



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Revisión sistemática: Bacterias halófilas que contribuyen al desarrollo
de cultivos en suelos salinos a nivel mundial

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

AUTORES:

Cabanillas Vera, Flor de María (ORCID: 0000-0002-5161-0437)

Dejo Bustamante William Sebastian (ORCID: 0000-0002-7644-9635)

ASESOR:

Mg. Alcides Garzón Flores (ORCID: 0000-0002-0218-8743)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y gestión de los recursos naturales

CHICLAYO – PERÚ

2020

Dedicatoria

A mi mamá por brindarme la oportunidad de seguir una carrera profesional y mi familia por los ánimos, la motivación y fuerza dada por ellos para salir adelante en el desarrollo de mi trabajo de investigación

Flor de María

Esta revisión sistemática va dedicada a todos mis familiares y conocidos que me incentivaron a seguir adelante en el transcurso de mi carrera.

William Sebastian

Agradecimiento

A Dios por darme la oportunidad de seguir mis sueños y a mi asesor Mg. Alcides Garzón Flores por su conocimiento, experiencia y orientación que me permitió culminar mi trabajo de investigación

Flor de María

Gracias a mi asesor, el Mg. Alcides Garzón Flores, por brindar orientación y comentarios a lo largo de este proyecto. Gracias también a mis padres, por el apoyo moral y económico cuando más lo necesitaba.

William Sebastian

Índice de contenidos

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras.....	vi
Resumen	vii
Abstrac.....	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. MÉTODO.....	13
3.1 Tipo y diseño de investigación	13
3.2 Categorías, subcategorías y matriz de categorización apriorística	14
3.3 Escenario de estudio	15
3.4 Participantes	16
3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	17
3.6 Procedimientos.....	19
3.7 Rigor científico	21
3.8 Métodos de análisis de la información.....	22
3.9 Aspectos éticos.....	23
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	24
V. CONCLUSIONES	42
VI. RECOMENDACIONES.....	43
REFERENCIAS.....	44
ANEXOS	61

Índice de tablas

Tabla 1. <i>Categorías, subcategorías y matriz de categorización apriorística.</i>	14
Tabla 2. <i>Lista de Bases de datos</i>	16
Tabla 3. <i>Instrumento de recolección de datos</i>	18
Tabla 4. <i>Identificación de bacterias halófilas</i>	24
Tabla 5. <i>Identificación de bacterias halófilas.</i>	25
Tabla 6. <i>Bacterias de la inoculación por consorcio bacteriano en semillas</i>	26
Tabla 7. <i>Bacterias de la inoculación por consorcio bacteriano en plántulas.</i>	26

Índice de figuras

<i>Figura 1.</i> Flujograma de procesos para la elaboración de una revisión sistemática	20
<i>Figura 2.</i> Concentración de NaCl(mM) en la inoculación de bacterias halófilas en semillas.....	27
<i>Figura 3.</i> Concentración de NaCl(mM) en la inoculación de bacterias halófilas en plántulas.....	28
<i>Figura 4.</i> Rango del número de estudios seleccionados porpaís sobre la inoculación de bacterias halófilas en semillas.....	29
<i>Figura 5.</i> Número de estudios seleccionados por país.....	29
<i>Figura 6.</i> Rango del número de estudios seleccionados porpaís sobre la inoculación de bacterias halófilas en plántulas.....	30
<i>Figura 7.</i> Número de estudios seleccionados por país.....	31

Resumen

Esta revisión sistemática tuvo como objetivo general analizar la efectividad de las bacterias halófilas que contribuyen al desarrollo de cultivos en suelos salinos, para este objetivo, se analizaron 162 estudios de la base de datos Scopus, 119 en ScienceDirect y 120 en EBSCOhost, se excluyeron 57 estudios duplicados y 294 estudios con información no requerida, seleccionando para esta revisión sistemática 50 estudios en idioma inglés publicados entre los años 2015 y 2020. Se identificaron 10 géneros de bacterias halófilas inoculadas en semillas y 20 géneros de bacterias halófilas inoculadas en plántulas, la inoculación en semillas fue el método más eficiente, se concluyó que en la inoculación de bacterias halófilas en semillas la bacteria género *Bacillus* fue la más utilizada, mostrando ser eficiente al tener potencial para producir auxinas, enzima ACC-desaminasa y producción de enzima fosfatasa; en la inoculación de bacterias halófilas en plántulas la más utilizada fue la bacteria del género *Pseudomona*, mostrando ser eficiente al aumentar las actividades del sistema relacionado con las defensas de la planta, como el transporte de iones, enzimas antioxidantes, prolina, contenido de MDA en brotes y raíces, también ayudó en la absorción de minerales aumentando el potasio K⁺. en los cultivos.

Palabras Clave: Estrés salino, cultivos, bacterias halófilas, inoculación y desarrollo vegetal.

Abstract

This systematic review had the general objective of analyzing the effectiveness of halophilic bacteria that contribute to the development of crops in saline soils, for this purpose, 162 studies from the Scopus database were analyzed, 119 in ScienceDirect and 120 in EBSCOhost, 57 were excluded duplicate studies and 294 studies with information not required, selecting for this systematic review 50 studies in English language published between 2015 and 2020. 10 genera of halophilic bacteria inoculated in seeds and 20 genera of halophilic bacteria inoculated in seedlings were identified. In seeds it was the most efficient method, it was concluded that in the inoculation of halophilic bacteria in seeds the bacterium genus *Bacillus* was the most used, showing to be efficient as it has the potential to produce auxins, ACC-deaminase enzyme and phosphatase enzyme production; In the inoculation of halophilic bacteria in seedlings, the most used was the bacterium of the genus *Pseudomonas*, showing to be efficient in increasing the activities of the system related to the defenses of the plant, such as the transport of ions, antioxidant enzymes, proline, MDA content in shoots and roots, also aided in the absorption of minerals by increasing potassium K⁺ in crops.

Keywords: Saline stress, crops, halophilic bacteria, inoculation and plant growth

I. INTRODUCCIÓN

El problema actual de la degradación del suelo es causado por la salinidad en las áreas de cultivo en todas partes del mundo, los suelos costeros de América Latina son altamente salinos, esto genera una disposición de cambios químicos, físicos, micro y macro biológicos en las propiedades del suelo, esto es reforzado por Rodriguez et.al (2019) donde menciona que “La degradación química del suelo por NaCl afecta aproximadamente 1180 millones de hectáreas de suelo en el mundo, de lo cual el 84 % se localiza en Latinoamérica” (p.621). Esto quiere decir que Perú no es la excepción. Actualmente, se han venido probando alternativas, como la fitorremediación y la biorremediación con bacterias.

Hayat. *Et al.* (2019) La salinidad no es un fenómeno global resultante de la expansión de la urbanización, la industrialización o la modernización de la *agricultura*, sino un antiguo problema de la *agricultura* de regadío, la salinidad es una de las principales tensiones abióticas que afectan principalmente a la producción agrícola, representando para la seguridad alimentaria una grave amenaza, así como también a la salud ambiental, la economía de una comunidad y de la tierra. (p.4)

Wicke (2016) estima que el territorio afectado a nivel mundial representa el 60% a los suelos salinos, los suelos sódicos son el 26% y salino-sódicos el 14%. La mayoría de los suelos afectados por la salinidad se dividen en distintos rangos, están los ligeramente salinos afectando un (65%), seguido por 20% moderadamente, 10% extremadamente, y el 5% altamente afectados y degradados, en total de suelos contaminados se calcula, en unos 1128 millones de hectáreas.

Tozzi, *et al.* (2017) los problemas de acaparamiento de NaCl extralimitado producen un deterioro rápido de la calidad de los suelos y una baja de la capacidad productiva conllevando a pérdidas en el área de la producción agrícola en su totalidad, afectando de tres formas el desarrollo de las plantas: Efectos de toxicidad por iones específicos, desbalances iónicos e interacciones en la absorción de nutrientes y reducción del potencial hídrico del suelo. (p. 13)

Morales y Guzmán (2015) el creciente interés de la investigación con respecto a los microorganismos halófilos que al combinar su capacidad productora con su resistencia a condiciones extremas de salinidad son fuente de gran interés para productos industriales y biotecnológicos ya que las reacciones de enzimas sintetizadas por estas bacterias halófilas han mejorado características específicas como la solubilidad y estabilidad a distintas concentraciones de NaCl. (p.10)

Llontop (2012) define a las bacterias halófilas como aquellas que se localizan en áreas hipersalinas y son capaces de reproducirse y efectuar sus funciones metabólicas de una manera más eficiente en presencia de altas concentraciones de sal que en su ausencia. Es posible diferenciar grupos de bacterias halófilas según las exigencias de sal para sus acciones metabólicas, como las halófilas débiles que requieren 3%, (p/v) de NaCl; las halófilas moderadas presentan un crecimiento óptimo en un rango de 3 – 15%, (p/v) de NaCl y las halófilas extremas se desarrollan mejor a 25% (p/v) de NaCl. (p.5)

La identificación de los microorganismos son necesarios para evaluar su nivel de efectividad es por ello que Maco y Rivera (2015), realizaron una investigación en las salineras de Maras en Cusco (Perú) en la que detalló que estos ambientes son hipersalinos, donde se desarrollan bacterias halófilas, esto depende de las propiedades del suelo ya que se encuentran en un rango de pH neutro o ligeramente alcalino del cual se aisló e identificó mediante técnicas moleculares, en las cuales se encontraron diferentes géneros como Halobacterium, Haloarcula, Halorubrum y Halogeometricum. (p.8)

Existen diferentes tipos de microorganismos para biorremediación como bacterias, hongos y microalgas según Arora y Vanza (2017) el proceso de remediación de estos microorganismos se da mediante la interacción de las plantas con los microbios, esto tiene como resultado un beneficio recíproco, además es uno de los métodos más eficientes para la remediación de suelos afectados por la salinidad. (p.87)

Los suelos de todo el mundo no son ajenos a la contaminación salina, es por ello que es necesario reunir información científica relacionada al uso de bacterias halófilas que contribuyen al desarrollo de cultivos en suelos salinos, con el fin de facilitar el acceso a ella se ha planteado la siguiente pregunta ¿Cuáles fueron las bacterias halófilas que contribuyeron al desarrollo de cultivos en suelos salinos a nivel mundial? Para contestar esta pregunta, se formula la importancia y desarrollo del estudio justificando las razones por lo que se realiza esta revisión sistemática estableciendo el equilibrio entre cuidado ambiental, confort social y desarrollo económico.

Piedra (2013) explica que la salinidad en los suelos genera impactos negativos en el sector agrario, como la degradación, deterioro físico-abiótico y pérdidas del ecosistema, ocasionando una variación en la microbiología edáfica; además, limita los ciclos bioquímicos y regulación hídrica. (p. 31)

Becerra (2019) refiere los suelos de la región Lambayeque presentan altas concentraciones de sales y afecta directamente al sector agrícola (p.3) Este problema, es el resultado del mal manejo de drenaje y uso inadecuado de fertilizantes, esto conlleva a la salinización e infertilidad del suelo. Por lo tanto, se plantea una revisión sistemática que permita acceder a la información de bacterias halófilas para biorremediar suelos salinos de manera general y detallada.

El uso de microorganismos halófilos según Benavides y Hermida (2008), esta bacteria ayuda a la recuperación de las propiedades del suelo y su productividad, también disminuye las causas del mal drenaje, de esta manera se podrá aumentar la producción y fertilidad de los cultivos. (p.46) Estos microorganismos son accesibles ya que encuentran en la naturaleza, como en las minas de sal, en el océano y en suelos altamente salinos, estos tienen un gran potencial biotecnológico por ende hemos tenido en cuenta realizar una revisión sistemática sobre bacterias halófilas para biorremediar los suelos salinos.

En definitiva, la contaminación de suelos salinos puede generar la reducción de áreas agrícolas con el pasar del tiempo. Teniendo en cuenta lo antes mencionado por nuestro equipo investigador es importante este tema ya que se logrará

enriquecer conocimientos nuevos acerca de las bacterias halófilas su estudio en la biotecnología evolutiva.

Sobre la base de realidad problemática presentada se planteó el problema general y los problemas específicos de la investigación. El problema general de la investigación fue ¿Cuál fue la efectividad de las bacterias halófilas que contribuyeron al desarrollo de cultivos en suelos salinos?

Los problemas específicos de la investigación fueron los siguientes:

- PE1: ¿Cuáles fueron los géneros de bacterias halófilas involucrados en el desarrollo de cultivos en suelos salinos?
- PE2: ¿Cuáles fueron los métodos utilizados para el desarrollo de cultivos en suelos salinos usando bacterias halófilas?
- PEN: ¿Cuál fue la eficiencia de las bacterias halófilas en el desarrollo de cultivos en suelos salinos?

El objetivo general fue Analizar la efectividad de las bacterias halófilas que contribuyen al desarrollo de cultivos en suelos salinos mediante una revisión sistemática.

. Los objetivos específicos fueron los siguientes:

- OE1: Identificar los géneros de bacterias halófilas que permitan el desarrollo de cultivos en suelos salinos.
- OE2: Describir los métodos utilizados para el desarrollo de cultivos en suelos salinos usando bacterias halófilas.
- OE3: Determinar la eficiencia de las bacterias halófilas en el desarrollo de cultivos en suelos salinos

II. MARCO TEÓRICO

Existen muchos métodos para poder desarrollar cultivos en suelos contaminados por NaCl, los cuales demandan un costo económico alto. Por lo tanto, el estudio que se ha realizado busca utilizar técnicas amigables con el ambiente, como la inoculación de bacterias halófilas, ya que son capaces de vivir con facilidad en altas concentraciones de salinidad, degradar sal de suelos y estas se pueden adquirir en la naturaleza. Como principales antecedentes podemos mencionar los siguientes:

Begmatov (2020) estudió las características morfológicas de algunas bacterias para biorremediar suelos salinos cultivables de la región del mar de Aral. Begmatov (2020) utilizó como muestra 10 g de tierra fresca en tubos de plástico estériles, suspendidos con 100 ml de Solución de cloruro de sodio (NaCl) al 0,9%. Como resultado del estudio se obtuvo bacterias halófilas de géneros. *Halomonas* y *Planococcus* para biorremediación en un suelo fuertemente salino de la región del mar de Aral. Begmatov (2020) en particular recomendó examinar su capacidad para asimilar carbono de diferentes fuentes.

Kasim, *et al.* (2020) investigó la capacidad predictiva de las bandas OSI en la cuenca del río Keriya mediante el uso de datos de CE recopilados en el campo. Kasim, *et al* (2020) utilizó para monitorear la salinización del suelo dos métodos, datos de imágenes diferentes y de teledetección. Como resultado del estudio concluyó que la banda espectral más sensible a índices de salinidad de suelo es OSI. Así mismo Kasim, *et al* (2020) recomendó el uso de nuevas tecnologías para controlar la salinización del suelo.

Salari (2019) investigó la diversidad de microorganismos halófilos en el desierto de Saghand. Salari (2019) realizó el muestreo a una distancia de 7 km en la mina se tomaron muestras de agua, suelo y cristales de sal desde una profundidad de 0 - 10 cm. se concluyó como resultado del estudio que en suelo de esta área hay dos tipos de microorganismos arqueas extremadamente halófilas y bacterias moderadamente halófilas. Salari (2019) recomendó estudiar su biodiversidad utilizando métodos metagenómicos.

Anwar (2019) monitoreó y evaluó los recursos de suelo y agua subterránea en el Siwa durante un largo período de tiempo, investigar los orígenes del agua subterránea utilizando isótopos estables. Anwar (2019) recogió 35 muestras de suelo arenoso de las mismas ubicaciones de pozos de aguas subterráneas poco profundas en los años 2008 y 2018 desde la profundidad 0 - 30 centímetros. Se concluyó que todas las muestras de agua de (LA) tenían alta salinidad. La salinidad promedio del agua (EC) en la NSA fue de 0.3 dS / m. Sin embargo, el promedio en (LA) fue de 7.6 dS / m, con un rango de 4.3 a 10.7 dS / m. Anwar (2019) recomendó a los *agricultores* de Siwa adoptar un monitoreo continuo de la salinidad de los pozos y dejar de usar agua si la salinidad excede los límites permitidos.

Hayat. Et al. (2019) describió los métodos para medrar la tolerancia a la sal de cultivos en el campo, esto se debe a su rasgo complejo multi génico ayudado con más de un estrés a nivel de campo en condiciones fluctuantes. Hayat (2019) utilizó muchos métodos diversos para el alivio de la salinidad, dependiendo del tipo de suelo. Las prácticas principales incluyeron el uso de modificaciones químicas, como resultado del estudio se concluyó que el estrés por sal es una de las principales limitaciones en la productividad de los cultivos, la conservación del ambiente y la sostenibilidad alimentaria en el escenario actual del cambio climático global, junto con una reducción gradual de los recursos de tierra y agua. Asimismo, Hayat (2019) para mejorar la producción agrícola recomendó explotar las tecnologías actuales y los cultivos de manera integrada.

Trejo (2019) determinó aspectos de remediación para suelos afectados por salinidad y tendencias actuales y tecnologías más aplicadas en suelos salinizados México. Trejo (2019) utilizó bacterias partes de ellas seleccionadas naturalmente y las demás por modificaciones de la ingeniería genética para degradar sustancias de NaCl. Como resultado se concluyó que el tema de biorremediación es relativamente reciente y varias de las tecnologías que se aplican aún están en modo de prueba. Trejo (2019) recomendó implementar tecnologías que permitan la recuperación de suelos principalmente en las zonas de riego.

Wang, *et al* (2018) evaluó el uso potencial de bacterias del género *Bacillus* como biofertilizantes y la relación entre el cambio de la biomasa de las plantas y la regulación de las respuestas sistémicas de las plantas en plántulas bajo estrés de

salinidad. Wang (2018) aisló las cepas bacterianas de la rizosfera del chile que crece en suelo salinizado de Shihezi, Xinjiang, China. Como resultado se indicó que la inoculación de tres aislamientos produjo alivio en el chile estresado por sal debido al aumento en el contenido de prolina. Wang (2018) recomendó que son necesarios hacer ensayos complementarios para evaluar el rendimiento de las tres cepas aisladas seleccionadas en maceta y en condiciones de campo.

Sapre y Tiwari (2018) analizaron la interacción del microorganismo *Klebsiella* sp.n tolerancia a NaCl con avena para aliviar el estrés salino. Sapre y Tiwari (2018) aisló la cepa PGPR IG 3 de las raíces de las plantas de trigo que crecen en el campus de JNKVV, Jabalpur, Madhya Pradesh, India. El estudio demostró que la inoculación de la cepa PGPR IG 3 (*Klebsiella* sp.) mejoró el estado bioquímico y fisiológico de las plántulas de avena y les ayudó a tolerar el estrés por NaCl a un nivel más alto en contraste con las plántulas no inoculadas. Sapre y Tiwari (2018) recomendó realizar más experimentos para evaluar la eficiencia de esta cepa debajo del núcleo en condiciones de campo para su uso en la mitigación del estrés por NaCl en plantas de avena.

Loukas, *et al* (2018) desarrolló una nueva base de datos de halófilos en todos los dominios de la vida. Loukas, *et al* (2018) llevó a cabo una extensa búsqueda bibliográfica a través de la Web of Science, Scopus, PubMed y Google Scholar manejando léxicos apropiados. Como resultado concluyó que esta nueva base de datos halófilas ampliará su cobertura a todos los dominios de la vida y ofrece un valioso sistema de referencia para estudios en biotecnología. Loukas, *et al* (2018) recomendó uso de palabras claves de la investigación.

Rodríguez, *et al* (2019) orientó el diseño de una estrategia de manejo de la salinización del suelo en Sáchica-Boyacá desde el enfoque agroecológico integrando el uso de bacterias halófilas para contribuir con la recuperación de suelos afectados. Rodríguez, *et al* (2019) utilizó como muestra dos de las veredas del municipio que se encuentran dentro de las zonas en riesgo por salinización. Como resultado del estudio se concluyó que, las bacterias halófilas evaluadas tienen un efecto directo en la disminución de la conductividad eléctrica por medio de la movilización de sales, sobre todo de NaCl. Asimismo, Rodríguez, *et al* (2019)

recomendó adoptar estrategias biotecnológicas como la implementación del uso de bacterias halófilas, en las condiciones políticas, económicas y sociales.

Arora y Vanza (2017) evaluaron la capacidad de cinco especies de bacterias halófilas para capturar iones de sodio para la posible aplicación en biorremediación de suelos salinos. Arora y Vanza (2017) seleccionaron los sitios teniendo en cuenta el hábitat natural de los microorganismos. Los resultados obtenidos permitieron concluir que solo *Vibrio alginolyticus*, y *Vibrio metschnikovii* capturaron sodio en todas las concentraciones. Arora y Vanza (2017) recomendaron utilizar técnicas de extracción de enzimas.

Singh y Jha (2016) caracterizaron una bacteria PGP tolerante a la sal *Serratia* sp. aislado de un lago salado, y para evaluar su capacidad para promover el crecimiento en *Triticum aestivum* en condiciones de estrés salino. Singh y Jha (2016) para el aislamiento de bacterias, mezclaron 10 ml de agua salina con 50 ml de medio PAF e incubaron en un agitadora a 200 rpm a 30 ° C durante 48 h. Concluyó que la mejora del desarrollo de las plantas en condiciones de estrés salino puede estar mediada por la actividad de la ACC desaminasa bacteriana. Singh y Jha (2016) recomendaron la bacteria halotolerante *Serratia* sp. ya que parece ser un PGPR importante y tiene el potencial de promover el desarrollo de las plantas bajo ambientes de estrés salino.

Maco y Rivera (2015), aislaron y caracterizaron bacterias y hongos halófilos con perspectivas biotecnológicas. Maco y Rivera (2015) usaron placas con Agar SW5 y SW10 para el aislamiento de bacterias halófilas, concluyó que en las pozas de cristalización de las Salineras de Maras se aislaron e identificaron 24 cepas bacterianas, pertenecientes a los géneros: *Bacillus* y *Micrococcus*; y las especies identificadas corresponden a *Bacillus subtilis* (16.7%), *Micrococcus luteus* (25%), *Micrococcus roseus* (25%) y *Micrococcus varians* (33.3%). Maco y Rivera (2015) recomendaron investigar si se pueden utilizar microorganismos halófilos con potencial biotecnológico para mejorar la calidad del suelo.

Irshad, *et al* (2014) evaluó la diversidad bacteriana halófila en el suelo de la zona costera de Corea del Sur. Irshad, *et al* (2014) recogió 25 muestras de cada uno de los sitios salinos A y C a 10 cm de profundidad con la ayuda de núcleos de suelo esterilizados. Los resultados de la caracterización mostraron que las cepas aisladas estaban compuestas de 4 filamentos, Firmicutes (60%), Proteobacterias (31%), Bacteroidetes (5%) y Actinobacterias (4%) y se afiliaron a 16 géneros y 36 especies. Bacilo fue el género dominante en el filo Firmicutes, que comprende el 24% del total de aislamientos. Irshad, *et al* (2014) recomendó explotar de biodiversidad bacteriana.

Llontop (2012) aisló bacterias halófilas nativas extremas de muestras de aguas de las salinas ubicadas en los distritos San José y Santa Rosa de la región Lambayeque Llontop (2012) utilizó como muestra las bacterias aisladas de 54 muestras en febrero de 2012. Como resultado se aislaron bacterias halófilas extremas Haloferax sp. a partir de muestras de las salinas de los distritos San José y Santa Rosa en Lambayeque. Así mismo Llontop (2012) recomendó Caracterizar mediante técnicas moleculares Haloferax sp.

Se ha trabajado mucho para mejorar el desarrollo de los cultivos en condiciones óptimas bajo concentraciones elevadas de NaCl con el fin de mejorar el rendimiento de los cultivos en tierras degradadas se han utilizado bacterias halófilas en varias aplicaciones biotecnológicas, lo que los convierte en una elección interesante e importante del tema de investigación en esta era.

Según Rojas, *et al* (2020) el suelo se define generalmente como salino si la conductividad eléctrica (EC) del extracto de saturación (ECe) en la zona de la raíz excede 4 dS / m (correspondiente a aproximadamente NaCl 40mM) a 25 ° C, Aunque el rendimiento de la mayoría de las plantas de cultivo se reduce en esta ECe, muchos otros cultivos exhiben rendimientos reducidos a ECe aún más bajos.
(p.8)

Martínez, Rosario et al (2015) explicó que la salinidad del suelo puede deberse a causas naturales, como evaporación, intrusión de agua de mar, liberación de sales solubles del riego, con deposición de sales oceánicas transportadas por el viento y la lluvia. Además, una proporción significativa de las tierras agrícolas recientemente cultivadas se ha vuelto salina debido a el desmonte o el riego con agua salina, los cuales se forman napas freáticas (p.81).

Courel (2019) mencionó que la salinidad secundaria se debe al abuso del sistema de riego, esto provoca aumentos de CE en las capas del suelo a pesar de que las aguas son de gran calidad así como también los fertilizantes son otro factor por el alto nivel de sales que pueden ser perjudiciales, como cloruro de potasio o sulfato de amonio, y otros insumos, particularmente en rangos de horticultura seria donde el suelo es poroso de manera ineficaz y los resultados concebibles de filtrado están limitados; contaminación de los suelos por el uso de agua y subproductos mecánicos salinos, y la alteración del suelo por construcción causando que el concreto hecho con agregados drene gotas salinas y caigan profundamente en las capas superficiales del suelo. (p.3).

Miransari y Smith(2019), los efectos estresantes de la salinidad sobre el crecimiento de las plantas se deben a los efectos adversos de los iones sodio (Na) y cloruro (Cl) sobre la homeostasis celular, y el potencial osmótico que afecta la fisiología de las plantas, incluida la absorción de agua, disminuyendo significativamente la tasa de germinación de la semilla, reducción de la fotosíntesis, reducción del crecimiento de las plantas, disminución del rendimiento del cultivo, alteración de actividades enzimáticas, daño celular, estrés oxidativo, y desequilibrio hormonal. (p.6).

Kasim, *et al* (2020), en relación a los métodos para detectar la salinización del suelo menciona entre ellos, las mediciones de campo de conductividad eléctrica del suelo (CE) que a menudo se usa para el monitoreo dinámico sin embargo las deficiencias de este método son el procesamiento demasiado lento, la discontinuidad, el espacio limitado y el costo financiero, es por ello que hoy en día, la tecnología de teledetección (RS) proporciona de forma más eficiente evaluar la salinización del suelo. (p. 12).

Gorji, *et al* (2020), las mediciones de campo tradicionales y el análisis de laboratorio limitan el monitoreo salinidad del suelo temporal y en regiones a gran escala, las imágenes satelitales han proporcionado un costo efectivo y rápido Monitoreo temporal y detección de la salinidad del suelo, desde el campo escala a escala regional en los últimos años.

Ventosa, Antonio; Nieto, Joaquín y Oren, Aharon. (2020), el denominador común de todas las bacterias halófilas es su requerimiento de sal y su capacidad para tolerar altas concentraciones, pero el requerimiento de sal y la tolerancia son muy variables entre las diferentes especies, además, estos parámetros no son constantes, ya que pueden variar según la temperatura de crecimiento y la naturaleza de los nutrientes disponibles, requiriendo un medio mínimo de al menos 0.05M y máximo de 5M de NaCl para ser considerada una bacteria halófila. (p.516)

Arora y Vanza (2017), existe un alto potencial para el desarrollo de cultivos en suelos afectados por la sal utilizando aplicaciones de bacterias halófilas. Las aplicaciones de las bacterias halófilas incluyen la recuperación del suelo salino al apoyar directamente el desarrollo y la tolerancia al estrés de la vegetación, lo que aumenta directamente los rendimientos de los cultivos en el suelo salino. (p.100)

El-Esawi, *et al* (2019), la inoculación con microorganismos halófilos mejora el crecimiento de las plantas y alivia los impactos inhibidores del estrés salino en los cultivos al interactuar con las plantas y producir hormonas y sideróforos que median varias vías fisiológicas y bioquímicas en las plantas, lo que lleva a una mayor producción de osmolitos y componentes redox, activación de sistemas antioxidantes y genes que confieren tolerancia a la sal, y reducción de la producción de ROS tóxicos en las células vegetales. (p.63)

Vences, *et al* (2020), la promoción del crecimiento de las plantas por bacterias puede ocurrir por mecanismos directos o indirectos. La promoción directa del crecimiento de las plantas ocurre cuando una bacteria facilita la adquisición de nutrientes esenciales o modula el nivel de hormonas vegetales. La promoción indirecta del crecimiento de las plantas ocurre cuando se inhibe la actividad fitopatógena, disminuyendo así el daño de las plantas. (p.2).

Bhattacharyya, *et al* (2017), describió los pasos de la colonización de las bacterias en las raíces cuando se inoculan en plántulas, primero las bacterias se desplazan hacia la raíz de la planta, ya sea de manera pasiva a través de los flujos de agua del suelo o activa a través de la actividad flagelar inducida por compuestos y sustancias liberados por las plantas; segundo, la supervivencia de la bacteria dentro del ambiente rizosférico dependerá de la respuesta defensiva de esta; tercero, la adhesión y colonización de las superficies de las raíces, y por último, la Interacción sinérgica entre la planta y la bacteria, esta necesita poseer el potencial metabólico para lidiar con los nutrientes disponibles en el ambiente rizosférico promoviendo el crecimiento y desarrollo de la planta.(p.8).

Miransari y Smith (2019), la inoculación en semillas es uno de los métodos más aplicables para mejorar la tolerancia de las plantas a la salinidad, consiste en la hidratación de las semillas, esto activa algunos mecanismos de pre germinación como el aumento disponibilidad de ATP, activación de enzimas y fortalecimiento de las membranas celulares, esto hace que pueden germinar más rápido, tolerar la salinidad, competir de manera más eficiente y promover su crecimiento, nutrición y productividad a través de mecanismos tales como fijación biológica de nitrógeno y producción de fitohormonas. (p.10).

III. MÉTODO

3.1 Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación es aplicada. Según Vargas (2009) esta investigación también llamada "estudio empírico o práctico", se caracteriza porque busca la aplicación o el uso de la información obtenida, al mismo tiempo que se obtienen otros conocimientos, después de ejecutar y sistematizar la herramienta de investigación. El uso de la información y la indagación surgen de una manera exhaustiva y organizada de conocer la realidad. (p.159)

Esta investigación beneficiará a los futuros investigadores, ya que se reunirá información de diferentes estudios de forma sistemática para mejorar las prácticas del uso de bacterias halófilas para desarrollar cultivos en suelos afectados por salinidad.

Devís (2017) desde un punto de vista metodológico, el estudio narrativo de tópicos es una preparación para recopilar datos, estos son las revistas, artículos, autobiografías, etc. También se define como una perspectiva que extiende las formas de investigación subjetiva, ya que puede incorporar metodologías, fuentes de recopilación de información, análisis morfológico y una representación más habitual y novedosa. (p.6)

Este diseño cumple con lo investigado ya que para la elaboración de esta revisión sistemática se usaron diferentes bases de datos como Scopus, ScienceDirect y EBSCO para recopilar información sobre bacterias halófilas que contribuyeron al desarrollo de cultivos en suelos salinos.

3.2 Categorías, subcategorías y matriz de categorización apriorística

Tabla 1. Categorías, subcategorías y matriz de categorización apriorística.

Objetivos específicos	Problemas específicos	Categoría	Subcategoría	Unidad de análisis
Identificar los géneros de bacterias halófilas que permiten el desarrollo de cultivos en suelos salinos	¿Cuáles fueron los géneros de bacterias halófilas involucradas en el desarrollo de cultivos en suelos salinos?	Bacterias	Halófilas	Arora y Vanza, (2017) Rojas, Daniel, et al (2020) Kartik Vinodbrai, et al (2020) You-wei, Xiong, et al (2019) Faiza y Basharat (2018) Swapnil Sapre, et al (2017) Na, Zhou, et al (2017) Hahm, Mi, et al (2017) Khan Muhammad, et al (2017) Singh, Rajrish Prakash, et al (2017) Khalid Muhammad, et al (2017) Orhan Furkan (2016) Egamberdieva, Dilfuza, et al (2016) Fasciglione, Gabriela, et al (2015)
Describir los métodos para el desarrollo de cultivos en suelos salinos usando bacterias halófilas	¿Cuáles fueron los métodos utilizados para el desarrollo de cultivos en suelos salinos usando bacterias halófilas?	Métodos	Inoculación en plántulas e Inoculación en semillas	Miransari Y Smith (2019) Vences, et al (2020) Noshin, Ilyas, et al (2020) Tchuisseu, Gylaine, et al (2020) Szymańska, Sonia (2019) Sanjay, Kumar, et al (2019) Boubaker Idder, et al (2019) Cordero, Irene et al (2018) Sulastri, Wiyono, et al (2018) Amruta, Bhambure, et al (2017) Piemik Agnieszka, et al (2017) Bharti, Nidhi, et al (2016) Faisal Islam, et al (2016) Choi, E.-S., et al (2016) Martínez, Rosario et al (2015) Raheem Asif, et al (2015) El-Esaw, et al (2019) Humaira, Yasmin (2020) Kushwaha, Prity et al (2020) Nawaz, Aniq, et al (2020) Mohamed, El-Esawi, et al (2019) Kang, Sang Mo (2019) Gulmeena, Shah, et al (2018) Wang, et al (2018) Ferreira, et al (2018) Chatterjee, Pouami, et al (2018) Bhattacharyya, Chandrima, et al (2017) Esringü, Ashhan, et al (2016) Rajnish, y Prathat (2016) Aizheng, Yang, et al (2016) Bharti, Nidhi, et al (2015) Massimiliano, Stefan, et al (2015)
Determinar la eficiencia de las bacterias en el desarrollo de cultivos en suelos salinos	¿Cuál fue la eficiencia de las bacterias en el desarrollo de cultivos en suelos salinos?	Eficiencia de bacterias	Concentración de sal (mM NaCl) Desarrollo del cultivo	El-Esaw, et al (2019) Humaira, Yasmin (2020) Kushwaha, Prity et al (2020) Nawaz, Aniq, et al (2020) Mohamed, El-Esawi, et al (2019) Kang, Sang Mo (2019) Gulmeena, Shah, et al (2018) Wang, et al (2018) Ferreira, et al (2018) Chatterjee, Pouami, et al (2018) Bhattacharyya, Chandrima, et al (2017) Esringü, Ashhan, et al (2016) Rajnish, y Prathat (2016) Aizheng, Yang, et al (2016) Bharti, Nidhi, et al (2015) Massimiliano, Stefan, et al (2015)

Fuente: Elaboración propia

3.3 Escenario de estudio

La salinidad en el suelo genera estrés en las plantas de cultivo, este es resultado de interacciones complejas entre procesos bioquímicos, fisiológicos y morfológicos como el crecimiento de las plantas, la germinación de semillas y la asimilación de suplementos y moléculas del agua. Debido al aumento de la presión osmótica, las concentraciones salinas más altas podrían reducir el porcentaje de germinación en diversos cultivos, el estrés salino, en forma de estrés osmótico, suprime el crecimiento de las plantas, la capacidad de asimilación de agua de la raíz disminuye, causando la pérdida de agua en las hojas, esto aumenta la acumulación de sal en la planta. La salinidad del suelo reduce significativamente la absorción de nutrientes de las plantas como el P, debido a la precipitación de iones fosfato con iones de Ca, N, K y Mg, la salinidad también reduce la incorporación de nitrógeno (N) a los sistemas agrícolas. (Manoj, et al, 2019, p.5).

El término "halófilo" es para aquellos que requieren la adición de NaCl u otras sales a los medios para su crecimiento, las bacterias halófilas como aquellos que requieren NaCl por encima de 30 g / l para crecer y pueden crecer muy por encima de 200 g / l, independientemente de la concentración de sal del origen del aislamiento. Aunque la mayoría de los orígenes son hipersalinos, por encima de 100 g / l de sal (Banciu, et al, 2019). Las bacterias halófilas se clasifican en halófilas débiles, moderadamente halófilas y halófilas extremas, dependiendo de su requerimiento de sal y tienen dos mecanismos de adaptación a las altas concentraciones salinas: la estrategia de sal en el citoplasma, basada en la acumulación de sal en dentro de la célula y en la adaptación de todos los sistemas a las altas concentraciones; y la estrategia de solutos orgánicos (dependiente de concentraciones de NaCl), relacionada con la acumulación de compuestos orgánicos, como azúcares, polioles, aminoácidos y/o derivados de estos que no alteran el metabolismo celular ni siquiera en concentraciones citoplasmáticas altas compatibles. (Rodríguez, et al, 2019, p. 622).

3.4 Participantes

Los participantes se guían por dos estándares: importancia y amplitud. La importancia tiene que ver con la prueba distintiva y la realización del desafío de los participantes que pueden aportar los datos más notables y mejores para la consulta, en comprensión con los requisitos hipotéticos de los últimos mencionados. La amplitud implica tener información adecuada accesible para crear una descripción total y exhaustiva de la maravilla, idealmente cuando ha llegado el minuto de inmersión. (Quintana, 2006, p.64).

Esto quiere decir que, al revisar todos los casos positivos y negativos identificados, pueden aparecer datos nuevos o diferentes a los que ya están disponibles, en este caso vamos a una fuente que proporciona la mayor y mejor información .

Las fuentes de donde se obtendrá la información (los artículos científicos) para esta revisión sistemática están referenciadas en revistas indexadas (ver **Tabla 2**), libros, capítulos de libro, investigaciones. Estas fuentes son:

Tabla 2. *Lista de bases de datos*

Base de datos	
EBSCOhost	Scopus
ScienceDirect	


Fuente: Elaboración propia

3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Los métodos de recolección de datos e instrumentos son mecanismos que se utilizan para recopilar y calificar datos de manera organizada y con un objetivo en particular. La mayoría de las veces se utilizan en consultas lógicas e investigaciones científicas como en documentos y registros: Esta técnica llamada análisis documental consiste en examinar los datos presentes en documentos existentes, como bases de datos, etc. (Caro, 2019).

Por lo tanto, lo más importante para esta estrategia es la capacidad de descubrir, seleccionar y analizar la información accesible. Es necesario tener en consideración que los datos recopilados en la **tabla 3** pueden proporcionar datos incorrectos o inadecuados. Por esta razón, debe analizarse en relación con otra información para que pueda ser valioso para los investigadores.

Tabla 3. *Instrumento de recolección de datos*

	BACTERIAS HALÓFILAS PARA LA BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS SALINOS A NIVEL MUNDIAL
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL
FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO	
CÓDIGO	
PALABRAS CLAVES	
AÑO DE PUBLICACIÓN	
AUTOR	
IDIOMA	
GEOGRAFÍA	
TÍTULO	
PROBLEMA	
OBJETIVO	
MÉTODOS	
RESULTADOS	
CONCLUSIONES	
RECOMENDACIONES	

Fuente: Elaboración propia

3.6 Procedimientos

Para el propósito de esta revisión, se realizó una búsqueda sistemática en ScienceDirect, Scopus, y la base de datos EBSCOhost utilizando las palabras claves “Saline stress” and “Crops” and “Halophilic bacteria” and “Inoculation” and “Plant growth”; en el título, las palabras clave, resumen, idioma (inglés) y los últimos 6 años (2015 a 2020) se identificó un total de 401 artículos. Con el fin de reducir estos estudios a los más relevantes para la presente revisión, se realizaron los siguientes pasos, se excluyeron los estudios con concentraciones menores a 40mM NaCl, estudios sobre hongos halófilos, plantas halófilas y algas halófilas remediadoras, excluyendo 294 estudios con información no requerida y 57 estudios duplicados, en total fueron 351 estudios eliminados. Se incluyeron en el análisis cualitativo un total de 50 estudios que informaron sobre bacterias halófilas que contribuyeron al desarrollo de cultivos en suelos salinos.

Según SÁNCHEZ (2012) Los métodos que tiene el marco de procedimientos no se consideran etapas preestablecidas, pero las implicaciones del desarrollo energético que reflexionan sobre la probabilidad de adaptarse y mejorar en el perfeccionamiento investigativo, para que su ejecución no se lleve a cabo después de una disposición directa, pueden ir paralelo a los métodos en diferentes enfoques dentro del análisis. (p.96)

Se describe los procedimientos propuestos en la **figura 1**, estas se dividen en cuatro etapas fases, la primera etapa será la búsqueda de información, la segunda será selección y la tercera análisis y síntesis de información y cuarta presentación de resultados.

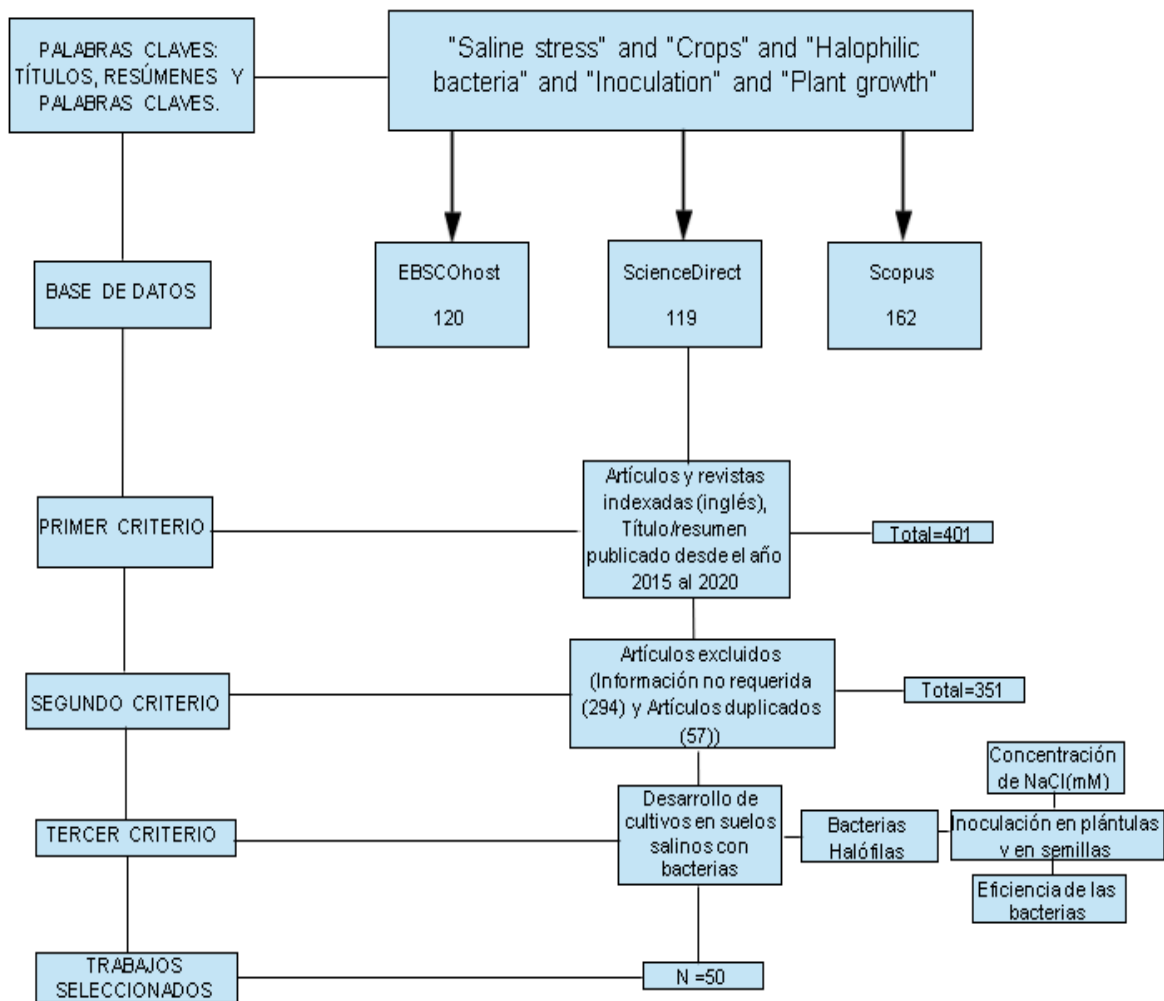


Figura 1. Flujo de procesos para la elaboración de una revisión sistemática

Fuente: Elaboración propia

3.7 Rigor científico

a) Dependencia

Asegura el nivel de estabilidad o consistencia de los resultados del estudio. Dado que la indagación subjetiva enfatiza la singularidad de las circunstancias humanas y la importancia de los encuentros con el sujeto, la base de auditabilidad aumenta, lo que significa la meticulosidad de una reflexión cuando otro analista debe tomar el camino elegido por el creador de la indagación y llegar a un nivel comparable en la similitud de las conclusiones. (Noreña, 2012, p.268).

Esto se refiere a la estabilidad de los datos, procurando una relativa estabilidad en la información que se recopila y analiza sin perder de vista el hecho de que, debido a la naturaleza de la investigación cualitativa, siempre tendrá un cierto grado de inconsistencia. Para lograr la coherencia de los datos, se utilizan procedimientos específicos como: revisiones sistemáticas y meta análisis, esto se basa en la representación punto por punto de la recopilación de información, la investigación y la preparación de los datos interpretados, lo que permite investigar y comparar el resultado que producen las hipótesis ya definidas.

b) Consistencia lógica

Según Salgado (2007) la consistencia lógica es el grado en que diversos analistas que recopilan información comparable dentro del campo y realizan los mismos análisis, crean resultados semejantes. Este grado no se comunica por medio de un coeficiente, ya que se confirma la sistematización dentro de la colección y la investigación subjetiva o cualitativa.

c) Credibilidad

La medida de validez o credibilidad, además llamada autenticidad, es un prerequisite crítico ya que permite probar hechos y fenómenos de la experiencia humana, tal como los ven los sujetos. (Noreña, 2012, p.267). Alude al enfoque del resultado que un análisis debe tener en relación con el hecho observado, por lo tanto, el analista mantiene una distancia estratégica de hacer conjeturas a prioridad debido a la realidad considerada. Esta medida se logra cuando los descubrimientos son reconocidos como "genuinos" o "existentes" por las personas que participaron

en la investigación, por aquellos que han servido como fuentes clave y por otros expertos que son sensibles al tema considerado. Además, se decide por la pertinencia del pensamiento sobre un estudio y las contribuciones que produce dentro a la realización o prueba de nuevas hipótesis y teorías.

d) Transferencia

La transferencia trata de poder expedir el resultado del análisis a otro entorno. En caso de que se hable de transferencia, se toma en consideración que los hechos analizados están relacionados personalmente con las investigaciones, las circunstancias del contexto y los temas que participan en el estudio. La forma de realizar este modelo es a través de una descripción exhaustiva de las características del entorno en el que se lleva a cabo la investigación y de los participantes. (Noreña, 2012, p.267).

Esta descripción servirá para crear comparaciones y encontrar lo común y particular con otras investigaciones. De ahí la importancia de la aplicación de pruebas hipotéticas o de muestreo que permitan maximizar los objetos conceptuales que surgen de la reflexión y distinguir variables comparables con otros entornos.

3.8 Métodos de análisis de la información

La investigación de datos es el método llevado a cabo por el accionar humano, como una restricción que produce información. siendo considerado como el proceso básico de gestión de información el cual posee de los siguientes pasos: selección de las fuentes de la información, búsqueda y recuperación de la información, procesamiento y análisis cuantitativo de información, análisis cualitativo de información e interpretación de los resultados (Cossío, 2009 p. 54). Este proceso sintetizará los datos de manera sistemática para identificar, determinar y describir según las categorías, subcategorías de la matriz de categorización apriorística en cuanto a sus diferencias y similitudes. (**Ver tabla 1.**)

3.9 Aspectos éticos

Los aspectos éticos hacen referencia de la verdad, validez y certeza que surgen del estudio, en función de su capacidad ilustrativa en la confrontación de casos negativos y en la consistencia entre los enfoques y puntos de vista distintivos. Es decir, el isomorfismo que se establece entre la información recopilada y la realidad. (Rodríguez, 2005, p 148)

Con respecto a la propiedad intelectual, el proyecto de investigación sigue con el código de ética, presentando un documento con principios y valores reconocidos y respetados por los integrantes, así como también los lineamientos y protocolos dispuestos por la Universidad César Vallejo. La redacción de citas bibliográficas se basa en la Norma ISO 690 asegurando la confiabilidad sobre el derecho de autor por las diferentes fuentes de información para el desarrollo de la presente investigación. Asimismo, el proyecto de investigación se evaluó mediante el software Turnitin detectando coincidencias en la redacción del estudio con respecto a otras investigaciones, asegurando que es veraz.

3.10 Análisis crítico

Según Araujo (2012), el análisis crítico en el análisis documental es un control de evaluación que permite al usuario inducir un pensamiento sobre el potencial de error en el resultado de una investigación, ya sea debido al sesgo, error preciso o perplejidad. Este análisis no da un juicio autorizado sobre la condición de verdad del resultado, pero se acerca de manera indirecta a esta, indicando en qué medida pueden considerarse fiables. (párr.1). Es por ello que esta revisión sistemática tiene como finalidad verificar si diversas investigaciones centradas en bacterias halófilas acatan los criterios o condiciones metodológicas localizadas en la matriz de categoría apriorística.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De los artículos seleccionados, se identificaron 27 estudios que se enfocaron en la inoculación de bacterias halófilas en semillas y un total de 23 estudios sobre inoculación en plántulas para el desarrollo de cultivos a diferentes concentraciones de NaCl de los cuales se identificaron 10 géneros de bacterias inoculadas en semillas, de estos géneros los más sobresalientes fueron 10 especies de *Bacillus*, 3 especies de *Pseudomonas* y 3 especies de *Enterobacter*. Ver Tabla 4.

Tabla 4. Identificación de bacterias halófilas

INOCULACIÓN EN SEMILLAS		
GENERO	ESPECIE	AUTOR
<i>Bacillus</i>	<i>Bacillus megaterium</i> (WU-5)	Wang Wenfei, et al (2018)
	<i>PaeniBacillus yonginensis</i>	Choi, E.-S., et al (2016)
	<i>Bacillus cereus</i>	Faisal Islam, et al (2016)
	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	Kushwaha, Prity et al (2020)
	<i>Bacillus</i> sp E194-3	Sulastri, Wiyono, et al (2018)
	<i>Bacillus</i> sp. (MN54)	Aizheng, Yang, et al (2016)
	<i>Bacillus subtilis</i>	Ferreira, Nathalia, et al (2018)
	<i>Exiguobacterium oxidotolerans</i> (STR36)	Bharti, Nidhi, et al (2015)
	<i>Bacillus thuringiensis</i> (S-26)	Raheem Asif, et al (2015)
	<i>Bacillus pumilus</i> (STR2)	Bharti, Nidhi, et al (2015)
<i>Halomonas</i>	<i>Halomonas desiderata</i> (STR8)	Bharti, Nidhi, et al (2015)
<i>Xanthomonadales</i>	<i>Xanthomonadales</i> sp. CSE-34 (B2).	Piernik Agnieszka, et al (2017)
<i>Azospirillum</i>	<i>Azospirillum brasilense</i>	Fasciglione Gabriela, et al (2015)
<i>Arthrobacter</i>	<i>Arthrobacter</i>	Kartik Vinodbhai, et al (2020)
<i>Enterobacter</i>	<i>Enterobacter</i> sp. (MN17)	Aizheng, Yang, et al (2016)
	<i>Enterobacter cloacae</i> (SBP-8)	Singh, Rajnish Prakash, et al (2017)
	<i>Enterobacter asburiae</i> (S-24)	Raheem Asif, et al (2015)
<i>Pseudomonas</i>	<i>Pseudomonas fluorescence</i>	Nawaz, Aniq (2020)
	<i>Pseudomonas</i> sp. ISE-12 (B1)	Piernik Agnieszka, et al (2017)
	<i>Pseudomonas stutzeri</i> (S-80)	Raheem Asif, et al (2015)
<i>Curtobacterium</i>	<i>Curtobacterium flaccumfaciens</i>	Massimiliano, Stefan, et al (2015)
<i>Moraxella</i>	<i>Moraxella pluranimalium</i> (S-29)	Raheem Asif, et al (2015)
<i>Serratia</i>	<i>Serratia</i> sp. SL-12	Singh, Rajnish y Jha, Prabhat (2016)

Fuente: Elaboración propia

Así mismo se identificaron 20 géneros de bacterias inoculadas en plántulas, de las cuales los géneros más utilizados fueron *Pseudomonas*, 5 especies; *Bacillus*, 4 especies; *OceanoBacillus*, 2 especies y *Azospirillum*, 2 especies (**Ver tabla 5**), estos géneros mostraron ser eficientes en el desarrollo de diversos cultivos (**ver Anexo 2**). Estos estudios tienen en común la utilización de una sola cepa bacteriana para estimular el desarrollo de los cultivos en concentraciones de NaCl.

Tabla 5. Identificación de bacterias halófilas.

INOCULACIÓN EN PLÁNTULAS		
GENERO	ESPECIE	AUTOR
<i>Klebsiella</i>	<i>Klebsiella</i> sp (PGPR IG 3)	Swapnil Sapre, et al (2017)
<i>Glutamicibacter</i>	<i>Glutamicibacter</i> halophytocola KLBMP 5180	You-Wei, Xiong, et al (2019)
<i>Bacillus</i>	<i>Bacillus</i> toyonensis	Rojas, Daniel, et al (2020)
	<i>Bacillus subtilis</i>	Amruta, Bhambure, et al (2017)
	<i>Bacillus</i> aryabhatai AB211	Bhattacharyya, et al (2017)
	<i>Bacillus</i> sp. (EN6)	Orhan Furkan (2016)
<i>Pseudomonas</i>	<i>Pseudomonas stutzeri</i> (ISE12)	Szymańska, Sonia (2019)
	<i>Pseudomonas fluorescens</i> (P7)	Boubaker Idder, et al (2019)
	<i>Pseudomonas pseudoalcaligenes</i> (SRM-16)	Humaira, Yasmin (2020)
	<i>Pseudomonas putida</i> P15	Boubaker Idder, et al (2019)
	<i>Pseudomonas</i> sp (RC5.5)	Cordero, Irene et al (2018)
<i>Staphylococcus</i>	<i>Staphylococcus succinus</i> (EN4)	Orhan Furkan (2016)
<i>Halomonas</i>	<i>Halomonas</i> sp. (IA)	Orhan Furkan (2016)
<i>Deleya</i>	<i>Deleya halophila</i>	Esringü, Aslihan, et al (2016)
<i>Mycobacterium</i>	<i>Microbacterium oleivorans</i> (KNUC7074)	Hahm, Mi, et al (2017)
<i>Thalassobacillus</i>	<i>Thalassobacillus</i> sp (ID)	Orhan Furkan (2016)
	<i>OceanoBacillus</i> sp. (EN8)	Orhan Furkan (2016)
<i>OceanoBacillus</i>	<i>OceanoBacillus kapialis</i> (NCCP-76)	Gulmeena, Shah, et al (2018)
<i>Zhihengliuella</i>	<i>Zhihengliuella</i> sp. (EN3)	Orhan Furkan (2016)
<i>Brevibacterium</i>	<i>Brevibacterium iodinum</i> (KNUC7183)	Hahm, Mi, et al (2017)
	<i>Brevibacterium linens</i>	Chatterjee, Poulami, et al (2018)
<i>Azospirillum</i>	<i>Azospirillum lipoferum</i> (FK1)	El-Esawi, Mohamed, et al (2019)
	<i>Azospirillum brasilense</i>	Khalid Muhammad, et al (2017)
<i>Arthrobacter</i>	<i>Arthrobacter</i> sp. (PD1.5)	Cordero, Irene (2018)
<i>Dietzia</i>	<i>Dietzia natronolimnaea</i> STR1	Bharti, Nidhi, et al (2016)
<i>Rhizobium</i>	<i>Rhizobium massiliae</i> (KNUC7586)	Hahm, Mi, et al (2017)
<i>Micrococcus</i>	<i>Micrococcus yunnanensis</i>	NA, Zhou, et al (2017)
<i>Planococcus</i>	<i>Planococcus rifietoensis</i>	NA, Zhou, et al (2017)
<i>Variovorax</i>	<i>Variovorax paradoxus</i>	NA, Zhou, et al (2017)
<i>Leclercia</i>	<i>Leclercia adecarboxylata</i> (MO1)	Kang, Sang Mo (2019)

Fuente: Elaboración propia

No obstante, dentro de los 27 estudios de inoculación en semillas se encontraron 7 estudios que usaron la inoculación de consorcios bacterianos en semillas (**Ver tabla 6**), de igual manera de los 23 estudios de inoculación en plántulas se hallaron 2 estudios que aplicaron la inoculación de consorcio bacteriano en plántulas (**Ver tabla 7**).

Tabla 6. Bacterias de la inoculación por consorcio bacteriano en semillas.

INOCULACIÓN DE CONSORCIO – SEMILLAS	
BACTERIA	AUTOR
<i>Arthrobacter</i> <i>Bacillus</i>	Tchuisseu, Gylaine, et al (2020)
<i>BreviBacillus fluminis</i> <i>BreviBacillus agri</i> <i>Bacillus paralicheniformis</i>	Sanjay, Kumar, et al (2019)
<i>Staphylococcus jettensis</i> <i>Staphylococcus arlettae</i> <i>Bacillus marisflavi</i> <i>Zhihengliuella flava</i>	Faiza, Aslam y Basharat, Ali (2018)
<i>MesoRhizobium</i> (NWXJ19) <i>P.extremorientalis</i> (TSAU20)	Egamberdieva, Dilfuza (2016)
<i>Pseudomonas putida</i> R4 <i>Pseudomonas chlororaphis</i> R5	Egamberdieva Dilfuza, et al (2015)
<i>Bacillus cereus</i> Y5, <i>Bacillus</i> sp. Y14, y <i>B. subtilis</i> Y16	Khan Muhammad, et al (2017)
<i>Bacillus pumilus</i> , y <i>Exiguobacterium aurantiacum</i>	Nawaz, Aniq (2020)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7. Bacterias de la inoculación por consorcio bacteriano en plántulas.

INOCULACIÓN DE CONSORCIO EN PLÁNTULAS	
BACTERIA	AUTOR
<i>Halomonas maura</i> <i>Ensifer meliloti</i> <i>Bacillus</i> sp.	Martínez, Rosario et al (2015)
<i>Azospirillum brasilense</i> <i>Azospirillum lipoferum</i> <i>Pseudomonas stutzeri</i>	Noshin, Ilyas, et al (2020)

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se describen los métodos de inoculación bacteriana que fueron empleados en el desarrollo de cultivos enfrentados a diferentes concentraciones de NaCl, teniendo en cuenta que la inoculación bacteriana en semillas fueron en su mayoría cultivos enfrentados a 200mM de NaCl y en plántulas la mayoría de cultivos fueron enfrentados a 100mM de NaCl. **Ver Figura 2 y Figura 3.**

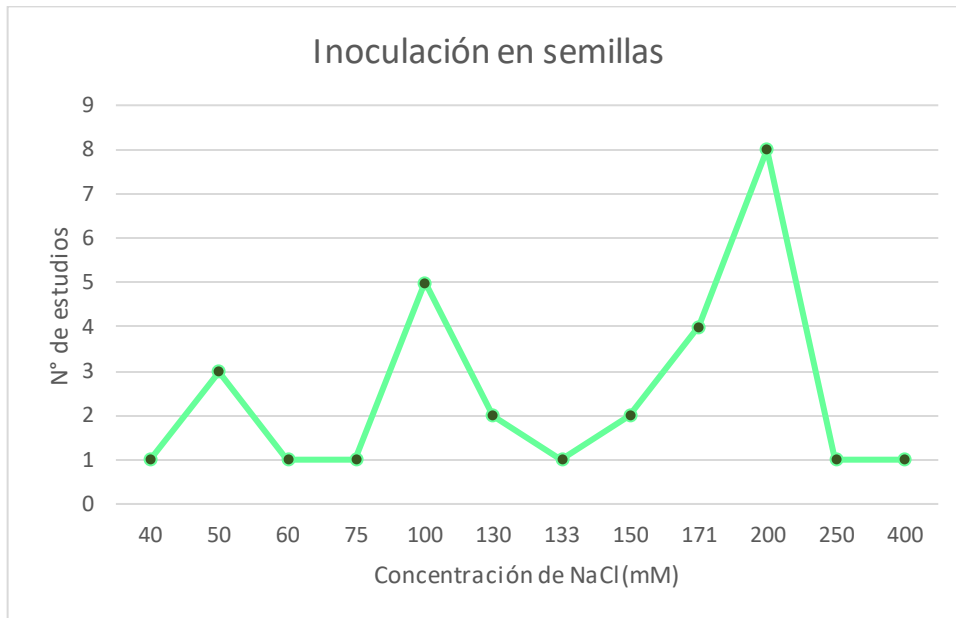


Figura 2. Concentración de NaCl(mM) en la inoculación de bacterias halófilas en semillas

Fuente: Elaboración propia

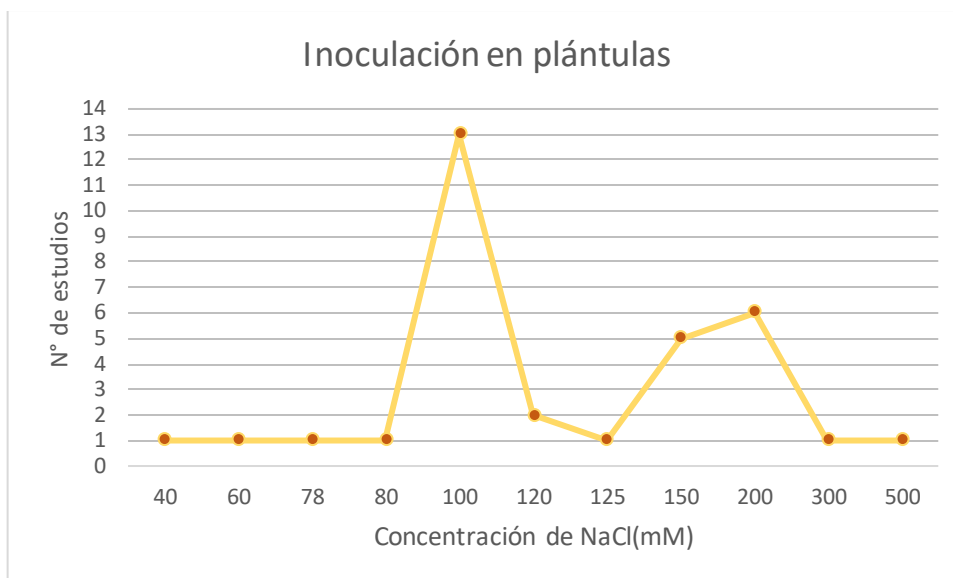


Figura 3. Concentración de NaCl(mM) en la inoculación de bacterias halófilas en plántulas.

Fuente: Elaboración propia

Hay un total de 9 estudios realizados en la India sobre la inoculación de bacterias halófilas en semillas (Kartik Vinodbhal, et al (2020); Kushwaha, Prity et al (2020); Rajnish, Prakash y Prabhat, Nath Jha (2016); Singh, Rajnish Prakash, et al (2017); Bharti, Nidhi, et al (2015); Sanjay, Kumar, et al (2019) con cuatro estudios), 7 estudios en Pakistán (Faisal, Islam, et al (2016); Faiza, Aslam y Basharat, Ali (2018); Aizheng, Yang, et al (2016); Khan Muhammad, et al (2017); de Nawaz, Aniq, et al (2020); Raheem Asif, et al (2015)), 4 estudios en Alemania (Tchuisseu, Gylaine, et al (2020); Massimiliano, Stefan, et al (2015); Egamberdieva, Dilfuza, et al (2016) con dos estudios), 1 estudios en Corea del Sur (Choi, E.-S., et al (2016)), 1 estudio en China (Wang, et al (2018)), 1 estudio en Indonesia (Sulastri, Wiyono, et al (2018)), 1 estudio en Brasil (Ferreira, Nathalia Calhabeu, et al (2018)), 1 estudio en Egipto (Egamberdieva, Dilfuza, et al (2015)), 1 estudio en Italia (Piernik Agnieszka, et al (2017)) y 1 estudio en Argentina (Fasciglione, Gabriela, et al (2015)). Ver Figura 4 y Figura 5.

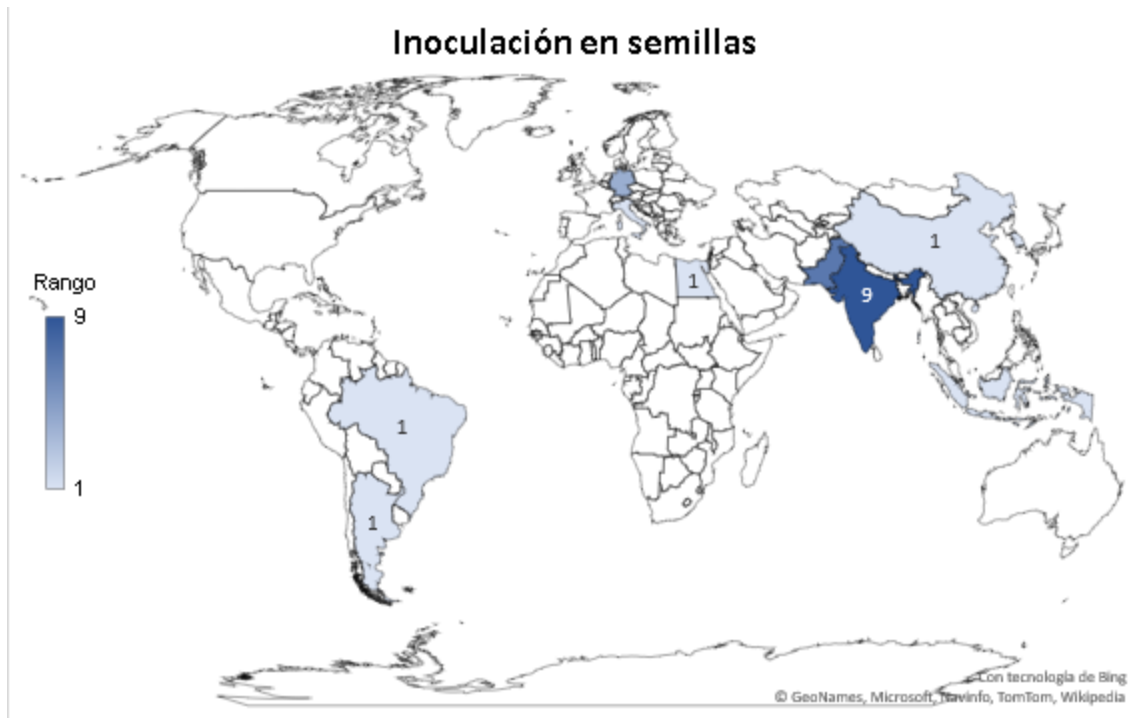


Figura 4. Rango del número de estudios seleccionados por país sobre la inoculación de bacterias halófilas en semillas.

Fuente: Elaboración propia

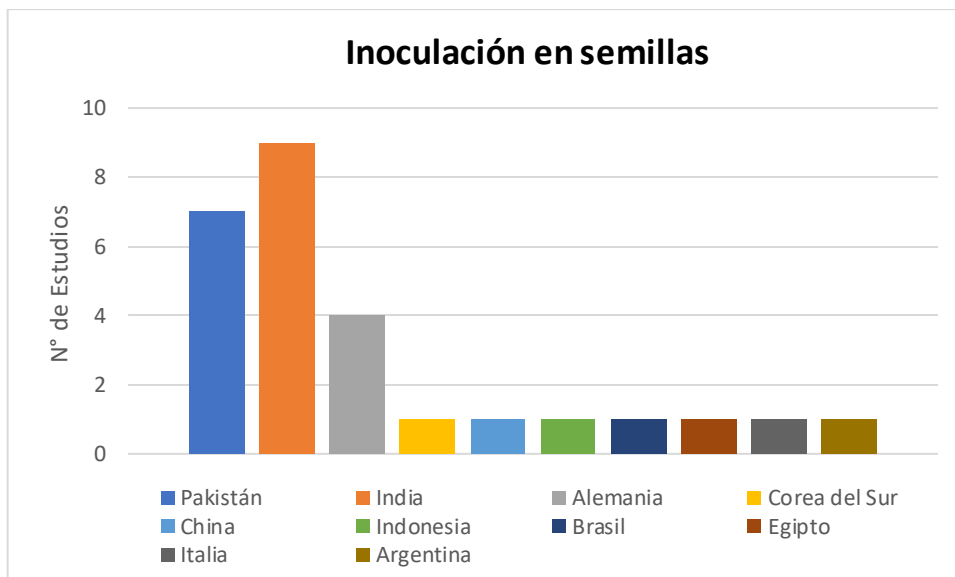


Figura 5. Número de estudios seleccionados por país.

Fuente: Elaboración propia

Sobre la inoculación de bacterias en plántulas hay un total de 4 estudios realizados en Pakistán (Humaira, Yasmin (2020); Noshin, Ilyas, et al (2020); Gulmeena, Shah, et al (2018) con dos estudios); 2 estudios en México (Rojas, Daniel, et al (2020); Khalid Muhammad, et al (2017)); 3 estudios en Polonia (Szymańska, Sonia (2019); Boubaker Idder, et al (2019) con dos estudios); 4 estudios en India (Swapnil Sapre, et al (2017); Amruta, Bhambure, et al (2017); Bhattacharyya, Chandrima, et al (2017); Bharti, Nidhi, et al (2016)); 2 estudios en china (You-wei, Xiong, et al (2019); Na, Zhou, et al (2017)); 2 estudios en España (Cordero, Irene et al (2018); Martínez, Rosario et al (2015)); 2 estudios en Turquía (Orhan Furkan (2016); Esringü, Aslıhan, et al (2016)); 3 estudios en Corea del Sur (Chatterjee, Poulami, et al (2018); Kang, Sang Mo (2019); Hahm, Mi, et al (2017)) y 1 estudio en Egipto (El-Esawi, Mohamed , et al (2019)). Ver Figura 6 y Figura 7.

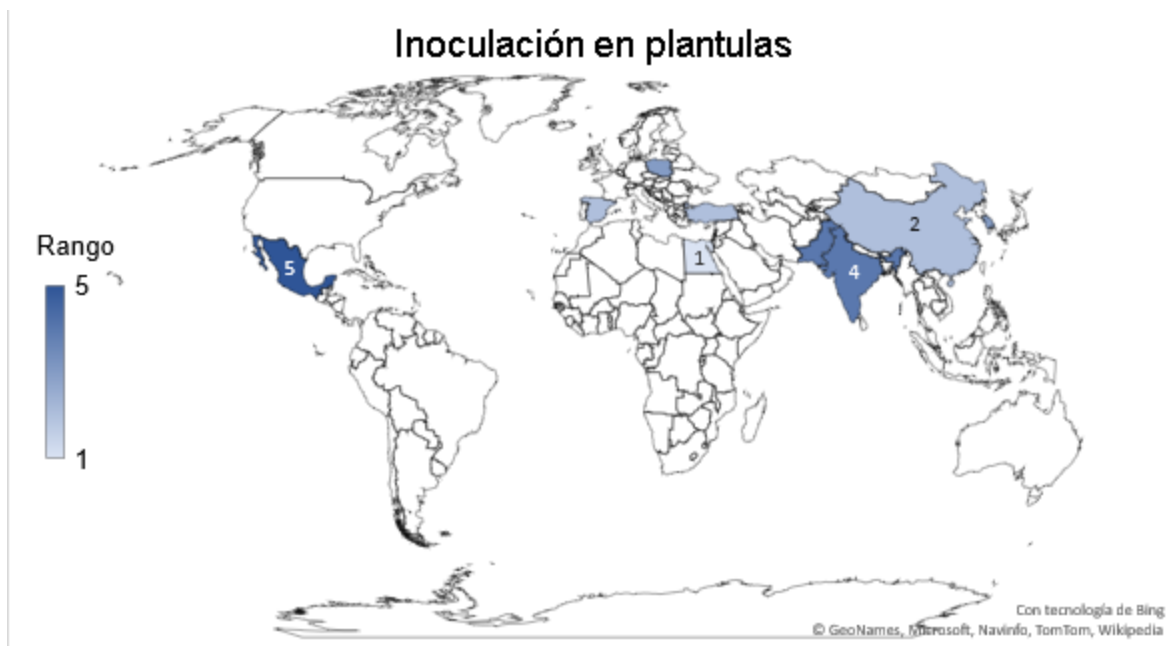


Figura 6. Rango del número de estudios seleccionados por país sobre la inoculación de bacterias halófilas en plántulas.

Fuente: Elaboración propia

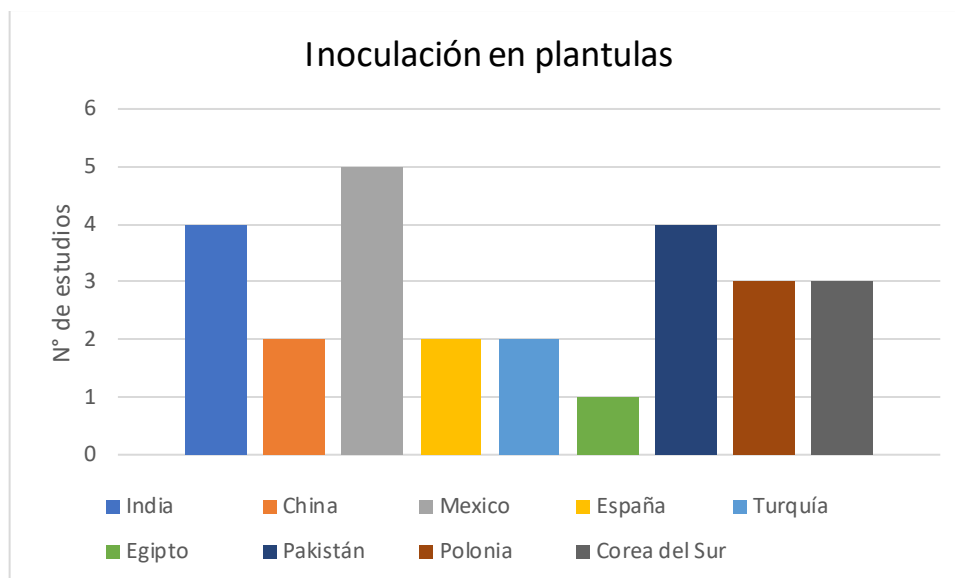


Figura 7. Número de estudios seleccionados por país.

Fuente: Elaboración propia

Inoculación de bacterias halófilas en semillas de chile (*Capsicum annuum* L.):

Según el método de inoculación de bacterias en semillas realizado por Wang, et al (2018) las semillas de chile (*Capsicum annuum* L.) para su esterilización fueron remojadas en etanol al 70% durante 5 min y se limpiaron con agua destilada. Las semillas esterilizadas se empaparon completamente en 5 ml de suspensión bacteriana (2×10^8 CFU/ml) durante 5 min, se sembraron 10 semillas por maceta modificadas con 100ml de solución nutritiva de Hoagland. Cuando las plántulas tenían 2 semanas de edad fueron nuevamente inoculadas con cinco mililitros de suspensión bacteriana (2×10^2 CFU/ml) en el sustrato alrededor de estas. A partir de entonces, se regaron con solución salina (NaCl 60 mM) hasta que se cosecharon las plantas.

Los efectos de la bacteria fueron confirmados en tres semanas (21 días), este procedimiento fue diferente en el estudio de Sanjay, Kumar, et al (2019) por que utilizó 0.1% de $HgCl_2$ seguido de etanol al 70% para la esterilización superficial de semillas de chile (*Capsicum annuum* L.), en una celda con concentración de 10^6 CFU/ml donde las semillas fueron empapadas en suspensión bacteriana durante 3 – 4 horas, estas secaron a temperatura ambiente, después sembró 2

semillas por maceta y estas fueron regadas con agua destilada, los datos sobre el efecto bacteriano se registró en 30 días.

Sanjay, Kumar, et al (2019) en su estudio realizado en India inoculó en semillas de chile (*Capsicum annuum* L.) un consorcio bacteriano de diferentes especies del género *Bacillus* (*BreviBacillus fluminis*, *BreviBacillus agri* y *Bacillus paralicheniformis*) a 171mM de NaCl, como resultado, la germinación en semillas fue del 70%, la longitud del brote fue de 79,5%, la longitud de raíz fue de 94.8%, peso seco 99.3% y peso fresco 96.6%; a diferencia de Wang, et al (2018) que en su estudio realizado en China inoculó una sola especie del género *Bacillus* (*Bacillus megaterium*) a 60mM NaCl, como resultado, la altura del brote en 30.5%, la longitud de la raíz en 143,1% lo cual significa que sobrepasó la longitud estándar de esta, el peso fresco 52.3% y el peso seco 86.7%; estos resultados se ven afectados por la concentración de sal a las que fueron enfrentados los cultivos, se puede apreciar que la inoculación en consorcio fue superior a la de una sola cepa de bacteria en el caso del género *Bacillus*.

Inoculación de bacterias halófilas en semillas de arroz (*Oryza sativa*):

En el cultivo de arroz (*Oryza sativa*) Choi, E.-S., et al (2016) esterilizó las semillas de arroz con hipoclorito de sodio al 0,02% durante 2 min y luego se enjuagaron con agua destilada, 100 semillas fueron recubiertas con 500g de SiO₂ (polvo de zeolita) luego fueron inoculadas remojándolas en la suspensión bacteriana de *PaeniBacillus yonginensis* DCY84T con densidad de 10⁸CFU/ml⁻¹ durante 30 minutos, el suelo utilizado en este experimento se recogió de la costa de Taean, Corea del Sur estas se dejaron germinar por 3 días en una placa de Petri (150 × 150 mm) con papel tisú estéril humedecido, 50 semillas germinadas fueron transferidas a macetas con tierra esterilizada y se cultivaron dentro del invernadero durante 14h diurnos a 30°C y 10h nocturnas a 20 °C en un ambiente con 90% de humedad relativa.

Después de la 1era semana, se transfirieron 32 plántulas de arroz de tamaño similar a macetas más grandes. El estrés salino se introdujo a los 15 días a 16 plántulas para cada tratamiento regando con NaCl 250mM solución durante 5 días. El quinto día, el agua se cambió de nuevo a agua normal para permitir que las plántulas de

arroz se recuperen. Después de 2 semanas de recuperación (34 días) se recolectaron los datos sobre el efecto del tratamiento, a diferencia de Sulastri, Wiyono, et al (2018) que esterilizó las semillas de arroz con etanol al 70% durante 1 min seguido de solución de hipoclorito de sodio durante 5 min y luego se lavó 5 veces con agua estéril. Las semillas de arroz esterilizadas fueron inoculadas con *Bacillus* sp E194-3 con densidad de 10^8 - 10^9 CFU/ml⁻¹ en solución salina esterilizada 0,85% durante 24 h. Las semillas de control fueron incubadas en solución salina esterilizada al 0,85% durante 24 h. Las semillas inoculadas se transfirieron a tubos de ensayo encerrado con tapones de plástico.

Los tubos se dispusieron usando diseño completamente al azar con diez repeticiones para cada tratamiento. Las plantas se incubaron en una sala de crecimiento con temperaturas mantenidas a ± 25 °C, con un ciclo de 12 h oscuro/claro. Después de 14 días se registraron los efectos de la inoculación.

Según la investigación realizada por Choi, E.-S., et al (2016) la etapa de plántula es una de las etapas más sensibles al estrés salino en el arroz, sin embargo, las plántulas que habían sido inoculadas cuando eran semillas se recuperaron significativamente. Este resultado corresponde con un estudio previo en el que la inoculación con *Bacillus* sp. promovió tolerancia salina al cultivo de arroz en un estudio realizado en Indonesia por Sulastri, Wiyono, et al (2018), este tuvo como resultado el aumento de la longitud de la raíz (21%), la longitud de los brotes (39%) el peso fresco (62%) y el peso seco en (49%), el cultivo de arroz fue enfrentado a 200mM NaCl, a diferencia de Choi, E.-S., et al (2016) que en su estudio realizado en Corea del Sur registró la longitud del brote (77%), número de raíces (91%), longitud de raíces (90.8%), peso fresco (85.7%) y tasa de germinación (52%), el cultivo fue enfrentado a 250mM NaCl.

Estos resultados demuestran que el tratamiento realizado por Choi, E.-S., et al (2016) fue más efectivo por que cubrió con SiO₂ (polvo de zeolita) las semillas de arroz potenciando la capacidad oxidativa de las raíces y la reducción de la absorción excesiva de hierro (Fe) y manganeso (Mn), sumándole la inoculación a las semillas con *PaeniBacillus yonginensis* desencadenando resistencia al estrés salino en el arroz.

Inoculación de bacterias halófilas en semillas trigo (*Triticum aestivum* L.):

En la investigación realizada en Pakistán por Nawaz, Aniq, et al (2020) realizó un experimento en macetas con dos genotipos de trigo (Aas-11; tolerante a la sal y Galaxy-13; sensible a la sal) En total fueron 2 tratamientos, en el primero inoculó suspensiones bacterianas *Pseudomonas fluorescense* en las semillas de trigo (*Triticum aestivum* L.) sensibles a la sal, el procedimiento de inoculación fue semejante al de Wang, et al (2018) ya que también inoculó una sola especie del género bacteriano y el segundo tratamiento inoculó suspensiones bacterianas de *Bacillus pumilus* y *Exiguobacterium aurantiacum* en el genotipo tolerante a la sal, este fue semejante al estudio realizado por Sanjay, Kumar, et al (2019) porque inoculó consorcios bacterianos de diferentes géneros.

El primer tratamiento con *Pseudomonas fluorescense* se tuvo como resultado la longitud de la raíz (71.72%), potasio (113.39%), la biomasa fresca y seca de raíces (231.02%) y el contenido de prolina libre (317.2%) en el cultivo sensible a la sal y el segundo tratamiento con *Bacillus pumilus* y *Exiguobacterium aurantiacum* en el cultivo resistente a la sal tuvo como resultado la longitud de brote (14,38%), peso fresco (72,73%), adquisición de potasio (29.7%) y calcio (400%) así como el contenido de glicina betaína (270,31%) esta tiene como papel regular la pérdida de agua de las plantas para evitar su deshidratación. Según Nawaz, Aniq, et al (2020) las bacterias del género *Pseudomona* y *Bacillus* producen IAA (ácido indolacético) una auxina natural y sideróforo (compuesto quelante de hierro) otorgándole a los cultivos tolerancia al estrés salino, señalando que ambos cultivos fueron enfrentados a 130mM de NaCl. **Ver Anexo 1**

La salinidad del suelo es una de las principales tensiones abióticas que están reduciendo la producción de cultivos, especialmente en las regiones áridas y semiáridas del mundo como Pakistán (Muhammad et al., 2017). El estudio realizado por Khan Muhammad, et al (2017) demostró que las bacterias del género *Bacillus* producen la enzima ACC-desaminasa como fuente de nitrógeno influyendo de manera variable en el crecimiento del cultivo de trigo (*Triticum aestivum*) bajo estrés por salinidad.

También se realizaron estudios con bacterias del género *Enterobacter* y *Serratia* que tienen el mecanismo para producir la enzima desaminasa del ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico desaminasa (ACC desaminasa) al igual que las bacterias del género *Bacillus*, este es utilizado por las bacterias como mecanismo para otorgar tolerancia a la salinidad al cultivo trigo (*Triticum aestivum*) promoviendo el crecimiento de las plantas a altas concentraciones de NaCl (Rajnish, Prakash y Prabhat, Nath Jha (2016); Singh, Rajnish Prakash, et al (2017); Raheem Asif, et al (2015)).

Inoculación de bacterias halófilas en semillas de maíz (*Zea mays*):

Algunos estudios realizados con bacterias del género *Bacillus* en los cultivos de maíz (*Zea mays*) fueron realizados en consorcio con otros géneros de bacterias como *Arthrobacter*, *Staphylococcus*, *Zhihengliuella* y *Bacillus* teniendo resultados satisfactorios en el aumento de la longitud del brote en 61% y longitud de la raíz en 92%, los cultivos de maíz (*Zea mays*) fueron enfrentados a 200mM NaCl (Tchuisseu, Gylaine, et al (2020); Faiza, Aslam y Basharat, Ali (2018)). Otros estudios solo realizaron la inoculación con una especie del género *Bacillus* como *Bacillus subtilis* (Ferreira, Nathalia Calhabeu, et al (2018)) y *Bacillus pumilus* (Bharti, Nidhi, et al (2015)), este último autor también experimentó con las bacterias *Halomonas desiderata* y *Exiguobacterium oxidotolerans*, mostrando ser superior en eficiencia la bacteria *Bacillus pumillus*, debido a la generación de ACC-desaminasa mencionado anteriormente.

Inoculación en plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum*):

La inoculación en plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum*) con bacterias halófilas realizado en España por Cordero, Irene, et al (2018) quien esterilizó las semillas con hipoclorito de sodio al 50% durante 20 min, se cultivaron 2 semillas por masetas hasta su germinación, después de 12 días ya en plántulas se colocaron una por maceta con concentración de NaCl 100mM y luego se inocularon en la base del tallo con 2.5ml de suspensión bacteriana (10^8 CFU/ml⁻¹), esto se asemejó al estudio realizado en México por Rojas, Daniel, et al (2020) que inoculó 25ml (1×10^6 CFU) tres veces por semana de manera aleatoria, en la quinta semana realizó la recolección para verificar los efectos de la bacteria en el cultivo.

Este procedimiento fue diferente al estudio realizado en China por You-wei, Xiong, et al (2019) quien esterilizó las semillas con 75% de etanol durante 3 min antes de sembrarlas en macetas que contenían tierra esterilizada con 60% de humedad relativa, al quinto día ya convertidas en plántulas fueron seleccionadas y transferidas a macetas de plástico que contenían suelo estéril con concentración de 200Mm NaCl, las plántulas tuvieron cinco inoculaciones, una vez cada 2 días con 35 mL de suspensión bacteria ($0,2 \times 10^8$ UFC/ml⁻¹) este procedimiento fue semejante al estudio realizado en Corea del Sur por Kang, Sang Mo (2019) que inoculó 20ml de suspensión bacteriana (4×10^8 CFU/ml⁻¹) a plántulas estresadas a 120Mm de NaCl, siete días después de finalizar el tratamiento se recolectaron las plantas para ver los efectos de inoculación.

Las bacterias utilizadas en la inoculación en plántulas de tomate fueron: *Glutamicibacter halophytocola* (You-wei, Xiong, et al (2019)); *Bacillus* sp (Rojas, Daniel, et al (2020)); *Leclercia adecarboxylata* (Kang, Sang Mo (2019)); *Arthrobacter* sp. y *Pseudomonas* sp (Cordero, Irene et al (2018)). Mostrando ser más eficaz en el desarrollo de tomate la bacteria *Pseudomonas* sp porque a diferencia de las otras bacterias, esta otorgó protección contra el estrés por salinidad aumentando la biomasa fresca de brotes (142%), biomasa fresca de raíces (185%), biomasa seca de raíces (174%), N (130%), P (148%) y K (147%). Ver más detalles en **Anexo 2**.

Las bacterias del género *Pseudomonas* pueden solubilizar fosfato in vitro e inducir al aumento de concentración de fósforo (P) en las hojas de tomate, también son fijadoras de nitrógeno (N), esto proporciona crecimiento en la raíz de las plántulas del tomate para una mejor absorción de nutrientes, estimulando los procesos metabólicos para movilizar los nutrientes, Cordero, Irene et al (2018).

Inoculación en plántulas Trigo (*Triticum aestivum* L.):

Inoculación con bacterias halófilas en plántulas Trigo (*Triticum aestivum* L.) realizado por Orhan Furkan (2016) quien esterilizó las semillas con hipoclorito de sodio al 3% durante 5 min tras la esterilización, las semillas se germinaron en vasos de red llenos de hidro-toneladas a 30 °C por 4 días ya en plántulas se sembraron en macetas que contenían suelo con 200mM de NaCl durante 10 días para determinar el efecto del estrés salino en la plántula, después se inocularon por separado 5ml de caldo nutritivo con concentración de 1×10^9 UFC/ml⁻¹ con cada cepa bacteriana (*Staphylococcus succinus*, *Zhihengliuella* sp, *Bacillus* sp, *OceanoBacillus* sp, *Halomonas* sp, y *ThalassoBacillus* sp), 10 días después del periodo de inoculación, las plantas se analizaron para determinar la eficiencia de la inoculación con los diferentes géneros bacterianos.

Bharti, Nidhi, et al (2016) realizó el mismo procedimiento, pero varió en las concentraciones y en la bacteria, en la cual inoculó 1ml de caldo nutritivo con concentración de *Dietzia natronolimnaea* (10^8 CFU/ml⁻¹) a plántulas cultivadas a 150mM de NaCl. A diferencia del estudio realizado por Noshin, Ilyas, et al (2020) quien inoculó un consorcio bacteriano (*Bacillus* sp., *Azospirillum brasilense*, *Azospirillum lipoferum* y *Pseudomonas stutzeri*) con concentración celular de (10^7 CFU/ml) a macetas que contenía 10 kg de suelo con 150mM NaCl, las plantas se recolectaron a los 45 días después de la siembra.

En el estudio realizado Orhan Furkan (2016) utilizó 6 géneros de bacterias halófilas para ver su eficiencia en el desarrollo del cultivo de trigo bajo las mismas condiciones, el género *ThalassoBacillus* sp. mostró una mayor tasa de crecimiento del 78,1% esto se debe a la producción de ácido (IAA), fijación de N, solubilización de fosfato y la actividad desaminasa (ACC) esto hace que aumente la longitud de la raíz lo que constituye una mayor superficie radicular que permite que la planta

obtenga más nutrientes del suelo y mejore el crecimiento y rendimiento del trigo (*Triticum aestivum* L.) bajo estrés por salinidad. En el estudio de Bharti, Nidhi, et al (2016) con cepa de *Dietzia natronolimnaea*, que registraron un 50% más de crecimiento a comparación de su planta control, esta cepa coloniza las raíces y promueve el crecimiento de las plantas alterando la selectividad de Na⁺, K⁺ y Ca²⁺ y mantienen una relación K⁺ / Na⁺ más alta en plantas bajo estrés salino. A diferencia del estudio de Noshin, Ilyas, et al (2020) quien mostro mayor eficiencia en la masa fresca (93%), biomasa seca (65.4%), contenido de agua en las hojas aumentó en 79%, contenido de clorofila (86.77%) y osmolitos esto se debe al aporte de distintos mecanismos de defensa debido a una combinación compleja de varias bacterias que ayudan al desarrollo de la planta, mitigan la salinidad, reducen la fuga de electrolitos y regulación de los mecanismos de defensa de las plantas.

Inoculación en plántulas de arroz Arroz (*Oryza sativa*):

En el estudio de Gulmeena, Shah, et al (2018) inoculó plántulas de arroz (*Oryza sativa*) cultivadas bajo concentración de 100mM de NaCl con 2 géneros de bacterias por separado, *Thalassobacillus denorans* y *Oceanobacillus kapialis*, estas tuvieron efectos positivos aliviando el estrés por salinidad debido a que usan Na⁺ como factor de su metabolismo, en consecuencia, redujeron la cantidad de Na⁺ y como resultado las plantas tuvieron eficiencia de 97% en su desarrollo. Sin embargo, el estudio de Poulami Chatterjee (2018) quien inoculó *Brevibacterium linens* en plántulas cultivadas en las mismas condiciones de estrés salino (100mM NaCl), obtuvo una eficiencia menor de 58% en su desarrollo, esto se debe a una mayor acumulación de Na⁺ en los brotes.

A diferencia del estudio de Amruta, Bhambure, et al (2017) quien inoculó *Bacillus subtilis* a cultivo bajo una concentración más baja de 78mM NaCl mostrando una eficiencia en el volumen de la raíz al 63%, debido a la producción de enzima fosfatasa, ácidos orgánicos y enmienda orgánica, lo que condujo a una mayor solubilización y disponibilidad de fósforo disponible en el suelo.

Inoculación en plántulas de legumbres:

El estrés salino inhibe el crecimiento, la nodulación, disminución de potasio, contenido total de clorofila y la fijación de nitrógeno en legumbres es por ello que se ha determinado que la aplicación de bacterias halófilas puede inhibir esta disminución causada por el estrés salino, los resultados encontrados por Boubaker Idder, et al (2019) quien inoculó especies de bacterias halófilas del género *Pseudomonas* a plántulas de Haba (*Vicia faba*) cultivadas en suelos con concentración de 100 y 150mM NaCl mostraron una disminución de 30,97% en el contenido total de clorofila en las plántulas inoculadas con *Pseudomonas putida*, a diferencia de las plántulas inoculadas con *Pseudomonas Fluorescens* el contenido total de clorofila aumentó de 1,97% y 2,76% esto se debe a que la bacteria ayudó en la absorción de minerales, aumentando el potasio K+.

Humaira, Yasmin (2020) inoculó *Pseudomonas pseudoalcaligenes* en plántulas de Soja (*Glycine max*) a concentración de 100mM NaCl, esta bacteria aumentó las actividades del sistema relacionado con las defensas, como el transporte de iones, enzimas antioxidantes, prolina y contenido de MDA en brotes y raíces. A diferencia del estudio realizado por El-Esawi, Mohamed, et al (2019) quien inoculó *Azospirillum lipoferum* en plántulas de Garbanzos (*Cicer arietinum L.*) cultivadas a concentraciones de 150mM NaCl, esta bacteria aumentó los parámetros fisiológicos y químicos a través de la inducción de absorción de minerales en un 52% y el contenido relativo de agua de la hoja (LRWC 83.5%).

El estudio de Estringü, Aslıhan, et al (2016) inoculó *Deleya halophila* en plántulas de arveja húngara (*Vicia pannonica*) cultivadas bajo concentraciones de 60mM NaCl, esta bacteria también induce a la absorción de minerales encontrando una eficiencia de concentración de minerales más alta en las hojas de 97% así como también estimula a la producción ácidos orgánicos, hormonas y actividad enzimática en las plántulas cultivadas en suelos salinos.

Comparación sobre la eficiencia entre la inoculación de bacterias en plántulas y en semillas en el desarrollo de cultivos enfrentados a concentraciones de NaCl.

Sanjay, Kumar, et al (2019) en su estudio realizado en la India inoculó un consorcio bacteriano (*BreviBacillus fluminis*, *BreviBacillus agri*, *Bacillus paralicheniformis*), suspendido en carboximetilcelulosa (CMC) al 1% a una concentración celular de 10^6 CFU/ml en semillas de Tomate (*Solanum lycopersicum*), estas fueron cultivadas a 171mM NaCl, este método fue el más eficiente para desarrollar cultivos de Tomate (*Solanum lycopersicum*) en suelos salinos, porque estas bacterias modularon los niveles de la hormona vegetal ácido indol-3-acético (IAA), que es la principal auxina en las plantas actuando como reguladoras del crecimiento, además el suplemento de carboximetilcelulosa (CMC) hace que la bacteria se prolifere más rápido.

En el cultivo de trigo (*Triticum aestivum*) el estudio con mejores resultados fue la inoculación con la bacteria *Thalasso Bacillus* sp. en plántulas realizada por Orhan Furkan (2016), quien tuvo la mayor tasa de desarrollo en 78,1%, esto se debe a que las plántulas fueron trasplantadas a una maceta que contenía solución de Hoagland, esta aporta macronutrientes y micronutrientes, la bacteria produjo ácido (IAA), fitohormona crucial para el desarrollo de la planta.

En el cultivo de Maíz (*Zea mays*) el estudio con mejores resultados fue la inoculación de un consorcio bacteriano (*Staphylococcus jettensis*, *Staphylococcus arlettae*, *Bacillus marisflavi* y *Zhihengliuella flava*) en semillas de maíz (*Zea mays*) realizado por Faiza, Aslam y Basharat, Ali (2018) quienes obtuvieron un incremento máximo del 61% en la longitud de los brotes y 92% de longitud en la raíz, estas fueron cultivadas a 200mM NaCl, las bacterias produjeron enzimas antioxidantes que mitigaron el estrés inducido por la salinidad, además presentaron distintos mecanismos que aumentaron el suministro de metabolitos enzimáticos y no enzimáticos para desintoxicar el impacto de especies reactivas de oxígeno (ROS).

En los estudios realizados en el cultivo de chile (*Capsicum annuum* L.), destacó la inoculación en plántulas realizada por Hahm, Mi, et al (2017), porque inoculó 30ml de suspensión bacteriana de *Brevibacterium iodinum* en plántulas de chile enfrentadas a 200mM de NaCl, esta bacteria aumentó las actividades de catalasa

(CAT), enzima que cataliza la dismutación de H₂O₂ (peróxido de hidrógeno) en agua y oxígeno, esta enzima es sensible a la luz, y su actividad puede verse reducida por salinidad.

En el cultivo de arroz destacó la inoculación en semillas realizada por Choi, E.-S., et al (2016), ya que demostró que al tratar las semillas de arroz con SiO₂ (polvo de zeolita) e inocularlas con *PaeniBacillus yonginensis* potencia la capacidad oxidativa de las raíces y la reducción de la absorción excesiva de hierro (Fe) y manganeso (Mn) en el cultivo de arroz enfrentado a 250mM de NaCl.

En los estudios de inoculación con bacterias halófilas en cultivos de Betarraga (*Beta vulgaris L.*) destacó la inoculación con *Pseudomonas* sp. en semillas realizados por Piernik Agnieszka, et al (2017), este género ayudó al cultivo a desarrollarse en concentraciones de 200mM NaCl, aumentando la longitud de las raíces 35%, biomasa vegetal, capacidad fotosintética y la disminución de la excesiva producción de etileno inducida por estrés, esto se debe a la síntesis de IAA y sideróforos, fijación de nitrógeno que genera por la bacteria.

V. CONCLUSIONES

1. Se identificaron 10 géneros de bacterias inoculadas en semillas, de estos géneros los más sobresalientes en su uso fueron 10 especies del género *Bacillus*, 3 especies de *Pseudomonas* y 3 especies de *Enterobacter*; de igual manera se identificaron 20 géneros de bacterias inoculadas en plántulas, de las cuales los géneros más utilizados fueron *Pseudomonas*, 5 especies; *Bacillus*, 4 especies; *OceanoBacillus*, 2 especies y *Azospirillum*, 2 especies.
2. Los métodos descritos en esta revisión fueron 54% sobre inoculación en semillas y 46% sobre inoculación en plántulas, en la inoculación de bacterias halófilas en semillas aumentó significativamente la tasa de germinación y colonizó más rápido la raíz en condiciones salinas, en la inoculación de bacterias halófilas en plántulas sucedieron varios procesos antes de que la bacteria colonice y fortalezca a la planta, para ello es necesario que esta se desplace hacia la raíz, teniendo en cuenta su supervivencia dentro de la rizosfera para que pueda adherirse y colonizar la superficie de la raíz, esto lo vuelve un proceso lento a diferencia de la inoculación en semillas.
3. Las bacterias halófilas promueven tolerancia a la salinidad a los cultivos enfrentados en un rango de 50mM a 500mM de NaCl, en la inoculación de bacterias halófilas en semillas la bacteria género *Bacillus* fue la más utilizada, mostrando ser eficiente al tener potencial para producir auxinas, enzima ACC-desaminasa y producción de enzima fosfatasa; en la inoculación de bacterias halófilas en plántulas las más utilizada fue la bacteria del género *Pseudomonas*, mostrando ser eficiente al aumentar las actividades del sistema relacionado con las defensas de la planta, como el transporte de iones, enzimas antioxidantes, prolina, contenido de Malondialdehído (MDA) en brotes y raíces, también ayudó en la absorción de minerales aumentando el potasio K⁺ en los cultivos. Las bacterias del género *Bacillus* y *Pseudomonas* producen IAA (ácido indolacético) otorgándoles a los cultivos tolerancia a la salinidad.

VI. RECOMENDACIONES

1. Los mecanismos utilizados por las bacterias halófilas para estimular el crecimiento de los cultivos todavía no son de conocimiento para muchos *agricultores* del mundo, se recomienda elaborar y utilizar fertilizantes biológicos eficaces en áreas agrícolas para promover el desarrollo de los cultivos en condiciones salinas, esto también ayudará a sustituir los fertilizantes químicos trayendo beneficios económicos a los *agricultores*.
2. Se recomienda realizar más estudios con los géneros bacterianos *Cortubacterium*, *Moraxella*, *Serratia*, *Xanthomonadales*, *Dietzia*, *Leclercia* y *Deleya*, porque se identificaron pocos estudios (1-2) donde fueron inoculados tanto en semillas como en plántulas y así poder confirmar su potencial en el desarrollo de cultivos en suelos salinos.

REFERENCIAS

AMRUTA, Bhambure, GOPAL Ramdas y SAVITA Kerkar. Salt Tolerant Bacterial Inoculants as Promoters of Rice Growth and Microbial Activity in Coastal Saline Soil. Proceedings of the National Academy of Sciences India Section B - *Biological Sciences* [en línea]. Volumen 88, n.º 4, diciembre 2017. [Fecha de consulta: 11 de octubre de 2020].

Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs40011-017-0901-9>

ISSN: 03698211

ANWAR A. Aly Soil and groundwater salinization in Siwa Oasis and management opportunities: twenty-year change detection and assessment. *Ciencias del suelo y del agua* [en línea]. Julio 2019. [Fecha de consulta: 24 de abril de 2020].

Disponible en <https://doi.org/10.1080/15324982.2019.1635662>

ISSN: 153 24982

ARORA Sanjay y VANZA Meghna. Microbial Approach for Bioremediation of Saline and Sodic Soils [en línea] 2017 [Fecha de consulta: 24 de abril 2020].

Disponible en https://doi.org/10.1007/978-3-319-48257-6_5

ISBN: 978-3-319-48257-6

ARAUJO, Miguel. Fundamentals of critical analysis: The concept of validity and analysis essentials [en línea]. Enero 2012. [Fecha de consulta: 20 de junio de 2020].

Disponible en <https://doi.org/10.5867/medwave.2012.01.5293>

Aplicabilidad de los criterios de rigor y éticos en la investigación cualitativa E spaña por Noreña Ana Lucia [et al]. [en línea]. 2012. [Fecha de consulta: 11 de junio de 2020].

Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4322420.pdf>

ISSN: 1657-5997

AIZHENG, Yang, et al. Enhancing salt tolerance in quinoa by halotolerant bacterial inoculation. *Functional Plant Biology* [en línea]. Volumen 43, marzo 2016. [Fecha de consulta: 11 de octubre de 2020].

Disponible en: <https://doi.org/10.1071/FP15265>

ISSN: 14454408

BHATTACHARYYA, Chandrima, et al. Genome-Guided Insights into the Plant Growth Promotion Capabilities of the Physiologically Versatile *Bacillus aryabhatai* Strain AB211. *Front. microbiol* [en línea]. Volumen 8, n.º 411, marzo 2017. [Fecha de consulta: 11 de octubre de 2020]

Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.00411>

ISSN: 1664302X

BHARTI, Nidhi, BARNAWAL, Deepti, MAJI, Deepamala y KALRA, Alok. Halotolerant PGPRs Prevent Major Shifts in Indigenous Microbial Community Structure Under Salinity Stress. *Microbial Ecology* [en línea]. 2015. Vol. 70, n.º 1, p. 196–208. [Fecha de consulta: 03 de octubre de 2020]

Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00248-014-0557-4>

BHARTI, Nidhi, PANDEY, Shiv Shanker, BARNAWAL, Deepti, PATEL, Vikas Kumar and KALRA, Alok, 2016. Plant growth promoting rhizobacteria *Dietzia natronolimnaea* modulates the expression of stress responsive genes providing protection of wheat from salinity stress. *Scientific Reports*. 2016. Vol. 6, no. July, p. 1–16. Disponible en <https://doi.org/10.1038/srep34768>

BECERRA, Mervin. Estimación del nivel de salinidad de los suelos de la cuenca del Río Chancay usando datos EVI y NDVI [en línea] setiembre 2019 [Fecha de consulta: 01 de mayo de 2020].

Disponible en <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/UNPRG/5028>

COSSÍO Cardenas, Gema. Las herramientas de análisis cuantitativo de información en Cuba. [en línea]. 2009, n.º 5. [Fecha de consulta: 13 de junio de 2020].

Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5721655.pdf>

ISSN: 1683-8947

CARO, L Técnicas e instrumentos para la recolección de datos, [en línea] 2019 [Fecha de consulta: 05 de junio de 2020].

Disponible en: <https://www.lifeder.com/tecnicas-instrumentos-recoleccion-datos/>

COUREL, Gerónimo. Suelos salinos y sódicos [en línea]. Argentina: Cátedra de Edafología, 2019 [Fecha de consulta: 03 de mayo 2020].

Disponible

en:

<https://www.edafologia.org/app/download/9026474176/Suelos+Salinos+y+s%C3%B3dicos+2019.pdf?t=1563476239>

CORDERO, Irene, BALAGUER, Luis, RINCÓN, Ana and PUEYO, José J. Inoculation of tomato plants with selected PGPR represents a feasible alternative to chemical fertilization under salt stress. *Revista de Plant Nutrition and Soil Science* [en línea]. 2018. Vol. 181, n.º 5, p. 694–703. [Fecha de consulta: 20 de setiembre de 2020].

Disponible en: <https://doi.org/10.1002/jpln.201700480>

Combating soil salinity with combining saline agriculture and Phyto management with salt accumulating plants por Hayat, Key [et al] revista *environmental science and technology*. 2019. [Fecha de consulta: 24 de abril de 2020].

Disponible en <https://doi.org/10.1080/10643389.2019.1646087>

ISSN: 10643389

CHATTERJEE, Poulami. *Brevibacterium linens* RS16 confers salt tolerance to *Oryza sativa* genotypes by regulating antioxidant defense and H⁺ ATPase activity. *Microbiological Research* [en línea]. Volumen 215, p. 89-101, octubre de 2018. [Fecha de consulta: 11 de octubre de 2020]

Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.micres.2018.06.007>

ISSN: 09445013

CHOI, Eul-Su [et al]. The effects of rice seed dressing with *PaeniBacillus yonginensis* and silicon on crop development on South Korea's reclaimed tidal land. *Investigación de cultivos de campo* [en línea]. Volumen 188, marzo 2106. [Fecha de consulta 03 de octubre de 2020].

Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.01.005>

ISSN: 03784290

DEVÍIS, José. A investigação narrativa na educação física e no esporte. [en línea] 2017. [Fecha de Consulta 9 de mayo de 2020].

Disponible en <https://doi.org/10.22456/1982-8918.71277>

ESRINGÜ, Aslıhan et al. Ameliorative effect of the bacterium *Deleya halophila* as a plant growth promoter in Hungarian vetch plants subjected to salinity stress. *Comunicaciones en ciencia del suelo y análisis de plantas*. [en línea]. Volumen 47, n.º 5, marzo 2016. [Fecha de consulta: 11 de octubre de 2020].

Disponible en: <https://doi.org/10.1080/00103624.2016.1141922>

ISSN: 00103624

Ecology and physiology of halophilic microorganisms-Thematic issue based on papers presented at Halophiles 2019-12th International Conference on Halophilic Microorganisms por Banciu, HL [et al]. [en línea] 28 de junio de 2019 Vol. 366, n.º 23. [Fecha de consulta: 28 de mayo de 2020].

Disponible en: <https://doi.org/10.1093/femsle/fnz250>

EL-ESAW, Mohamed, et al. *Azospirillum lipoferum* FK1 confers improved salt tolerance in chickpea (*Cicerarietinum* L.) by modulating osmolytes, antioxidant machinery and stressrelated genes expresión. *Environmental and Experimental Botany* [en línea]. Volumen 159, marzo 2019. [Fecha de consulta: 11 de octubre de 2020].

Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2018.12.001>

ISSN: 00988472

EGAMBERDIEVA, Dilfuza, JABBOROVA, Dilfuza and HASHEM, Abeer. *Pseudomonas* induces salinity tolerance in cotton (*Gossypium hirsutum*) and resistance to Fusarium root rot through the modulation of indole-3-acetic acid. *Saudi Revista de Biological Sciences* [en línea]. 2015. Vol. 22, n.º 6, p. 773–779. [Fecha de consulta: 20 de octubre de 2020]

Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.sjbs.2015.04.019>

DOI 10.1016/j.sjbs.2015.04.019

EGAMBERDIEVA, Dilfuza, LI, Li, LINDSTRÖM, Kristina and RÄSÄNEN, Leena A. A synergistic interaction between salt-tolerant *Pseudomonas* and *MesoRhizobium* strains improves growth and symbiotic performance of liquorice (*Glycyrrhiza uralensis* Fish.) under salt stress. *Revista Applied Microbiology and Biotechnology* [en línea]. 2016. Vol. 100, n.º 66, p. 2829–2841. [Fecha de consulta: 20 de octubre de 2020]

Disponible: <http://dx.doi.org/10.1007/s00253-015-7147-3>

Evolución de la salinidad de los suelos regadíos del río Tunuyán Inferior Mendoza -Argentina por Tozzi, Favian [et al]. *Revista científica de la Facultad de Ciencias Agrarias* [en línea]. Diciembre 2017, n.º 1. [Fecha de consulta: 22 de abril de 2020].

Disponible en http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1853-86652017000100007&lang=es

ISSN 1853-8665

FASCIGLIONE, Gabriela [et al]. *Azospirillum* inoculation effects on growth, product quality and storage life of lettuce plants grown under salt stress. *Revista Scientia horticulturae* [en línea]. Volumen 195, noviembre 2015. [Fecha de consulta: 03 de octubre de 2020].

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.015>

ISSN: 03044238

FAIZA Aslam y BASHARAT Ali. Halotolerant Bacterial Diversity Associated with *Suaeda fruticosa* (L.) Forssk. Improved Growth of Maize under Salinity Stress. *Revista Agronomy* [en línea]. Volumen 8, julio 2018. [Fecha de consulta: 11 de octubre de 2020].

Disponible en: <https://doi.org/10.3390/agronomy8080131>

ISSN: 20734395

FERREIRA, Nathalia Calhabeu, MAZZUCHELLI, Rita de Cassia Lima, PACHECO, Ana Claudia, DE ARAUJO, Fabio Fernando, ANTUNES, Jadson Emanuel Lopes y ARAUJO, Ademir Sergio Ferreira. *Bacillus subtilis* improves maize tolerance to salinity. *Revista Ciencia Rural* [en línea]. 2018. Vol. 48, n.º 8, p. 6–10. [Fecha de consulta: 08 de octubre de 2020]

Disponible en <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20170910>

ISSN 1678-4596

GULMEENA, Sha, et al. Halophilic bacteria mediated phytoremediation of salt-affected soils cultivated with rice. *Revista de exploración geoquímica* [en línea]. Volumen 174, marzo 2017. [Fecha de consulta 11 de octubre de 2020]

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2016.03.011>

ISSN: 03756742

HAHM, Mi Seon, SON, Jin Soo, HWANG, Ye Ji, KWON, Duk Kee and GHIM, Sa Youl. Alleviation of salt stress in pepper (*Capsicum annum L.*) plants by plant growth-promoting rhizobacteria. *Revista de Microbiology and Biotechnology* [en línea]. 2017. Vol. 27, n.º 10, p. 1790–1797. [Fecha de consulta 02 de setiembre de 2020].

Disponible en <https://doi.org/10.4014/jmb.1609.09042>

DOI 10.4014/jmb.1609.09042.

IDDER, Boubaker, DJIBAOUI, Rachid Hocine, YSSAAD, Abdelhakim Reguieg y DJOUDI, Abdelhak. Role of some rhizospheric *Pseudomonas* on the growth and physiology of broad bean (*Vicia faba*) under salt stress conditions. *Acta Agro botánica* [en línea]. 2019. Vol. 72, n.º 4, p. 1–13. [Fecha de consulta 05 de setiembre de 2020].

Disponible en <https://doi.org/10.5586/aa.1794>

DOI 10.5586/aa.1794

IRSHAD, A., KIM, S.B. y AHMAD, I. Culturable diversity of halophilic bacteria in foreshore soils. [en línea]. 2014, n.º 7. [Fecha de consulta 04 de mayo 2020].

Disponible en <https://doi.org/10.1590/S1517-83822014005000050>

ISSN: 15178382

ISLAM, Faisal [et al]. Plant growth promoting bacteria confer salt tolerance in *Vigna radiata* by up-regulating antioxidant defense and biological soil fertility. *Regulación del crecimiento vegetal* [en línea]. Volumen 80, 1 setiembre 2016. [Fecha de consulta: 03 de octubre de 2020].

Disponible en <https://link.springer.com/article/10.1007/s10725-015-0142-y>

ISSN: 01676903

KHAN, Muhammad Yahya, ZAHIR, Zahir Ahmad, ASGHAR, Hafiz Naeem y WARAICH, Ejaz Ahmad. Preliminary investigations on selection of synergistic halotolerant plant growth promoting rhizobacteria for inducing salinity tolerance in wheat. *Pakistan Journal of Botany* [en línea]. 2017. Vol. 49, n.º 4, p. 1541–1551. [Fecha de consulta: 11 de octubre de 2020].

Disponible en

https://www.researchgate.net/publication/319058757_Preliminary_investigations_on_selection_of_synergistic_halotolerant_plant_growth_promoting_rhizobacteria_for_inducing_salinity_tolerance_in_wheat

KUSHWAHA, Prity et al. Functional characterization of *bacilli* from Pearl millet (*Pennisetum glaucum*) and their possible role in multiple stress tolerance. *Biosistemas de plantas* [en línea]. Volumen 154, n.º 4, julio 2020. [Fecha de consulta: 11 de octubre de 2020].

Disponible en <https://doi.org/10.1080/11263504.2019.1651773>

ISSN: 11263504

KHALID, Muhammad, BILAL, Muhammad, HASSANI, Danial, IQBAL, Hafiz M.N., WANG, Hang and HUANG, Danfeng. Mitigation of salt stress in white clover (*Trifolium repens*) by *Azospirillum brasilense* and its inoculation effect. *Botanical Studies* [en línea]. 2017. Vol. 58, n.º 1. [Fecha de consulta: 11 de octubre de 2020].

Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s40529-016-0160-8>

DOI: 10.1186/s40529-016-0160-8.

KANG, Sang Mo, SHAHZAD, Raheem, BILAL, Saqib, KHAN, Abdul Latif, PARK, Yeon Gyeong, LEE, Ko Eun, ASAF, Sajjad, KHAN, Muhammad Aaqil and LEE, In Jung. Indole-3-acetic-acid and ACC deaminase producing *Leclercia adecarboxylata* MO1 improves *Solanum lycopersicum* L. growth and salinity stress tolerance by endogenous secondary metabolites regulation. *BMC Microbiology* [en línea]. 2019. Vol. 19, n.º 1, p. 1–15. [Fecha de consulta: 07 de mayo de 2020].

Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12866-019-1450-6>

LLONTOP, Merly. Rendimiento de polihidroxicanoatos de bacterias halófilas extremas aisladas de salinas en Lambayeque. Tesis (Licenciado en Biología, Microbiología Y Parasitología). Lambayeque: Universidad Nacional “Pedro Ruíz Gallo”, 2012.

Disponible en <http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/2447/BC-TES-TMP1318.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

LOUKAS, A., KAPPAS, I, Abatzopoulos y T.J. HaloDom: A new database of halophiles across all life domains. [en línea]. 2018, n.º 2. [Fecha de consulta: 20 de mayo de 2020].

Disponible en <https://doi.org/10.1186/s40709-017-0072-0>

ISSN: 1790045X

MACO, Giulliana y RIVERA, Gorety. Aislamiento y caracterización de bacterias y hongos halófilos de las salineras de maras, cusco. Junio – diciembre 2015. Tesis (Licenciado en Biología - Microbiología – Parasitología). Lambayeque: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Disponible en <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/UNPRG/4216>

MANOJ Kumar; HASSAN, Etesami y VIVEK, Kumar. Saline Soil-based Agriculture by Halotolerant Microorganisms. Singapore, Springer [en línea] 2019.

1st ed. [Fecha de consulta: 01 de junio de 2020]

Disponible en <https://doi.org/10.1007/978-981-13-8335-9>

ISBN 9789811383342

MASSIMILIANO, Stefan. Paradox of plant growth promotion potential of rhizobacteria and their actual promotion effect on growth of barley (*Hordeum vulgare* L.) under salt stress. *Microbiological Research* [en línea]. Volumen 181, diciembre 2015. [Fecha de consulta: 11 de octubre de 2020].

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.micres.2015.08.002>

ISSN: 09445013

MARTÍNEZ, Rosario [et al]. Co-inoculation of *Halomonas maura* and *Ensifer meliloti* to improve alfalfa yield in saline soils. *Ecología aplicada al suelo* [en línea]. Volumen 87, marzo 2015. [Fecha de consulta 03 de octubre de 2020].
Disponibile en: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2014.11.013>
ISSN: 09291393

MIRANSARI, Mohammad y SMITH, Donald. Sustainable wheat (*Triticum aestivum* L.) production in saline fields. *Critical Reviews in Biotechnology* [en línea]. Volumen 39, número 8, noviembre 2019. [Fecha de consulta: 11 de octubre de 2020].
Disponibile en <https://doi.org/10.1080/07388551.2019.1654973>
ISSN: 07388551

MORALES, Magaly Y GUZMÁN, Juana. “Efecto de la salinidad y pH en la actividad hidrolítica de los sustratos almidón y caseína por las bacterias halófilas aisladas de los estanques salinos de la caleta Santa Rosa”. Tesis (LICENCIADO en Biología, Microbiología Y Parasitología). Lambayeque: Universidad Nacional “Pedro Ruíz Gallo”, 2015. [Fecha de consulta: 05 de junio de 2020]
Disponibile en: <http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/821/BC-TES-3634.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

NAWAZ, Aniqá [et al.]. Potential of Salt Tolerant PGPR in Growth and Yield Augmentation of Wheat (*Triticum aestivum* L.) Under Saline Conditions. *Frontiers in Microbiology* [en línea]. 2020. Vol. 11, p. 1–12. [Fecha de consulta 03 de octubre de 2020].
Disponibile en <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.02019>
DOI 10.3389/fmicb.2020.02019

NA Zhou, SHUAI Zhao y CHANG-Yan Tian. Effect of halotolerant bacteria isolated from halophytes on the growth of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) under salt stress.

FEMS *Microbiology Letters* [en línea]. Volumen 364. Junio 2017. [Fecha de consulta: 11 de octubre de 2020]

Disponible en: <https://doi.org/10.1093/femsle/fnx091>

ISSN: 03781097

NOSHIN, Ilyas, et al. Rhizobacteria Isolated from Saline Soil Induce Systemic Tolerance in Wheat (*Triticum aestivum* L.) against Salinity Stress. *Agronomía* [en línea]. Volumen 10, n.º 7, julio 2020. [Fecha de consulta: 11 de octubre de 2020].

Disponible en: <https://doi.org/10.3390/agronomy10070989>

ISSN: 20734395

ORHAN, Furkan, 2016. Alleviation of salt stress by halotolerant and halophilic plant growth-promoting bacteria in wheat (*Triticum aestivum*). *Brazilian Journal of Microbiology* [en línea]. 2016. Vol. 47, n.º 3, p. 621–627. [Fecha de consulta: 12 de octubre de 2020].

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.bjm.2016.04.001>

DOI 10.1016/j.bjm.2016.04.001.

PIEDRA, Alexis y GONZÁLEZ, María Salinity as a problem in *agriculture*: plant breeding an immediate solution [en línea] diciembre 2013 [Fecha de consulta: 01 de mayo de 2020]

Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v34n4/ctr05413.pdf>

ISSN: 1819-4087

PIERNIK, Agnieszka [et al.]. Effect of halotolerant endophytic bacteria isolated from *Salicornia europaea* L. on the growth of fodder beet (*Beta vulgaris* L.) under salt stress. *Archives of Agronomy and Soil Science* [en línea]. 2017. Vol. 63, n.º 10, p. 1404–1418. [Fecha de consulta: 01 de octubre de 2020].

Disponible en: <https://doi.org/10.1080/03650340.2017.1286329>

DOI 10.1080/03650340.2017.1286329

QUINTANA, A y MONTGOMERY, W. Metodología de Investigación Científica Cualitativa UNMSM [en línea] 2006 Lima [Fecha de consulta: 06 de junio de 2020]. Disponible en: https://cienciassociales.webcindario.com/PDF/Cualitativa/Inv_quintana.pdf

Quantitative Estimation of Soil Salinization in an Arid Region of the Keriya Oasis Based on Multidimensional Modeling por Kasim, N [et al] revista Resources and Environmental Sciences. Marzo 2020 [Fecha de consulta: 24 de abril de 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.3390/w12030880>
ISSN: 20734441

RAHEEM, Asif and ALI, Basharat. Halotolerant rhizobacteria: beneficial plant metabolites and growth enhancement of *Triticum aestivum* L. in salt-amended soils. *Archives of Agronomy and Soil Science* [en línea]. 2015. Vol. 61, n.º 12, p. 1691–1705. [Fecha de consulta: 23 de setiembre de 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/03650340.2015.1036044>

RODRÍGUEZ Aristizabal, HIGUERA Mora y SANJUANELO Corredor. Halophilic bacteria with potential for the recovery of salinated soils in Sáchica-Boyacá, Colombia. *Revista de biología tropical público* [en línea] mayo 2019, n.º 92 [Fecha de consulta: 23 de abril de 2020]. Disponible en <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/32942/38382>
ISSN 0034-7744

Revista Cubana de investigación y Trabajo [en línea] Presupuesto para los proyectos de investigación. *Actualización de la metodología vigente para la planificación* [en línea]. 2018 [Fecha de consulta: 18 de julio de 2020] Disponible en <https://www.medigraphic.com/pdfs/revcubsaltra/cst-2018/cst181i.pdf>

ROJAS, Daniel [et al]. Antifungal and Plant Growth–Promoting *Bacillus* under Saline Stress Modify their Membrane Composition. *Revista de ciencia del suelo y nutrición vegetal*. [en línea]. Volumen 20, n.º 3, 1 setiembre 2020. [Fecha de consulta: 03 de octubre de 2020].

Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00284-020-02069-1>

ISSN: 07189508

SALGADO L, Ana Cecilia. Quality investigation, designs, evaluation of the methodological strictness and challenges. *Liber*. [en línea]. 2007, vol.13, n.º13 pp.71-78. [Fecha de consulta: 14 de junio de 2020]

Disponible en http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1729-48272007000100009&script=sci_arttext&lng=en

ISSN 1729-4827

SANJAY Kumar, PL Kashyap y SRIKANT Awasthi. Deciphering rhizosphere microbiome for the development of novel bacterial consortium and its evaluation for salt stress management in solanaceous crops in india. *Fitopatología india* [en línea]. Volumen 72, n.º 3, setiembre 2019. [Fecha de consulta: 11 de octubre de 2020].

Disponible en <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs42360-019-00174-1>

ISSN: 0367973X

SALARI, Z., KAZEMI, M.J., SHIRSALIMIAN, M.S. Isolation and Molecular Identification of Halophilic Microorganisms from Around Saghand Uranium Mine, Saghand Desert, Iran. [en línea]. 2020. [Fecha de consulta: 25 de abril de 2020].

Disponible en <https://doi.org/10.1080/01490451.2019.1662522>

ISSN: 01490451

SÁNCHEZ, Alexander y BERENGUER, Isabel. Procedimientos metodológicos para el procesamiento de la información [en línea]. 2012. [Fecha de consulta: 15 de junio de 2020]

Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4232569.pdf>

ISSN: 2224-2643

SAPRE, S. GONTIA-MISHRA, I. y TIWARI, S. *Klebsiella* sp. confers enhanced tolerance to salinity and plant growth promotion in oat seedlings (*Avena sativa*). [en línea]. 2018, n. °20, Volumen 206. [Fecha de consulta: 04 de mayo de 2020].
Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.micres.2017.09.009>
ISSN: 09445013

SZYMAŃSKA, Sonia, et al. Boosting the *Brassica napus* L. tolerance to salinity by the halotolerant strain *Pseudomonas stutzeri* ISE12. *Environmental and Experimental Botany* [en línea]. Volumen 163, julio 2019. [Fecha de consulta: 11 de octubre de 2020].
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2019.04.007>
ISSN: 00988472

SINGH, Rajnish y JHA, Prabhat. Alleviation of salinity-induced damage on wheat plant by an ACC deaminase-producing halophilic bacterium *Serratia* sp. SL- 12 isolated from a Salt Lake. *Symbiosis* [en línea]. 69, 101-111, 2016. [Fecha de consulta: 01 de mayo de 2020].
Disponible en <https://doi.org/10.1007/s13199-016-0387-x>
ISSN: 03345114

SINGH, Rajnish Prakash, RUNTHALA, Ashish, KHAN, Shahid y JHA, Prabhat Nath. Quantitative proteomics analysis reveals the tolerance of wheat to salt stress in response to *Enterobacter cloacae* SBP-8. *PLoS ONE* [en línea]. 2017. Vol. 12, n. ° 9, p. 1–21. [Fecha de consulta: 15 de octubre de 2020].
Disponible en: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0183513>
DOI 10.1371/journal.pone.0183513.

Soil salinity analysis of Urmia Lake Basin using Landsat-8 OLI and Sentinel-2A based spectral indices and electrical conductivity measurements por Gorji, T [et al] *Revista Soil Science and Engineering* [en línea]. 2020. [Fecha de consulta: 24 de abril de 2020].
Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106173>
ISSN: 1470160X

SULASTRI, Wiyono, SOEPANDIE, D y DA Santosa. Induced systemic salt tolerance in rice by indigenous bacteria isolated from Java coastal plants under gnotobiotic system. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. [en línea]. Volumen 187, noviembre 2018. [Fecha de consulta: 11 de octubre de 2020] Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/187/1/012024>
ISSN: 17551307

Tecnologías de remediación para suelos salinos México por Nalleli Trejo Gonzales [et al]. [en línea]. 2019 n.o10. [fecha de consulta: 10 de mayo de 2020]. Disponible en: <https://doaj.orj/article/c28cd33b170841d8a60ff0a9631ac614>
ISSN:0718-8706

Teoría y práctica del análisis de datos cualitativos por Clemente Rodríguez Sabiote [et al]. [en línea]. 2005. [fecha de consulta: 14 de junio de 2020]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=65415209>
ISSN: 1405-3543

The global technical and economic potential of bioenergy from salt-affected soils por Birka Wicke, Birka [et al]. *Revista Energy & Environmental Science* [en línea]. Abril 2011, n. °04. [Fecha de consulta: 05 de junio de 2020]. Disponible en: <https://pdfs.semanticscholar.org/f238/ece7d7271bc54b5f911fba4c67c52affa03f.pdf>
ISSN: 2669-2681.

TCHUISSEU, Gylaine et al. The Response of Maize to Inoculation with *Arthrobacter* sp. and *Bacillus* sp. In Phosphorus-Deficient, Salinity-Affected Soil. *Microorganisms* [en línea]. Volumen 8, n. ° 7, julio 2020. [Fecha de consulta: 11 de octubre de 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/microorganisms8071005>
ISSN: 20762607

VARGAS Cordero, Zoila Rosa la investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica. *Revista Educación* [en línea]. 2009, 33 (1), 155-165 [Fecha de Consulta 6 de mayo de 2020].

Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44015082010>

ISSN: 0379-7082.

VENTOSA, Antonio, NIETO, Joaquín y OREN, Aharon. Biología de las bacterias aeróbicas moderadamente halófilas. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*. [en línea]. Volumen 62. junio 2020. [Fecha de consulta: 31 de octubre de 2020].

Disponible en <https://doi.org/10.1128/membr.62.2.504-544.1998>

ISSN: 10922172

VINODBHAI Kartik, HARDIK, Jinal y NATARAJAN, Amaresan. Inoculation of Cucumber (*Cucumis sativus L.*) Seedlings with Salt-Tolerant Plant Growth Promoting Bacteria Improves Nutrient Uptake, Plant Attributes and Physiological Profiles. *Journal of Plant Growth Regulation*. [en línea]. 2020 [Fecha de consulta: 11 de octubre de 2020].

Disponible en <https://doi.org/10.1007/s00344-020-10226-w>

ISSN: 07217595

WANG Wenfei [et al]. Plant growth promotion and alleviation of salinity stress in *Capsicum annuum L.* by *Bacillus* isolated from saline soil in Xinjiang. *Ecotoxicology and Environmental Safety* [en línea]. Volumen 164, noviembre 2018. [Fecha de consulta: 09 de setiembre de 2020].

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.08.070>

ISSN: 01476513

YOU-WEI, Xiong [et al.]. Enhancement of growth and salt tolerance of tomato seedlings by a natural halotolerant actinobacterium *Glutamicibacter halophytocola* KLBMP 5180 isolated from a coastal halophyte. *Planta y suelo* [en línea]. Volumen 445, número 1-2, 1 diciembre 2019. [Fecha de consulta: 03 de octubre de 2020].

Disponible en <https://doi.org/10.1007/s11104-019-04310-8>

ISSN: 0032079X

HUMAIRA, Yasmin, [et al.]. Halotolerant rhizobacteria *Pseudomonas pseudoalcaligenes* and *Bacillus subtilis* mediate systemic tolerance in hydroponically grown soybean (*Glycine max* L.) against salinity stress. *PLoS ONE* [en línea]. 2020. Vol. 15, no. 4, p. 1–27. [Fecha de consulta: 05 de octubre de 2020].

Disponible en: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231348>

ANEXOS

Anexo 1. Estudios sobre el proceso de inoculación de bacterias halófilas en semillas

País	Bacterias halófilas	Concentración NaCl	Cultivo	Cantidad de bacterias inoculadas	Eficiencia de las bacterias halófilas	Referencias
China	<i>Bacillus megaterium</i> (WU-5)	60mM NaCl	Chile (<i>Capsicum annuum</i> L. b) y	5 ml 2 x 10 ⁸ CFU/ml	Altura de brote en (30.49%) Longitud de raíz en (143,12%) Peso fresco (52.33%) Peso seco (86.68%)	Wang, Wenfei et al (2018)
Pakistán	<i>Bacillus cereus</i> Pb25	90mM NaCl	Frijolmungo (<i>Vigna radiata</i>)	2mL 10 ⁸ CFU/ml ⁻¹	Altura de brote (65%) Peso fresco de los brotes (57%) Peso fresco de la raíz (43%) Contenido de clorofila (1,63 mg g ⁻¹ FW)	Faisal Islam, et al (2016)
Corea del Sur	<i>PaeniBacillus yonginensis</i> DCY84T	250mM NaCl	Arroz (<i>Oryza sativa</i>)	300ml 10 ⁸ CFU/ml ⁻¹	Longitud de brote (23cm) Número de raíces (9) Longitud de raíces (9.2) cm Peso fresco (85.7 gr) Tasa de germinación (52%)	Choi, E.-S., et al (2016)
Argentina	<i>Azospirillum</i>	40mM/m ³ NaCl	Lechuga (<i>Lactuca sativa</i>)	2ml de solución bacteriana	Biomasa aérea del brote 179.3 g Contenido relativo de agua (70.8%) Clorofila total (67.9%)	Fasciglione, Gabriela, et al (2015)
India	<i>Arthrobacter</i> sp. (SBS-18)	100mM NaCl	Pepino (<i>Cucumis sativus</i>)	2ml 10 ⁸ CFU/ml	Longitud de raíz (6.9 cm) Longitud de brote (13.95 cm) Clorofila total (50.6%) Peso seco (1880 mg) Peso seco (1076 mg)	Kartik Vinodbhal, et al (2020)
Alemania	<i>Arthrobacter</i> sp. <i>Bacillus</i> sp.	50mM NaCl	Maíz (<i>Zea mays</i>)	2,5ml 10 ⁸ CFU/ml	Promovió el crecimiento de brotes (70cm) Raíces (25cm), Peso seco del brote (1.2g)	Tchuisseu, Gylaine, et al (2020)
Alemania	<i>Curtobacterium flaccumfaciens</i>	133mM NaCl	Cebada (<i>Hordeum vulgare</i>)	10 ⁷ CFU/ml ⁻¹	Acumulación de biomasa de hojas (60%) Longitud de tallos (80%) Longitud de raíces (60%) Contenido de agua en hoja (30%) Contenido de agua en la raíz (50%) se incrementó significativamente con la inoculación, con respecto a plantas no inoculadas	Massimiliano, Stefan, et al (2015)
India	<i>BreviBacillus fluminis</i> <i>BreviBacillus agri</i> <i>Bacillus paralicheniformis</i> .	171mM NaCl	Berenjena (<i>Solanum melongena</i>)	10 ⁶ CFU/ml	Germinación en el cultivo (60%), longitud del brote (15,20cm), longitud de la raíz (8,40cm), peso seco (7.10gr), peso fresco (12.80gr), contenido total de clorofila en la hoja (0.21mg-1). En comparación de las no inoculadas	Sanjay, Kumar, et al (2019)

India	<i>BreviBacillus fluminis</i> <i>BreviBacillus agri</i>	171mM NaCl	Patata (<i>Solanum tuberosum</i>)	10 ⁶ CFU/ml	Germinación fue del 70,00%, la longitud del brote (26,30 cm), la longitud de la raíz (7,00 cm), el peso seco. (6.68 g / planta), peso fresco. (34,94 g / planta), clorofila total en la hoja (0.35 mg ⁻¹)	Sanjay, Kumar, et al (2019)
India	<i>BreviBacillus fluminis</i> <i>BreviBacillus agri</i>	171mM NaCl	Tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>)	10 ⁶ CFU/ml	Germinación de semillas (80,00%), longitud de brote (32,50 cm), longitud de raíz (7,00 cm), peso seco. (5,11 g / planta), peso fresco (44,80 g / planta), La clorofila total en la hoja (0,35 mg ⁻¹)	Sanjay, Kumar, et al (2019)
India	<i>BreviBacillus fluminis</i> <i>BreviBacillus agri</i>	171mM NaCl	Chile (<i>Capsicum annuum</i>)	10 ⁶ CFU/ml	La germinación en semillas fue 70,00%, longitud de brote (20,50 cm), longitud de raíz (5,20 cm), peso seco. (0,67 g / planta) y peso fresco. (3.34 g / planta), clorofila total en la hoja (0.28 mg ⁻¹).	Sanjay, Kumar, et al (2019)
Pakistán	<i>Staphylococcus jettensis</i> , <i>Staphylococcus arlettae</i> , <i>Bacillus marisflavi</i> , <i>Zhihengliuella flava</i> , (C-1)	200mM NaCl	Maíz (<i>Zea mays</i>)	10 ⁷ CFU/ml	Las cepas bacterianas con cultivos mixtos mejoraron significativamente el crecimiento de <i>Z. mays</i> en condiciones de 200mM NaCl sobre el control tratado con agua. longitud de los brotes (61%), longitud de la raíz (92%), Número de raíces (5.7) Peso fresco (8.1g), Peso seco (1.1g)	Faiza, Aslam y Basharat, Ali (2018)
India	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> EPP90	200mM NaCl	Mijo perla (<i>Pennisetum glaucum</i>)	10 ⁸ CFU/ml ⁻¹	Las plantas tratadas con esta cepa reflejaron un crecimiento en la longitud máxima del brote (54.62cm) fue aproximadamente un 33,84% más alto que los controles en relación con la semilla de mijo perla no tratada.	Kushwaha, Prity et al (2020)
India	<i>Serratia</i> sp. SL-12	200mM NaCl	Trigo (<i>Triticum aestivum</i> L)	1 × 10 ⁶ UFC/ ml ⁻¹	Longitud de brote (35%), longitud de raíz (27%), peso fresco (31%) , peso seco (34%), clorofila (76%); disminuyó en el contenido de Na ⁺ (65%, p = 0.05), contenido de prolina disminuyó hasta (65%), aumentó el contenido de auxinas (40 - 58%, p = 0.5) y aumentó el contenido de proteína total en el rango de (22 a 43%) .	Singh, Rajnish Y Jha, Prabhat (2016)
Indonesia	<i>Bacillus</i> sp E194-3	200mM NaCl	Arroz (<i>Oryza sativa</i>)	10 ⁸ - 10 ⁹ CFU/ml ¹	Aumentó la longitud de la raíz (21%), la longitud de los brotes (39%) el peso fresco (62%) y el peso seco en (49%) respectivamente en comparación con el control no inoculado.	Sulastri, Wiyono, et al (2018)
Pakistán	<i>Enterobacter</i> sp. (MN17) <i>Bacillus</i> sp. (MN54)	400mM NaCl	Quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i>)	10 ⁸ - 10 ⁹ CFU/ml ⁻¹	MN17 Altura de planta (66.9%), biomasa de brote (22.1%).MN54 Altura de planta (74.0%), biomasa de brote (23.3%)	Aizheng, Yang, et al (2016)

Alemania	<i>Mesorhizobium</i> (NWXJ19) Co-inoculado con <i>P.extremorientalis</i> (TSAU20)	50mM NaCl	Regaliz (<i>Glycyrrhiza uralensis</i> Fish)	$5,33 \times 10^3$ CFU/cm ⁻¹	NWXJ19 aplicado Co-inoculado con la cepa TSAU20 a 50mM NaCl el peso y la longitud aumentaron en promedio un 100 y 30%.	Egamberdieva, Dilfuza, et al (2016)
Alemania	<i>Mesorhizobium</i> (NWXJ31) Co-inoculado con <i>P.extremorientalis</i> (TSAU20)	75 y 100mM NaCl	Regaliz (<i>Glycyrrhiza uralensis</i> Fish)	$9,36 \times 10^3$ CFU/cm ⁻¹	La cepa NWXJ31, Co-inoculado con la cepa TSAU20, a NaCl 75mM los pesos de los brotes y raíces fueron 35 y 50%. La cepa NWXJ31 a NaCl 100mM, su peso fresco (25%), y las raíces y los brotes (40 y 45%)	Egamberdieva, Dilfuza, et al (2016)
Brasil	<i>Bacillus subtilis</i>	100 y 200mM NaCl	Maíz (<i>Zea mays</i>)	$0,1 \times 10^9$ CFU/ml	Peso seco del brote $2,5g^{-1}$ y el peso seco de la raíz $1,24g^{-1}$ a 100mM NaCl; y a 200mM el peso seco del brote fue $2,40g^{-1}$ y la raíz $0,57g^{-1}$.	Ferreira, Nathalia Calhabeu, et al (2018)
India	<i>Bacillus pumilus</i> (STR2), <i>Halomonas desiderata</i> (STR8) y <i>Exiguobacterium oxidotolerans</i> (STR36)	150mM NaCl	Maíz (<i>Zea mays</i>)	$1,7 \times 10^8$ CFU/ml para (STR2), $1,5 \times 10^8$ CFU/ml (STR8) y $1,7 \times 10^8$ CFU/ml (STR36)	STR2, STR8 y STR36 mostraron una longitud en la raíz de 41cm, 39cm y 40cm respectivamente.	Bharti, Nidhi, et al (2015)
Egipto	<i>Pseudomonas putida</i> R4 y <i>Pseudomonas chlororaphis</i> R5	100mM NaCl	Algodón (<i>Gossypium hirsutum</i>)	1ml Concentración 10^8 CFU/ml ⁻¹	La germinación de semillas mejoró hasta en un 64 y 73%. en respuesta al estrés por 100mM de NaCl y hasta un 73 y 70% en respuesta a Mg 100 mM respectivamente.	Egamberdieva Dilfuza, et al (2015)
Pakistán	<i>Bacillus cereus</i> Y5, <i>Bacillus</i> sp. Y14, y <i>B. subtilis</i> Y16	100mM NaCl	Trigo (<i>Triticum aestivum</i>)	1ml Concentración 10^3 CFU/ml ⁻¹	El aumento en la longitud de la raíz varió del 48% al 116% a comparación al cultivo de control no inoculado de estos aislamientos.	Khan Muhammad, et al (2017)
Pakistán	<i>Bacillus pumilus</i> , y <i>Exiguobacterium aurantiacum</i>	130mM NaCl	Trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.) (Aas-11) tolerante a la sal	1ml (10^6 CFU/ml)	La mayor longitud de brote (14,38%), peso fresco (72,73%), adquisición de potasio (29,7%) y calcio (400%) así como el contenido de glicinbetaína (270,31%) tras la inoculación del consorcio.	Nawaz, Aniq, et al (2020)
Italia	<i>Endophytic bacteria</i> <i>Pseudomonas</i> sp. ISE-12 (B1) y <i>Xanthomonadaceae</i> sp. CSE-34 (B2).	50 y 200 mM NaCl	Betarraga (<i>Beta vulgaris</i> L.)	30ml (10^6 CFU/ml ⁻¹)	Longitud de raíces 11% (B1) y 22% (B2), el efecto de la inoculación dependía del nivel de salinidad. Las plantas inoculadas con B1 tenían raíces ligeramente más largas (35%) a 200 mM de NaCl, mientras que las inoculadas con B2 sólo tenían raíces ligeramente más largas en ausencia de salinidad y con una concentración baja de NaCl (50 mM) (50% y 35%) respectivamente.	Piernik Agnieszka, et al (2017)
Pakistán	<i>Pseudomonas fluorescence</i>	130mM NaCl	Trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.) (Galaxy-13) sensible a la sal	1ml (10^6 CFU/ml)	Longitud de la raíz de la planta (71,72%), potasio (113,39%), la biomasa fresca y seca de raíces (231,02%) y el contenido de prolina libre (317,2%)	Nawaz, Aniq, et al (2020)

India	<i>Enterobacter cloacae</i> (SBP-8)	200mM NaCl	Trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.)	10 ⁸ CFU/ml ⁻¹	La inoculación de SBP-8 regula al alza la expresión de proteínas como la tubulina, profilina, retinoblastoma, endotransglucosilasa de xiloglucano, etc., esto desempeña un papel eminente en el fortalecimiento de la pared celular y prevenir el daño celular durante condición de estrés salino.	Singh, Rajnish Prakash, et al (2017)
Pakistán	<i>Enterobacter asburiae</i> (S-24), <i>Bacillus thuringiensis</i> (S-26), <i>Bacillus thuringiensis</i> (S-50) <i>Moraxella pluranimalium</i> (S-29), <i>Pseudomonas stutzeri</i> (S-80)	150 y 200 mM NaCl	Trigo (<i>Triticum aestivum</i> L)	4ml 10 ⁷ CFU/ml ⁻¹	Aumentos muy significativos de 40% y 36% se registraron para la longitud de los brotes con S-29 a 150mM y 200mM. Se observó una longitud de brotes significativamente mayor para S-80 (37%), S-24 (35%) y S-50 (31%) a 150mM NaCl.	Raheem Asif, et al (2015)

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2. Estudios sobre el proceso de inoculación de bacterias halófilas en plántulas.

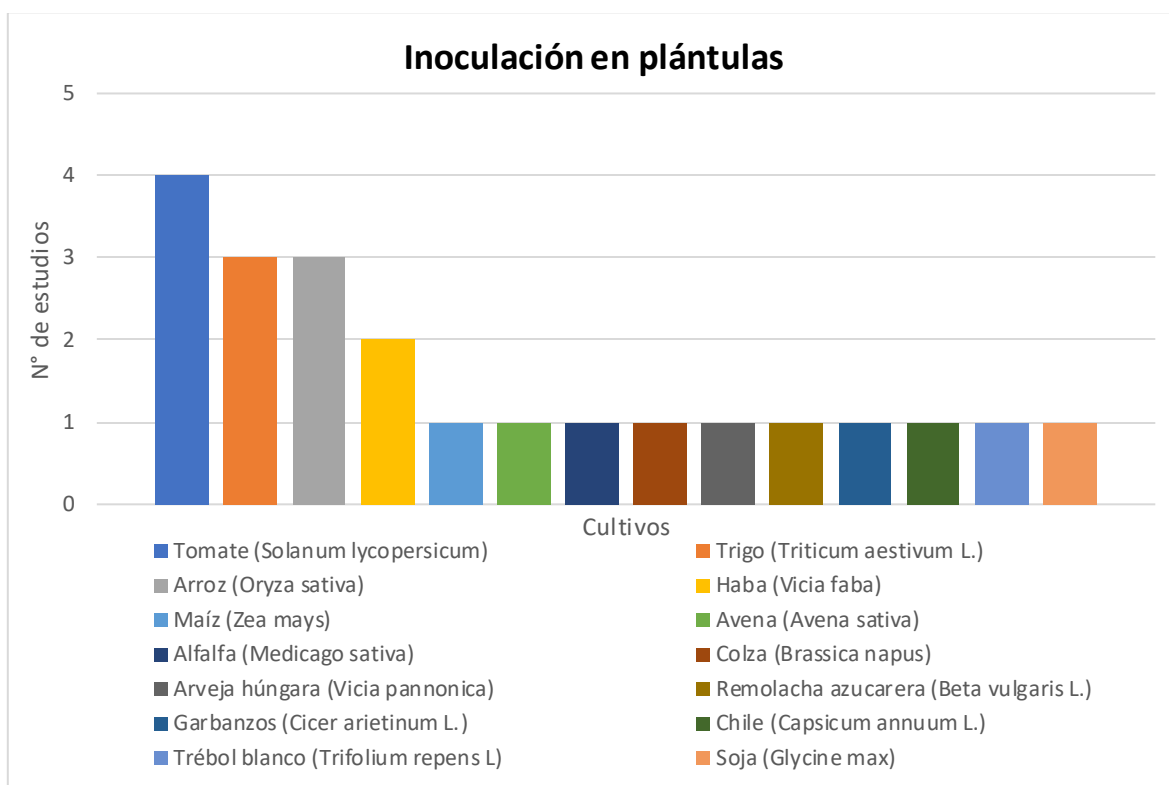
País	Bacterias halófilas	Concentración NaCl	Cultivo	Cantidad de bacterias inoculadas	Eficiencia de las bacterias halófilas	Referencias
India	<i>Klebsiella</i> sp. (PGPR IG 3)	100mM NaCl	Avena (<i>Avena sativa</i>)	0.05ml 2.3×10^8 CFU/ml ⁻¹	Longitud de los brotes (24.13 cm) La longitud de las raíces (6.9 cm) Contenido relativo de agua (RWC) (87.4%)	Swapnil Sapre, et al (2017)
China	<i>Glutamicibacter halophytocola</i> KLBMP 5180	200mM NaCl	Tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>)	35ml 0.2×10^8 CFU/ml ¹	Altura de planta (35 cm) Longitud de raíz (15 cm) Peso de la raíz fresca (2.5 g) Peso de la planta fresca (12,5 g) Número de raíces fibrosas (55) Clorofila total (3.2 mg/g FW)	You-wei, Xiong, et al (2019)
México	<i>Bacillus</i> sp	100mM NaCl	tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>)	25ml 1×10^6 CFU	Longitud de brote (30 cm) Longitud de raíz (27 cm) Concentración de clorofila (8 mg/g FW) Peso seco total (7 gr)	Rojas, Daniel, et al (2020)
España	<i>Halomonas maura</i> y <i>Ensifer meliloti</i>	500mM NaCl	Alfalfa (<i>Medicago sativa</i>)	2ml 10^8 CFU/ml	Longitud de planta (53.17%) Peso seco de los brotes (0.79%) Potencial hídrico (3.12%) Leghemoglobina (11,25%)	Martínez, Rosario et al (2015)
Polonia	<i>Pseudomonas stutzeri</i> ISE12	300mM NaCl	Colza (<i>Brassica napus</i>)	1ml 1.5×10^8 CFU/ml	Número de hojas (8) Contenido de clorofila (45%) Longitud de raíces (125mm), Longitud de tallos (15 mm) Peso fresco (5g) Peso seco (0.5g)	Szymańska, Sonia (2019)
Turquía	<i>Deleya halophila</i>	60 mM NaCl	arveja húngara (<i>Vicia pannonica</i>)	2ml 10^9 CFU/ml ⁻¹	Concentraciones minerales más altas en las hojas (97%) Altura de brote (69mm) Longitud de raíces (19mm)	Esringü, Aslıhan, et al (2016)
India	<i>Bacillus subtilis</i>	78mM NaCl	Arroz (<i>Oryza sativa</i>)	2ml 10^8 CFU/ml ⁻¹	Mejoró los parámetros de crecimiento. Longitud de brote (65.4 cm), Longitud de raíz más larga de (30,3 cm), Volumen de raíz (63%) Peso seco de la raíz (13.8 gr) Peso seco de los brotes (55%).	Amruta, Bhambure, et al (2017)
India	<i>Bacillus aryabhatai</i> AB211	100mM NaCl	Maíz (<i>Zea mays</i>)	50ml 10^8 CFU/ml	Longitud de brote (73%) Longitud de raíz (50%) Peso fresco (72%) peso seco (70%) Contenido total de clorofila (136%) sobre el control sin inocular	Bhattacharyya, Chandrima, et al (2017)
China	<i>Micrococcus yunnanensis</i> TGT-R7 <i>Planococcus rifietoensis</i> LH-T4	125mM NaCl	Betarraga (<i>Beta vulgaris</i> L.)	5ml 10^8 CFU/ml ⁻¹	Longitud de los brotes en un (21–24%), longitud de la raíz primaria (13%), Peso seco de los brotes (91–98%), Peso seco de la raíz en un 33–42% y clorofila total (12mg g ⁻¹ FW).	Na, Zhou, et al (2017)

Egipto	<i>Azospirillum lipoferum</i> FK1	150mM NaCl	Garbanzos (<i>Cicer arietinum</i> L.)	10^8 CFU/ml ⁻¹	Longitud de los brotes en un (12,4%), peso seco de la raíz (19,4%), peso seco de los brotes (18,4%), absorción de minerales (52,4%), clorofila total (1.20 mg/g.FW), contenido relativo de agua de la hoja (LRWC 16,5%) y contenido de azúcar soluble en un (7,6%) respectivamente.	El-Esawi, Mohamed, et al (2019)
Pakistán	<i>Bacillus</i> sp. <i>Azospirillum brasilense</i> <i>Azospirillum lipoferum</i> <i>Pseudomonas stutzeri</i>	150mM NaCl	Trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.)	10^7 CFU/ml	Las plantas se inocularon con un consorcio de las cuatro cepas aisladas, lo que provocó un aumento masa fresca (93%), biomasa seca (65,4%), contenido de agua en las hojas aumentó en 21%, contenido de clorofila aumentó (13,23%)	Noshin, Ilyas, et al (2020)
Pakistán	<i>Thalassobacillus denorans</i> (NCCP-58)	100mM NaCl	Arroz (<i>Oryza sativa</i>)	10ml	Longitud de brotes (3,2cm), longitud de raíz (3cm), peso fresco de brote (0.09g), peso fresco de la raíz (0.05g), peso seco de los brotes (20mg), peso seco de las raíces (15mg), contenido de nitrógeno (2g/g).	Gulmeena, Shah, et al (2018)
Pakistán	<i>OceanoBacillus kapialis</i> (NCCP-76)	100mM NaCl	Arroz (<i>Oryza sativa</i>)	10ml	Longitud de brotes (3cm), longitud de raíz (7cm), peso fresco de brote (0.1g), peso fresco de la raíz (0.08g), peso seco de brote (22.5mg), peso seco de la raíz (20mg), contenido de nitrógeno (2.5 g/ge). en comparación con las plantas control no inoculadas.	Gulmeena, Shah, et al (2018)
Turquía	(<i>Thalassobacillus</i> sp.) ID, EN6 (<i>Bacillus</i> sp.) EN6, (<i>Halomonas</i> sp.) IA, (<i>OceanoBacillus</i> sp.) EN8, (<i>Bacillus</i> sp.) EN1 EN3 (<i>Zhihengliuella</i> sp.) EN3 y (<i>S. succinus</i>) EN4.	200mM NaCl	Trigo (<i>Triticum aestivum</i>)	5ml 10^9 CFU/ml-1	Las tasas de crecimiento de las plantas fueron 67,5%, 64,4%, 62,2%, 76,3%, 70,6%, 73,5% y 78,1% para EN1, EN3, EN4, EN6, EN8, IA e ID, respectivamente.	Orhan Furkan (2016)
India	<i>Dietzia natronolimnaea</i> STR1	150mM NaCl	Trigo (<i>Triticum aestivum</i>)	1ml 10^8 CFU/ ml ⁻¹	Las plantas de control estresadas por sal registraron un 50% más de crecimiento de TaST (<i>T. aestivum</i> salt-tolerant) en los brotes en comparación con las plantas de control no estresadas.	Bharti, Nidhi, et al (2016)
Corea del Sur	<i>Microbacterium oleivorans</i> (KNUC7074), <i>Brevibacterium iodinum</i> (KNUC7183) y <i>Rhizobium massiliae</i> (KNUC7586)	200mM NaCl	Chile (<i>Capsicum annum</i> L.)	30ml 10^8 a 10^9 CFU/ml ⁻¹	El crecimiento de las raíces de las plantas estresadas por sal fue 50,5%, 72,6% y 47,2%; la altura de las plantas 11,7%, 17,7% y 14,0% y el contenido total de clorofila fue 17,5%, 71,1% y 45,4% cuando se inocularon con KNUC7074, KNUC7183 y KNUC7586, respectivamente.	Hahm, Mi, et al (2017)

Corea del Sur	<i>Brevibacterium linens</i> RS16	100mM NaCl	Arroz (<i>Oryza sativa</i>)	10ml 10 ⁸ CFU/ml ⁻¹	Longitud de brote (42cm) longitud de raíz (16cm) Masa seca (5gr) Concentración de agua (20.37%)	Chatterjee, Poulami, et al (2018)
México	<i>Azospirillum brasilense</i>	40, 80 y 120mM NaCl	Trébol blanco (<i>Trifolium repens</i> L)	1ml 1.0x10 ⁹ UFC/ml	A. brasilense Aumentó significativamente la longitud de la raíz en 70.83, 58.82 y 63.63% a una concentración experimental de 40, 80 y 120mM NaCl, respectivamente.	Khalid Muhammad, et al (2017)
Pakistán	<i>Pseudomonas pseudoalcaligenes</i> (SRM-16)	100mM NaCl	Soja (<i>Glycine max</i>)	10 ⁶ CFU/ml	SRM-16 mostró un aumento máximo en la longitud de los brotes en un 20%, el peso fresco en un 81%, el peso seco en un 48% y 16% en la longitud de la raíz en comparación con el control no inoculado.	Humaira, Yasmin (2020)
Corea del Sur	<i>Leclercia adecarboxylata</i> (MO1)	120mM NaCl	Tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.)	20ml 4x10 ⁹ CFU/ml ⁻¹	Mejoró significativamente Glucosa en un 18.76%, sacarosa en 12.49%, fructosa en 10.9%, ácido cítrico en un 34.57%, ácido málico en 28.38%, serina 69.42%, glicina 22.76%, metionina 124.99%, treonina 63.08% y prolina 48.38%, respectivamente, en condiciones salinas.	Kang, Sang Mo (2019)
España	<i>Arthrobacter</i> sp. (PD1.5) y <i>Pseudomonas</i> sp (RC5.5)	100mM NaCl	Tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.)	2,5ml 10 ⁸ CFU/ml ⁻¹	RC5.5 biomasa fresca de brotes (142%), biomasa fresca de raíces (185%) y biomasa seca de raíces (174%), RC5.5 N (130%), P (148%) y K (147%). PD1.5 [biomasa fresca de brotes (137%), biomasa fresca de raíces (177%) y biomasa seca de raíces (145%)], PD1.5 de N (124%) y K (168%), todo ese valor aumentó a comparación de las plantas no inoculadas.	Cordero, Irene et al (2018)
Polonia	<i>Pseudomonas fluorescens</i> P7	100 y 150mM NaCl	Haba (<i>Vicia faba</i>)	120ml	El peso fresco aumentó 28,66% y 32,68% para los tratamientos de 100 y 150mM, el contenido total de clorofila aumentó de 1,97% y 2,76% y el contenido de prolina en la parte aérea aumentó 30.72% a 100mM y disminuyó 47,29% en 150mM.	Boubaker Idder, et al (2019)
Polonia	<i>Pseudomonas putida</i> P15	100 y 150mM NaCl	Haba (<i>Vicia faba</i>)	120ml	El peso fresco de las plantas aumentó en 63,02% a 100mM y 30,13% a 150mM, la clorofila total disminuyó 30,97% a 100mM y aumentó 66.33% a 150mM y el contenido de prolina en la parte aérea aumentó 8.33% a 100mM, disminuyó 47,29% a 150mM.	Boubaker Idder, et al (2019)

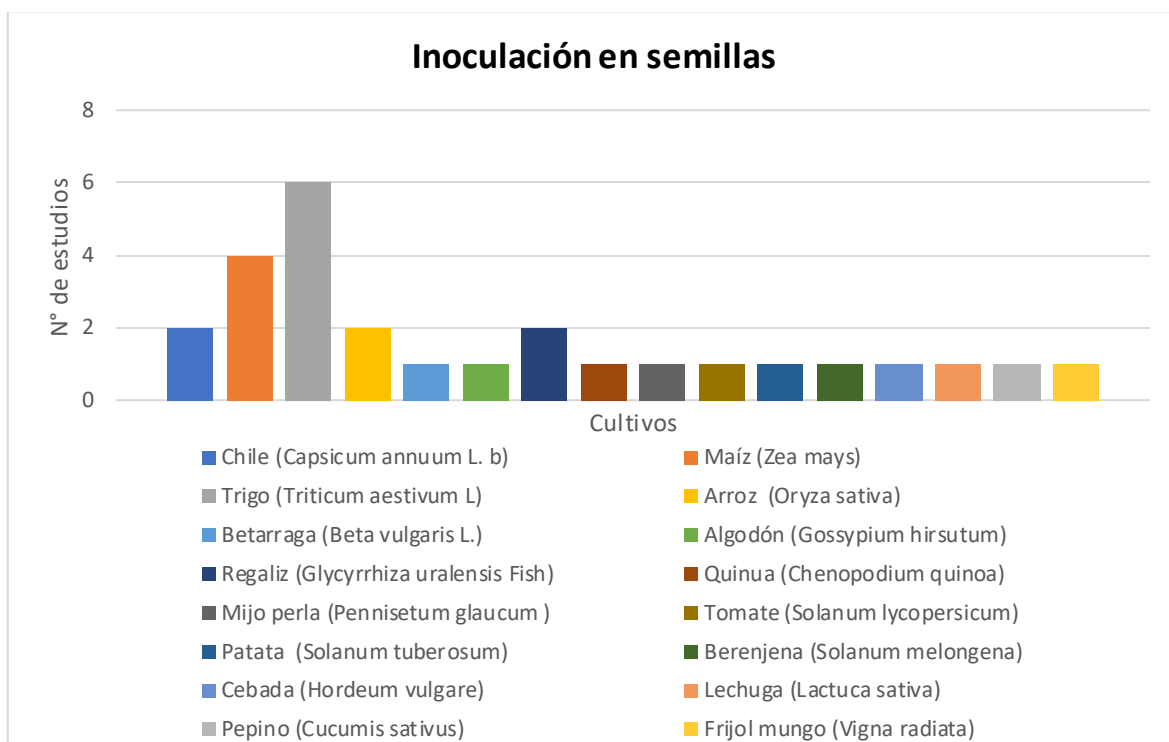
Fuente: Elaboración propia

Anexo 3. Número de estudios por cultivos utilizados en la inoculación de bacterias en plántulas.



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 4. Número de estudios por cultivos utilizados en la inoculación de bacterias en semillas.



Fuente: Elaboración propia.