20776/S18808824-71-P37>
- Kaur, T., y Manhas, R. (2022). Evaluation of ACC deaminase and indole acetic acid production by *Streptomyces hydrogenans* DH16 and its effect on plant growth promotion. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 42(102321), 102321. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2022.102321>
- Kavamura, V., Taketani, R., Ferreira, C., Melo, I., y Mendes, R. (2018). The role of species turnover in structuring bacterial communities in a local scale in the cactus rhizosphere. *Plan Soil*, 425(1-2), 101-112. <http://doi.org/10.1007/s11104-018-3570-4>
- Kumar, V., y Khare, T. (2016). Differential growth and yield responses of salt-tolerant and susceptible rice cultivars to individual (Na⁺ and Cl²) and additive stress effects of NaCl. *Acta Physiologiae Plantarum*, 38 (7), 170. <https://doi.org/10.1007/s11738-016-2191-x>
- Lallouche, B., Boutekrabt, A., Hadjkouider, B., Riahi, L., Lamine, S., y Zoghlami, A. (2017). Use of physio-biochemical traits to evaluate the salt tolerance of five *Opuntia* species in the Algerian steppes. *Pakistan Journal of Botany*, 49(3), 837-845. <https://www.pakbs.org/pjbot/papers/1497592247.pdf>
- Lamz, A., y Gonzáles, M. (2013). La salinidad como problema en la agricultura: la mejora vegetal una solución inmediata. *Cultivos Tropicales*, 34, 31 – 42. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193228546005>
- Lee, S., y Seong, C. (2014). *Nocardioides opuntiae* sp. nov., isolated from soil of a cactus. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 64, 2094-2099. <https://doi.10.1099/ijs.0.060400-0>

- Li, H., Yue, H., Li, L., Liu, Y., Zhang, H., Wang, J., y Jiang, X. (2021). Seed Biostimulant MGW9 (SB-MGW9) Biopriming Improves Salt Tolerance during Maize Seed Germination. *AMB Express*, 11 (71). <https://doi.org/10.1186/s13568-021-01237-1>
- Miceli, A., Moncada, A., y Vetrano, F. (2021). Use of microbial biostimulants to increase the salinity tolerance of vegetable transplants. *Agronomy (Basel, Switzerland)*, 11(6), 1143. <https://doi.org/10.3390/agronomy11061143>
- Ministerio de Agricultura y Riego, MINAGRI. (2015). Plan estratégico sectorial multianual 2015- 2021 MINAGRI, Oficina General de Planteamiento y Presupuesto, OGPP, Juliode2015.<https://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/pnapes/pe sem>
- Ministerio del Ambiente, MINAM. (2014). Todos los cactus del Perú. Lima, diciembre de 2014.<http://www.minam.gob.pe/diversidadbiologica/wpcontent/uploads/sites/21/2014/02/document.pdf>
- Ministerio del Ambiente, MINAM. (2020). Línea de base de la diversidad del tomate peruano con fines de bioseguridad, Dirección General de Diversidad Biológica, diciembre de 2020. https://bioseguridad.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2021/01/libro_tomate_peruano.pdf
- Mohammadipanah, F., y Wink, J. (2016). Actinobacteria from arid and desert habitats: Diversity and biological activity. *Frontiers in Microbiology*, 6, 1541. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.01541>
- Nozari, R., Ortolan, F., Astarita, L., y Santarém, E. (2021). *Streptomyces* spp. enhance vegetative growth of maize plants under saline stress. *Brazilian Journal of Microbiology*, 52, 1371–1383. <https://doi.org/10.1007/s42770-021-00480-9>
- Olanrewaju, O., y Babalola, O. (2019). *Streptomyces*: implications and interactions in plant growth promotion. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 103, 1179-1188 <https://doi.org/10.1007/s00253-018-09577-y>
- Ostolaza, C. (2014). Todos los cactus del Perú. Ministerio del Ambiente, Editorial FrancoEIRL.538Pp<https://www.minam.gob.pe/diversidadbiologica/wpcontent/uploads/sites/21/2014>
- Palaniyandi, S., Damodharan, K., Yang, S., y Suh, J. (2014). *Streptomyces* sp. strain PGPA39 alleviates salt stress and promotes growth of 'Micro Tom' tomato plants. *Journal of Applied Microbiology*, 117, 766-773. <https://doi.org/10.1111/jam.12563>
- Penrose, D., y Glick, B. (2003). Methods for isolating and characterizing ACC deaminase-containing plant growth-promoting rhizobacteria. *Physiologia Plantarum*, 118, 10-15. <https://doi.org/10.1034/j.1399-3054.2003.00086.x>
- Podda, L., Santo, A., Leone, C., Mayoral, O., y Bacchetta, G. (2017). Seed germination, salt stress tolerance and seedling growth of *Opuntia ficus-indica* (Cactaceae), invasive species in the Mediterranean Basin. *Flora*, 229, 50-57 <https://doi.org/10.1016/j.flora.2017.02.002>
- Puppala, K., Bhavsar, K., Sonalkar, V., Khire, J., y Dharne, M. (2019). Characterization of novel acidic and thermostable phytase secreting *Streptomyces* sp. (NCIM

- 5533) for plant growth promoting characteristics. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 18, 1878-8181. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2019.101020>
- Qi, D., Zou, L., Zhou, D., Chen, Y., Gao, Z., Feng, R., Zhang, M., Li, K., Xie, J., y Wang, W. (2019). Taxonomy and broad-spectrum antifungal activity of *Streptomyces* sp. SCA3-4 isolated from rhizosphere soil of *Opuntia stricta*. *Frontiers in Microbiology*, 10,1390. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.01390>
- Qin, S., Feng, W., Wang, T., Ding, P., Xing, K., y Jiang, J. (2017). Plant growth-promoting effect and genomic analysis of the beneficial endophyte *Streptomyces* sp. KLBMP5084 isolated from halophyte *Limonium sinense*. *Plant and Soil*, 416(1-2), 117-132. <https://doi.org/10.1007/s11104-017-3192-2>
- Qin, S., Feng, W., Zhang, Y., Wang, T., Xiong, Y., y Xing, K. (2018). Diversity of bacterial microbiota of coastal halophyte *Limonium sinense* and amelioration of salinity stress damage by symbiotic plant growth-promoting Actinobacterium *Glutamicibacter halophytocola* KLBMP 5180. *Applied and Environmental Microbiology*, 84(19), e01533-18. <https://doi.org/10.1128/AEM.01533-18>.
- Rahman, M., Hossain, M., Hossain, K., Sikder, M., Shammi, M., Rasheduzzamrn, M., y Uddin, M. (2018). Effects of NaCl-Salinity on Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) plants in a pot experiment. *Open Agriculture*, 3(1), 578-585. <https://doi.org/10.1515/opag-2018-0061>
- Rangseekaew, P., Barros, A., Pathom, W., y Manzanera, M. (2021). Deep-sea Actinobacteria mitigate salinity stress in tomato seedlings and their biosafety testing. *Plants*, 10(8), 1687. <https://doi.org/10.3390/plants10081687>
- Rangseekaew, P., Barros, A., Pathom, W., y Manzanera, M. (2022). Plant beneficial deep-sea Actinobacterium, *Dermacoccus abyssi* MT1.1T promote growth of tomato (*Solanum lycopersicum*) under salinity stress. *Biology*, 11(2), 191. <https://doi.org/10.3390/biology11020191>
- Rodríguez, N., Torres, C., y Chaman, M. (2019). Efecto del estrés salino en el crecimiento y contenido relativo del agua en las variedades IR-43 y amazonas de *Oryza sativa* “arroz” (Poaceae). *Arnaldoa*, 26 (3), 931 – 942. <http://doi.org/10.22497/arnaldoa.263.26305>.
- Romano, N., Yañez, M., Irazusta, V., Rajal, V., y Moraga, N. (2020). Potential of Bioremediation and PGP Traits in *Streptomyces* as Strategies for Bio-Reclamation of Salt-Affected Soils for Agriculture. *Pathogens*, 9, 117 <http://doi.org/10.3390/pathogens9020117>.
- Ruiz, F., Villalpando, R., Murillo, B., Beltrán, F., y Hernández, L. (2014). Respuesta diferencial a la salinidad de genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en primeras etapas fenológicas. *Terra Latinoamericana*, 32(4), 311-323. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20153025971>
- Ruiz, L. (2021). *Actinobacterias rizosféricas de Echinopsis pachanoi “San Pedro hembra” y su potencial como promotores de crecimiento en Solanum lycopersicum L. bajo estrés salino*. [tesis de pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque]. https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/9448/Ruiz_Cruz_Lina_Guadalupe.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Sadeghi, A., Ka1imi, E., Dahaji, P., Javid, M., Dalvand, Y., y Askari, H. (2012). Plant growth promoting activity of an auxin and siderophore producing isolate of *Streptomyces* under saline soil conditions. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 28(4), 1503-1509. <http://doi.org/10.1007/s 11274-011-0952 -7>
- Sanjuan, F., Ramírez, P., Sánchez, P., Sandoval, M., Livera, M., Carillo, J., y Perales, C. (2015). Tolerancia de líneas nativas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) a la salinidad con NaCl. *Interciencia*, 40(10), 704-709. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33941643009>
- Sathya, A., Vijayabharathi, R., y Gopalakrishnan, S. (2017). Plant growth-promoting actinobacteria: a new strategy for enhancing sustainable production and protection of grain legumes. *Biotech*, 7(2), 102. <http://doi.org/10.1007/s13205-017-0736->
- Shrivastava, P., Kumar, R., Yandigeri, M., Malviya, N., y Arora, D. (2015). Isolation and characterization of *Streptomyces* with plant growth promoting potential from mangrove ecosystem. *Polish Journal of Microbiology*, 64(4), 339-349. <http://doi.10.5604 / 17331331.1185232>
- Soca, R., Rojas, J., Willems, L., Ocola, C., Fernández, R., y Pérez, J. (2016). Identificación de las tierras degradadas por la salinidad del suelo en los cultivos de caña de azúcar mediante imágenes de satélite. *Revista de Investigación de Física*, 19,19.https://www.researchgate.net/profile/Renato_Soca_Flores/publica
- Souagui, Y., Grosdemange, C., Tritsch, D., y Kecha, M. (2015). Antifungal molecules produced by a new salt-tolerant and alkaliphilic *Streptomyces* sp. BS30 isolated from an arid soil. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*, 87(2), 527–535. <http://doi.org/10.1007/s40011-015-0632>
- Srivastava, S., Patel, J., Singh, H., Sinha, A., y Kumar, B. (2015). *Streptomyces rochei* SM3 induces stress tolerance in chickpea against *Sclerotinia sclerotiorum* and NaCl. *Journal of Phytopathology*, 163(7-8), 583-592. <http://doi.org/10.1111/jph.12358>
- Szymánska, S., Plociniczak, T., Piotrowska, Z., y Hryniewicz, K. (2016 a). Endophytic and rhizosphere bacteria associated with the roots of the halophyte *Salicornia europaea* L.- community structure and metabolic potential. *Microbiological Research*, 192, 37-51. <http://doi: 10.1016 / j.micres.2016.05.012>
- Szymánska, S., Plociniczak, T., Piotrowska, Z., Zloch, M., Ruppel, S., y Hryniewicz, K. (2016 b). Metabolic potencial and community structure of endophytic and rhizosphere bacteria associated with the roots of the halophyte *Aster tripolium* L. *Microbiological Research*, 182, 68-79. <http://doi: 10.1016 / j.micres.2015.09.007>
- Tao, J., Chen, H., Ma. Biao., Zhang, W., Chen, Shou., y Zhang, J. (2015). The role of ethylene in plants under salinity stress. *Frontiers in Plant Science*, 6, 1059. <http://doi: 10.3389/fpls.2015.01059>
- Terrazas, J. (2019). Aprovechamiento del suelo salino: agricultura salina y recuperación de suelos. *Apthapi*, 5(1), 1539-1563. <http://ojs.agro.umsa.bo/index.php/ATP/article/view/333>

- Thiam, S., Villamor, G., Baffour, N., y Matty, F. (2019). Soil salinity assessment and coping strategies in the coastal agricultural landscape in Djilor district, Senegal. *Land Use Policy*, 88, 104191. <http://doi:10.1016/j.landusepol.2019.104191>
- Tolba, S., Ibrahim, M., Amer, E., y Ahmed, D. (2019). First insights into salt tolerance improvement of *Stevia* by plant growth-promoting *Streptomyces* species. *Archives of Microbiology*, 1-12. <http://doi.org/10.1007/s00203-019-01696-y>
- Torres, G., Millán, V., Fernández, A., Aguirre, J., Ramírez, H., Fernández, M., Toro, N., y Martínez, F. (2012). Bacterial community in the rhizosphere of the cactus species *Mammillaria carnea* during dry and rainy seasons assessed by deep sequencing. *Plant Soil*, 357, 275-288. <http://doi:10.1007/s11104-012-1152-4>
- Welle, P., y Mauter, M. (2017). High-resolution model for estimating the economic and policy implications of agricultural soil salinization in California. *Environmental Research Letters*, 12(9), 094010. <http://doi:10.1088/1748-9326/aa848e>
- Yoolong, S., Kruasuwan, W., Thanh Pham, H., Jaemsaeng, R., Jantasuriyarat, Ch., y Thamchaipenet A. (2019). Modulation of salt tolerance in Thai jasmine rice (*Oryza sativa* L. cv. KDML105) by *Streptomyces venezuelae* ATCC 10712 expressing ACC desaminase. *Scientific Reports*, 9, 1275 <https://www.nature.com/articles/s41598-018-37987-5>
- Zhang, S., Gan, Y., y Xu, B. (2019). Mechanisms of the IAA and ACC-deaminase producing strain of *Trichoderma longibrachiatum* T6 in enhancing wheat seedling tolerance to NaCl stress. *BMC Plant Biology*, 19, 1-18. <https://doi.org/10.1186/s12870-018-1618-5>

ANEXOS

Anexo A Medios de cultivo

a. Agar Avena (Franco, 2008)

Componentes	gL ⁻¹
Avena	250,0
Sacarosa	20,0
Agar agar	15,0
Agua destilada csp	1000mL

b. Medio mínimo Dworkin & Foster (Penrose y Glick, 2003)

Componentes	L ⁻¹
KH ₂ PO ₄	4g
Na ₂ HPO ₄	6g
MgSO ₄	0,2g
FeSO ₄	1mg
H ₃ BO ₃	10µg
MnSO ₄	10µg
CuSO ₄	50µg
Na ₂ MoO ₄	22,5µg
ZnSO ₄	70µg
sacarosa	5g
Agua destilada csp	1000mL

Se agregó como fuente de nitrógeno una solución 0,5 M de ACC previamente esterilizada (filtración en membrana de 0,2µm), en cantidad suficiente para alcanzar 3,0mM ACC.

Anexo B

Analisis fisico-quimico del suelo experimental procedente del distrito de Lambayeque, Lambayeque, 2019



CYSAG
LABORATORIO AGRICOLA
ANALISIS DE SUELOS Y AGUAS

RUC : 2056118748
E-MAIL : cysagperu@gmail.com
RPM : #941882746
DIRECCIÓN : Km 1.5, Car Mz L, lote 7.

INFORME DE LABORATORIO CYSAG N°337-

Solicitud de análisis N° : 337
Solicitante : CARMEN ROSA CARREÑO FARFAN
Procedencia de la Muestra : LAMBAYEQUE
Tipo de análisis : CEE y PSI

Cultivo / Proyecto :
Parcela, Coordenadas, Área :
Fecha de recepción de muestras :
Fecha de reporte de resultados :
:

RESULTADOS DE ANÁLISIS

Código de Muestra (suelo)	CEe (dS/m)	PSI
Muestra suelo	10.28	9.58
CAMPO ARROZ (POZAS DE OXIDACION)	1.40	0.68



INICIA AGROPECUARIO ROSA PASADORE CHAPORAN
RESPONSABLE DEL LABORATORIO
REG. CR. N° 133471

Anexo C

Frecuencia de morfotipos de colonias de Actinobacterias rizosféricas de O. quitensis en Lambayeque, 2019

Morfotipo	Micelio			Observación microscópica	%
	Aéreo	Sustrato	Pigmento difusible		
1	Blanco	No pigmentado	No	Espiral cerrado	9,33
2	Blanco	Crema	No	Espiral primitivo ondulado	7,33
3	Crema	No pigmentado	No	Micelio fragmentado	7,33
4	Blanco	No pigmentado	No	Micelio en fragmentación	6,67
5	Blanco	Crema	No	Micelio en fragmentación	5,33
6	Crema	No pigmentado	No	Espiral primitivo	5,33
7	Gris	Crema	No	Micelio en fragmentación	4,00
8	Blanco	Rosado	No	Micelio en fragmentación	4,00
9	Blanco	Morado	Si	Espiral en resorte	4,00
10	Gris	No pigmentado	No	Espiral en resorte	4,00
11	Crema	Granate	Si	Espiral primitivo cerrado	3,33
12	Blanco	Marrón	No	Espiral primitivo	3,33
13	Gris	Rosado	No	Micelio delgado fragmentado	3,33
14	Blanco	Crema	No	Esporangio con papila	2,00
15	Blanco	Crema	No	Cadenas largas	2,00
16	Blanco	Amarillo	No	Cadena de esporas	2,00
17	Blanco	Amarillo	No	Hifas gruesas-esporangio alargado	2,00
18	Amarillo	Amarillo	Si	Micelio en fragmentación	2,00
19	Negro	Negro	No	Hifas viejas y fragmentadas	2,00
20	Crema	Rosado	No	Micelio fragmentado y cadena de esporas	2,00

Continuación...

Morfortipo	Micelio			Observación microscópica	%
	Aéreo	Sustrato	Pigmento difusible		
21	Gris	No pigmentado	No	Micelio en fragmentación	2,00
22	Rosado	Rosado	No	Espiral primitivo abierto	2,00
23	Blanco	Amarillo	No	Hifas viejas y fragmentadas	1,33
24	Gris	Anaranjado	No	Espiral en resorte	1,33
25	Gris	Granate	No	Espiral primitivo	1,33
26	Crema	Verde claro	No	Espiral cerrado	1,33
27	Gris	Amarillo	Si	Espiral abierto ondulado	1,33
28	Gris	Amarillo	Si	Hifas ramificadas y forma verticilos	1,33
29	Gris	Amarillo	No	Micelio en fragmentación	1,33
30	Blanco	Negro	Si	Micelio en fragmentación	1,33
31	Crema	Granate	No	Hifas flexuosas-No fragmentadas	0,67
32	Blanco	Marrón	Si	Hifas flexuosas-No fragmentadas	0,67
33	Gris	No pigmentado	No	Hifas gruesas- esporangio alargado	0,67
34	Gris	No pigmentado	No	Hifas ramificadas y forma verticilos	0,67
35	Gris	Crema	No	Espiral primitivo ondulado	0,67
36	Blanco	No pigmentado	No	Micelio fragmentado y cadena de esporas	0,67

Anexo D

Porcentaje de incremento de Actinobacterias en los parámetros del crecimiento y rendimiento de Solanum lycopersicum L. en un suelo no salino

Parámetros	PI (%)			
	Testigo químico	<i>Streptomyces</i> sp.21	<i>Streptomyces</i> sp.10	<i>Nocardia</i> sp.13
Altura 15 días	6,10	15,83	13,41	9,76
30 días	21,26	46,46	29,13	55,12
45 días	16,84	62,63	23,16	43,68
60 días	5,44	52,72	38,49	46,86
Número 15 días	14,29	42,86	4,76	9,52
de 30 días	10,34	48,28	3,45	10,34
hojas: 45 días	14,29	65,71	20,00	60,00
60 días	35,71	57,14	33,33	69,05
Biomasa aérea	45,20	98,80	40,80	144,00
Longitud de raíces	47,62	91,43	58,10	60,00
Peso de raíces	63,77	109,06	89,13	97,46
Número de frutos	27,78	61,11	22,22	38,89
Peso de frutos	34,04	76,95	25,96	65,70

Anexo E

Porcentaje de incremento de Actinobacterias en los parámetros del crecimiento y rendimiento de Solanum lycopersicum L. en un suelo salino

Parámetros	PI (%)			
	Testigo químico	<i>Streptomyces</i> sp.21	<i>Streptomyces</i> sp.10	<i>Nocardia</i> sp.13
Altura 15 días	36,36	70,45	68,18	47,73
30 días	42,86	80,00	62,86	57,14
45 días	57,63	88,98	58,47	56,78
60 días	53,69	84,56	67,11	62,42
Número 15 días	23,53	35,29	17,65	35,29
de 30 días	14,29	85,71	42,86	47,62
hojas: 45 días	70,83	104,17	70,83	87,50
60 días	74,07	96,30	85,19	77,78
Biomasa aérea	77,70	138,51	56,08	201,35
Longitud de raíces	104,92	173,77	90,16	131,15
Peso de raíces	32,47	81,82	16,88	100,0
Número de frutos	75,0	137,5	87,50	150,0
Peso de frutos	65,72	173,14	94,11	151,40

Anexo F

Pruebas de normalidad, homogeneidad de varianza y analisis de varianza de los valores promedio de la altura de *S.lycopersicum* inoculados con Actinobacterias, 15 días después del trasplante en un suelo no salino

Tratamientos	Normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Testigo	,407	6	,002	,640	6	,001
Testigo químico	,325	6	,047	,827	6	,101
<i>Streptomyces</i> sp. 21	,254	6	,200	,866	6	,212
<i>Nocardia</i> sp. 13	,333	6	,036	,814	6	,078
<i>Streptomyces</i> sp. 10	,286	6	,136	,863	6	,201

Homogeneidad					
	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.	
Se basa en la media	2,253	4	25	,092	
Se basa en la mediana	,864	4	25	,499	
Se basa en la mediana y con gl ajustado	,864	4	18,665	,503	
Se basa en la media recortada	2,114	4	25	,109	

Anova					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	17,533	4	4,38	3,516	,021
Dentro de grupos	31,167	25	1,247		
Total	48,700	29			

Pruebas de normalidad, homogeneidad de varianza y analisis de varianza de los valores promedio de la altura de *S.lycopersicum* inoculados con Actinobacterias, 30 días después del trasplante en un suelo no salino

Tratamientos	Normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Testigo	,254	6	,200	,866	6	,212
Testigo químico	,293	6	,117	,915	6	,473
<i>Streptomyces</i> sp. 21	,241	6	,200	,913	6	,456
<i>Nocardia</i> sp. 13	,254	6	,200	,866	6	,212
<i>Streptomyces</i> sp. 10	,252	6	,200	,916	6	,480

Homogeneidad				
	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Se basa en la media	1,644	4	25	,195
Se basa en la mediana	1,250	4	25	,316
Se basa en la mediana y con gl ajustado	1,250	4	15,078	,332
Se basa en la media recortada	1,602	4	25	,205

Anova					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	504,867	4	126,217	86,846	,000
Dentro de grupos	36,333	25	1,453		
Total	541,200	29			

Pruebas de normalidad, homogeneidad de varianza y analisis de varianza de los valores promedio de la altura de *S.lycopersicum* inoculados con Actinobacterias, 45 días después del trasplante en un suelo no salino

Tratamientos	Normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Testigo	,209	6	,200	,907	6	,415
Testigo químico	,202	6	,200	,853	6	,167
<i>Streptomyces</i> sp. 21	,183	6	,200	,960	6	,820
<i>Nocardia</i> sp. 13	,204	6	,200	,902	6	,389
<i>Streptomyces</i> sp. 10	,167	6	,200	,982	6	,960

	Homogeneidad			
	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Se basa en la media	,478	4	25	,752
Se basa en la mediana	,471	4	25	,756
Se basa en la mediana y con gl ajustado	,471	4	20,089	,756
Se basa en la media recortada	,477	4	25	,752

	Anova				
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1425,533	4	356,383	232,424	,000
Dentro de grupos	38,333	25	1,533		
Total	1463,867	29			

Pruebas de normalidad, homogeneidad de varianza y analisis de varianza de los valores promedio de la altura de *S.lycopersicum* inoculados con Actinobacterias, 60 días después del trasplante en un suelo no salino

Tratamientos	Normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Testigo	,254	6	,200	,866	6	,212
Testigo Químico	,167	6	,200	,982	6	,960
<i>Streptomyces</i> sp. 21	,214	6	,200	,958	6	,804
<i>Nocardia</i> sp. 13	,183	6	,200	,960	6	,820
<i>Streptomyces</i> sp. 10	,302	6	,094	,775	6	,035

	Homogeneidad			
	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Se basa en la media	,801	4	25	,536
Se basa en la mediana	,797	4	25	,538
Se basa en la mediana y con gl ajustado	,797	4	20,089	,541
Se basa en la media recortada	,789	4	25	,543

	Anova				
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	2253,867	4	563,467	414,314	,000
Dentro de grupos	34,000	25	1,360		
Total	2287,867	29			

Pruebas de normalidad, homogeneidad de varianza y analisis de varianza de los valores promedio del número de hojas de *S.lycopersicum* inoculados con Actinobacterias, 15 días después del trasplante en un suelo no salino

Normalidad						
Tratamientos	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig	Estadístico	gl	Sig
Testigo	,319	6	,056	,683	6	,004
Testigo químico	,202	6	,200	,853	6	,167
<i>Streptomyces</i> sp. 21	,333	6	,036	,827	6	,101
<i>Nocardia</i> sp. 13	,302	6	,094	,775	6	,035
<i>Streptomyces</i> sp. 10	,407	6	,002	,640	6	,001

Homogeneidad					
	Estadístico de Levene		gl1	gl2	Sig.
Se basa en la media		1,662	4	25	,190
Se basa en la mediana		1,328	4	25	,287
Se basa en la mediana y con gl ajustado		1,328	4	20,000	,294
Se basa en la media recortada		1,660	4	25	,191

Anova					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	8,333	4	2,083	3,811	,015
Dentro de grupos	13,667	25	,547		
Total	22,000	29			

Pruebas de normalidad, homogeneidad de varianza y analisis de varianza de los valores promedio del número de hojas de *S.lycopersicum* inoculados con Actinobacterias, 30 días después del trasplante en un suelo no salino

Normalidad						
Tratamientos	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig	Estadístico	gl	Sig
Testigo	,302	6	,094	,775	6	,035
Testigo químico	,293	6	,117	,915	6	,473
<i>Streptomyces</i> sp. 21	,254	6	,200	,866	6	,212
<i>Nocardia</i> sp. 13	,293	6	,117	,915	6	,473
<i>Streptomyces</i> sp. 10	,285	6	,138	,831	6	,110

Homogeneidad					
	Estadístico de Levene		gl1	gl2	Sig.
Se basa en la media		,538	4	25	,709
Se basa en la mediana		,417	4	25	,795
Se basa en la mediana y con gl ajustado		,417	4	21,948	,795
Se basa en la media recortada		,517	4	25	,724

Anova					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	21,133	4	5,283	5,016	,004
Dentro de grupos	26,333	25	1,053		
Total	47,467	29			

Pruebas de normalidad, homogeneidad de varianza y analisis de varianza de los valores promedio del número de hojas de *S.lycopersicum* inoculados con Actinobacterias, 45 días después del trasplante en un suelo no salino

Normalidad						
Tratamientos	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig	Estadístico	gl	Sig
Testigo	,214	6	,200	,958	6	,804
Testigo químico	,407	6	,002	,640	6	,001
<i>Streptomyces</i> sp. 21	,209	6	,200	,907	6	,415
<i>Nocardia</i> sp. 13	,254	6	,200	,866	6	,212
<i>Streptomyces</i> sp. 10	,333	6	,036	,814	6	,078

Homogeneidad				
	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Se basa en la media	1,266	4	25	,310
Se basa en la mediana	1,075	4	25	,390
Se basa en la mediana y con gl ajustado	1,075	4	19,297	,396
Se basa en la media recortada	1,196	4	25	,337

Anova					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	69,467	4	17,367	11,787	,000
Dentro de grupos	36,833	25	1,473		
Total	106.300	29			

Pruebas de normalidad, homogeneidad de varianza y analisis de varianza de los valores promedio del número de hojas de *S.lycopersicum* inoculados con Actinobacterias, 60 días después del trasplante en un suelo no salino

Normalidad						
Tratamientos	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig	Estadístico	gl	Sig
Testigo	,333	6	,036	,827	6	,101
Testigo químico	,319	6	,056	,683	6	,004
<i>Streptomyces</i> sp. 21	,202	6	,200	,853	6	,167
<i>Nocardia</i> sp. 13	,492	6	,000	,496	6	,000
<i>Streptomyces</i> sp. 10						

Homogeneidad				
	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Se basa en la media	2,414	4	25	,076
Se basa en la mediana	1,623	4	25	,200
Se basa en la mediana y con gl ajustado	1,623	4	11,211	,236
Se basa en la media recortada	2,214	4	25	,096

Anova					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	82,200	4	20,550	26,123	,000
Dentro de grupos	19,667	25	,787		
Total	101,867	29			

Pruebas de normalidad, homogeneidad de varianza y analisis de varianza de los valores promedio de la biomasa aérea de *S.lycopersicum* inoculados con Actinobacterias en un suelo no salino

Normalidad						
Tratamientos	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig	Estadístico	gl	Sig
Testigo	,385	3	.	,750	3	,000
Testigo químico	,385	3	.	,750	3	,000
<i>Streptomyces</i> sp. 21	,292	3	.	,923	3	,463
<i>Nocardia</i> sp. 13	,253	3	.	,964	3	,637
<i>Streptomyces</i> sp. 10	,385	3	.	,750	3	,000
Homogeneidad						
	Estadístico de Levene		gl1	gl2	Sig.	
	1,609		4	10	,247	
Anova						
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	
Entre grupos	26215,067	4	6553,767	2891,368	,000	
Dentro de grupos	22,667	10	2,267			
Total	26237,733	14				

Pruebas de normalidad, homogeneidad de varianza y analisis de varianza de los valores promedio de la biomasa radicular de *S.lycopersicum* inoculados con Actinobacterias en un suelo no salino

Normalidad						
Tratamientos	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Testigo	,385	3	.	,750	3	,000
Testigo químico	,292	3	.	,923	3	,463
<i>Streptomyces</i> sp. 21	,292	3	.	,923	3	,463
<i>Nocardia</i> sp. 13	,253	3	.	,964	3	,637
<i>Streptomyces</i> sp. 10	,175	3	.	1,000	3	1,000
Homogeneidad						
	Estadístico de Levene		gl1	gl2	Sig.	
			,812	4	10	,546
Anova						
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	
Entre grupos	19213,733	4	4803,433	1601,144	,000	
Dentro de grupos	30,000	10	3,000			
Total	19243,733	14				

Pruebas de normalidad, homogeneidad de varianza y analisis de varianza de los valores promedio de la longitud radicular de *S.lycopersicum* inoculados con Actinobacterias en un suelo no salino

	Normalidad					
Tratamientos	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig	Estadístico	gl	Sig
Testigo	,175	3	.	1,000	3	1,000
Testigo químico	,253	3	.	,964	3	,637
<i>Streptomyces</i> sp. 21	,175	3	.	1,000	3	1,000
<i>Nocardia</i> sp. 13	,175	3	.	1,000	3	1,000
<i>Streptomyces</i> sp. 10	,253	3	.	,964	3	,637
	Homogeneidad					
	Estadístico de Levene		gl1	gl2	Sig.	
			,453	4	10	,769
	Anova					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	
Entre grupos	1608,667	4	402,167	262,283	,000	
Dentro de grupos	15,333	10	1,533			
Total	1624,000	14				

Pruebas de normalidad, homogeneidad de varianza y analisis de varianza de los valores promedio del número de frutos de *S.lycopersicum* inoculados con Actinobacterias en un suelo no salino

Tratamientos	Normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig	Estadístico	gl	Sig
Testigo	,333	6	,036	,827	6	,101
Testigo químico	,223	6	,200	,908	6	,421
<i>Streptomyces</i> sp. 21	,254	6	,200	,866	6	,212
<i>Nocardia</i> sp. 13	,302	6	,094	,775	6	,035
<i>Streptomyces</i> sp. 10	,293	6	,117	,915	6	,473
Homogeneidad						
	Estadístico de Levene		gl1	gl2	Sig.	
Se basa en la media	1,175		4	25	,346	
Se basa en la mediana	,685		4	25	,609	
Se basa en la mediana y con gl ajustado	,685		4	21,403	,610	
Se basa en la media recortada	1,106		4	25	,376	
Anova						
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	
Entre grupos	10,867	4	2,717	3,111	,033	
Dentro de grupos	21,833	25	,873			
Total	32,700	29				

Pruebas de normalidad, homogeneidad de varianza y analisis de varianza de los valores promedio del peso de los frutos de *S.lycopersicum* inoculados con Actinobacterias en un suelo no salino

Tratamientos	Normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig	Estadístico	gl	Sig
Testigo	,172	6	,200	,912	6	,452
Testigo químico	,312	6	,069	,767	6	,029
<i>Streptomyces</i> sp. 21	,238	6	,200	,950	6	,737
<i>Nocardia</i> sp. 13	,319	6	,056	,683	6	,004
<i>Streptomyces</i> sp. 10	,183	6	,200	,960	6	,820
Homogeneidad						
	Estadístico de Levene		gl1	gl2	Sig.	
Se basa en la media			,979	4	25	,437
Se basa en la mediana			,703	4	25	,597
Se basa en la mediana y con gl ajustado			,703	4	13,714	,603
Se basa en la media recortada			,963	4	25	,445
Anova						
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	
Entre grupos	36643,667	4	9160,917	3443,954	,000	
Dentro de grupos	66,500	25	2,660			
Total	36710,167	29				

Pruebas de normalidad, homogeneidad de varianza y analisis de varianza de los valores promedio de clorofila foliar de *S.lycopersicum* inoculados con Actinobacterias en un suelo no salino

Tratamientos	Normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig	Estadístico	gl	Sig
Testigo	,175	3	.	1,000	3	1,000
Testigo químico	,328	3	.	,871	3	,298
<i>Streptomyces</i> sp. 21	,196	3	.	,996	3	,878
<i>Nocardia</i> sp. 13	,219	3	.	,987	3	,780
<i>Streptomyces</i> sp. 10	,349	3	.	,832	3	,194
Homogeneidad						
	Estadístico de Levene		gl1	gl2	Sig.	
			,430	4	10	,784
Anova						
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	
Entre grupos	,139	4	,035	19,435	,000	
Dentro de grupos	,018	10	,002			
Total	,157	14				

Pruebas de normalidad, homogeneidad de varianza y analisis de varianza de los valores promedio de la altura de *S.lycopersicum* inoculados con Actinobacterias, 15 días después del trasplante en un suelo salino

Tratamientos	Normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig	Estadístico	gl	Sig
Testigo	,293	6	,117	,822	6	,091
Testigo químico	,333	6	,036	,827	6	,101
<i>Streptomyces</i> sp. 21	,183	6	,200	,960	6	,820
<i>Nocardia</i> sp. 13	,302	6	,094	,775	6	,035
<i>Streptomyces</i> sp. 10	,338	6	,031	,866	6	,212

Homogeneidad				
	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Se basa en la media	2,435	4	25	,074
Se basa en la mediana	,747	4	25	,569
Se basa en la mediana y con gl ajustado	,747	4	11,759	,579
Se basa en la media recortada	2,299	4	25	,087

Anova					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	106,200	4	26,550	24,583	,000
Dentro de grupos	27,000	25	1,080		
Total	133,200	29			

Pruebas de normalidad, homogeneidad de varianza y analisis de varianza de los valores promedio de la altura de *S.lycopersicum* inoculados con Actinobacterias, 30 días después del trasplante en un suelo salino

Tratamientos	Normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig	Estadístico	gl	Sig
Testigo	,293	6	,117	,822	6	,091
Testigo químico	,209	6	,200	,907	6	,415
<i>Streptomyces</i> sp. 21	,285	6	,138	,831	6	,110
<i>Nocardia</i> sp. 13	,237	6	,200	,927	6	,554
<i>Streptomyces</i> sp. 10	,167	6	,200	,982	6	,960

Homogeneidad				
	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Se basa en la media	,294	4	25	,879
Se basa en la mediana	,250	4	25	,907
Se basa en la mediana y con gl ajustado	,250	4	20,460	,906
Se basa en la media recortada	,293	4	25	,880

Anova					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	298,667	4	74,667	49,123	,000
Dentro de grupos	38,000	25	1,520		
Total	336,667	29			

Pruebas de normalidad, homogeneidad de varianza y analisis de varianza de los valores promedio de la altura de *S.lycopersicum* inoculados con Actinobacterias, 45 días después del trasplante en un suelo salino

Tratamientos	Normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig	Estadístico	gl	Sig
Testigo	,293	6	,117	,915	6	,473
Testigo químico	,241	6	,200	,913	6	,456
<i>Streptomyces</i> sp. 21	,251	6	,200	,869	6	,223
<i>Nocardia</i> sp. 13	,310	6	,074	,805	6	,065
<i>Streptomyces</i> sp. 10	,378	6	,007	,751	6	,020

Homogeneidad				
	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Se basa en la media	1,202	4	25	,335
Se basa en la mediana	1,295	4	25	,299
Se basa en la mediana y con gl ajustado	1,295	4	15,302	,315
Se basa en la media recortada	1,223	4	25	,326

Anova					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	967,133	4	241,783	116,616	,000
Dentro de grupos	51,833	25	2,073		
Total	1018,967	29			

Pruebas de normalidad, homogeneidad de varianza y analisis de varianza de los valores promedio de la altura de *S.lycopersicum* inoculados con Actinobacterias, 60 días después del trasplante en un suelo salino

Tratamientos	Normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig	Estadístico	gl	Sig
Testigo	,254	6	,200	,866	6	,212
Testigo químico	,223	6	,200	,908	6	,421
<i>Streptomyces</i> sp. 21	,310	6	,074	,805	6	,065
<i>Nocardia</i> sp. 13	,263	6	,200	,823	6	,093
<i>Streptomyces</i> sp. 10	,308	6	,077	,857	6	,178

Homogeneidad				
	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Se basa en la media	,960	4	25	,447
Se basa en la mediana	,573	4	25	,685
Se basa en la mediana y con gl ajustado	,573	4	17,376	,686
Se basa en la media recortada	,889	4	25	,485

Anova					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1514,133	4	378,533	253,482	,000
Dentro de grupos	37,333	25	1,493		
Total	1551,467	29			

Pruebas de normalidad, homogeneidad de varianza y analisis de varianza de los valores promedio del número de hojas de *S.lycopersicum* inoculados con Actinobacterias, 15 días después del trasplante en un suelo salino

Tratamientos	Normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig	Estadístico	gl	Sig
Testigo	,254	6	,200	,866	6	,212
Testigo químico	,392	6	,004	,701	6	,006
<i>Streptomyces</i> sp. 21	,223	6	,200	,908	6	,421
<i>Nocardia</i> sp. 13	,302	6	,094	,775	6	,035
<i>Streptomyces</i> sp. 10	,209	6	,200	,907	6	,415
Homogeneidad						
	Estadístico de Levene		gl1	gl2	Sig.	
Se basa en la media			,799	4	25	,537
Se basa en la mediana			,703	4	25	,597
Se basa en la mediana y con gl ajustado			,703	4	21,423	,598
Se basa en la media recortada			,762	4	25	,560
Anova						
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	
Entre grupos	4,133	4	1,033	1,020	,416	
Dentro de grupos	25,333	25	1,013			
Total	29.467	29				

Pruebas de normalidad, homogeneidad de varianza y analisis de varianza de los valores promedio del número de hojas de *S.lycopersicum* inoculados con Actinobacterias, 30 días después del trasplante en un suelo salino

Tratamientos	Normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig	Estadístico	gl	Sig
Testigo	,319	6	,056	,683	6	,004
Testigo químico	,202	6	,200	,853	6	,167
<i>Streptomyces</i> sp. 21	,183	6	,200	,960	6	,820
<i>Nocardia</i> sp. 13	,223	6	,200	,908	6	,421
<i>Streptomyces</i> sp. 10	,333	6	,036	,814	6	,078
Homogeneidad						
	Estadístico de Levene		gl1	gl2	Sig.	
Se basa en la media			,441	4	25	,778
Se basa en la mediana			,330	4	25	,855
Se basa en la mediana y con gl ajustado			,330	4	17,191	,854
Se basa en la media recortada			,414	4	25	,797
Anova						
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	
Entre grupos	4,133	4	1,033	1,020	,416	
Dentro de grupos	25,333	25	1,013			
Total	29,467	29				

Pruebas de normalidad, homogeneidad de varianza y análisis de varianza de los valores promedio del número de hojas de *S.lycopersicum* inoculados con Actinobacterias, 45 días después del trasplante en un suelo salino

Tratamientos	Normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig	Estadístico	gl	Sig
Testigo	,333	6	,036	,827	6	,101
Testigo químico	,254	6	,200	,866	6	,212
<i>Streptomyces</i> sp. 21	,254	6	,200	,866	6	,212
<i>Nocardia</i> sp. 13	,204	6	,200	,902	6	,389
<i>Streptomyces</i> sp. 10	,223	6	,200	,908	6	,421
Homogeneidad						
	Estadístico de Levene		gl1	gl2	Sig.	
Se basa en la media	1,847		4	25	,151	
Se basa en la mediana	1,587		4	25	,209	
Se basa en la mediana y con gl ajustado	1,587		4	21,689	,213	
Se basa en la media recortada	1,796		4	25	,161	
Anova						
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	
Entre grupos	60,667	4	15,167	14,583	,000	
Dentro de grupos	26,000	25	1,040			
Total	86,667	29				

Pruebas de normalidad, homogeneidad de varianza y análisis de varianza de los valores promedio del número de hojas de *S.lycopersicum* inoculados con Actinobacterias, 60 días después del trasplante en un suelo salino

Tratamientos	Normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig	Estadístico	gl	Sig
Testigo	,392	6	,004	,701	6	,006
Testigo químico	,302	6	,094	,775	6	,035
<i>Streptomyces</i> sp. 21	,283	6	,143	,921	6	,514
<i>Nocardia</i> sp. 13	,202	6	,200	,853	6	,167
<i>Streptomyces</i> sp. 10	,293	6	,117	,915	6	,473
Homogeneidad						
	Estadístico de Levene		gl1	gl2	Sig.	
Se basa en la media			,172	4	25	,951
Se basa en la mediana			,203	4	25	,934
Se basa en la mediana y con gl ajustado			,203	4	20,431	,934
Se basa en la media recortada			,192	4	25	,940
Anova						
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	
Entre grupos	71,000	4	17,750	16,745	,000	
Dentro de grupos	26,500	25	1,060			
Total	97,500	29				

Pruebas de normalidad, homogeneidad de varianza y analisis de varianza de los valores promedio de la biomasa aérea de *S.lycopersicum* inoculados con Actinobacterias en un suelo salino

Tratamientos	Normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig	Estadístico	gl	Sig
Testigo	,385	3	.	,750	3	,000
Testigo químico	,385	3	.	,750	3	,000
<i>Streptomyces</i> sp. 21	,253	3	.	,964	3	,637
<i>Nocardia</i> sp. 13	,292	3	.	,923	3	,463
<i>Streptomyces</i> sp. 10	,175	3	.	1,000	3	1,000
Homogeneidad						
	Estadístico de Levene		gl1	gl2	Sig.	
	1,609		4	10	,247	
Anova						
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	
Entre grupos	17554,267	4	4388,567	2351,018	,000	
Dentro de grupos	18,667	10	1,867			
Total	17572,933	14				

Pruebas de normalidad, homogeneidad de varianza y analisis de varianza de los valores promedio de la biomasa radicular de *S.lycopersicum* inoculados con Actinobacterias en un suelo salino

Tratamientos	Normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig	Estadístico	gl	Sig
Testigo	,385	3	.	,750	3	,000
Testigo químico	,385	3	.	,750	3	,000
<i>Streptomyces</i> sp. 21	,253	3	.	,964	3	,637
<i>Nocardia</i> sp. 13	,253	3	.	,964	3	,637
<i>Streptomyces</i> sp. 10	,175	3	.	1,000	3	1,000
Homogeneidad						
	Estadístico de Levene		gl1	gl2	Sig.	
	,187		4	10	,940	
Anova						
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	
Entre grupos	1451,733	4	362,933	139,590	,000	
Dentro de grupos	26,000	10	2,600			
Total	1477,733	14				

Pruebas de normalidad, homogeneidad de varianza y analisis de varianza de los valores promedio de la longitud radicular de *S.lycopersicum* inoculados con Actinobacterias en un suelo salino

Tratamientos	Normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig	Estadístico	gl	Sig
Testigo	,253	3	.	,964	3	,637
Testigo químico	,253	3	.	,964	3	,637
<i>Streptomyces</i> sp. 21	,253	3	.	,964	3	,637
<i>Nocardia</i> sp. 13	,175	3	.	1,000	3	1,000
<i>Streptomyces</i> sp. 10	,385	3	.	,750	3	,000
Homogeneidad						
	Estadístico de Levene		gl1	gl2	Sig.	
			,605	4	10	,668
Anova						
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	
Entre grupos	2050,667	4	512,667	226,176	,000	
Dentro de grupos	22,667	10	2,267			
Total	2073.333	14				

Pruebas de normalidad, homogeneidad de varianza y analisis de varianza de los valores promedio del número de frutos de *S.lycopersicum* inoculados con Actinobacterias en un suelo salino

Tratamientos	Normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig	Estadístico	gl	Sig
Testigo	,293	6	,117	,822	6	,091
Testigo químico	,407	6	,002	,640	6	,001
<i>Streptomyces</i> sp. 21	,254	6	,200	,866	6	,212
<i>Nocardia</i> sp. 13	,293	6	,117	,915	6	,473
<i>Streptomyces</i> sp. 10	,319	6	,056	,683	6	,004
Homogeneidad						
	Estadístico de Levene		gl1	gl2	Sig.	
Se basa en la media			,767	4	25	,557
Se basa en la mediana			,417	4	25	,795
Se basa en la mediana y con gl ajustado			,417	4	15,474	,794
Se basa en la media recortada			,745	4	25	,571
Anova						
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	
Entre grupos	15,133	4	3,783	6,599	,001	
Dentro de grupos	14,333	25	,573			
Total	29,467	29				

Pruebas de normalidad, homogeneidad de varianza y analisis de varianza de los valores promedio del peso de frutos de *S.lycopersicum* inoculados con Actinobacterias en un suelo salino

Tratamientos	Normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig	Estadístico	gl	Sig
Testigo	,226	6	,200	,912	6	,452
Testigo químico	,187	6	,200	,914	6	,466
<i>Streptomyces</i> sp. 21	,167	6	,200	,982	6	,960
<i>Nocardia</i> sp. 13	,368	6	,011	,682	6	,004
<i>Streptomyces</i> sp. 10	,272	6	,187	,815	6	,080
Homogeneidad						
	Estadístico de Levene		gl1	gl2	Sig.	
Se basa en la media			,188	4	25	,942
Se basa en la mediana			,125	4	25	,972
Se basa en la mediana y con gl ajustado			,125	4	22,058	,972
Se basa en la media recortada			,181	4	25	,946
Anova						
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	
Entre grupos	48803,133	4	12200,783	3667,570	,000	
Dentro de grupos	83,167	25	3,327			
Total	48886,300	29				

Pruebas de normalidad, homogeneidad de varianza y analisis de varianza de los valores promedio de clorofila foliar de *S.lycopersicum* inoculados con Actinobacterias en un suelo salino

Tratamientos	Normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Testigo	,175	3	.	1,000	3	1,000
Testigo químico	,253	3	.	,964	3	,637
<i>Streptomyces</i> sp. 21	,356	3	.	,818	3	,157
<i>Nocardia</i> sp. 13	,337	3	.	,855	3	,253
<i>Streptomyces</i> sp. 10	,204	3	.	,993	3	,843
Homogeneidad						
	Estadístico de Levene		gl1	gl2	Sig.	
	1,306		4	10	,332	
Anova						
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	
Entre grupos	,235	4	,059	28,786	,000	
Dentro de grupos	,020	10	,002			
Total	,255	14				

Anexo G

Prueba de comparaciones múltiples de Tukey del contenido de clorofila total (g mg^{-1}) en las hojas de *Solanum lycopersicum* inoculados con Actinobacterias en un suelo no salino

Tratamientos	Clorofila (mg g^{-1})				Sign
	r1	r2	r3	\bar{X}	
Testigo	1,27	1,24	1,21	1,24	c
Testigo químico	1,36	1,38	1,39	1,39	b
<i>Streptomyces</i> sp.21	1,46	1,42	1,51	1,46	a b
<i>Streptomyces</i> sp. 10	1,31	1,40	1,41	1,37	b
<i>Nocardia</i> sp.13	1,47	1,57	1,53	1,52	a

Prueba de comparaciones múltiples de Tukey del contenido de clorofila total (g mg^{-1}) en las hojas de *Solanum lycopersicum* inoculados con Actinobacterias en un suelo salino

Tratamientos	Clorofila (mg g^{-1})				Sign
	r1	r2	r3	\bar{X}	
Testigo	0,97	1,03	1,09	1,03	c
Testigo químico	1,33	1,30	1,31	1,31	a b
<i>Streptomyces</i> sp.21	1,33	1,34	1,44	1,37	a
<i>Streptomyces</i> sp. 10	1,24	1,20	1,17	1,20	b
<i>Nocardia</i> sp.13	1,33	1,39	1,32	1,35	a



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUÍZ GALLO

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



ACTA DE SUSTENTACIÓN

ACTA DE SUSTENTACION VIRTUAL N° 013-2022-FCCBB-UI

Siendo las 9:00 horas del día 06 de junio de 2022, se reunieron vía plataforma virtual, meet.google.com/uhb-soqe-emt los Miembros del Jurado evaluador de la tesis titulada

“Actinobacterias rizosféricas de *Opuntia quitensis* F.A.C. Weber “tuna” y su potencial como promotores de crecimiento en *Solanum lycopersicum* L. bajo estrés salino”, designados por Resolución 007-2021-FCCBB-UI de fecha 27 de enero de 2021, con la finalidad de evaluar y calificar la sustentación de la tesis antes mencionada, conformada por los siguientes docentes:

Dra. Gianina Llontop Barandiaran	Presidenta
Dr. Guillermo Eduardo Delgado Paredes	Secretario
Dr. Alberto Díaz Zapata	Vocal
Dra. Carmen Rosa Carreño Farfán	Asesora

Acto de sustentación fue autorizado por Resolución N°119-2022-VIRTUAL-FCCBB/D, de fecha 31 de mayo de 2022.

La Tesis fue presentada y sustentada por los **Bachilleres MARILÍN NICOLL SÁNCHEZ PURIHUAMÁN y JORGE LUIS HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ** tuvo una duración de 30 minutos.

Después de la sustentación y absueltas las preguntas y observaciones de los miembros del jurado; se procedió a la calificación respectiva, otorgándole el calificativo de **(EXCELENTE) (19.63)** en la escala vigesimal.

Por lo que quedan **APTOS** para obtener el título profesional de Licenciada en Biología y Licenciado en Biología – Microbiología - Parasitología, de acuerdo con la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente de la Facultad de Ciencias Biológicas y la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las 10:20 horas se dio por concluido el presente acto académico, dándose conformidad al presente acto, con la firma de los miembros del jurado.

Firman

Dra. Gianina Llontop Barandiaran
Presidenta

Dr. Guillermo Eduardo Delgado Paredes
Secretario

Dr. Alberto Díaz Zapata
Vocal

Dra. Carmen Rosa Carreño Farfán,
Asesora

CONSTANCIA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo, ___Carmen Rosa Carreño Farfán ___, Asesor(a) de Tesis, de los bachilleres ___Marilín Nicoll Sánchez Purihuamán y ___Jorge Luis Hernández Hernández Titulada: _____ Actinobacterias rizosféricas de *Opuntia quitensis* F.A.C. Weber “tuna” y su potencial como promotores de crecimiento en *Solanum lycopersicum* L. bajo estrés salino, luego de la revisión exhaustiva del documento constato que la misma tiene un índice de similitud de ___18 % verificable en el reporte de similitud del programa Turnitin.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Lambayeque, _14__ de _mayo de 2022



Apellidos y nombres: Carmen Rosa Carreño Farfán

DNI:16494424

ASESOR

Actinobacterias rizosféricas de *Opuntia quitensis* F.A.C. Weber "tuna" y su potencial como promotores de crecimiento en *Solanum lycopersicum* L. bajo estrés salino

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

ENCONTRAR COINCIDENCIAS CON TODAS LAS FUENTES (SOLO SE IMPRIMIRÁ LA FUENTE SELECCIONADA)

17%

★ hdl.handle.net

Fuente de Internet

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 15 words

Excluir bibliografía

Activo



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Marilín Nicoll Sánchez Purihuamán Jorge Luis Hernández He...
 Título del ejercicio: TESIS PREGRADO
 Título de la entrega: Actinobacterias rizosféricas de *Opuntia quitensis* F.A.C. Web...
 Nombre del archivo: forme_de_tesis_10-05-2022_Nicoll_S_nchez_y_Jorge_H_rnand...
 Tamaño del archivo: 82.46M
 Total de páginas: 86
 Total de palabras: 19,523
 Total de caracteres: 107,543
 Fecha de entrega: 14-may.-2022 01:14p. m. (UTC-0500)
 Identificador de la entre... 1836227709

