



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE
MICROBIOLOGÍA Y PARASITOLOGÍA



Desarrollo de *Zea mays* L. por efecto de la inoculación de *Bacillus* spp. con actividad ACC desaminasa en suelos salinos y no salinos

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE LICENCIADO (A) EN
BIOLOGÍA - MICROBIOLOGÍA - PARASITOLOGÍA

AUTORES:

Bach. Shirley Eliana Cárdenas Gastelo

Bach. Roni Monteza Fernández

ASESORA

Dra. Carmen Rosa Carreño Farfán

LAMBAYEQUE, PERÚ

2022

**Desarrollo de *Zea mays* L. por efecto de la
inoculación de *Bacillus* spp. con actividad ACC
desaminasa en suelos salinos y no salinos**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE LICENCIADO (A) EN
BIOLOGÍA - MICROBIOLOGÍA – PARASITOLOGÍA

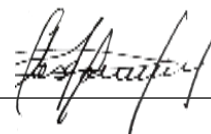
APROBADA POR:

Dra. Gianina Llontop Barandiarán



PRESIDENTA

MSc. Josefa Ecurra Puicón



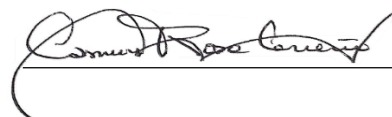
SECRETARIA

Dr. Gilberto Chávez Santa Cruz



VOCAL

Dra. Carmen Rosa Carreño Farfán



ASESORA

LAMBAYEQUE, PERÚ

2022

AGRADECIMIENTO

La vida está llena de retos y uno de ellos es la etapa universitaria, gracias a Dios que me permitió culminarla satisfactoriamente, para desarrollarme como profesional.

A mis padres, que son el pilar y motivo que impulsan mis sueños, inmensamente agradecida por el esfuerzo que hicieron para contribuir a mi educación y lograr obtener mi carrera universitaria con éxito.

A mi asesora, la Dra. Carmen Rosa Carreño Farfán, por su paciencia y dedicación, que con sus conocimientos y experiencia guió en el desarrollo del presente trabajo.

A los miembros del jurado de esta tesis Dra. Gianina Llontop Barandiarán, MSc. Josefa Escurra Puicón y Dr. Gilberto Chávez Santa Cruz por su apoyo en todo momento.

A la Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”, a mi Facultad de Ciencias Biológicas y profesores por hacer posible mi formación profesional, con el augurio de retribuirle pronto con éxitos laborales y personales, a fin de honrar el nombre de la universidad.

A mi compañero de tesis, por las experiencias compartidas y porque a pesar de las adversidades me dio ánimos para lograr culminar el presente trabajo de investigación.

A mis amigos, que han formado parte de esta etapa, agradecerles sus consejos, apoyo, ánimo y compañía en todo momento.

Shirley Eliana Cárdenas Gastelo

Agradecer a DIOS por la vida que aún me da, por iluminar día a día mi camino y por permitirnos ser su herramienta para poder contribuir en poco al amplio mundo científico, para que, de esa manera, se puedan resolver problemas que competan.

A mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy, son los mejores padres.

A la Dra. Carmen Carreño Farfán, por su paciencia y constancia, sin ella este trabajo no hubiera sido fácil de lograr. Sus consejos fueron siempre útiles, usted es parte importante de esta historia con sus aportes profesionales que la caracterizan. Muchas gracias por sus múltiples palabras de aliento, cuando más lo necesitábamos, gracias por sus orientaciones necesarias para el desarrollo de la investigación.

Roni Monteza Fernández

DEDICATORIA

A mis padres, quienes son mi mayor motivación, por su apoyo constante e incondicional, quienes me brindaron consejos que sirvieron para guiarme por el camino correcto, por su paciencia y dedicación la cual me lleva a lograr mis metas.

A mi familia, por sus consejos y palabras de aliento para continuar en los momentos difíciles.

Shirley Eliana Cárdenas Gastelo

A Dios, porque sin él no hubiera podido lograr mis objetivos.

A mis padres: Víctor Monteza y Paulina Fernández porque ellos son el motor y razón que han dado a mi vida, porque son un ejemplo a seguir sobre todo por su apoyo incondicional y su amor.

A mis hermanos: Jorge, Osmer, Ener, Toni y Nathaly por su apoyo.

A mi compañera Shirley Eliana Cárdenas Gastelo por haber formado un equipo para lograr esta meta, por su apoyo incondicional y agradezco que estuviese en todos los momentos para apoyarme.

A mis queridos maestros, por su aporte en el conocimiento, en especial a la Dra. Carmen Carreño por su apoyo incondicional en nuestro trabajo, por su gran ejemplo de docencia y entrega en la investigación.

Roni Monteza Fernández

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	12
II.	MARCO TEÓRICO	14
2.1	Antecedentes de la investigación.....	14
2.2	Base teórica	16
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
3.1	Materiales.....	18
3.1.1	Materialbiológico	18
3.1.2	Población y muestra.....	18
3.2	Métodos	18
3.2.1	Variables	18
3.2.2	Tipo de estudio y diseño de contrastación de hipótesis	18
3.2.3	Efecto de <i>Bacillus</i> spp. con actividad ACC desaminasa en la germinación de semillas de maíz bajo estrés salino	19
3.2.4	Efecto de <i>Bacillus</i> spp. con actividad ACC desaminasa en el crecimiento y rendimiento de maíz en suelos salino y no salino	21
3.2.5	Análisis estadístico de los datos	22
IV.	RESULTADOS	23
4.1	Semillas de maíz germinadas bajo salinidad por efecto de <i>Bacillus</i> spp. con actividad ACC desaminasa, Lambayeque 2019	23
4.2	Crecimiento y rendimiento de maíz por efecto de <i>Bacillus</i> spp. con actividad ACC desaminasa.....	24
4.3	Contenido de clorofila y cationes acumulados en las plantas con el mayor rendimiento en el suelo salino	44
V.	DISCUSIÓN	47
VI.	CONCLUSIONES	52
VII.	RECOMENDACIONES	53
VIII.	REFERENCIAS.....	54
IX.	ANEXOS	60

Índices de tablas

Tabla 1.	Porcentaje de germinación de semillas de <i>Zea mays</i> L. inoculadas con <i>Bacillus</i> spp. bajo estrés salino, lambayeque 2019	23
Tabla 2.	Parámetros del desarrollo de plantas de <i>Zea mays</i> L. inoculadas con <i>Bacillus</i> spp. en un suelo salino.....	25
Tabla 3.	Parámetros del desarrollo de plantas de <i>Zea mays</i> L. inoculadas con <i>Bacillus</i> spp. en un suelo no salino.....	31
Tabla 4.	Prueba de tukey de los valores de los parámetros del desarrollo de plantas de <i>Zea mays</i> L. inoculadas con <i>Bacillus</i> spp. en un suelo salino (CE _e = 10,28 dsm ⁻¹).....	42
Tabla 5.	Prueba de tukey de los valores de los parámetros del desarrollo de plantas de <i>Zea mays</i> L. inoculadas con <i>Bacillus</i> spp. en un suelo no salino (CE _e = 1,40 dsm ⁻¹)	43
Tabla 6.	Cationes acumulados en hojas y raíces de plantas de <i>Zea mays</i> L. inoculadas con <i>Bacillus</i> sp. 21 en un suelo salino.....	46

Índice de Figuras

Figura 1.	Diseño completamente aleatorio para investigar el efecto de <i>Bacillus</i> spp. con actividad ACC desaminasa en el desarrollo de <i>Zea mays</i> L.	20
Figura 2.	Plántulas de <i>Zea mays</i> L. emergidas en suelo salino, 10 días después de la inoculación de <i>Bacillus</i> spp.	26
Figura 3.	Plantas de <i>Zea mays</i> L., 10 días después de la inoculación de <i>Bacillus</i> sp. 31 en suelo salino.....	26
Figura 4.	Plantas de <i>Zea mays</i> L., 20 días después de la inoculación de <i>Bacillus</i> sp. 13 en suelo salino.....	27
Figura 5.	Plantas de <i>Zea mays</i> L., 30 días después de la inoculación de <i>Bacillus</i> sp. 21 en suelo salino.....	27
Figura 6.	Plantas de <i>Zea mays</i> L., 40 días después de la inoculación de <i>Bacillus</i> sp. 31 en suelo salino.....	28
Figura 7.	Plantas de <i>Zea mays</i> L., 50 días después de la inoculación de <i>Bacillus</i> sp. 21 en suelo salino.....	28
Figura 8.	Plantas de <i>Zea mays</i> L., 60 días después de la inoculación de <i>Bacillus</i> sp. 21 en suelo salino.....	29
Figura 9.	Plantas de <i>Zea mays</i> L., 70 días después de la inoculación de <i>Bacillus</i> sp. 21 en suelo salino.....	29
Figura 10.	Plantas de <i>Zea mays</i> L., 80 días después de la inoculación de <i>Bacillus</i> sp. 21 en suelo salino.....	30
Figura 11.	Plantas de <i>Zea mays</i> L., 90 días después de la inoculación de <i>Bacillus</i> sp. 21 en suelo salino.....	30
Figura 12.	Plántulas de <i>Zea mays</i> L. emergidas en suelo no salino, 10 días después de la inoculación de <i>Bacillus</i> spp.....	32
Figura 13.	Plantas de <i>Zea mays</i> L., 10 días después de la inoculación de <i>Bacillus</i> sp. 13 en suelo no salino.....	32
Figura 14.	Plantas de <i>Zea mays</i> L., 20 días después de la inoculación de <i>Bacillus</i> sp. 21 en suelo no salino.....	33
Figura 15.	Plantas de <i>Zea mays</i> L., 30 días después de la inoculación de <i>Bacillus</i> sp. 31 en suelo no salino.....	33
Figura 16.	Plantas de <i>Zea mays</i> L., 40 días después de la inoculación de <i>Bacillus</i> sp. 31 en suelo no salino.....	34

Figura 17. Plantas de <i>Zea mays</i> L., 50 días después de la inoculación de <i>Bacillus</i> sp. 13 en suelo no salino.....	34
Figura 18. Plantas de <i>Zea mays</i> L., 60 días después de la inoculación de <i>Bacillus</i> sp. 21 en suelo no salino.....	35
Figura 19. Plantas de <i>Zea mays</i> L., 70 días después de la inoculación de <i>Bacillus</i> sp. 13 en suelo no salino.....	35
Figura 20. Plantas de <i>Zea mays</i> L., 80 días después de la inoculación de <i>Bacillus</i> sp. 13 en suelo no salino.....	36
Figura 21. Plantas de <i>Zea mays</i> L., 90 días después de la inoculación de <i>Bacillus</i> sp. 13 en suelo no salino.....	36
Figura 22. Incremento en la altura de <i>Zea mays</i> L. en suelos salino y no salino 20 días (a), 30 días (b), 40 días (c) y 50 días (d) después de la inoculación de <i>Bacillus</i> spp. (T2= químico, T3= <i>Bacillus</i> sp. 13, T4= <i>Bacillus</i> sp. 21, T5= <i>Bacillus</i> sp. 31).....	37
Figura 23. Incremento en la altura de <i>Zea mays</i> L. en suelos salino y no salino 60 días (e), 70 días (f), 80 días (g) y 90 días (h) después de la inoculación de <i>Bacillus</i> spp. (T2= químico, T3= <i>Bacillus</i> sp. 13, T4= <i>Bacillus</i> sp. 21, T5= <i>Bacillus</i> sp. 31).....	38
Figura 24. Incremento en el número de hojas de <i>Zea mays</i> L. en suelos salino y no salino 20 días (a), 30 días (b), 40 días (c) y 50 días (d) después de la inoculación de <i>Bacillus</i> spp. (T2= químico, T3= <i>Bacillus</i> sp. 13, T4= <i>Bacillus</i> sp. 21, T5= <i>Bacillus</i> sp. 31).....	39
Figura 25. Incremento en el número de hojas de <i>Zea mays</i> L. en suelos salino y no salino 60 días (e), 70 días (f), 80 días (g) y 90 días (h) después de la inoculación de <i>Bacillus</i> spp. (T2= químico, T3= <i>Bacillus</i> sp. 13, T4= <i>Bacillus</i> sp. 21, T5= <i>Bacillus</i> sp. 31).....	40
Figura 26. Incremento en la biomasa aérea fresca (a), biomasa aérea seca (b), longitud de raíces (c) y biomasa radicular seca (d) de <i>Zea mays</i> L. en suelos salino y no salino después de la inoculación de <i>Bacillus</i> spp. (T2= químico, T3= <i>Bacillus</i> sp. 13, T4= <i>Bacillus</i> sp. 21, T5= <i>Bacillus</i> sp. 31).....	41
Figura 27. Contenido promedio de clorofila foliar en plantas de <i>Zea mays</i> L. 80 días después de la inoculación con <i>Bacillus</i> spp., en un suelo salino.....	45

- Figura 28. Contenido promedio de clorofila foliar en plantas de *Zea mays* L. 80 días después de la inoculación con *Bacillus* spp., en un suelo no salino..... 45
- Figura 29. Incremento en el contenido de clorofila de *Zea mays* L. en suelos no salino y salino 80 días después de la inoculación de *Bacillus* spp. (T2= químico, T3= *Bacillus* sp. 13, T4= *Bacillus* sp. 21, T5= *Bacillus* sp. 31)..... 46

RESUMEN

La salinidad impacta en forma significativa el crecimiento y rendimiento de *Zea mays* L. “maíz”. La investigación se realizó con el objetivo de determinar el efecto de la inoculación de *Bacillus* spp. con ACC desaminasa en el desarrollo de maíz en suelos salino y no salino. Las semillas inoculadas con las bacterias se sembraron en macetas con 3 kg de suelo salino (conductividad eléctrica, $CE_e = 10,28 \text{ dSm}^{-1}$) y no salino ($CE_e = 1,40 \text{ dSm}^{-1}$). Los tratamientos fueron T1 (testigo), T2 (químico), T3 (*Bacillus* sp. 13), T4 (*Bacillus* sp. 21) y T5 (*Bacillus* sp. 31) y las plantas se mantuvieron en el invernadero hasta el 50 % de la floración femenina cuando se determinó el rendimiento expresado como biomasa aérea fresca y seca. Las especies de *Bacillus* spp. investigadas incrementaron la germinación de las semillas de maíz bajo estrés salino, alcanzando el valor máximo (29,18 %) a los 3 días con *Bacillus* sp. 21 en comparación con 5 % en el testigo NaCl a los 6 días y 25,83 % en el testigo agua destilada a los 12 días. *Bacillus* spp. incrementaron los parámetros de crecimiento y rendimiento de las plantas de maíz en suelos salino y no salino, alcanzando valores de 1,10 – 61,05 % (altura); 6,67 – 125,71 % (número de hojas); 24,53 – 68,87 % (longitud de raíces); 150 – 270 % (biomasa radicular seca); 1,12 - 90,64 % en el rendimiento de biomasa fresca; 5,88 – 100 % en el rendimiento de biomasa seca y 9,12 – 16,34 % en el contenido de clorofila en el suelo salino. Se demostró promoción de crecimiento del cultivo de maíz bajo salinidad por *Bacillus* spp. con actividad ACC desaminasa.

Palabras clave: ACC desaminasa, *Bacillus* spp., salinidad, maíz, desarrollo.

ABSTRACT

Salinity significantly impacts the growth and yield of *Zea mays* L. "corn". The investigation was carried out with the objective of determining the effect of the inoculation of *Bacillus* spp. with ACC deaminase in maize development in saline and non-saline soils. The seeds inoculated with the bacteria were sown in pots with 3 kg of saline soil (electrical conductivity, C_{Ee}= 10.28 dSm⁻¹) and non-saline soil (C_{Ee}= 1.40 dSm⁻¹). The treatments were T1 (control), T2 (chemical), T3 (*Bacillus* sp. 13), T4 (*Bacillus* sp. 21) and T5 (*Bacillus* sp. 31) and the plants were kept in the greenhouse up to 50 % of the female flowering when the yield expressed as fresh and dry aerial biomass was determined. *Bacillus* spp. increased the germination of corn seeds under salt stress, reaching the maximum value (29.18 %) at 3 days with *Bacillus* sp. 21 compared to 5 % in the NaCl control at 6 days and 25.83 % in the distilled water control at 12 days. *Bacillus* spp. increased the growth and yield parameters of corn plants in saline and non-saline soils, reaching values of 1.10 – 61.05 % (height); 6.67 - 125.71 % (number of sheets); 24.53 - 68.87 % (root length); 150 - 270 % (dry root biomass); 1.12 - 90.64 % in fresh biomass yield; 5.88 – 100 % in dry biomass yield and 9.12 – 16.34 % in chlorophyll content in saline soil. Growth promotion of maize crop under salinity by *Bacillus* spp. with ACC deaminase activity.

Keywords: ACC deaminase, *Bacillus* spp., salinity, maize, development

I. INTRODUCCIÓN

En el mundo existen 4400 millones de hectáreas (ha) de suelo apto para la agricultura; sin embargo, el 19% correspondiente a 813 millones de ha, están afectadas por la salinidad (Hasanuzzaman et al., 2014), problemática que se acentúa en la zona costera, por la intrusión de agua salada, por efecto del cambio climático (Dasgupta et al., 2015). En la costa norte del Perú, la salinidad afecta el 40 % de la superficie del suelo cultivable, principalmente en Tumbes, Piura y Lambayeque (Soca et al., 2016).

La salinidad reduce el desarrollo de las plantas debido a la disminución del potencial osmótico del medio y como consecuencia de su potencial hídrico, con reducción de la absorción del agua por las raíces; a la toxicidad iónica asociada con la absorción excesiva de Na^+ y Cl^- y al desequilibrio nutricional (Rohman et al., 2019). La salinidad afecta el transporte de iones y agua, la fotosíntesis, la conductancia estomática, el ajuste osmótico, la síntesis de proteínas y ácidos nucleicos, la actividad enzimática y el balance hormonal y como consecuencia disminuye la altura, área foliar y biomasa (Martínez et al., 2011).

La salinidad impacta en forma significativa el crecimiento y rendimiento de *Zea mays* L. “maíz” considerado moderadamente sensible a la salinidad (Mosaad et al., 2019). La salinidad disminuye la tasa K^+ / Na^+ en los tallos y hojas, el tamaño de las hojas y raíces, los parámetros fotosintéticos (Hessini et al., 2019), el peso de la biomasa aérea y radicular (Ferreira et al., 2018) y el número y peso de granos, factores determinantes en el rendimiento, el cual también se reduce (Barnett et al., 2019) en 24 % (Huang et al., 2019) a 34% (Mosaad et al., 2019).

En el suelo rizosférico se encuentran las bacterias promotoras de crecimiento en plantas (Plant growth promoting rhizobacteria, PGPR), que mediante diversos mecanismos favorecen el desarrollo vegetal (Moreno et al., 2018) y entre éstas destacan las especies de *Bacillus* con actividad 1-aminociclopropano carboxilato desaminasa, ACC desaminasa, que disminuyen el estrés causado por la salinidad

(Ferreira et al., 2018). En el laboratorio de Investigación Biotecnología Microbiana se aislaron y seleccionaron *Bacillus* spp. con actividad ACC desaminasa y se determinó efecto promotor en el desarrollo de *Raphanus sativus* L. “rabanito” (García y Moreno, 2020); no obstante, no se ha investigado el efecto de estas bacterias en el desarrollo de cultivos agrícolas como *Z. mays* L. “maíz”.

Los resultados de la presente investigación validarán el uso de *Bacillus* spp. con actividad ACC desaminasa como biofertilizante en suelos con salinidad. Por tanto, se planteó la siguiente investigación cuyo problema fue: ¿Cuál es el efecto de la inoculación de *Bacillus* spp. con actividad ACC desaminasa en el desarrollo de *Zea mays* L. en suelos salino y no salino? La hipótesis fue: *Bacillus* spp. con actividad ACC desaminasa promueven el desarrollo de *Zea mays* L. en suelos salino y no salino.

El objetivo general de la investigación fue: Determinar el efecto de la inoculación de *Bacillus* spp. con actividad ACC desaminasa en el desarrollo de *Zea mays* L. en suelos salino y no salino. Los objetivos específicos fueron: Determinar el efecto de *Bacillus* spp. con actividad ACC desaminasa en la germinación de semillas de maíz bajo estrés salino, comparar el efecto de *Bacillus* spp. con actividad ACC desaminasa en el crecimiento y rendimiento de maíz y contenido de clorofila en suelos salino y no salino y determinar el contenido de cationes acumulados en las plantas con mayor rendimiento de biomasa aérea fresca y seca en el suelo salino.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

Las bacterias del género *Bacillus* con actividad ACC desaminasa favorecen el desarrollo de las plantas en suelos salinos y no salinos y se ha reportado efecto promotor de crecimiento en maíz (Ali et al., 2022; Misra y Chauhan, 2020; Ferreira et al., 2018; Faiza y Basharat, 2018; Zhou et al., 2017; Rojas et al., 2016; Chen et al., 2016), también en *Triticum aestivum* L. “trigo” (Farahat et al., 2020; Amna et al., 2019), *Solanum lycopersium* L. “tomate” (Aslam et al., 2018); *Capsicum annuum* L. “ají” (Wang et al., 2018) y *Vigna unguiculata* “frejol caupí” (Minaxi et al., 2012).

Ali et al. (2022) identificaron los mecanismos bioquímicos y fisiológicos mediante los cuales *B. mycoides* disminuye el estrés por salinidad en el maíz. A la bacteria se le determinaron las características que evidencian *in vitro* promoción de crecimiento vegetal y se inocularon en las semillas con 0, 300, 600 y 900 mM de NaCl. La bacteria produjo ácido indol acético, sideróforos y presentó actividad ACC desaminasa. Asimismo, incrementó la longitud de la raíz, altura, biomasa, clorofila, carotenoides y contenido relativo de agua. Por el contrario, disminuyó los marcadores del estrés oxidativo y reguló la expresión de las especies antioxidantes. Se demostró el efecto benéfico de *B. mycoides* en el maíz bajo salinidad.

Misra y Chauhan (2020) determinaron el efecto de *B. subtilis* 28B, *B. subtilis* 33N y *B. safensis* en el crecimiento de maíz. En condiciones *in vitro* se investigó la actividad ACC desaminasa, solubilización de fosfato, fijación de nitrógeno, producción de ácido indol acético, biopelícula y exopolisacáridos con 0,5 y 1 M NaCl. Las semillas se inocularon y se regaron con una solución 100 mM NaCl. Todas las bacterias presentaron las características fisiológicas investigadas *in vitro*. La salinidad impactó el crecimiento de maíz; sin embargo, las bacterias aumentaron la altura, longitud de raíz, número de hojas, biomasa, clorofila, carotenoides, azúcares solubles

y disminuyeron la prolina y el etileno. Se demostró la reducción del estrés salino en plantas de maíz por *Bacillus* spp.

Faiza y Basharat (2018) investigaron el efecto promotor de crecimiento de bacterias aisladas de *Suaeda fruticosa* (L.) Forssk. Se investigó la producción de auxinas, solubilización de fosfatos y actividad ACC desaminasa. Después de 14 días de crecimiento de las semillas inoculadas con las bacterias bajo 0, 200 y 400 mM de NaCl se determinaron los parámetros morfológicos y bioquímicos. Se identificaron nueve géneros de bacterias en la rizósfera y ocho en la filósfera. *B. megaterium* F58 produjo 20 - 48 $\mu\text{g mL}^{-1}$ de auxinas sin y con triptófano e incrementó en forma significativa (42 %) la biomasa fresca de las plantas de maíz desarrolladas con 200 - 400 mM NaCl. Se demostró la promoción de crecimiento de maíz bajo salinidad por *B. megaterium*.

Ferreira et al. (2018) determinaron la respuesta del maíz a la salinidad por efecto de la inoculación de *B. subtilis*. El ensayo se realizó con cuatro concentraciones de NaCl en el riego (0, 50, 100 y 200 mM), con y sin inoculación de *B. subtilis* en las semillas. Transcurridos 37 días se determinó el contenido de clorofila y a los 45 días la biomasa. La salinidad disminuyó la biomasa en las plantas con y sin *Bacillus* sp.; no obstante, la bacteria incrementó este parámetro en el suelo con y sin salinidad, así como también aumentó el contenido de clorofila en el suelo con salinidad. Se demostró la promoción del crecimiento de maíz y disminución de estrés salino por *B. subtilis*.

Chen et al. (2016) investigaron los mecanismos mediante los cuales *B. amyloliquefaciens* SQR9 induce tolerancia a las sales en maíz. Plántulas de 3 días se trasplantaron a medio Hoagland y después de 10 días se aplicaron los tratamientos: suspensión celular de SQR9 con 10^6 UFC mL^{-1} (T1), SQR9 inactivadas (T2), SQR9 más solución 100 mM NaCl (T3) y SQR9 inactivada con solución 100 mM NaCl (T4). A los 20 días SQR9 (T1) incrementó la biomasa aérea y radicular, el crecimiento de la raíz, contenido de clorofila, carotenoides y actividad catalasa y disminuyó (39 %) el Na^+ en las raíces y follaje. Los resultados evidenciaron la promoción del crecimiento de maíz bajo salinidad por *B. amyloliquefaciens*.

Minaxi et al. (2012) caracterizaron de *Bacillus* sp. RM-2 para determinar su potencial como bioinoculante. Se investigó la actividad *in vitro* y el efecto en el desarrollo de frejol caupí. La caracterización molecular confirmó la identificación de *Bacillus* sp. RM2, bacteria que solubilizó fosfato (175,3 ppm), produjo AIA ($39,47\mu\text{g mL}^{-1}$) y presentó actividad ACC desaminasa. *Bacillus* sp. RM2 aumentó el

área foliar (28,5 - 37,6 %), biomasa aérea (54,5- 82,2 %) y radicular (34-100 %), longitud de raíces (13,5 - 31,7 %), peso de los granos (14,9 %), así como también 2,17 % el contenido de fósforo y 39,5% el de nitrógeno en comparación con el testigo. Se demostró el potencial como inoculante de *Bacillus* sp. RM.2.

2.2 Base teórica

Los indicadores químicos utilizados para la caracterización y el diagnóstico de la salinidad son la conductividad eléctrica (CE), porcentaje de Na^+ intercambiable (PSI) y el pH. Con base a estos parámetros se consideran suelos salinos ($\text{CE} > 4 \text{ dSm}^{-1}$, $\text{PSI} < 15$, $\text{pH} < 8,5$) sódicos ($\text{CE} < 4 \text{ dSm}^{-1}$, $\text{PSI} > 15$, $\text{pH} > 8,5$) y salino-sódicos ($\text{CE} > 4$, $\text{PSI} > 15 \text{ dSm}^{-1}$, $\text{pH} < 8,5$). También existen otros indicadores auxiliares de la salinidad: Relación de adsorción de sodio (RAS), relación de sodio intercambiable (RSI), porcentaje de magnesio y conductividad hidráulica (Orozco et al., 2020; Rohman et al., 2019)

La salinidad afecta el crecimiento vegetal debido al estrés osmótico que reduce la absorción de agua por las raíces y por la excesiva acumulación de iones particularmente Na^+ y Cl^- que interfieren con varios procesos metabólicos. La salinidad al igual que la sequía, inducen el cierre de estomas, disminuye la asimilación de dióxido de carbono y se generan especies reactivas de oxígeno (ROS) como el singlete de oxígeno ($^1\text{O}_2$), aniones superóxido (O_2^-), peróxido de hidrógeno (H_2O_2), radicales perhidroxidos (HO_2) y radicales alcoxi (RO). En altas concentraciones las ROS dañan las proteínas, ADN, lípidos y carbohidratos, causando la muerte de las células (Rohman et al., 2019).

En condiciones abióticas desfavorables las plantas sintetizan altos niveles de etileno generándose el “estrés por etileno” que induce una muerte prematura; no obstante, éste puede ser disminuido por los microorganismos con actividad 1-aminociclopropano-1-carboxilato (ACC) desaminasa, que convierte el precursor (ácido 1-aminociclopropano carboxílico, ACC) del etileno en amonio y α cetobutirato (Glick, 2014). La actividad ACC desaminasa se ha demostrado en *B.licheniformis* (Sapsirisopa et al., 2009), *B. stratosphericus* y *B. aryabhatai* (Siddikee et al., 2010), *B. megaterium* (Aslam et al., 2018), *B. subtilis* (Ferreira et al., 2018) y *B. amyloliquefaciens* (Hye et al., 2019).

Las características que evidencian *in vitro* promoción del crecimiento de las plantas por *Bacillus* spp. son: producción de ácido indol acético y sideróforos, solubilización de fosfatos (Farahat et al., 2020), exopolisacáridos (Amna et al., 2019),

fijación de nitrógeno (Li et al., 2021; Rojas *et al.*, 2016), actividad ACC desaminasa y antifúngica (Minaxi, *et al.*, 2012) e inducción de resistencia sistémica (Egamberdieva et al., 2019).

En las plantas de maíz desarrolladas en suelos con salinidad *Bacillus* spp. incrementan los parámetros morfológicos así como también la clorofila, carotenoides, contenido relativo de agua azúcares solubles (Ali et al., 2022) actividad de las enzimas antioxidantes catalasa (CAT) y superóxido dismutasa (SOD), peroxidasa (POD), ascorbato peroxidasa (APX). Por el contrario, disminuyen el sodio acumulado (Chen et al., 2016), el etileno (Misra y Chauhan, 2020) y los marcadores del estrés oxidativo peróxido de hidrógeno y malondialdehído (Ali et al., 2022).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Materiales

3.1.1 Material biológico

Semillas de *Zea mays* L. “maíz”, tres bacterias del género *Bacillus* con actividad ACC desaminasa previamente aisladas de la rizósfera de *Prosopis limensis* Benth “algorrobo” y codificadas como *Bacillus* sp. 13, *Bacillus* sp. 21 y *Bacillus* sp. 31 (García y Moreno, 2020).

3.1.2 Población y muestra

La población y muestra de estudio no probabilística y por conveniencia en cada uno de los dos ensayos correspondieron a 30 plantas de maíz, distribuidas en cinco tratamientos y tres repeticiones.

3.2 Métodos

3.2.1 Variables

Variables independientes: Suelo (salino y no salino)

Bacillus spp. con actividad de la enzima ACC desaminasa (*Bacillus* sp. 13, *Bacillus* sp. 21 y *Bacillus* sp. 31).

Variable dependiente: Desarrollo vegetativo de maíz (Altura de planta, número de hojas, longitud y volumen de raíces.

Rendimiento de maíz (biomasa aérea fresca y seca).

3.2.2 Tipo de estudio y diseño de contrastación de hipótesis

La investigación fue explicativa y la hipótesis se contrastó con el diseño completamente aleatorio, DCA (Hernández et al., 2014). Se realizaron dos ensayos independientes en suelos salino y no salino, cada uno con cinco tratamientos,

correspondientes a un testigo sin *Bacillus* sp. (T1), Químico (T2), *Bacillus* sp. 13 (T3), *Bacillus* sp. 21 (T4) y *Bacillus* sp. 31 (T5). Las repeticiones fueron tres en cada tratamiento con 15 unidades experimentales en cada ensayo y dos plantas por unidad experimental. (Figura 1).

3.2.3 Efecto de *Bacillus* spp. con actividad ACC desaminasa en la germinación de semillas de maíz bajo estrés salino

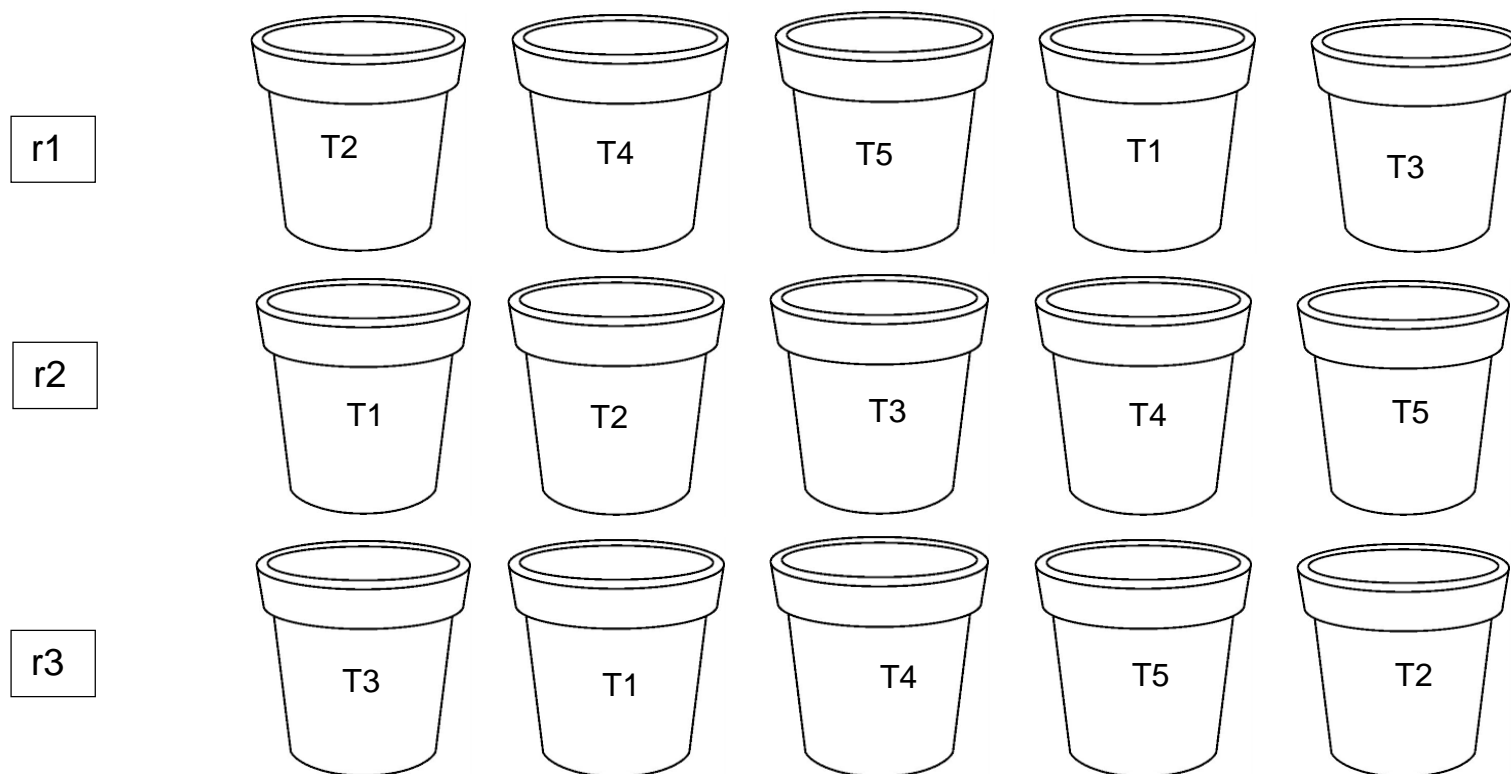
Se utilizaron semillas de maíz amarillo duro híbrido simple precoz ATL 200, con resistencia al acame, alta respuesta al estrés hídrico, estabilidad productiva y muy buen peso de 1000 granos (350 g). Este híbrido es de doble propósito, para granos y silos, excelente para labranza cero y convencional y performance para riego y secano (Casos y Santiago, 2013). A las semillas se les determinó el porcentaje de germinación hasta observar el máximo de 100% a los 7 días (Contreras y Carreño, 2018).

El inóculo fue obtenido con las bacterias cultivadas por dos veces consecutivas en 5 mL de medio mínimo DF (0,85 M NaCl y 3 mM de ACC), con agitación manual diaria por 5 minutos a las 6, 12, 18 y 24 horas. Después del segundo cultivo la biomasa bacteriana se concentró por centrifugación, se lavó tres veces consecutivas con una solución salina (0,85 M NaCl) y su concentración se estandarizó con la misma solución por turbidimetría a $1,5 \times 10^8$ cel mL⁻¹ (Ramírez, 2015).

Quince tecnopor (22 x 15 cm), se acondicionaron con papel filtro humedecido, tres de ellos con agua destilada (CE_e=0) y doce con una solución de 80 mM NaCl (CE_e=6,94 dSm⁻¹). La superficie de las semillas se esterilizó por inmersión en una solución de hipoclorito de sodio 5% (v/v) durante 5 minutos y enjuague con agua destilada por tres veces consecutivas (Rafiq et al., 2020). A continuación, las semillas se depositaron en vasos de precipitación conteniendo 50 mL del inóculo bacteriano, a 30°C durante 20 horas (Gutiérrez et al., 2022), considerando un control negativo con agua destilada esterilizada y después se depositaron por triplicado en los envases tecnopor (40 semillas por envase).

Figura 1

Diseño completamente aleatorio para investigar el efecto de Bacillus spp. con actividad ACC desaminasa en el desarrollo de Zea mays L.



T1: Testigo sin *Bacillus* spp.

T2: Testigo químico

T3: *Bacillus* sp. 13

T4: *Bacillus* sp. 21

T5: *Bacillus* sp. 31

Las semillas germinadas fueron las que presentaron la radícula emergida (2mm) y el porcentaje de germinación se determinó cada 24 horas (Amna et al., 2019):

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

3.2.4 Efecto de *Bacillus* spp. con actividad ACC desaminasa en el crecimiento y rendimiento de maíz en suelos salino y no salino

En dos ensayos en suelos salino y no salino respectivamente, se investigó el efecto de tres cultivos de *Bacillus* spp. en el desarrollo de maíz, bajo un diseño completamente aleatorio con cinco tratamientos: Testigo (T1), Químico (T2), *Bacillus* sp. 13 (T3), *Bacillus* sp. 21 (T4) y *Bacillus* sp. 31 (T5). En el distrito de San José se recolectaron 50 kg de suelo salino ($\text{CE}_e = 10,28 \text{ dSm}^{-1}$) y 50 kg de suelo no salino ($\text{CE}_e = 1,40 \text{ dSm}^{-1}$), cuya conductividad eléctrica (CE_e) se determinó en el laboratorio Agrícola Análisis de Suelos y Aguas (CYSAG) en Lambayeque.

El suelo se distribuyó en macetas de arcilla (3 kg por maceta) en cuya base previamente se depositaron 0,6 kg de grava. El ensayo se desarrolló entre octubre de 2019 a enero de 2020 en el invernadero de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, UNPRG, en Lambayeque, con temperaturas máxima (30°C), mínima (22°C) y media (27°C) según la Estación meteorológica de la UNPRG en Lambayeque.

El inóculo se obtuvo con las bacterias cultivadas en caldo mínimo DF (0,85 M NaCl y 3 mM ACC), a 30°C , por 24 horas por dos veces consecutivas. La biomasa se recuperó por centrifugación, se lavó con solución salina (0,85 M NaCl) y se resuspendió en la misma solución hasta alcanzar una absorbancia de 0,2 (espectrofotómetro de luz visible a 600 nm), equivalente a 10^7 UFC/mL (Amna et al., 2019). Las semillas de maíz se trataron por el método de “slurry” con $4,8 \text{ g kg}^{-1}$ del insecticida en polvo soluble Acephato O, S - dimethyl acetylphosphorothiolate (Orthene 75PS).

Transcurridas 24 horas del tratamiento de las semillas se mezclaron en el inóculo durante 3 horas y en el testigo las semillas fueron sumergidas en agua destilada. Las semillas inoculadas, se sembraron en el centro de las macetas (cuatro por maceta), con un distanciamiento de 1 cm entre semillas y una profundidad de 2cm. A los 10 días se eliminó las dos plántulas menos vigorosas, quedando dos por maceta. Las macetas se mantuvieron en condiciones de invernadero y regaron agua previamente declorada según los requerimientos.

a. Evaluaciones

A los 80 días después de la siembra de maíz se determinó el contenido relativo de clorofila en unidades SPAD utilizando un clorofilómetro (Minolta Spad 502) y la conversión a clorofila total se realizó según la ecuación (Jiang et al., 2017):

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

X= Unidades SPAD en el clorofilómetro

Durante 90 días, cada 10 días, se midió la altura de las plantas y se contó el número de hojas. En los tratamientos con más de 50% de floración femenina (100 a 108 días) se determinó la longitud de las raíces y el peso de la biomasa aérea y radicular fresca y deshidratada (60°C x 3 días), según Tchuisseu et al. (2020). Con los valores obtenidos en los parámetros del desarrollo se calcularon los porcentajes de incremento.

3.2.5 Análisis estadístico de los datos

Los valores registrados en el crecimiento (altura, número de hojas, longitud y volumen de raíces) y rendimiento (biomasa aérea fresca y seca) se analizaron para determinar la normalidad (Shapiro – Wilk) y homogeneidad de varianza (Bartlett). A continuación, se realizó el análisis de varianza y la prueba de comparaciones múltiples de Tukey para establecer las diferencias y la significancia entre los tratamientos respectivamente. Los programas utilizados fueron Microsoft Word y Excel versión 2016.

IV. RESULTADOS

4.1 Semillas de maíz germinadas bajo salinidad por efecto de *Bacillus* spp. con actividad ACC desaminasa, Lambayeque 2019

La germinación de las semillas de maíz bajo estrés salino ($CE_e = 6,94 \text{ dSm}^{-1}$) osciló entre 20,83 - 30,00 % cuando fueron inoculadas con *Bacillus* spp.; 3,33 – 5,0 % en el testigo NaCl y 20,83 – 25,83 % en el testigo agua destilada (Tabla 1). Los mayores valores en la germinación se alcanzaron con *Bacillus* sp. 21 a los 3 días (29,18 %), *Bacillus* sp. 31 a los 3 días (28,33 %), *Bacillus* sp.13 a los 9 días (30,00 %), testigo NaCl a los 6 días (5,0 %) y testigo agua destilada a los 12 días (25,83 %).

Tabla 1

Porcentaje de germinación de semillas de Zea mays L. inoculadas con Bacillus spp. bajo estrés salino, Lambayeque 2019

Tratamientos	Germinación							
	3 días		6 días		9 días		12 días	
	x	%	x	%	x	%	x	%
Testigo agua	8,33	20,83	9,67	24,18	8,33	20,83	10,33	25,83
Testigo NaCl	1,33	3,33	2,00	5,00	1,67	4,18	1,33	3,33
<i>Bacillus</i> sp. 13	8,67	21,68	9,00	22,50	12,00	30,00	9,00	22,50
<i>Bacillus</i> sp. 21	11,67	29,18	8,67	21,68	9,33	23,33	8,67	21,68
<i>Bacillus</i> sp. 31	11,33	28,33	9,00	22,50	8,67	21,68	8,33	20,83

4.2 Crecimiento y rendimiento de maíz por efecto de *Bacillus* spp. con actividad ACC desaminasa

Los valores de los parámetros de crecimiento (altura, número de hojas, longitud y biomasa de raíces) y rendimiento (biomasa aérea fresca y seca) de las plantas de maíz se incrementaron por efecto de la inoculación de *Bacillus* spp. en los suelos salino (Tabla 2, figuras 2 a 11) y no salino (Tabla 3, figuras 12 a 21). Los porcentajes de incremento de *Bacillus* spp. fueron mayores en el suelo salino en comparación con el suelo no salino (Figuras 22 a 26).

En el suelo salino *Bacillus* spp. alcanzaron incrementos de 1,10 - 61,05 % (altura); 6,67 - 125,71 % (número de hojas); 24,53 - 68,87 % (longitud de raíces); 150 - 270 % (biomasa radicular seca); 1,12 - 90,64 % en el rendimiento de biomasa fresca y 5,88 - 100,0 % en el rendimiento de biomasa seca (Figuras 22 a 26, anexo 1). En el suelo no salino *Bacillus* spp. alcanzaron incrementos de 4,35 - 53,72 % (altura); 3,45 - 90,24 % (número de hojas); 14,12 - 24,29 % (longitud de raíces); 39,47 - 84,21 % (biomasa radicular seca); 23,48 - 54,93 % en el rendimiento de biomasa fresca y 22,36 - 53,42 % en el rendimiento de biomasa seca (Figuras 22 a 26, anexo 2).

El análisis de los valores del rendimiento de follaje en el suelo salino expresado como biomasa fresca y seca demostró alta significancia y la prueba de comparaciones múltiples de Tukey estableció que el mayor rendimiento de biomasa aérea fresca y seca se alcanzó con *Bacillus* sp. 21, con diferencias, significativas, frente a los demás tratamientos (Tabla 4).

El análisis de varianza del rendimiento de follaje en el suelo no salino expresado como biomasa fresca y seca demostró alta significancia y la prueba de comparaciones múltiples de Tukey estableció que el mayor rendimiento de biomasa fresca se alcanzó con el tratamiento químico y en la biomasa seca con *Bacillus* sp. 21, *Bacillus* sp. 13 y el testigo químico con diferencias significativas frente a los demás tratamientos (Tabla 5).

Tabla 2

Parámetros del desarrollo de plantas de Zea mays L. inoculadas con Bacillus spp. en un suelo salino

Parámetros	Valores				
	Testigo	Químico	<i>Bacillus</i> sp. 13	<i>Bacillus</i> sp. 21	<i>Bacillus</i> sp. 31
Altura 10 días (cm)	7,00±0,89	8,33±0,82	8,50±0,84	8,33±0,52	8,83±0,41
Altura 20 días (cm)	15,17±0,75	15,33±0,82	17,33±1,03	16,67±1,03	16,50±1,38
Altura 30 días (cm)	17,50±0,84	18,67±0,52	21,17±0,75	22,33±0,82	22,17±0,98
Altura 40 días (cm)	19,50±0,84	22,50±1,97	26,50±0,55	27,17±0,75	28,67±0,52
Altura 50 días (cm)	21,83±1,17	25,33±0,82	28,83±1,47	32,83±0,98	32,50±1,76
Altura 60 días (cm)	28,83±0,75	29,67±0,52	32,83±0,98	37,33±1,03	35,17±0,98
Altura 70 días (cm)	31,67±1,37	39,50±0,84	40,17±0,75	51,00±1,26	37,33±0,82
Altura 80 días (cm)	38,67±0,82	39,50±0,84	46,50±0,84	49,17±0,41	41,17±1,30
Altura 90 días (cm)	40,50±0,84	43,83±1,60	57,67±1,03	58,00±0,63	47,17±0,98
Número de hojas (20 días)	2,50±0,55	2,67±1,03	2,83±0,41	2,67±0,52	2,67±0,52
Número de hojas (30 días)	4,83±0,41	5,83±0,41	5,33±0,52	7,33±0,52	5,83±0,75
Número de hojas (40 días)	5,17±0,41	9,33±0,52	10,17±0,75	8,83±0,75	8,83±0,75
Número de hojas (50 días)	5,83±0,41	11,83±0,75	13,17±0,75	11,00±1,10	11,50±1,22
Número de hojas (60 días)	11,17±1,33	13,83±0,98	15,17±0,75	13,83±1,17	15,17±1,17
Número de hojas (70 días)	13,00±1,10	16,00±1,10	17,50±1,38	16,00±0,63	17,17±1,47
Número de hojas (80 días)	15,00±0,63	20,83±0,98	21,00±0,89	20,83±1,47	23,07±0,89
Número de hojas (90 días)	15,67±0,82	24,00±0,63	24,17±0,75	24,00±0,89	24,33±0,52
Biomasa aérea fresca(g)	44,50±1,22	66,50±0,84	55,50±0,84	84,83±0,98	45,00±2,00
Biomasa aérea seca (g)	14,17±1,33	20,50±0,84	17,00±0,63	28,33±0,82	15,00±0,63
Longitud de raíces (cm)	17,67±1,03	29,50±0,84	25,17±0,98	29,83±0,41	22,00±0,89
Biomasa radicular fresca (g)	13,33±0,82	19,50±0,84	14,17±2,04	27,17±0,41	14,33±0,52
Biomasa radicular seca (g)	3,33±0,82	8,33±0,82	12,33±1,63	11,33±1,03	11,83±1,17

*Promedio de tres mediciones

Figura 2

Plántulas de Zea mays L. emergidas en suelo salino, 10 días después de la inoculación de Bacillus spp.

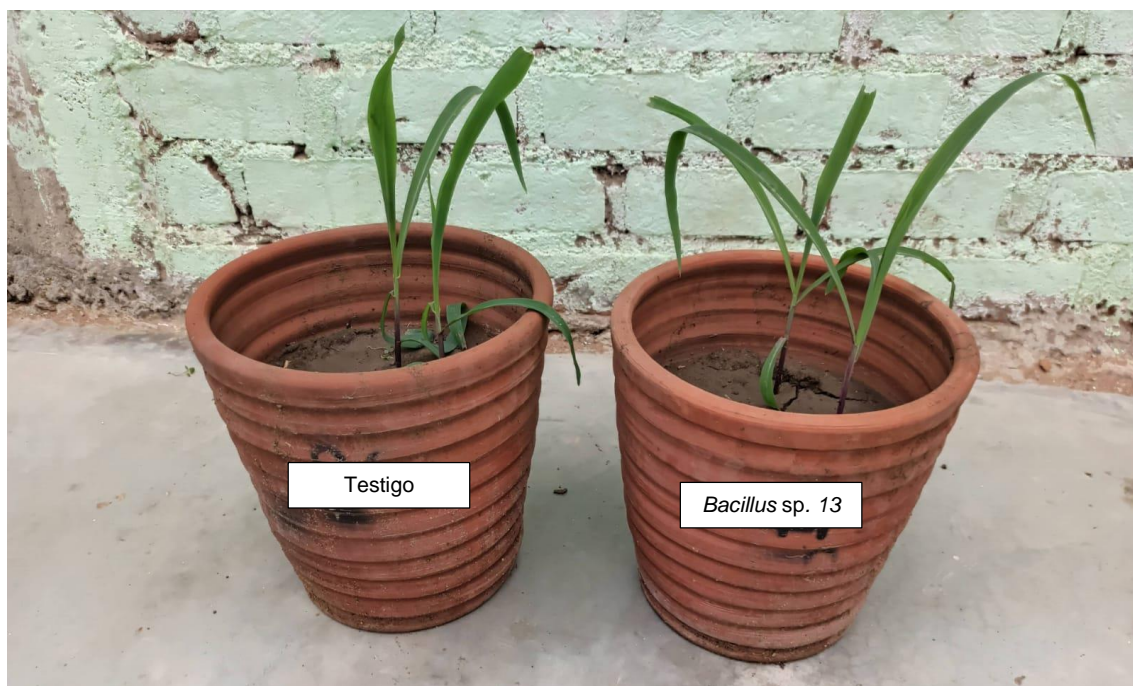
**Figura 3**

Plantas de Zea mays L., 10 días después de la inoculación de Bacillus sp. 31 en suelo salino.



Figura 4

Plantas de Zea mays L., 20 días después de la inoculación de Bacillus sp. 13 en suelo salino.

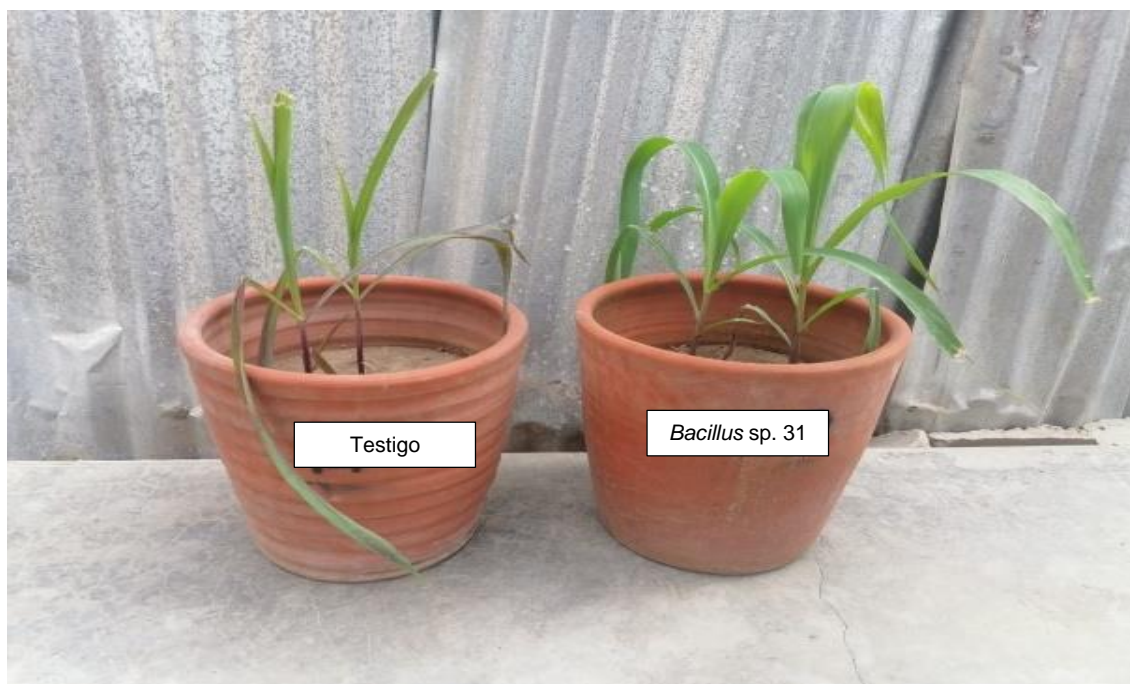
**Figura 5**

Plantas de Zea mays L., 30 días después de la inoculación de Bacillus sp. 21 en suelo salino.



Figura 6

Plantas de Zea mays L., 40 días después de la inoculación de Bacillus sp. 31 en suelo salino.

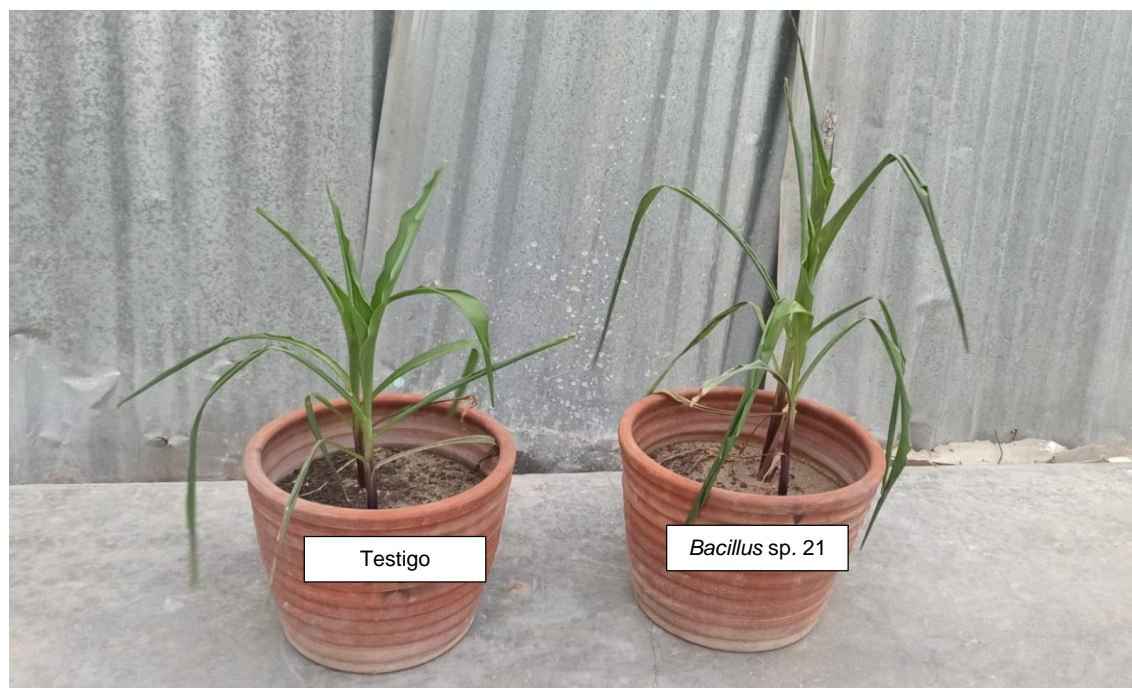
**Figura 7**

Plantas de Zea mays L., 50 días después de la inoculación de Bacillus sp. 21 en suelo salino.



Figura 8

Plantas de Zea mays L., 60 días después de la inoculación de Bacillus sp. 21 en suelo salino.

**Figura 9**

Plantas de Zea mays L., 70 días después de la inoculación de Bacillus sp. 21 en suelo salino.



Figura 10

Plantas de Zea mays L., 80 días después de la inoculación de Bacillus sp. 21 en suelo salino.

**Figura 11**

Plantas de Zea mays L., 90 días después de la inoculación de Bacillus sp. 21 en suelo salino.



Tabla 3

Parámetros del desarrollo de plantas de Zea mays L. inoculadas con Bacillus spp. en un suelo no salino

Parámetros	Valores				
	Testigo	Químico	<i>Bacillus</i> sp. 13	<i>Bacillus</i> sp. 21	<i>Bacillus</i> sp. 31
Altura 10 días (cm)	15,17±0,41	18,67±0,52	18,83±0,75	17,83±1,17	17,50±1,05
Altura 20 días (cm)	19,17±0,75	21,17±0,98	20,00±1,41	21,17±0,98	20,17±1,60
Altura 30 días (cm)	23,00±0,63	25,17±0,41	26,00±0,89	26,17±0,75	26,17±1,60
Altura 40 días (cm)	26,83±0,75	31,33±1,51	34,50±1,38	35,00±0,63	35,67±0,52
Altura 50 días (cm)	30,17±0,98	35,83±0,41	40,67±1,03	39,83±0,75	39,50±1,05
Altura 60 días (cm)	33,17±1,33	41,33±0,82	47,00±1,10	48,17±0,41	47,33±1,21
Altura 70 días (cm)	42,83±1,33	45,33±1,63	56,33±1,63	56,00±0,63	52,00±1,10
Altura 80 días (cm)	68,00±0,89	80,00±2,10	96,33±1,51	97,67±0,52	87,67±1,03
Altura 90 días (cm)	73,83±1,71	98,83±0,41	113,50±1,64	110,33±0,82	111,00±1,55
Número de hojas (10 días)	2,17±0,41	2,17±0,41	2,33±0,52	2,33±0,52	2,50±0,55
Número de hojas (20 días)	2,67±1,03	3,33±0,52	3,67±0,82	3,17±0,75	2,83±0,98
Número de hojas (30 días)	4,83±0,41	5,00±0,63	6,83±0,98	8,83±0,41	7,83±1,60
Número de hojas (40 días)	14,00±1,26	16,33±2,07	19,50±0,84	20,83±0,98	20,17±1,60
Número de hojas (50 días)	17,33±1,21	21,67±0,52	29,17±1,17	30,33±0,52	29,17±2,14
Número de hojas (60 días)	20,50±0,84	27,50±1,64	38,67±0,52	33,83±1,33	39,00±0,63
Número de hojas (70 días)	25,33±0,52	31,83±0,98	39,00±0,63	39,17±0,98	39,83±0,41
Número de hojas (80 días)	27,83±0,98	33,33±1,37	47,83±0,41	43,67±1,51	40,67±1,03
Número de hojas (90 días)	30,17±0,41	35,50±0,55	50,17±0,41	45,67±0,82	41,50±0,84
Biomasa aérea fresca(g)	79,50±0,84	123,17±0,41	99,67±1,37	119,00±1,67	98,17±0,41
Biomasa aérea seca (g)	26,83±0,75	41,00±1,55	32,83±1,17	41,17±0,41	39,83±0,41
Longitud de raíces (cm)	29,50±0,84	36,50±0,84	33,67±0,82	34,00±0,63	36,67±0,82
Biomasa radicular fresca (g)	30,67±1,03	41,67±0,82	34,83±0,75	41,33±1,03	39,17±0,41
Biomasa radicular seca (g)	6,33±0,52	8,83±0,41	8,83±0,41	11,67±0,82	9,17±0,98

*Promedio de tres mediciones

Figura 12

Plántulas de Zea mays L. emergidas en suelo no salino, 10 días después de la inoculación de Bacillus spp.

**Figura 13**

Plantas de Zea mays L., 10 días después de la inoculación de Bacillus sp. 13 en suelo no salino.



Figura 14

Plantas de Zea mays L., 20 días después de la inoculación de Bacillus sp. 21 en suelo no salino.

**Figura 15**

Plantas de Zea mays L., 30 días después de la inoculación de Bacillus sp. 31 en suelo no salino.



Figura 16

Plantas de Zea mays L., 40 días después de la inoculación de Bacillus sp. 31 en suelo no salino.

**Figura 17**

Plantas de Zea mays L., 50 días después de la inoculación de Bacillus sp. 13 en suelo no salino.



Figura 18

Plantas de Zea mays L., 60 días después de la inoculación de Bacillus sp. 21 en suelo no salino.

**Figura 19**

Plantas de Zea mays L., 70 días después de la inoculación de Bacillus sp. 13 en suelo no salino.



Figura 20

Plantas de Zea mays L., 80 días después de la inoculación de Bacillus sp. 13 en suelo no salino.

**Figura 21**

Plantas de Zea mays L., 90 días después de la inoculación de Bacillus sp. 13 en suelo no salino.



Figura 22

Incremento (%) en la altura de Zea mays L. en suelos salino y no salino 20 días (a), 30 días (b), 40 días (c) y 50 días (d) después de la inoculación de Bacillus spp. (T2= Químico, T3= Bacillus sp. 13, T4= Bacillus sp. 21, T5= Bacillus sp. 31).

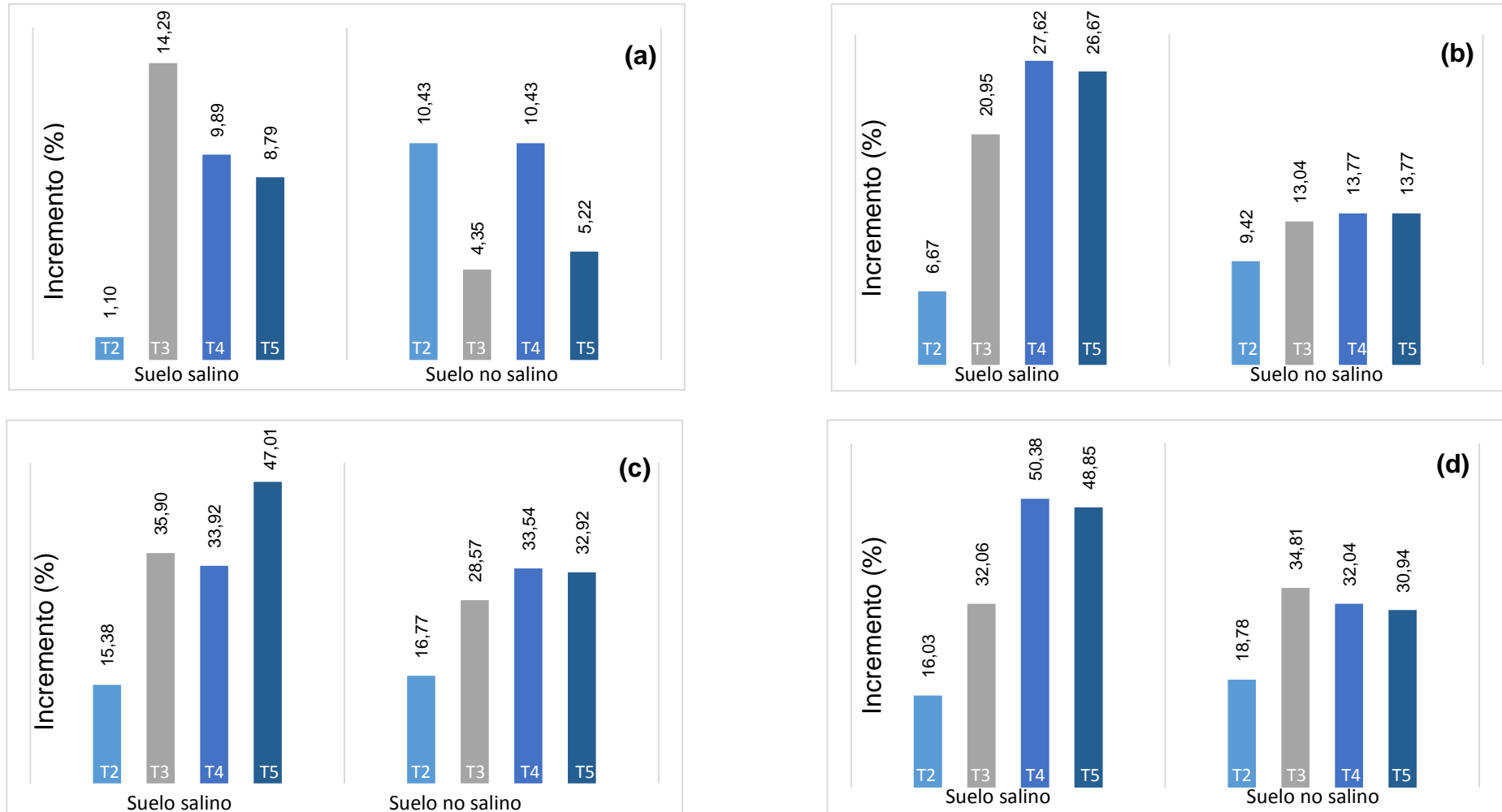


Figura 23

Incremento (%) en la altura de Zea mays L. en suelos salino y no salino 60 días (e), 70 días (f), 80 días (g) y 90 días (h) después de la inoculación de Bacillus spp. (T2= Químico, T3= Bacillus sp. 13, T4= Bacillus sp. 21, T5= Bacillus sp. 31).

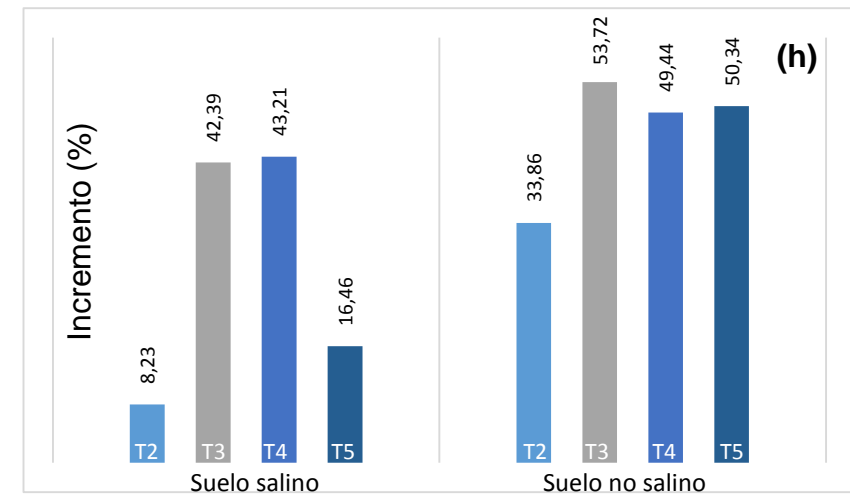
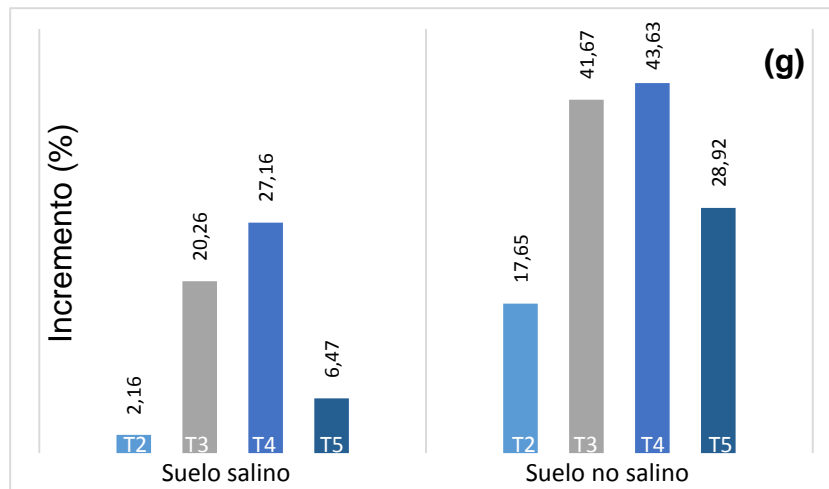
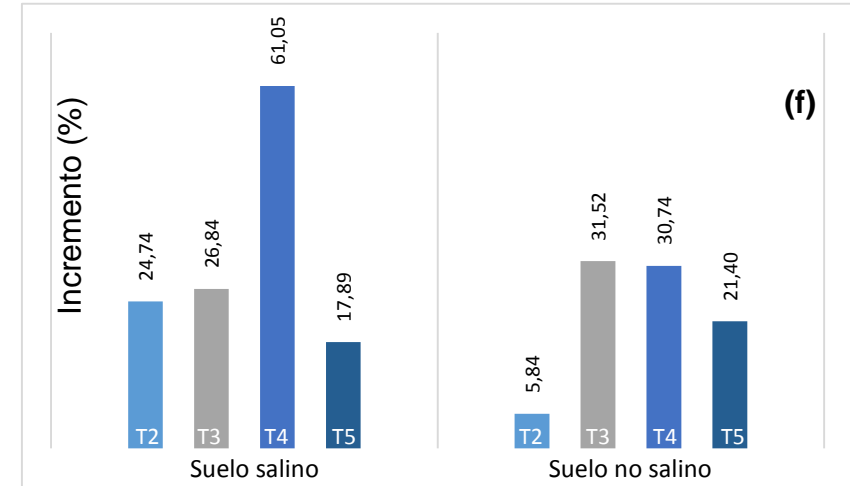
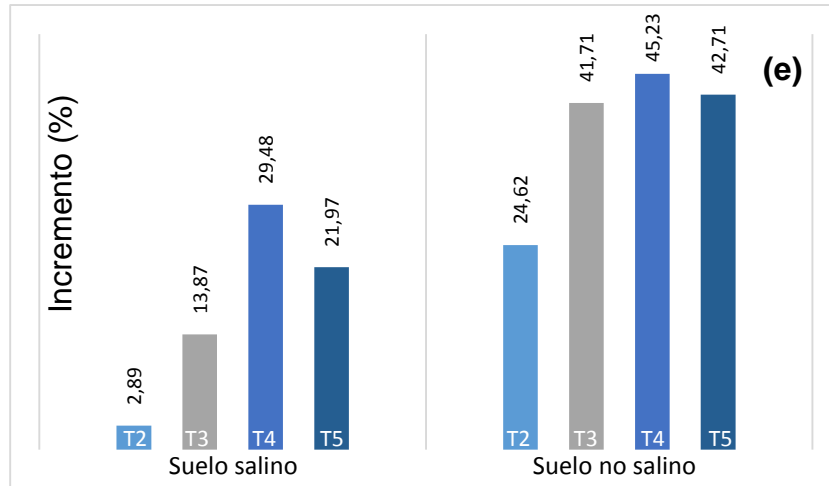


Figura 24

Incremento (%) en el número de hojas de Zea mays L. en suelos salino y no salino 20 días (a), 30 días (b), 40 días (c) y 50 días (d) después de la inoculación de Bacillus spp. (T2= Químico, T3= Bacillus sp. 13, T4= Bacillus sp. 21, T5= Bacillus sp. 31).

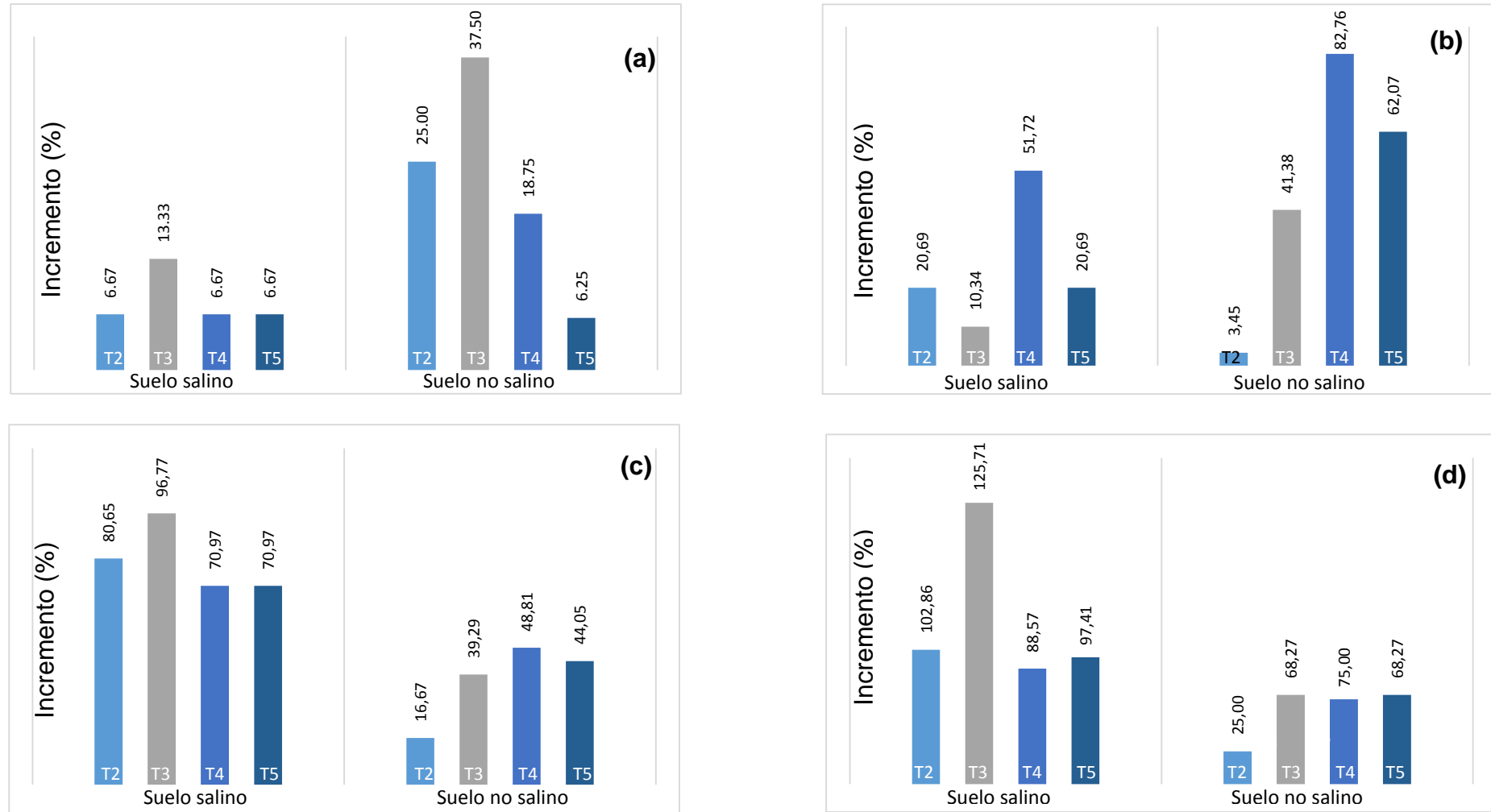


Figura 25

Incremento (%) en el número de hojas de Zea mays L. en suelos salino y no salino 60 días (e), 70 días (f), 80 días (g) y 90 días (h) después de la inoculación de Bacillus spp. (T2= Químico, T3= Bacillus sp. 13, T4= Bacillus sp. 21, T5= Bacillus sp. 31).

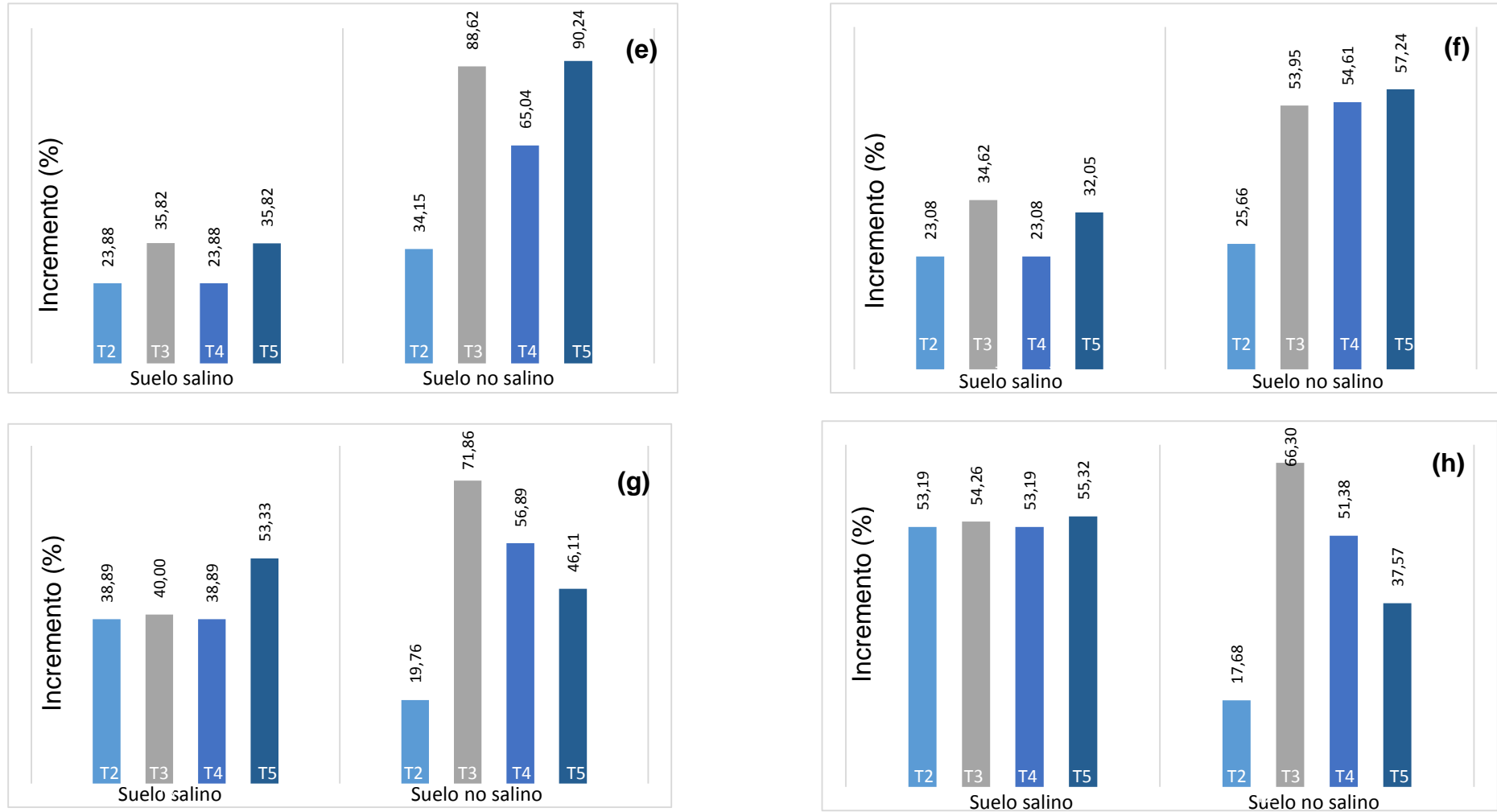


Figura 26

Incremento (%) en la biomasa aérea fresca (a), biomasa aérea seca (b), longitud de raíces (c) y biomasa radicular seca (d) de Zea mays L. en suelos salino y no salino después de la inoculación de Bacillus spp. (T2= Químico, T3= Bacillus sp. 13, T4= Bacillus sp. 21, T5= Bacillus sp. 31).

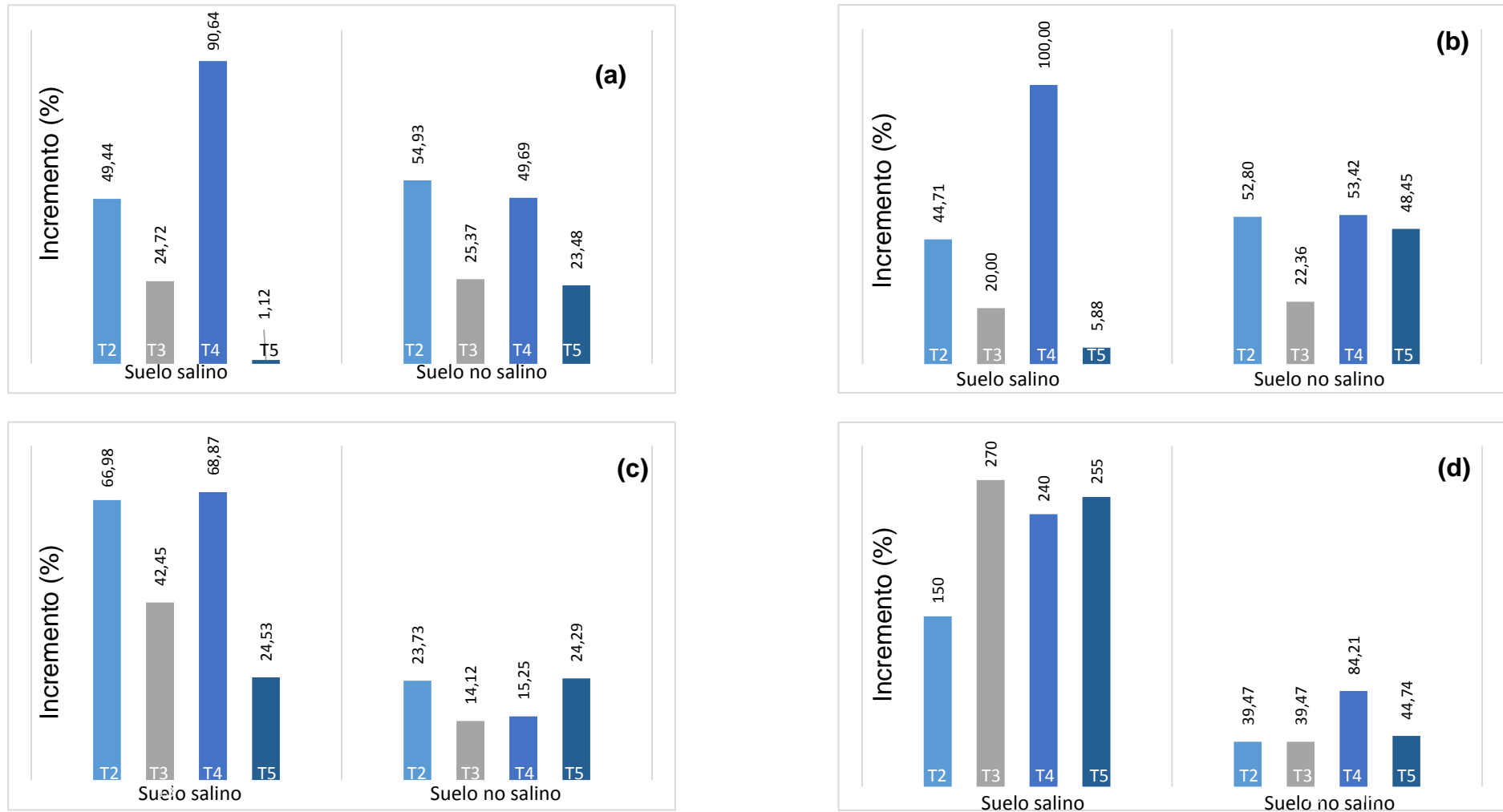


Tabla 4

Prueba de Tukey de los valores de los parámetros del desarrollo de plantas de Zea mays L. inoculadas con Bacillus spp. en un suelo salino ($CE_e = 10,28 \text{ dSm}^{-1}$)

Parámetros	Valores									
	Testigo		Químico		<i>Bacillus</i> sp. 13		<i>Bacillus</i> sp. 21		<i>Bacillus</i> sp. 31	
	\bar{X}	Sign.	\bar{X}	Sign	\bar{X}	Sign	\bar{X}	Sign	\bar{X}	Sign
Altura 10 días (cm)	7,00	b	8,33	a	8,50	a	8,33	a	8,83	a
Altura 20 días (cm)	15,17	b	15,33	b	17,33	a	16,67	a b	16,50	a b
Altura 30 días (cm)	17,50	b	18,67	b	21,17	a	22,33	a	22,17	a
Altura 40 días (cm)	19,50	d	22,50	c	26,50	b	27,17	a b	28,67	a
Altura 50 días (cm)	21,83	d	25,33	c	28,83	b	32,83	a	32,50	a
Altura 60 días (cm)	28,83	d	29,67	d	32,83	c	37,33	a	35,17	b
Altura 70 días (cm)	31,67	d	39,50	b	40,17	b	51,00	a	37,33	c
Altura 80 días (cm)	38,67	d	35,67	e	46,50	b	49,17	a	41,17	c
Altura 90 días (cm)	40,50	d	43,83	c	57,67	a	58,00	a	47,17	b
Número de hojas (20 días)	2,50		2,67		2,83		2,67		2,67	
Número de hojas (30 días)	4,83	c	5,83	b	5,33	b c	7,33	a	5,83	b
Número de hojas (40 días)	5,17	c	9,33	a b	10,17	a	8,83	b	8,83	b
Número de hojas (50 días)	6,00	c	11,83	a b	13,17	a	11,00	b	11,50	b
Número de hojas (60 días)	11,17	b	13,83	a	15,17	a	13,83	a	15,17	a
Número de hojas (70 días)	13,00	b	16,00	a	17,50	a	16,00	a	17,17	a
Número de hojas (80 días)	15,00	c	20,83	b	21,00	b	20,83	b	23,00	a
Número de hojas (90 días)	15,67	b	24,00	a	24,17	a	24,00	a	24,33	a
Biomasa aérea fresca(g)	44,50	d	66,50	b	55,50	c	84,83	a	45,00	d
Biomasa aérea seca (g)	14,17	d	20,50	b	17,00	c	28,33	a	15,00	d
Longitud de raíces (cm)	17,67	d	29,50	a	25,17	b	29,83	a	22,00	c
Biomasa radicular fresca (g)	13,33	c	19,50	b	14,17	c	27,17	a	14,33	c
Biomasa radicular seca (g)	3,33	c	8,33	b	12,33	a	11,33	a	11,83	a

Tabla 5

Prueba de Tukey de los valores de los parámetros del desarrollo de plantas de Zea mays L. inoculadas con Bacillus spp. en un suelo no salino (CEe= 1,40 dSm⁻¹)

Parámetros	Valores									
	Testigo		Químico		<i>Bacillus</i> sp.13		<i>Bacillus</i> sp. 21		<i>Bacillus</i> sp.31	
	\bar{X}	Sign.	\bar{X}	Sign.	\bar{X}	Sign.	\bar{X}	Sign.	\bar{X}	Sign.
Altura 10 días (cm)	15,17	b	18,67	a	18,83	a	17,83	a	17,50	a
Altura 20 días (cm)	19,17		21,17		20,00		21,17		20,17	
Altura 30 días (cm)	23,00	b	25,17	a	26,00	a	26,17	a	26,17	a
Altura 40 días (cm)	26,83	c	31,33	b	34,50	a	35,00	a	35,67	a
Altura 50 días (cm)	30,17	c	35,83	b	40,67	a	39,83	a	39,50	a
Altura 60 días (cm)	33,17	c	41,33	b	47,00	a	48,17	a	47,33	a
Altura 70 días (cm)	42,83	d	45,33	c	56,33	a	56,00	a	52,00	b
Altura 80 días (cm)	68,00	d	80,00	c	96,33	a	95,33	a	87,67	b
Altura 90 días (cm)	73,83	d	98,83	c	113,50	a	108,67	b	111,00	a b
Número de hojas (10 días)	2,17		2,33		2,33		2,33		2,50	
Número de hojas (20 días)	2,67		3,33		3,67		3,17		2,83	
Número de hojas (30 días)	4,83	c	5,00	c	6,83	b	8,83	a	7,83	a b
Número de hojas (40 días)	14,00	b	16,33	b	19,50	a	20,83	a	20,17	a
Número de hojas (50 días)	17,33	c	21,67	b	29,17	a	30,33	a	29,17	a
Número de hojas (60 días)	20,50	d	27,50	c	39,67	a	33,83	b	39,00	a
Número de hojas (70 días)	25,33	d	31,83	c	37,50	a b	39,17	a	35,67	b
Número de hojas (80 días)	27,83	e	33,33	d	48,00	a	43,67	b	39,83	c
Número de hojas (90 días)	30,17	e	35,50	d	50,17	a	45,67	b	40,50	c
Biomasa aérea fresca(g)	79,50	d	123,17	a	99,67	c	119,0	b	98,17	c
Biomasa aérea seca (g)	26,83	c	41,00	a	32,83	b	41,17	a	39,83	a
Longitud de raíces (cm)	29,50	c	36,50	a	33,67	b	34,00	b	36,67	a
Biomasa radicular fresca (g)	30,67	d	41,67	a	34,83	c	41,33	a	39,00	b
Biomasa radicular seca (g)	6,33	c	8,83	b	8,83	b	11,67	a	9,17	b

*Promedio de tres mediciones

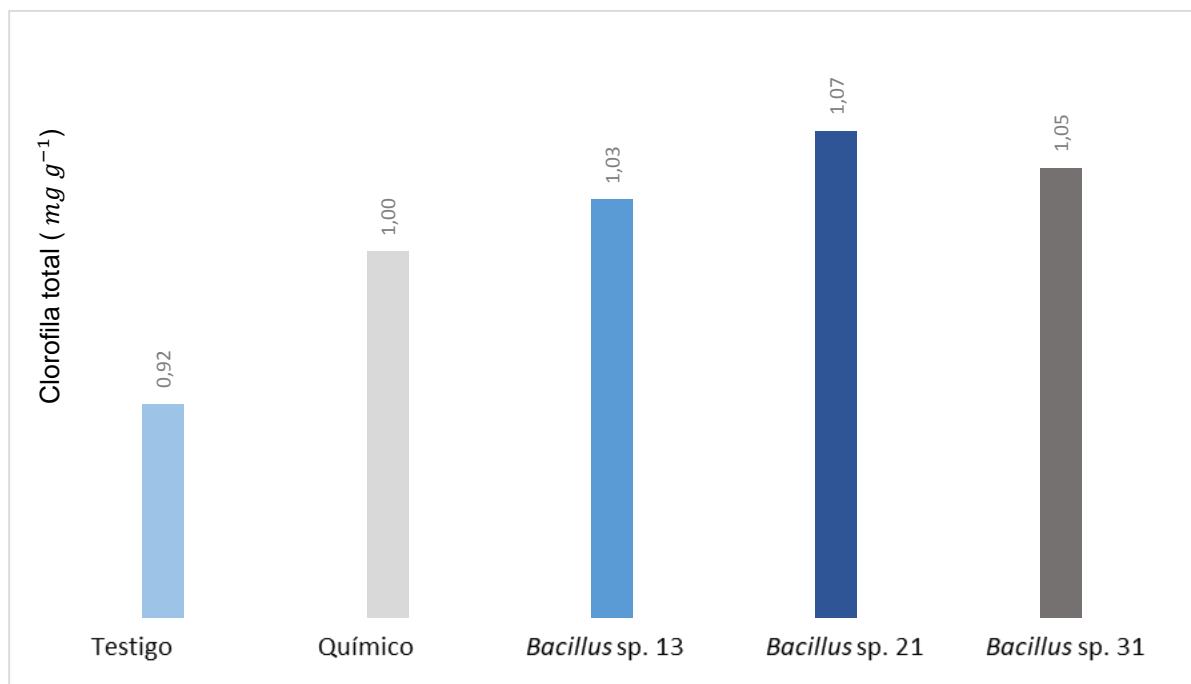
4.3 Contenido de clorofila y cationes acumulados en las plantas con el mayor rendimiento en el suelo salino

El contenido de clorofila foliar fue mayor en las hojas de plantas desarrolladas en el suelo no salino en comparación con el suelo salino. La inoculación de *Bacillus* spp. así como el tratamiento químico aumentaron la clorofila foliar, alcanzando los mayores valores con *Bacillus* sp. 21 en los suelos salino y no salino (Figuras 27, 28). El mayor incremento de 16,34 % en el contenido de clorofila se alcanzó con *Bacillus* sp. 13, en comparación con 9,12 % con el testigo químico en el suelo salino 13,93 y 2,63 % respectivamente con el suelo no salino (Figura 29).

Los valores del contenido de cationes K^+ y la tasa de K^+/Na^+ en hojas y raíces de maíz fueron mayores en el suelo no salino en comparación con el suelo salino. La inoculación de *Bacillus* sp. 21 incrementó el contenido de K^+ , disminuyó el Na^+ y aumentó la tasa K^+/Na^+ en las hojas y raíces en comparación con las plantas de suelo salino no inoculadas con las bacterias (Tabla 6).

Figura 27

Contenido promedio de clorofila foliar en plantas de *Zea mays* L. 80 días después de la inoculación con *Bacillus* spp., en un suelo salino.

**Figura 28**

Contenido promedio de clorofila foliar en plantas de *Zea mays* L. 80 días después de la inoculación con *Bacillus* spp., en un suelo no salino.

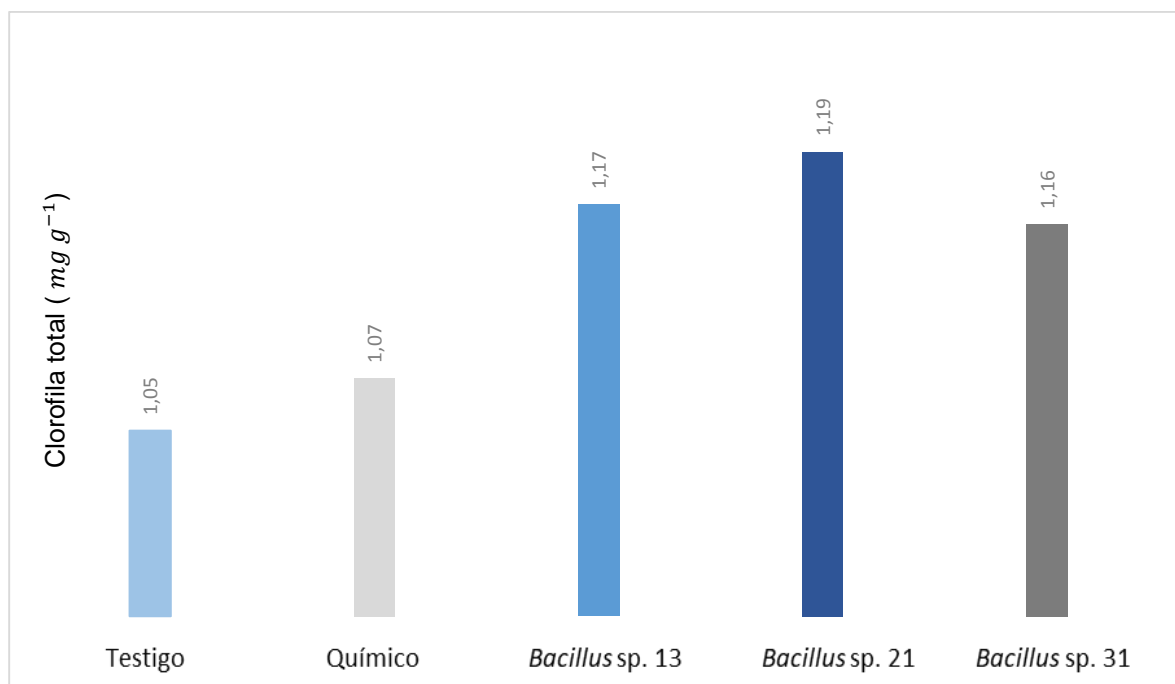
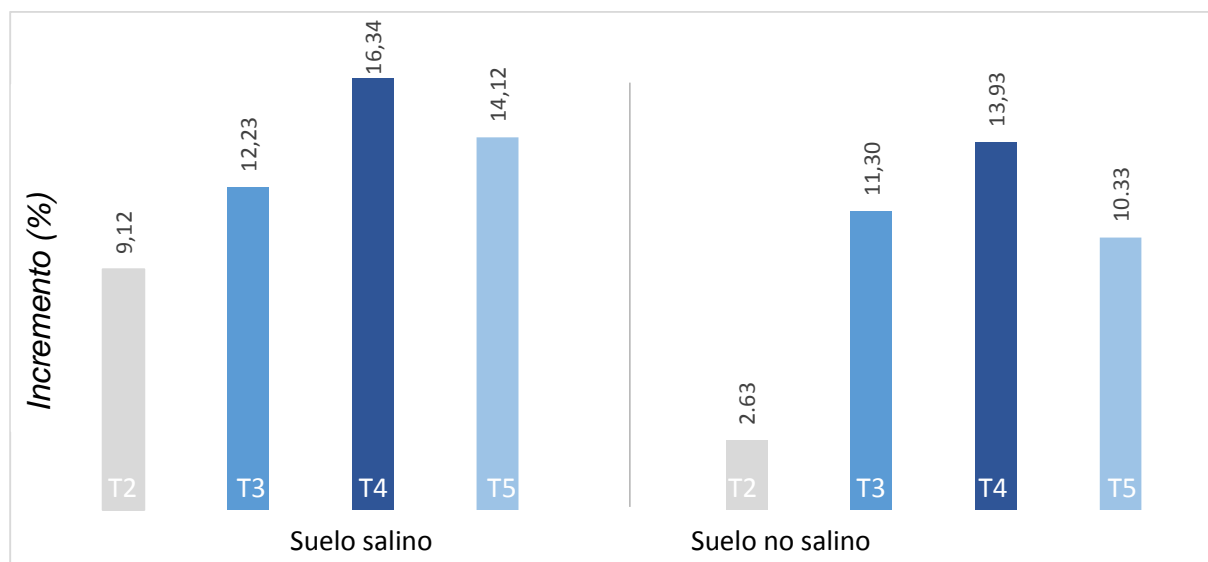


Figura 29

Incremento (%) en el contenido de clorofila de Zea mays L. en suelos no salino y salino 80 días después de la inoculación de Bacillus spp. (T2= Químico, T3= Bacillus sp. 13, T4= Bacillus sp. 21, T5= Bacillus sp. 31).

**Tabla 6**

Cationes acumulados en hojas y raíces de plantas de Zea mays L. inoculadas con Bacillus sp. 21 en un suelo salino

Tratamientos	Hojas (%)			Raíces (%)		
	K ⁺	Na ⁺	K ⁺ /Na ⁺	K ⁺	Na ⁺	K ⁺ /Na ⁺
Suelo no salino	3,30	0,26	12,69	2,11	3,37	0,62
Suelo salino	2,76	0,30	9,20	1,48	4,37	0,34
Suelo salino + <i>Bacillus</i> sp.21	2,98	0,26	11,46	1,50	3,46	0,43

V. DISCUSIÓN

La actividad de la enzima ACC desaminasa fue reportada previamente en *B. mycoides* (Ali et al., 2022), *B. pumilus* (Habib y Ahmend, 2022), *B. aryabhatai*, *B. altitudinis*, *B. cereus*, *B. paralicheniformis*, *B. flexus* (Dixit et al., 2020), *B. subtilis*, *B. safensis* (Misra y Chauhan, 2020), *B. siamensis*, *B. methylotrophicus* (Amna et al., 2019) y *B. marisflavi* (Faiza y Basharat, 2018).

La disminución en la germinación de las semillas de maíz bajo salinidad es explicada por la reducción en la eficiencia del uso de agua, elemento indispensable para el proceso (Li et al., 2021). La elevada concentración de sales restringe la disponibilidad de agua para las semillas y plántulas, altera la estructura de enzimas y macromoléculas, interrumpe el metabolismo proteico, la respiración y la fotosíntesis (Amma et al., 2019).

El incremento en la germinación de las semillas de maíz bajo salinidad por efecto de *Bacillus* spp. con actividad ACC desaminasa coincide con el reporte de Amna et al. (2019). El ACC exudado por las semillas bajo salinidad es hidrolizado por las bacterias hasta amonio y α cetobutirato, tal que se mantiene el equilibrio interno y externo en el nivel de este precursor y disminuye el estrés por etileno. Los investigadores inocularon *Bacillus* spp. con actividad ACC desaminasa en trigo bajo cuatro niveles de salinidad (0, 4, 8 y 16 dSm⁻¹) y determinaron que la germinación disminuyó conforme se incrementó la salinidad; no obstante, las bacterias aumentaron hasta 69,32 % la germinación en la mayor concentración de sales.

La promoción en la germinación de las semillas bajo salinidad por *Bacillus* spp. es atribuido a la actividad ACC desaminasa (Amna et al., 2019), pero también a los metabolitos bacterianos, como lo demostraron Yaghoubian et al. (2022). Estos investigadores observaron que el filtrado del medio cultivado con *Bacillus* spp. incrementó la germinación y el vigor de las semillas de maíz y disminuyó el tiempo requerido para la germinación, sugiriendo la presencia de componentes bacterianos como enzimas hidrolíticas y ácido indol acético. Li et al. (2021) concluyeron que

durante la germinación los microorganismos mejoran la eficiencia del uso de agua mediante la síntesis de reguladores osmóticos como la prolina y el mantenimiento de la integridad de la membrana celular evidenciada por la disminución del malondialdehído, un producto de la peroxidación de lípidos considerado uno de los más importantes indicadores del daño oxidativo causado por ROS en la membrana celular.

Amna et al. (2019) explicaron que los exopolisacáridos bacterianos son matrices poliméricas con 97% de agua que protegen a las semillas de la desecación durante la germinación. Por su parte, Bharathi et al. citados por Amma et al. (2019) concluyeron que los reguladores del crecimiento vegetal producidos por las bacterias favorecen la actividad de las enzimas como la α -amilasa y como consecuencia aumenta la asimilación del almidón que promueve una germinación temprana aún bajo condiciones desfavorables.

El efecto negativo de la salinidad observado en el crecimiento y rendimiento de las plantas de maíz coincide con los reportes de Ali et al. (2022), Yin et al. (2022), Yaghoubian et al. (2022), Upadhyay y Chauhan (2022), Li et al. (2021) y Misra y Chauhan (2020). La salinidad genera estrés osmótico con restricción de la absorción del agua, toxicidad iónica por acumulación de sodio y deficiencia la nutricional además del estrés oxidativo (Egamberdieva et al., 2019)

La sobrevivencia de las plantas bajo salinidad requiere superar dos tipos de estrés: osmótico e iónico. El primero ocasiona la deshidratación y acumulación de sales alrededor de las raíces de las plantas y el estrés iónico es consecuencia de la acumulación excesiva de sodio en las hojas y como consecuencia la salida de potasio. El estrés salino también favorece la producción de especies reactivas de oxígeno (ROS). La salinidad así como también la sequía, la inundación, metales pesados favorecen la producción de especies reactivas de oxígeno (ROS) que causan daño al ADN.

En las plantas de maíz desarrolladas bajo salinidad se observa disminución de la germinación (Yaghoubian et al., 2022), altura, número de hojas, longitud de la raíz (Misra y Chauhan, 2020), peso de la biomasa fresca y seca aérea y radicular (Rafiq et al., 2020), aérea foliar superficial (Ali et al., 2022), nitrógeno, fósforo y potasio (Upadhyay y Chauhan, 2022).

La salinidad afecta los parámetros bioquímicos contenido de prolina (aumento), clorofila total, carotenoides y azúcares solubles (disminución) y aumenta el

malondialdehído o marcador de la peroxidación de lípidos (Rafiq et al., 2020), así como también la actividad de las enzimas antioxidantes superóxido dismutasa (SOD), peroxidasa (POD), ascorbato peroxidasa (POX), catalasa (CAT) y polifenol oxidasa (PPO). Asimismo, se incrementa el etileno y la actividad de las enzimas de su vía de biosíntesis como son la ACC sintasa (ACS), que convierte el S-adenosil-1-metionina (SAM) en el precursor ACC y la ACC oxidasa (ACO) que transforma el ACC en etileno (Li et al., 2021; Misra y Chauhan, 2020).

El impacto de la salinidad en las plantas de maíz disminuyó con la inoculación de *Bacillus* spp. con actividad ACC desaminasa, coincidiendo con los reportes de Ali et al. (2022) y Misra y Chauhan (2020), quienes también observaron aumento en la altura, número de hojas, peso de la biomasa aérea, longitud de raíz y contenido de clorofila. La enzima ACC desaminasa hidroliza el precursor (ACC) del etileno hasta α cetobutirato y amonio que son metabolizados por las bacterias como fuentes de carbono y nitrógeno y por tanto el “estrés por etileno” y se promueve el crecimiento vegetal (Egamberdieva et al., 2019).

Misra y Chauhan (2020) demostraron que en plantas de maíz bajo salinidad (100 mM NaCl) aumentó en forma significativa la actividad de las enzimas ACC sintasa y ACC oxidasa y sus respectivos productos ACC y etileno. Por el contrario, en las plantas inoculadas con *Bacillus* spp. con actividad ACC desaminasa disminuyó en forma significativa la actividad de la ACC oxidasa y el contenido de etileno, pero aumentó la actividad de la ACC sintasa y el ACC. De esta manera, se evidenció la producción sostenida de ACC por actividad enzimática, pero este precursor no fue convertido en etileno por la ACC oxidasa sino fue metabolizado por las bacterias como fuente de nitrógeno.

Además de la disminución del etileno en las plantas inoculadas con rizobacterias con actividad desaminasa bajo salinidad, también se observa reducción de los marcadores del estrés oxidativo: peróxido de hidrógeno y malondialdehído y aumento de la actividad de enzimas antioxidantes POD, POX, SOD (Faiza y Basharat, 2018), carotenoides (Amna et al., 2019), contenido relativo de agua, flavonoides, azúcares solubles, proteínas, osmoprotectores (aminoácidos libres, glicina betaína, prolina) y el radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH) como medida de la actividad antioxidante no enzimática (Ali et al., 2022).

La disminución del contenido de clorofila en las plantas de maíz desarrolladas con salinidad y el aumento del pigmento fotosintético por efecto de *Bacillus* spp.

coincide con Ali et al. (2022) quienes registraron incremento del contenido total de clorofila en plantas de maíz inoculadas con *B. mycoides* (ACC desaminasa positivo) bajo estrés salino, con valores de 29,62 mg/g (300 mM NaCl); 25,90 mg/g (600 mM) y 22.53 mg/g (900 mM NaCl) en comparación con los testigos no inoculados (18,98; 16,48 y 13,01 mg/g respectivamente).

Dixit et al. (2020) inocularon bacterias con actividad ACC desaminasa en suelos con un rango de pH de 8 a >10 y determinaron aumento de la clorofila, carotenoides, azúcares solubles y contenido relativo de agua, todos relacionados con la capacidad fotosintética. Por su parte Wang et al. (2018) informaron del incremento de 44,5 % en el contenido de clorofila de plántulas de *Capsicum annuum* L. "ají" inoculadas con *B. subtilis* con actividad ACC desaminasa y desarrolladas con riego de una solución 60 mM NaCl.

Al respecto, Rafiq et al. (2020) concluyeron que el contenido de clorofila es un indicador indirecto de la tolerancia de las plantas a la salinidad. Bajo condiciones normales este pigmento se mantiene por el equilibrio entre la síntesis y la degradación; no obstante, la clorofila se reduce por la disminución gradual de la actividad de la enzima ribulosa 1, 5-bifosfato carboxilasa (Rubisco) debido a la desnaturalización de las proteínas. Como consecuencia, se reduce la fijación de dióxido de carbono y la biomasa vegetal.

La salinidad aumentó el sodio y disminuyó el potasio en las hojas y raíces de las plantas de maíz desarrolladas bajo salinidad y como consecuencia disminuyó la tasa K^+/Na^+ . Por el contrario con *Bacillus* spp. el sodio disminuyó y el potasio aumentó y por tanto aumentó la tasa K^+/Na^+ , resultados que son similares a los obtenidos por Tchuisseu et al. (2020) en cuatro variedades de maíz desarrolladas en un suelo con una CE de 12 dSm⁻¹. La explicación radica en que la absorción de Na^+ inhibe la absorción de los cationes esenciales K^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+} así como también interfiere con la adquisición y utilización del nitrógeno y fósforo (Pan et al., 2019).

El aumento del sodio y disminución del potasio en las hojas y en las raíces de las plantas de maíz desarrolladas bajo salinidad coincide con el reporte de Tchuisseu et al. (2020), quienes determinaron rangos de disminución de la tasa K^+/Na^+ de 123 – 150 a 5,3- 8,5 en las hojas y 7,7 – 9,2 a 0,7 – 0,9 en las raíces. Los investigadores reportaron también que con la inoculación de *Bacillus* spp. la concentración de sodio disminuyó y por el contrario la del potasio aumentó, tal que la

tasa de K^+/Na^+ aumentó en rangos de 0,9 – 1,5 a 2,2 – 2,6 en las hojas y 0,4 – 0,6 a 0,7 – 1,2 en las raíces.

La promoción de crecimiento de las plantas bajo salinidad por las rizobacterias se atribuye a la actividad ACC desaminasa (Amna et al., 2019), pero también a otros mecanismos como la producción de ácido indol acético, sideróforos, solubilización de fosfatos (Farahat et al., 2020), exopolisacáridos (Amna et al., 2019) y fijación de nitrógeno (Li et al., 2021).

Egamberdieva et al. (2019), concluyeron que las rizobacterias disminuyen el estrés por salinidad en las plantas debido a la enzima ACC desaminasa, reguladores de crecimiento (auxinas, giberelinas, citoquininas), metabolitos secundarios (exopolisacáridos), osmolitos (prolina, trelalina, glicina, betaína), regulación de los sistemas de defensa vegetal y activación del sistema enzimático antioxidativo que controla la producción de especies reactivas de oxígeno ROS (POD, SOD, CAT, nitrato reductasa, NR, glutatión reductasa, GR). Ali et al (2022) demostraron que conforme se incrementó la salinidad (0 a 900 Mm NaCl) también aumentó la actividad ACC desaminasa, producción de ácido indol acético, sideróforos y exopolisacáridos por *B. mycoides*.

En este contexto, se hipotetiza que los diversos mecanismos de las PGPR como *Bacillus* spp. disminuyen el estrés por salinidad en los cultivos agrícolas (Farahat et al., 2020); no obstante, la actividad de la enzima ACC desaminasa es una característica deseable para microorganismos que son utilizados como inoculantes en suelos salinos (Orozco et al., 2020). Asimismo, la formación de esporas y resistencia a la sequía inducida por la salinidad son características de *Bacillus* spp. deseables para la promoción de crecimiento vegetal bajo estrés salino (Azeem et al., 2022; Farahat et al., 2020.)

VI. CONCLUSIONES

- 6.1** *Bacillus* spp. con actividad ACC desaminasa incrementaron la germinación de las semillas de maíz bajo estrés salino, alcanzando el valor máximo (29,18 %) a los 3 días con *Bacillus* sp. 21 en comparación con 5 % en el testigo NaCl a los 6 días y 25,83 % en el testigo agua destilada a los 12 días.
- 6.2** *Bacillus* spp. con actividad ACC desaminasa incrementaron los parámetros de crecimiento y rendimiento de las plantas de maíz en suelos salino y no salino, alcanzando porcentaje de incremento de 1,10 – 61,05 (altura); 6,67 - 125,71 % (número de hojas); 24,53 - 68,87 % (longitud de raíces); 150 - 270 % (biomasa radicular seca); 1,12 - 90,64 % en el rendimiento de biomasa fresca y 5,88 - 100 % en el rendimiento de biomasa seca en el suelo salino.
- 6.3** *Bacillus* spp. incrementaron el contenido de clorofila alcanzándose los mayores valores de 16,34 % el suelo salino y 13,93 % en el suelo no salino. Asimismo, incrementaron el K⁺, disminuyeron el Na⁺ y aumentaron la tasa K⁺ / Na⁺ en las plantas de maíz desarrolladas en el suelo salino.

VII. RECOMENDACIONES

- Comparar la actividad de las enzimas antioxidantes en las plantas inoculadas con *Bacillus* sp. 13, *Bacillus* sp. 21 y *Bacillus* sp. 31 en suelos salino y no salino.
- Comparar el efecto de *Bacillus* sp. 13, *Bacillus* sp. 21 y *Bacillus* sp. 31 en el rendimiento de maíz desarrollado en suelos salino y no salino a nivel de campo comercial.
- Determinar la cinética de la población de *Bacillus* sp. 13, *Bacillus* sp. 21 y *Bacillus* sp. 31 en la rizósfera en los diferentes estados de crecimiento del maíz.

VIII. REFERENCIAS

- Ali, B., Wang, X., Saleem, M.H., Azeem, M., Afridi, M., Nadeem, M., Ghazal, M., Batool, T., Qayyum, A., Alatawi., y Ali, S. (2022). *Bacillus mycoides* PM35 reinforces photosynthetic efficiency, antioxidant defense, expression of stress-responsive genes, and ameliorates the effects of salinity Stress in maize. *Life* 12, 219. <https://doi.org/10.3390/life12020219>
- 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>
- Aslam, H., Ahmad, S., Anjum, T., y Akram, W. (2018). Native halotolerant plant growth promoting bacteria strains con ameliorate salinity on tomato plant under field conditions. *International Journal of Agriculture & Biology*, 20, 315- 322. [10.17957/IJAB/15.0491](https://doi.org/10.17957/IJAB/15.0491)
- Azeem, M., Haider, M., Javed, S., Saleem, M., y Alatawi, A. (2022). Drought stress amelioration in maize (*Zea mays* L.) by inoculation of *Bacillus* spp. Strains under sterile soil conditions. *Agriculture*, 12(1), 50. <https://doi.org/10.3390/agriculture12010050>
- Barnett, K., Hassett, I., Platt, E., Laiveling, A., y Bradford, E. (2019). The impact of soil salinity on maize agriculture: An experimental archaeology approach. *North American Archaeologist*, 40(1), 36-48. doi:10.1177/0197693119840086
- Casos, I., y Santiago, P. (2013). *Potencial promotor del crecimiento de plantas de las especies de Azospirillum aisladas de raíces de malezas asociadas a Zea mays L. “maíz” en Lambayeque, 2013* [tesis de pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Perú].

- Chen, L., Liu, Y., Wu, G., Veronican, K., Shen, Q., Zhang, N., y Zhang, R. (2016). Induced maize salt tolerance by rhizosphere inoculation of *Bacillus amyloliquefaciens* SQR9. *Physiologia Plantarum*, 158(1), 34-44. doi:10.1111/ppl.12441
- Contreras, H., y Carreño, C. (2018). Eficiencia de la biodegradación de hidrocarburos de petróleo por hongos filamentosos aislados de suelo contaminado. *Revista Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería*, 1(1), 27-33. doi.org/10.25127/ucni.v1i1.269.
- Dasgupta, S., Hossain, M., Hug, M., y Wheeler, D. (2015). Cambio climático y salinidad del suelo: el caso de la costa de Bangladesh. *Ambio*, 44(8), 815-826. doi:10.1007/s13280-015-0681-5.
- Dixit, V., Misra, S., Mishra, S., Tewari, S., Joshi, N., y Chauhan, P. (2020). Characterization of plant growth-promoting alkalotolerant *Alcaligenes* and *Bacillus* strains for mitigating the alkaline stress in *Zea mays*. *Antonie Van Leeuwenhoek*, 113(7), 889-905. https://doi.org/10.1007/s10482-020-01399-1
- Egamberdieva, D., Wirth, S., Bellingrath-Kimura S, Mishra, J., y Arora, N. (2019). Salt-tolerant plant growth promoting rhizobacteria for enhancing crop productivity of saline soils. *Front. Microbiol.* 10:2791. doi: 10.3389/fmicb.2019.02791
- Faiza, A., y Basharat, A. (2018). Halotolerant bacterial diversity associated with *Suaeda fruticosa* (L.) Forssk. improved growth of maize under salinity stress. *Agronomy*, 8, 131. doi:10.3390/agronomy8080131
- Farahat, M., Mahmoud, M., Youseif, S., Saleh, S., y Kamel, Z. (2020). Alleviation of salinity stress in wheat by ACC deaminase-producing *Bacillus aryabhattai* EWR29 with multifarious plant growth-promoting attributes. *Plant Archives*, 20(1), 417-429.
- Ferreira, N., Mazzuchelli, R., Pacheco, A., Araujo, F., Antunes, J., y Araujo. (2018). *Bacillus subtilis* improves maize tolerance to salinity. *Ciencia Rural*, 48(8). doi.org/10.1590/0103-8478cr20170910
- García, D., y Moreno, K. (2020) *Evaluación del potencial con promotoras de crecimiento con plantas bajo estrés salino de Bacillus spp. con actividad ACC desaminasa* [tesis de pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Perú].
- Glick, B. (2014). Bacteria with ACC deaminase can promote plant growth and help to feed the world. *Microbiological Research*, 169(1), 30-39. doi.org/10.1016/j.micres.2013.09.009

- Gutiérrez, A., Estrada, A., Miceli, C., y López, M. (2022). Effects of *Bacillus subtilis* strains GBO3 AND IN937b on the growth of corn (*Zea mays* L.). *Polibotánica*, 53, 211-218. doi:10.18387/polibotanica.53.14
- Habib, S., y Ahmed, A. (2022). Expression profiling of stress protectants in *Zea mays* L. plants treated with *Bacillus pumilus*: surfactant-producing bioeffector. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 1-12. <https://doi.org/10.1007/s13762-022-04089-9>
- Hasanuzzaman, M., Nahar, K., Alam, M., Bhowmik, P., Hossain, M., Rahman, M., Vara, M., Ozturck, M., y Fujita, M. (2014). Potential use of halophytes to remediate saline soils. *BioMed Research International*, 2014, 1-12. doi: 10.1155/2014/589341
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6ta ed.). México: Mc Graw, Hill Interamericana Editores S.A.
- Hessini, K., Issaoui, K., Ferchichi, S., Saif, T., Abdely, C., Siddique, K., y Cruz, C. (2019). Interactive effects of salinity and nitrogen forms on plant growth, photosynthesis and osmotic adjustment in maize. *Plant Physiology and Biochemistry*, 139, 171-178. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2019.03.005>
- Huang, M., Zhang, Z., Sheng, Z., Zhu, C., Zhai, Y., Lu, P., y Brinkman, D. (2019). Soil salinity and maize growth under cycle irrigation in coastal soils. *Agronomy Journal*, 111(5), 2276-2286. doi:10.2134/agronj2018.10.0684
- Hye, M., Danish, S., Abbas, M., Ahmad, M., y Munir, T. (2019). ACC deaminase producing PGPR *Bacillus amyloliquefaciens* and *Agrobacterium fabrum* along with biochar improve wheat productivity under drought stress. *Agronomy*, 9(7), 343-358. <https://www.mdpi.com/2073-4395/9/7/343>
- Jiang, C., Johkan, M., Tsukagoshi, S., y Mauro, 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>
- Li, H., Yue, H., Li, L., Liu, Y., Zhang, H., Wang, J., y Jiang, X. (2021). Seed biostimulant *Bacillus* sp. MGW9 improves the salt tolerance of maize during seed germination. *AMB Express*, 11(74), 1-15. <https://doi.org/10.1186/s13568-021-01237-1>

- Martínez, N., López, C. V., Basurto, M., y Pérez, R. (2011). Efectos por salinidad en el desarrollo vegetativo. *Tecnociencia*, 5, 156-161. <https://pdfs.semanticscholar.org/7a2a/cf172e5062659852712957b4e0cc8abf9b27.pdf>
- Minaxi, L., Yadav, R., y Saxena, J. (2012). Characterization of multifaceted *Bacillus* sp. RM-2 for its use as plant growth promoting bioinoculant for crops grown in semi arid deserts. *Applied Soil Ecology*, 59, 124-135. doi.org/10.1016/j.apsoil.2011.08.001
- Misra, S., y Chauhan, P. (2020). ACC deaminase-producing rhizosphere competent *Bacillus* spp. mitigate salt stress and promote *Zea mays* growth by modulating ethylene metabolism. *3 Biotech*, 10(3), 1-14. <https://doi.org/10.1007/s13205-020-2104-y>
- Moreno, A., García, V., Reyes, J., Vásquez, J., y Cano, P. (2018). Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal: una alternativa de biofertilización para la agricultura sustentables. *Revista Colombiana de Biotecnología*, XX (1), 68-83. <http://dx.doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v20n1.73707>.
- Mosaad, I., Serag, A., Moustafa, M., y Seada, A. (2019). Effect of exogenous proline application on maize yield and the optimum rate of mineral nitrogen under salinity stress. *Journal of Plant Nutrition*, 2020, 1-17. doi.org/10.1080/01904167.2019.1676901
- Orozco, M., Glick, B., y Santoyo, G. (2020). ACC deaminase in plant growth-promoting bacteria (PGPB): an efficient mechanism to counter salt stress in crops. *Microbiological Research*, 235, 126439. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2020.126439>
- Pan, J., Peng, F., Xue, X., You, Q., Zhang, W., Wang, T., y Huang, C. (2019). The growth promotion of two salt-tolerant plant groups with PGPR inoculation: a meta-analysis. *Sustainability*, 11(2), 378. [doi:10.3390/su11020378](https://doi.org/10.3390/su11020378)
- Ramírez, J. (2015). *Caracterización de bacterias con actividad de ACC desaminasa, como promotoras del crecimiento en Lactuca sativa L. (Lechuga) bajo estrés salino* [tesis de pregrado, Universidad de Guadalajara, México].
- Rafiq, K., Akram, M., Shahid, M., Qaisar, U., y Rashid, N. (2020). Enhancement of salt tolerance in maize (*Zea mays* L.) using locally isolated *Bacillus* sp. SR-2-1/1. *Biologia* 75(9), 1425–1436. <https://doi.org/10.2478/s11756-020-00435-9>.

- Rohman, M., Islam, M., Naznin, T., Omy, S., Begum, S., Alam, S., Amiruzzaman, M., y Hasanuzzaman, M. (2019). Maize production under salinity and drought conditions: Oxidative stress regulation by antioxidant defense and glyoxalase systems. *In Plant Abiotic Stress Tolerance* 1-34. doi.org/10.1007/978-3-030-06118-0_1
- Rojas, M., Tejera, B., Bosh, D., Ríos, Y., Rodríguez, J., y Heydrich, M. (2016). Potentialities of *Bacillus* strains for promoting growth in maize (*Zea mays* L.). *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 50(3), 485-496. <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193049037016.pdf>
- Sapsirisopa, S., Chookietwattana, K., Maneewan, K., y Khaengkhan, P. (2009). Effect of salt-tolerant *Bacillus* inoculum on rice KDML 105 cultivated in saline soil. *Asian Journal of Food and Agro-Industry*, 2009,69-74. <http://www.thaiscience.info/journals/Article/AFAI/10850182.pdf>
- Siddikee, M., Chauhan, P., Anandham, R., Han, G., y Sa, T. (2010). Isolation, characterization, and use for plant growth promotion under salt stress, of ACC deaminase-producing halotolerant bacteria derived from coastal soil. *Journal Microbiology and Biotechnology*, 20(11), 1577-1584. doi: 10.4014/jmb.1007.07011
- Soca, R., Rojas, J., Willems, L., Ocola, C., Fernández, R., y Pérez, I. (2016). Identificación de las tierras degradadas por la salinidad del suelo en los cultivos de cañas de azúcar mediante imágenes satélite. *Revista de Investigación de Física*, 19 (1), 1-8. htedu.pe/handle/cybertesis/5968
- Tchusieu, V., Berger, B., Patz, S., Becker, M., Turečková, V., Novák, O., Tarkowska, D., Henri, F., y Ruppel, S. (2020). The response of maize to inoculation with *Arthrobacter* sp. and *Bacillus* sp. in phosphorus-deficient, salinity-affected soil. *Microorganisms*, 8(7), 1005. doi:10.3390/microorganisms8071005
- Upadhyay, S., y Chauhan, P. (2022). Optimization of eco-friendly amendments as sustainable asset for salt-tolerant plant growth-promoting bacteria mediated maize (*Zea Mays* L.) plant growth, Na uptake reduction and saline soil restoration. *Environmental Research*, 211, 113081. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113081>

- Wang, W., Wu, Z., He, Y., Huang, Y., Li, X. y Ye, B. (2018). Plant growth promotion and alleviation of salinity stress in *Capsicum annuum* L. by *Bacillus* isolated from saline soil in Xinjiang. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 164, 520-529. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.08.070>
- Yaghoubian, I., Msimbira, L. y Smith, D. (2022). Cell-Free Supernatant of *Bacillus strains* (CFS) can improve seed vigor index of corn under salinity stress. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 92. doi: 10.3389/fsufs.2022.857643
- Yin, Z., Wang, X., Hu, Y., Zhang, J., Li, H., Cui, Y., Zhao, D., Dong, X., Zhang, X., Liu, K., Du, B., Ding, Y., y Wang, C. (2022). *Metabacillus dongyingensis* sp. nov. is represented by the plant growth-promoting *Bacterium* BY2G20 isolated from saline-alkaline soil and enhances the growth of *Zea mays* L. under salt stress. *Msystems*, 7(2), e01426-21. <https://journals.asm.org/journal/msystems>, 190.119.124.121.
- Zhou, N., Zhao. S y Tian, C. (2017). Effect of halotolerant rhizobacteria isolated from halophytes on the growth of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) under salt stress. *FEMS Microbiology Letters* 364(11). 10.1093/femsle/fnx09

ANEXO 1

Porcentaje de incremento en los parámetros del desarrollo de *Zea mays* L. en suelo salino por efecto de *Bacillus* spp. y un testigo químico

Parámetros	IE (%)			
	Testigo químico	<i>Bacillus</i> sp. 13	<i>Bacillus</i> sp. 21	<i>Bacillus</i> sp. 31
Altura 10 días	19,05	21,43	19,05	26,19
Altura 20 días	1,10	14,29	9,89	8,79
Altura 30 días	6,67	20,95	27,62	26,67
Altura 40 días	15,38	35,90	39,32	47,01
Altura 50 días	16,03	32,06	50,38	48,85
Altura 60 días	2,89	13,87	29,48	21,97
Altura 70 días	24,74	26,84	61,05	17,89
Altura 80 días	2,16	20,26	27,16	6,47
Altura 90 días	8,23	42,39	43,21	16,46
Número de hojas (10 días)	-	-	-	-
Número de hojas (20 días)	6,67	13,33	6,67	6,67
Número de hojas (30 días)	20,69	10,34	51,72	20,69
Número de hojas (40 días)	80,65	96,77	70,97	70,97
Número de hojas (50 días)	102,86	125,71	88,57	97,41
Número de hojas (60 días)	23,88	35,82	23,88	35,82
Número de hojas (70 días)	23,08	34,62	23,08	32,05
Número de hojas (80 días)	38,89	40,00	38,89	53,33
Número de hojas (90 días)	53,19	54,26	53,19	55,32
Biomasa aérea fresca	49,44	24,72	90,64	1,12
Biomasa aérea seca	44,71	20,00	100,00	5,88
Longitud de raíces	66,98	42,45	68,87	24,53
Biomasa radicular fresca	46,25	6,25	103,75	7,50
Biomasa radicular seca	150,00	270,00	240,00	255,00

*Promedio de tres mediciones

ANEXO 2

Porcentaje de incremento en los parámetros del desarrollo de *Zea mays* L. en suelo no salino por efecto de *Bacillus* spp. y un testigo químico

Parámetros	IE (%)			
	Testigo químico	<i>Bacillus</i> sp. 13	<i>Bacillus</i> sp. 21	<i>Bacillus</i> sp. 31
Altura 10 días	23,08	24,18	17,58	15,38
Altura 20 días	10,43	4,35	10,43	5,22
Altura 30 días	9,42	13,04	13,77	13,77
Altura 40 días	16,77	28,57	30,43	32,92
Altura 50 días	18,78	34,81	32,04	30,94
Altura 60 días	24,62	41,71	45,23	42,71
Altura 70 días	5,84	31,52	30,74	21,40
Altura 80 días	17,65	41,67	43,63	28,92
Altura 90 días	33,86	53,72	49,44	50,34
Número de hojas (10 días)	-	7,69	7,69	15,38
Número de hojas (20 días)	25,00	37,50	18,75	6,25
Número de hojas (30 días)	3,45	41,38	82,76	62,07
Número de hojas (40 días)	16,67	39,29	48,81	44,05
Número de hojas (50 días)	25,00	68,27	75,00	68,27
Número de hojas (60 días)	34,15	88,62	65,04	90,24
Número de hojas (70 días)	25,66	53,95	54,61	57,24
Número de hojas (80 días)	19,76	71,86	56,89	46,11
Número de hojas (90 días)	17,68	66,30	51,38	37,57
Biomasa aérea fresca	54,93	25,37	49,69	23,48
Biomasa aérea seca	52,80	22,36	53,42	48,45
Longitud de raíces	23,73	14,12	15,25	24,29
Biomasa radicular fresca	35,87	13,59	34,78	27,72
Biomasa radicular seca	39,47	39,47	84,21	44,74

*Promedio de tres mediciones)

ANEXO 3

Análisis físico - químico del suelo salino procedente del distrito de Lambayeque, 2019



RUC : 20561187488
E-MAIL : cysagperu@hotmail.com
RPM : #941882746
DIRECCIÓN : Km 1.5, Carretera a Pimentel
Mz L, lote 7, P.J. Miguel Grau

INFORME DE LABORATORIO CYSAG N°337-2021

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



ANEXO 4

Análisis físico - químico del suelo no salino procedente del distrito de Lambayeque, 2019



RUC : 20561187488
E-MAIL : cysagperu@hotmail.com
RPM : #941882746
DIRECCIÓN : Km 1.5, Carretera a Pimentel
Mz L, lote 7, P.J. Miguel Grau

INFORME DE LABORATORIO CYSAG N°223-2021

Solicitud de análisis N° : 223
Solicitante : SHIRLEY ELIANA CÁRDENAS GASTELO
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
CAMPO DE ARROZ (POZAS DE OXIDACIÓN)	1.40	0.68





UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUÍZ GALLO

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



ACTA DE SUSTENTACIÓN

ACTA DE SUSTENTACION VIRTUAL N° 012-2022-FCCBB-UI

Siendo las 9:00 horas del día 03 de junio de 2022, se reunieron vía plataforma virtual: meet.google.com/vqf-awvt-tjc los Miembros del Jurado evaluador de la tesis titulada **“Desarrollo de *Zea mays* L. por efecto de la inoculación de *Bacillus* spp. con actividad ACC desaminasa en suelos salinos y no salinos”**, designados por Resolución 014-2020-UI-FCCBB de fecha 11 de febrero de 2020, con la finalidad de evaluar y calificar la sustentación de la tesis antes mencionada, conformada por los siguientes docentes:

Dra. Gianina Llontop Barandiarán Presidenta
MSc. Josefa Ecurra Puicón Secretaria
Dr. Gilberto Chávez Santa Cruz Vocal
Dra. Carmen Rosa Carreño Farfán Asesora

Acto de sustentación fue autorizado por Resolución N°118-2022-VIRTUAL-FCCBB/D, de fecha 31 de mayo de 2022.

La Tesis fue presentada y sustentada por los **Bachilleres SHIRLEY ELIANA CÁRDENAS GASTELO y RONI MONTEZA FERNÁNDEZ** 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 **(MUY BUENO) (18.97)** en la escala vigesimal.

Por lo que queda **APTOS** para obtener el título profesional de Licenciado (a) 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 10:40 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 Barandiarán
Presidenta

MSc. Josefa Ecurra Puicón
Secretaria

Dr. Gilberto Chávez Santa Cruz
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 ___Shirley Eliana Cárdenas Gastelo y ___ Roni Monteza Fernández: _____de la tesis titulada___ Desarrollo de *Zea mays* L. por efecto de la inoculación de *Bacillus* spp. con actividad ACC desaminasa en suelos salinos y no salinos , luego de la revisión exhaustiva del documento constato que la misma tiene un índice de similitud de ___11 % verificable en el reporte de similitud del programa Turnitin con identificador N° 1843357512.

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, _24 de mayo de 2022



Apellidos y nombres: Carmen Rosa Carreño Farfán

DNI:16494424
ASESOR

Desarrollo de Zea mays L. por efecto de la inoculación de Bacillus spp. con actividad ACC desaminasa en suelos salinos y no salinos

INFORME DE ORIGINALIDAD

11%	11%	4%	2%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	3%
2	www.biorxiv.org Fuente de Internet	1%
3	1library.co Fuente de Internet	1%
4	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.utc.edu.ec Fuente de Internet	1%
6	digibug.ugr.es Fuente de Internet	1%
7	cienciasagricolas.inifap.gob.mx Fuente de Internet	<1%
8	tesis.ipn.mx Fuente de Internet	<1%

9	cicnetwork.es Fuente de Internet	<1 %
10	www.bioRxiv.org Fuente de Internet	<1 %
11	editorial.agrosavia.co Fuente de Internet	<1 %
12	eltallerdelarte.com Fuente de Internet	<1 %
13	Submitted to Universidad de Costa Rica Trabajo del estudiante	<1 %
14	doczz.net Fuente de Internet	<1 %
15	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
16	scholar.sun.ac.za Fuente de Internet	<1 %
17	Submitted to Instituto Superior de Artes, Ciencias y Comunicación IACC Trabajo del estudiante	<1 %
18	bdigital.unal.edu.co Fuente de Internet	<1 %
19	es.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
20	smb.org.mx	

Fuente de Internet

<1 %

21

www.mag.go.cr

Fuente de Internet

<1 %

22

www.tandfonline.com

Fuente de Internet

<1 %

23

Repositorio.unal.edu.co

Fuente de Internet

<1 %

24

idoc.pub

Fuente de Internet

<1 %

25

www.scielo.org.mx

Fuente de Internet

<1 %

26

www.ub.edu.ar

Fuente de Internet

<1 %

27

Sudhir K. Upadhyay, Prabhat K. Chauhan.
"Optimization of eco-friendly amendments as sustainable asset for salt-tolerant plant growth-promoting bacteria mediated maize (Zea Mays L.) plant growth, Na uptake reduction and saline soil restoration",
Environmental Research, 2022

Publicación

<1 %

28

cia.uagraria.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

29

livros01.livrosgratis.com.br

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas Activo

Excluir bibliografía Activo

Excluir coincidencias < 15 words




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: Shirley Eliana Cárdenas Gastelo Roni Monteza Fernández
Título del ejercicio: TESIS PREGRADO
Título de la entrega: Desarrollo de *Zea mays* L. por efecto de la inoculación de *Ba...*
Nombre del archivo: yo_20_tesis_Cardenas_Gastelo_Shirley-_Monteza_18.05.2022_...
Tamaño del archivo: 4.73M
Total páginas: 50
Total de palabras: 9,518
Total de caracteres: 50,332
Fecha de entrega: 24-may.-2022 11:32a. m. (UTC-0500)
Identificador de la entre... 1843357512



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE
MICROBIOLOGÍA Y PARASITOLOGÍA



**Desarrollo de *Zea mays* L. por efecto de la
inoculación de *Bacillus* spp. con actividad ACC
desaminasa en suelos salinos y no salinos**

TESIS

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

PRESENTADA POR:

Bach. Shirley Eliana Cárdenas Gastelo
Bach. Roni Monteza Fernández

LAMBAYEQUE, PERÚ
2022