



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**“Evaluación de técnicas de recuperación de suelos salinos
mediante utilización de microorganismos”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL

AUTOR:

Gonzales Walhoff, Antonella Beatriz (ORCID: [0000-0002-3705-8674](https://orcid.org/0000-0002-3705-8674))

ASESOR:

Dr. Cruz Monzón, José Alfredo (ORCID: [0000-0001-9146-7615](https://orcid.org/0000-0001-9146-7615))

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y gestión de los recursos naturales

TRUJILLO – PERÚ

2021

Dedicatoria

A Dios por darme la vida, la salud y las fuerzas para salir adelante cada día, por darme la sabiduría y la constancia para lograr mis objetivos trazados.

A mis padres y hermanos quienes me brindaron su apoyo incondicional, por sus palabras de aliento durante todo el proceso de mis estudios y por ser mi ejemplo de lucha constante y motivación para salir adelante.

Agradecimiento

En primer lugar, agradecer a Dios por ayudarme a concluir uno de mis más grandes objetivos trazados, asimismo a mí familia por confiar siempre en mí a pesar de mis errores alentándome siempre para seguir adelante y ser perseverante y por guiarme por un buen camino para ser una persona útil y de bien para la sociedad.

Un agradecimiento especial a mis docentes quienes, en el transcurso de mi carrera profesional me formaron en las aulas y como persona, por transmitirme sus conocimientos, su experiencia e incentivarme a lograr mis objetivos.

Por último, agradezco a un buen compañero y amigo que me ayudo y estuvo conmigo durante todo el proyecto y desarrollo de esta etapa final.

Índice

Dedicatoria	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	9
II. MARCO TEÓRICO	13
III. METODOLOGÍA.....	18
3.1. Tipo y diseño de investigación:.....	18
3.2. Categorías, Subcategorías y matriz de categorización apriorística.....	18
3.3. Escenario de estudio.....	18
3.4. Participantes.....	18
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	19
3.6. Procedimiento	19
3.7. Rigor científico.....	21
3.8. Método de análisis de datos	21
3.9. Aspectos éticos.....	21
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	23
V. CONCLUSIONES.....	30
VI. RECOMENDACIONES.....	31
REFERENCIAS	32
ANEXOS.....	35

Índice de tablas

Tabla 1: Motores de búsqueda por base de datos	19
Tabla 2: Criterios de inclusión	20
Tabla 3: Porcentaje de por Técnica y tipo de microorganismo	26
Tabla 4: Porcentaje de efectividad por Técnica y ámbito de aplicación.	28
Tabla 5: Matriz de categorización apriorística	35
Tabla 6: Artículos recopilados	36
Tabla 7: Artículos filtrados por Autor, base de datos, año y técnica aplicada	40

Índice de figuras

Figura 1: Artículos recopilados por año de publicación	23
Figura 2: Microorganismos investigados en los artículos seleccionados	24
Figura 3: Técnicas de biorremediación utilizadas en los artículos seleccionados ...	25
Figura 4: Porcentaje de efectividad según la técnica aplicada.	27
Figura 5: Porcentaje de efectividad de las técnicas según el ámbito de aplicación.	29

Resumen

La presencia de salinidad en los suelos interfiere en el crecimiento adecuado de la mayoría de los cultivos, afectando directamente los procesos fisiológicos y bioquímicos de las plantas, por tanto, constituye uno de los problemas más serios que enfrenta la agricultura sostenible, por ello se propuso evaluar la efectividad de las técnicas de recuperación de suelos salinos utilizando microorganismos. La investigación corresponde a una revisión sistemática para lo cual se realizó una búsqueda de artículos científicos en bases de datos indexados, de los cuales al aplicar criterios de inclusión se seleccionaron 18 artículos. Los resultados mostraron la efectividad de las técnicas evaluadas, destacando como la más efectiva a la fitorremediación (80% - 90%), las demás técnicas evaluadas brindaron excelentes resultados; pero fueron condicionados por el tipo de microorganismo empleado. Concluyendo así, que los tipos de microorganismos que mayor efectividad brindaron en la recuperación de suelos salinos son bacterias de tipo gram positivo; así mismo, la técnica que brinda resultados más óptimos, es la fitorremediación tanto en condiciones de invernadero como independientemente del microorganismo utilizado; la efectividad de técnicas como la biotransformación, biodegradación, bioaumentación y enmiendas microbianas, depende del tipo de microorganismo utilizado.

Palabras clave: suelos salinos, microorganismos, biorremediación, recuperación de suelos salinos.

Abstract

The presence of salinity in soils interferes with the adequate growth of most crops, directly affecting the physiological and biochemical processes of plants, and therefore constitutes one of the most serious problems facing sustainable agriculture. The research corresponds to a systematic review for which a search of scientific articles in indexed databases was carried out, from which 18 articles were selected by applying inclusion criteria. The results showed the effectiveness of the techniques evaluated, highlighting phytoremediation as the most effective (80% - 90%), the other techniques evaluated provided excellent results, but were conditioned by the type of microorganism used. Thus, concluding that the types of microorganisms that were most effective in the recovery of saline soils were gram-positive bacteria; likewise, the technique that provided the best results was phytoremediation both in greenhouse conditions and regardless of the microorganism used; the effectiveness of techniques such as biotransformation, biodegradation, bioaugmentation and microbial amendments depended on the type of microorganism used.

Keywords: saline soils, microorganisms, bioremediation, saline soil remediation.

I. INTRODUCCIÓN

La degradación del suelo está sujeta al hombre desde sus inicios, y es causada tanto naturalmente como por su acción; la degradación hoy en día va en aumento, afectando cada vez a más personas alrededor del mundo. Países como Chile, Bolivia y Perú presentan problemas de degradación del suelo entre 27% y 43% de su territorio, afectando a gran parte de su población, la cual depende generalmente de los ingresos que generan las actividades agrícolas (CNUCLD, 2016, p. 8). Es así que en respuesta a la necesidad de seguir garantizando la productividad del sector agrícola se plantean soluciones variadas para recuperar los suelos afectados por la salinidad y sodicidad, soluciones que bordean desde lo rudimentario hasta la aplicación de complejos tratamientos que garanticen la recuperación de dichos suelos, hoy en día el uso de microorganismos (en su mayoría bacterias y microalgas) representan las alternativas que mayor eficiencia brindan en cuanto a la minimización del impacto generado por la sobreacumulación de sales en el suelo (García, et al. 2020, p. 2).

La salinidad de los suelos ha traído consigo procesos de degradación afectando así la productividad de los cultivos, pues entorpecen el normal desarrollo de las plantas. Las zonas cuyos suelos presentan problemas de salinidad poseen conductividades eléctricas superiores a las normales, causando daños directos en las plantas, pues impiden la normal asimilación de nutrientes y distorsionan la actividad microbiana del suelo. El desarrollo de la salinización usualmente pasa como inadvertido, generalmente cuando los minerales de sal aún no han impactado significativamente el suelo (Zhu, et al. 2016, p. 1).

La salinización es la causa más común de la degradación del suelo en zonas propicias y vulnerables a la desertificación y representa un envenenamiento paulatino y constante de las plantas por el incremento de la presión osmótica sobre los cultivos insertados en dichas zonas. Por ello, hoy en día es crucial poder determinar los riesgos, factores y el nivel de afectación que generan en

el suelo la sobreacumulación de partículas de sal (Coelho y Dos Santos, 2019, p. 2).

En zonas áridas los suelos incultos en general contienen sal y magnesio en su perfil, esto indica la poca presencia de vegetación. En estos ambientes son comunes las especies halófitas y xerófitas adaptadas a condiciones extremas.

Existen distintas tecnologías aplicables en la recuperación de suelos afectados por salinidad, tales como la aplicación de biofertilizantes, biopolímeros, electromagnetismo, enmiendas químicas, etc. La aplicación de estas técnicas representa propuestas eficaces para la agricultura sostenible. Cabe mencionar que estas tecnologías presentan diferencias unas de otro considerando las tecnologías biológicas que utilizan microorganismos (biofertilizantes y electromagnetismo) como los más eficaces, en cuanto a respuesta fisiológica y productividad se refiere. A su vez la fitorremediación, implementación de enmiendas orgánicas y remediación con bacterias halófilas destacan de las demás por ser metodologías económicas y eficientes en la remoción de sales y sobre todo amigables con el medio ambiente, con la única desventaja que su aplicación requiere un poco más de tiempo que las otras. (Girón, 2019).

En el Perú la actividad agrícola es la segunda actividad económica que produce mayor empleo (más de 4 millones de peruanos), representando alrededor del 5.4% del PBI (Andina - Agencia peruana de noticias, 2019).

En la actualidad la existencia de grandes cantidades de sales en los suelos impide que los cultivos se desarrollen con normalidad representando uno de los dilemas más relevantes que afronta el sector agrícola a nivel mundial, por ello, la sensibilidad a la salinización afecta en primera mano procesos tanto fisiológicos como bioquímicos de las plantas, así como también las características del suelo (estructura, permeabilidad, aireación e infiltración) y a los microorganismos presentes (Rodríguez, et al. 2019). Además, causa deficiencias relacionadas con las reservas de alimentos, esterilidad y

desertificación de los suelos, provocando así la desaparición de ecosistemas y biodiversidad (Rodríguez, 2019).

En el 2019 se dataron cifras superiores a los 800 millones de *ha* de suelo perjudicados por salinidad y sodicidad a nivel mundial; es decir, más del 6% de la superficie total del mundo y alrededor del 20% de la superficie cultivable, cifra que podría incrementar en un 50% para el 2050 (Courel, 2019).

La creciente pérdida de suelos potenciales para el cultivo de alimentos a nivel mundial ha fomentado el desarrollo de diversas técnicas a fin de rehabilitar y recuperar las zonas afectadas por la salinidad. Ante la incertidumbre que genera la salinización en los suelos de cultivo, y la necesidad de estandarizar niveles de salinidad y sodicidad que no perjudiquen los distintos cultivos es que surgen distintas alternativas de biorrecuperación; diversas estrategias vienen siendo adoptadas para recuperar superficies las afectadas, estrategias como el uso de plantas extractoras, aplicación de enmiendas correctivas, compostas a base de yeso agrícola, uso de técnicas que mejoren el drenaje del suelo, etc; por ello, la aplicación de estas técnicas en asociación con microorganismos en la recuperación de la calidad del suelo ha mostrado un enorme potencial y con ello ha aumentado el interés de los investigadores sobre la aplicación de éstos en distintos campos, ya que representan una alternativa de solución a bajo costo, generando enormes ventajas ambientales y sobre todo asegurando su viabilidad (Pedrotti, et al. 2015).

La situación que actualmente viene afectando a los agricultores del Perú y del mundo a causa del exceso de sales acumuladas en la superficie del suelo ha generado la pérdida de tierras idóneas para el cultivo, y en respuesta a esta problemática es que surge la necesidad de evaluar las técnicas de recuperación de suelos salinos, técnicas que utilicen microorganismos benéficos para el ambiente y que su implementación sea económicamente viable, generando así una fuente de información con aquellas que mejores resultados han reportado.

Conociendo la problemática que la salinidad representa para los suelos cultivables es que surge la pregunta ¿Cuáles son las técnicas reportadas en las bases de datos indexados de acceso libre que han demostrado efectividad en la recuperación de suelos salinos utilizando microorganismos?, de esta manera la presente investigación representa un importante aporte a la comunidad científica con una alternativa de solución positiva, económica y eficiente; la cual servirá de referencia para futuros trabajos de investigación que planteen demostrar la efectividad de dichas técnicas y así recuperar los suelos en los valles y zonas de cultivo afectados por dicha problemática en el Perú y en el mundo.

Se planteó como objetivo general evaluar el uso de técnicas de recuperación de suelos salinos utilizando microorganismos que han sido reportadas en bases de datos indexados de acceso libre. Asimismo, como objetivos específicos se propuso evaluar la efectividad de recuperación de suelos salinos en base al tipo de microorganismos, luego evaluar las técnicas más eficientes en la recuperación de suelos salinos utilizando microorganismos y por ultimo evaluar la efectividad de recuperación de suelos salinos en base a las condiciones experimentales aplicadas.

II. MARCO TEÓRICO

NAVEEN, Aurora et al. (2020). En su investigación “Crecimiento vegetal tolerante al halo que promueve las rizobacterias para mejorar la productividad y la remediación de los suelos salinos”, el crecimiento de las plantas halotolerantes al halo que promueve las rizobacterias (HT-PGPR) está comenzando a aparecer como mecanismos para mitigar los efectos tóxicos de las concentraciones de sal, mejorar el crecimiento de las plantas y recuperar en simultáneo los suelos. Las propiedades metabólicas y genéticas intrínsecas del HTP-PGPR desempeñan una labor importante en la disminución de los efectos nocivos del estrés salino en las plantas. En conclusión, esta nueva tecnología microbiana debe ser investigada a mayor profundidad para la mejora de los suelos salinos.

HURTADO, Dilmer (2019). En su investigación “Eficiencia de biorrecuperación mediante enmienda orgánica incorporada en el suelo salino de la ladera del Estado Agropecuaria Villa Asis S.R.L, comunidad autogestionaria Huaycán-Ate Vitarte” estudió que la degradación de suelos representa la reducción de la capacidad de fertilidad de estos y con ello la pérdida de la productividad, esta degradación es originada por acciones humanas o por fenómenos naturales. Además, es una alteración constante de las propiedades físicas, químicas, biológicas o bioquímicas de la corteza terrestre, que conducen al deterioro de la estructura, la acidificación y la salinización de suelos utilizados para la agricultura.

DALIAKOPOULOS, Ioannis et al. (2016). En su investigación “The threat of soil salinity: A European scale review”, data una descripción general de las consecuencias de la salinización en las funciones y mecanismos del suelo, concluyendo que las elevadas concentraciones de sal ocasionan un déficit de bienes y servicios que brinda el suelo, perjudicando de manera directa el normal desarrollo de los cultivos, y con ello al sector agrícola en sí. Así mismo manifiesta que el estudio de la salinización del suelo debe centrar sus

esfuerzos en la dinámica del carbono de los suelos salinos, recomendando que realizar una exploración exhaustiva en la teledetección de las características del suelo, así como la creación de mapas de salinidad, permitirá realizar un sistema de seguimiento de las áreas amenazadas, lo que a su vez permitirá crear políticas y estrategias para la protección de dichos suelos.

PANAGEA, Ioanna et al. (2016). En su investigación "Evaluation of promising technologies for soil salinity amelioration in Timpaki (Crete): a participatory approach" data las distintas tecnologías utilizadas en la recuperación de suelos salinos; dichas tecnologías generalmente son evaluadas por el impacto que generan en los servicios de los ecosistemas, costo y los requerimientos que demanda su aplicación. Concluyendo que la solución óptima para la reducción directa de la salinidad del suelo es la captación de agua de lluvia, pues ésta abarca grandes beneficios para los ecosistemas; sin embargo, cabe mencionar que el uso de agentes biológicos aumenta la resistencia de los cultivos a la salinidad; microorganismos como el género *Trichoderma ssp.* y ciertas variedades de hongos y demás asociaciones de *micorrizas* contribuyen significativamente en la mitigación de los impactos que causa la salinidad del suelo, así mismo mejora las propiedades de dicho suelo.

DELGADO, Jeferson y ROBALINO, José (2017). En su investigación "Aplicación (in vitro) de consorcios de microorganismos y *Azolla caroliniana* para recuperación de suelos salinos en muestras del sitio Correagua - Manabí", se planteó como objetivo emplear conjuntos de microorganismos para la recuperación de suelos salinos en Correagua - Manabí, el trabajo realizado fue completamente aleatorio y constó de 5 tratamientos (cada uno con sus respectivas réplicas) los cuales utilizaron diversos microorganismos. Se llevaron a cabo análisis de pH y conductividad eléctrica cada 8 días, durante 5 semanas; dichos datos se analizaron con el software InfoStat para obtener los tratamientos más eficientes, posteriormente se aplicó una prueba

Tukey al 5%, como resultado se obtuvo que los tratamientos idóneos para contrarrestar la salinidad fueron el T1 [(6 kg de suelo salino (SS) + *Saccharomyces cerevisiae*, *Lactobacillus acidophilus*, *Bacillus acidolácticas* (EM) + *Azolla caroliniana* (AC)]; T3 [(6 kg SS + *Trichoderma harzianum* (Th) + AC)] y el T5 [(6 kg SS + EM + B5 + Th + AC)], con eficiencias de 57.79%, 57.73% y 55.29% respectivamente; concluyendo así que dichas alternativas son eficaces en cuanto a recuperación de suelos salinos se refiere.

RODRÍGUEZ, Mónica; HIGUERA, Nubia y SANJUANELO, Danny (2017). En su investigación “Bacterias halófilas con potencial para la recuperación de suelos salinizados en Sáchica, Boyacá – Colombia”, propusieron el análisis de bacterias aisladas de entornos salinos con capacidad para la reducción de la conductividad eléctrica del suelo. El método se basó en un enfoque cualitativo y el análisis de documentos relacionados con la salinización del suelo, concluyendo que las bacterias evaluadas demostraron un alto rendimiento para la recuperación de suelos salinos, reduciendo la conductividad eléctrica del suelo.

MONDACA, Marcela; MORALES, Isabel y MIRANDA, Roberto. (2019) en su estudio “Aplicación de biofertilizante con bacterias halófilas y yeso sobre características químicas - biológicas de un suelo salino-sódico”, se plantearon como objetivo evaluar el efecto que produce en estos suelos la utilización de dicho biofertilizante elaborado a base de bacterias halófilas y yeso; en el estudio se consideraron 2 fases, en primera instancia se realizó el aislamiento, selección y réplica de bacterias halófilas; así como el desarrollo bacteriano y viabilidad en entorno líquido; la segunda fase dió lugar a la determinación de variables como pH, Ce y sodio intercambiable. Los resultados obtenidos variaron en relación a las dosis administradas de biol, ya que se pudo determinar que conforme se incrementa la dosis de éste, aumentaba la conductividad eléctrica del suelo; así mismo en las pruebas de desarrollo bacteriano y viabilidad, se observó que la mejor fuente de carbono es la

glucosa; es así que luego de ajustar las dosis de biol, en la segunda semana, la Ce disminuyó gracias a la biosorción ejercida por las bacterias; de igual forma, se redujo el pH debido a la acidificación del suelo por acción microbiana. En aquellas macetas donde se aplicó yeso, la Ce disminuyó en todos los tratamientos. Concluyendo así que las bacterias pueden utilizarse en suelos con problemas de salinidad, pues lograron asimilar gran parte de sodio del sustrato; así mismo el uso de yeso disminuye la concentración de sodio y se mejoran otras propiedades físicas como el pH y la conductividad eléctrica.

RODRÍGUEZ, Mónica (2017). En su investigación “Aportes desde el enfoque agroecológico para el manejo de la salinización del suelo con bacterias halófilas en Sáchica Boyacá-Bogotá”, se planteó como objetivo diseñar de una estrategia de manejo de la salinización del suelo desde el enfoque agroecológico integrando el uso de bacterias halófilas para contribuir con la recuperación de suelos afectados. El método es de enfoque cualitativo y el análisis de documentos oficiales relacionados con la problemática de la salinización. En conclusión, se aislaron microorganismos bacterianos ligeramente halófilos con elevada capacidad para la captura y movilización de sodio en suelos salinizados. Las recomendaciones de la investigación es zonificar las áreas degradadas por la problemática de la salinización y así mismo realizar procesos de recuperación edáficos.

MOSCOL, Antony (2018). En su estudio “Eficacia del *Bacillus subtilis* para reducir la salinidad de los suelos del centro poblado de Quepepampa, Huaral”. Se planteó calcular la eficacia del *Bacillus subtilis* para disminuir la salinidad de suelos del centro poblado Quepepampa. El método de la investigación consistió en un diseño experimental, explicativo; donde se realizó una pre y post prueba, con un diseño experimental en bloques aleatorizados, donde identificó que la eficacia en los tratamientos T1 (3 gr. de *Bacillus subtilis*) y T2 (6 gr de *Bacillus subtilis*) fueron de 80.3% y 80.8% respectivamente, siendo el

tratamiento N° 2 el más eficaz en la reducción de sales del suelo. Las recomendaciones para futuras investigaciones son trabajar con dosis con mayor concentración de variación, específicamente en el gramaje de la bacteria *Bacillus subtilis*, con el propósito de evaluar si existe una significancia en la eficacia de las diferentes dosificaciones.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación:

Tipo de investigación: La investigación desarrollada fue de tipo básica ya que las conclusiones sólo aportan información para futuras investigaciones. De acuerdo a la naturaleza de los datos fue de tipo cualitativo y por los medios de obtención fue documental.

Diseño de investigación: El diseño fue no experimental sin metanálisis de tipo descriptivo y corresponde a una revisión sistemática.

3.2. Categorías, Subcategorías y matriz de categorización apriorística.

Para la identificación de las categorías y subcategorías se tomaron en cuenta el ámbito temático que fue el uso de microorganismos para la recuperación de suelos salinos, el problema de investigación, los objetivos específicos de los cuales surgieron preguntas que fueron detalladas. Estas categorías y subcategorías fueron apriorísticas, puesto que, se elaboraron antes de la recolección de datos, y surgieron a partir de la propia indagación en el desarrollo de la presente investigación. (Ver anexo 1)

3.3. Escenario de estudio

Estuvo conformado por las plataformas digitales denominados bases de datos indexados, como son ScienceDirect, Scielo, Dialnet, ResearchGate, Scientia et Technica, Solid Earth y Wiley Online Library que consideran el tema de evaluación de técnicas de recuperación de suelos salinos utilizando microorganismos y que son de acceso libre.

3.4. Participantes

El presente trabajo estuvo conformado por los artículos obtenidos de la base de datos descritas que contienen fuentes de información confiables, de las cuales se identificó y recuperó 323 artículos que posteriormente fueron descartados aquellos que no cumplían con los criterios de inclusión previamente establecidos, quedando como

seleccionados 18 de ellos y con los que se realizó la presente investigación bajo el esquema de revisión sistemática.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica utilizada fue el análisis documental, el cual, según Hernández, A. y Tobón, S. (2016). consta de una serie de procesos, los cuales tienen como único fin mostrar la información de manera sintética, estructurada y analítica; de modo que facilite la comprensión del informe.

El instrumento utilizado fue la ficha de registro de datos, empezando por la búsqueda inicial de la base de datos hasta el análisis de la información.

3.6. Procedimiento

- **Selección de los estudios primarios:** Para la selección de los artículos primarios que intervinieron en la realización de la presente investigación se hizo uso de palabras clave, las cuales fueron buscadas en las distintas bases de datos tal como se muestra a continuación:

Tabla 1: Motores de búsqueda por base de datos

Base de datos	Palabras claves
Scielo	“salinización”; “suelo sódico-salino”; “recuperación de suelos salinos”; “bacterias halófilas”.
ResearchGate	“salinización del suelo y microorganismos”; “recuperación de suelos salinizados usando microorganismos”; “microbial remediation”, “salinized soil”.
ScienceDirect	“Salinidad del suelo”,

	“salinización”; “recuperación de suelos salinos”; “técnicas de recuperación de suelos salinos”
Dialnet	“Remediación de suelos salinos y microorganismos”.
Scientia et Technica	“Alternativas microbiológicas”; “Remediación de suelos”.
Solid Earth	“soil salinity”.

Fuente: Elaboración propia

- **Recolección de datos:** La recopilación de los artículos seleccionados fueron extraídos de bases de datos indexados: ScienceDirect, Scielo, Dialnet, ResearchGate, Scientia et Technica y Solid Earth.
- **Criterios de selección:** Los artículos seleccionados fueron calificados por contener aspectos relacionados a la recuperación de suelos salinos mediante técnicas y utilización de microorganismos de acuerdo a la siguiente tabla de criterios:

Tabla 2: Criterios de inclusión

Criterios	Inclusión
Bases de datos	Artículos científicos
Idiomas	Español e inglés
Disponibilidad	Acceso libre
Fecha de publicación	2016 – 2021

Fuente: Elaboración propia.

3.7. Rigor científico

En este trabajo se utilizaron artículos pertenecientes a revistas indexadas, las cuales cumplen con parámetros del rigor científico como credibilidad y autenticidad, garantizando así la validez, confiabilidad y objetividad de la información recopilada dando así importancia y validez al trabajo realizado.

3.8. Método de análisis de datos

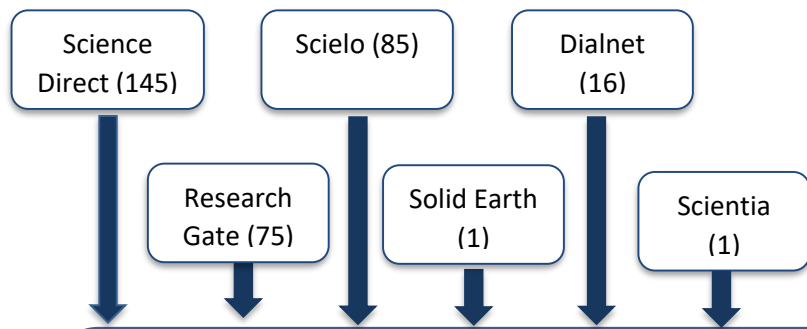
El desarrollo de esta investigación se realizó bajo el esquema de revisión sistemática, teniendo como técnica utilizada el análisis documental y como instrumento la ficha de registro de datos, siendo estos recopilados y tabulador a fin de sistematizar y viabilizar la información. El método empleado para el análisis de la información se realizó en una hoja de cálculo Microsoft Excel 2019 permitiendo seleccionar la información de cada artículo que previamente fue seleccionado usando criterios de inclusión como la búsqueda en bases de datos indexados y que estén disponibles como acceso libre, también se tuvo en cuenta el idioma español e inglés y que se encuentren en el rango de años entre el 2016 hasta 2021.

3.9. Aspectos éticos

En esta investigación se respetaron los lineamientos de investigación estipulados por la Universidad César Vallejo, reconociendo la originalidad, veracidad, autenticidad y el valor científico de cada uno de los autores que formaron parte de la investigación; el uso de citas se hizo de acuerdo al estilo ISO 690 - 2 respetando la autoría y la fuente de información. Asimismo, se utilizó el software Turnitin para verificar el grado de similitud del trabajo de investigación. Se garantiza que la información obtenida es presentada tal y como se obtuvo de los artículos seleccionados.

Procedimiento:

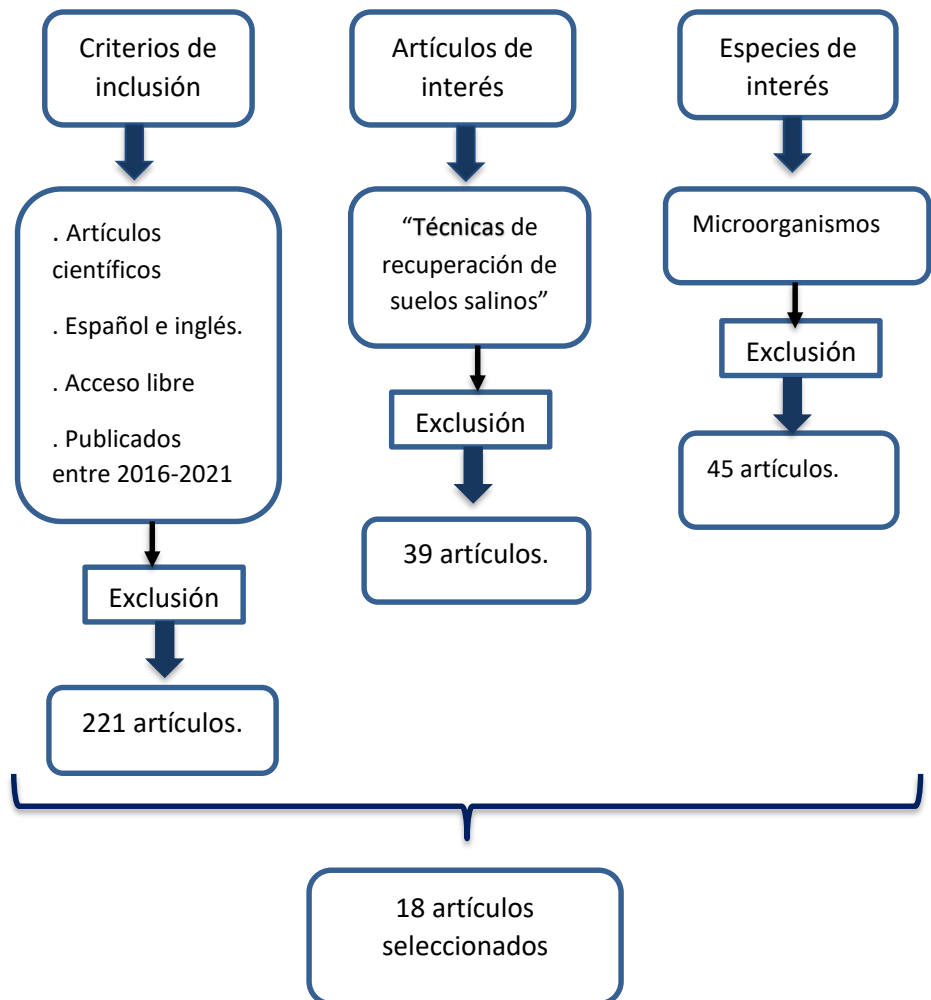
1. Búsqueda en plataformas:



2. Palabras claves:

“salinización”; “suelo sódico- salino”; “recuperación de suelos salinos”; “bacterias halófilas”; “salinización del suelo y microorganismos”; “recuperación de suelos salinizados usando microorganismos”; “microbial remediation”, “salinized soil”. “microbial remediation”, “salinized soil”; “técnicas de recuperación de suelos salinos”; “Alternativas microbiológicas”; “soil salinity”.

3. Selección de artículos:



IV. RESULTADOS Y DISCUSION

A continuación, se presentan la cantidad de artículos recopilados por año de publicación en la búsqueda primaria.

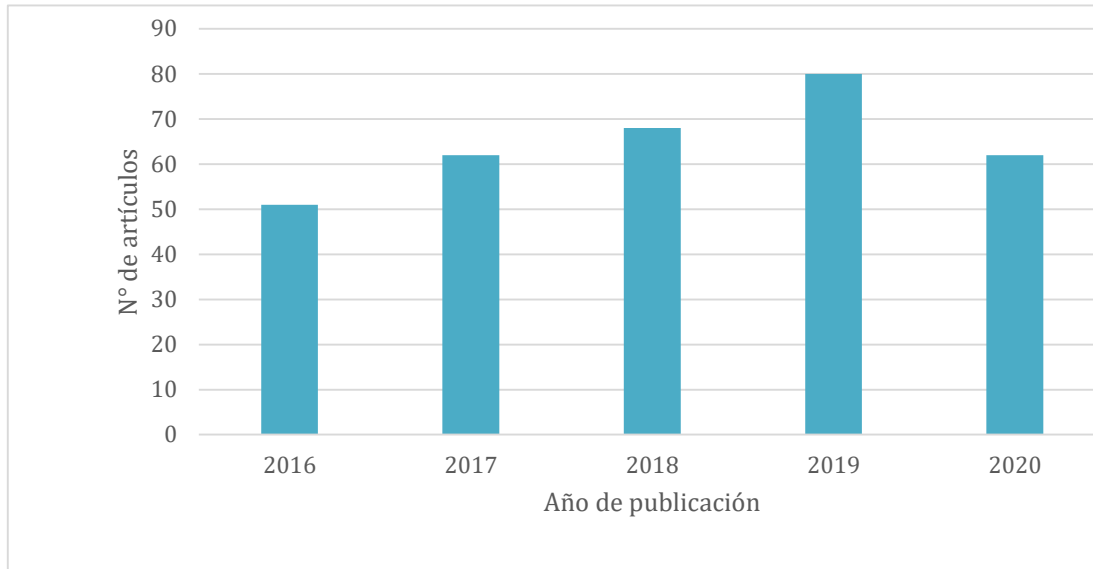


Figura 1: Artículos recopilados por año de publicación

Fuente: Elaboración propia.

La figura 1 muestra el aumento del interés año tras año por desarrollar investigaciones que ayuden a la recuperación de suelos salinizados utilizando microorganismos, lo cual explica la preocupación que genera la pérdida de suelos con potencial agrícola, así como también la desaparición de ecosistemas y biodiversidad que de dicha problemática se desprende (Rodríguez, 2019, p.7). La necesidad de encontrar alternativas ecoamigables capaces de minimizar el impacto generado por la sobreacumulación de sales que cada vez afectan a más y más terrenos se torna de vital importancia al momento de garantizar la productividad agrícola (García, et al. 2020, p. 2) y más aún si aquellas alternativas de solución provienen de la misma naturaleza, es decir de tecnologías biológicas que utilizan microorganismos para combatir dicha problemática.

La figura que se presenta a continuación hace mención a los tipos de microorganismos que han sido fuente de investigación en los artículos seleccionados.

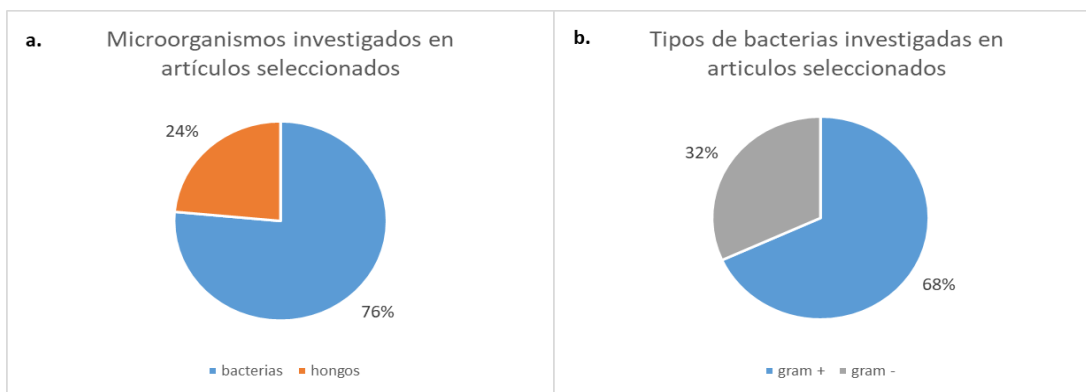


Figura 2: Microorganismos investigados en los artículos seleccionados
Fuente: Elaboración propia.

La figura 2a nos muestra los tipos de microorganismos más utilizados durante las últimas investigaciones, estos microorganismos (bacterias y hongos) son los que hasta la fecha mayores reportes han alcanzado en cuanto a la recuperación de suelos salinos se refiere. La aplicación de tratamientos en base a microorganismos para recuperar la calidad del suelo ha mostrado un enorme potencial para tratar problemas de salinización, representando así, ser las alternativas más eficientes (García, et al. 2020, p. 2). El 76% de las investigaciones recopiladas reportaron el uso de bacterias como los microorganismos más utilizados en la recuperación de suelos salinos, debido a que la utilización de este tipo de microorganismos mejora la respuesta vegetal frente a condiciones de estrés. El campo de las bacterias es el que más viene siendo explotado para la recuperación de suelos salinos, ya que existe una amplia y variada gama de éstas que podrían resultar útiles ante dicha problemática (Sánchez, D; Pérez, J y David, H. 2016). Así mismo la figura 2b nos muestra que del total de bacterias investigadas el 68% son de tipo gram positivo, ya que son este tipo de microorganismos los que brindan mejores resultados en el tratamiento de suelos salinizados (Guevara, Irving. 2021).

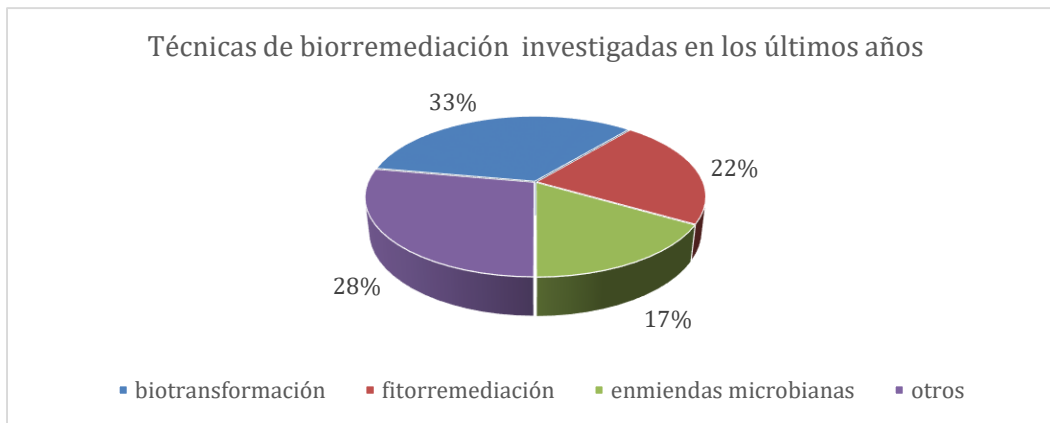


Figura 3: Técnicas de biorremediación utilizadas en los artículos seleccionados
Fuente: Elaboración propia.

La figura 3 muestra las distintas técnicas que se vienen adoptando en el desarrollo de investigaciones orientadas a la recuperación de suelos salinos durante los últimos años. El problema que representa la salinidad del suelo afecta a más de la décima parte de la superficie terrestre, incidiendo directamente en la producción de alimentos a nivel mundial; por ello hoy en día ha tomado gran importancia el desarrollo de nuevas tecnologías y más aún si éstas son amigables con el ambiente y su implementación no representa costos elevados para quien los aplica; concordando con lo expresado por García, L. *et al*, (2020) en que ante la alerta de atender oportunamente la problemática provocada por la salinidad del suelo, surge la necesidad de impulsar el desarrollo de investigaciones dirigidas a generar técnicas y tecnologías que utilicen microorganismos benéficos que permitan recuperar dichas zonas afectadas; la aplicación de dichas tecnologías generan menor impacto sobre el suelo y los ecosistemas que en él se desarrollan, además de presentar menor costo que las tecnologías convencionales.

Tabla 3: Porcentaje de por Técnica y tipo de microorganismo

Técnica	gram +	gram -	hongo
Biotransformación	29.7	20.25	-
	30.4	31.64	-
	75	-	-
	78	-	-
fitorremediación	88.5	84.6	82
	86.5	86.5	-
	86.5	84.6	-
Enmienda microbiana	57.79	-	57.73
	55.29	-	79.7
	87.94	-	-
Biodegradación	89.1	-	-
Bioaumentación	-	18.7	-

Fuente: Elaboración propia.

La figura 4, la cual se extrae de la tabla 3 y que se muestra a continuación nos permite apreciar el porcentaje de efectividad alcanzado por las principales técnicas reportadas en cuanto a la recuperación de suelos salinos utilizando microorganismos se refiere. Pudiendo mencionar que de todas las técnicas evaluadas en esta investigación, fue la Fitorremediación la que mostró los resultados más estables, independientemente del tipo de microorganismo utilizado, es decir, los resultados que arrojó la aplicación de esta técnica no varió significativamente al cambiar el tipo de microorganismo (bacterias gram positivas, gram negativas u hongos), demostrando ser una técnica eficiente en la recuperación de suelos salinos empleando microorganismos, coincidiendo con lo expresado por Girón, Julián (2019) en que la aplicación de esta técnica puede convertirse en una biotecnología rentable y ambientalmente sostenible para la recuperación de suelos con problemas de salinidad.

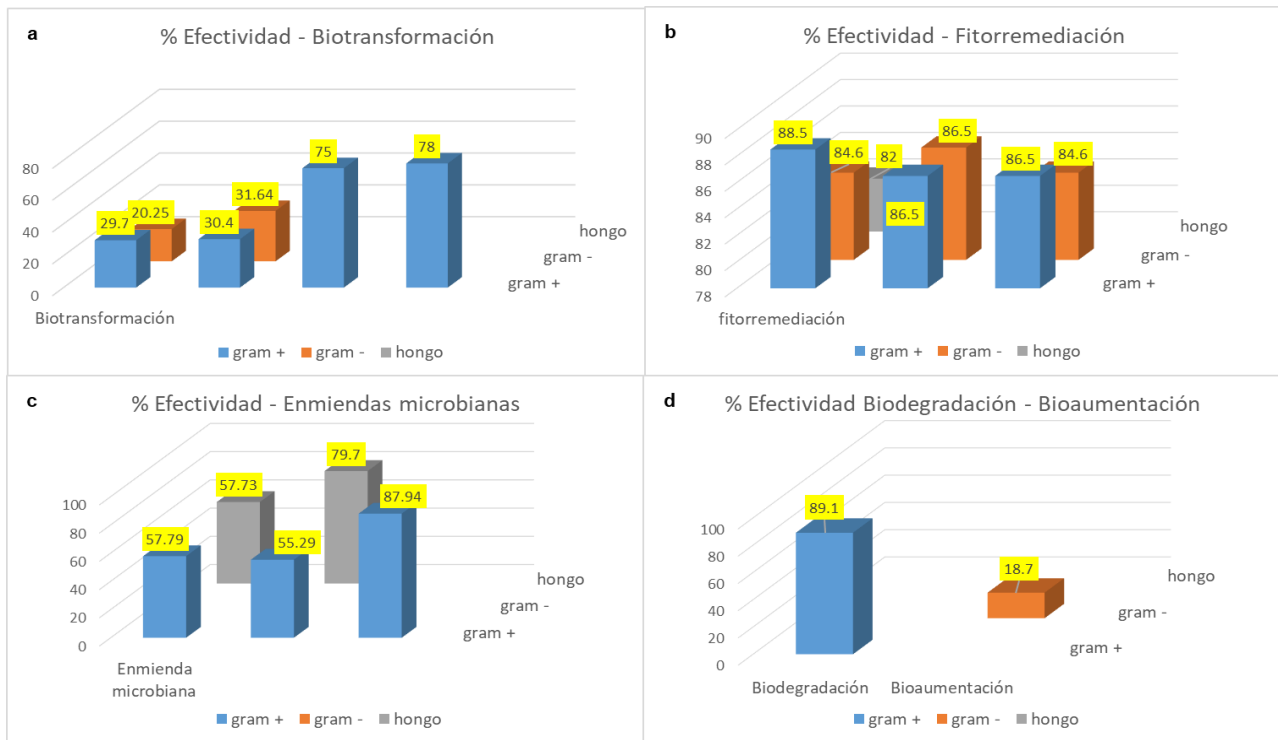


Figura 4: Porcentaje de efectividad según la técnica aplicada.
Fuente: Elaboración propia

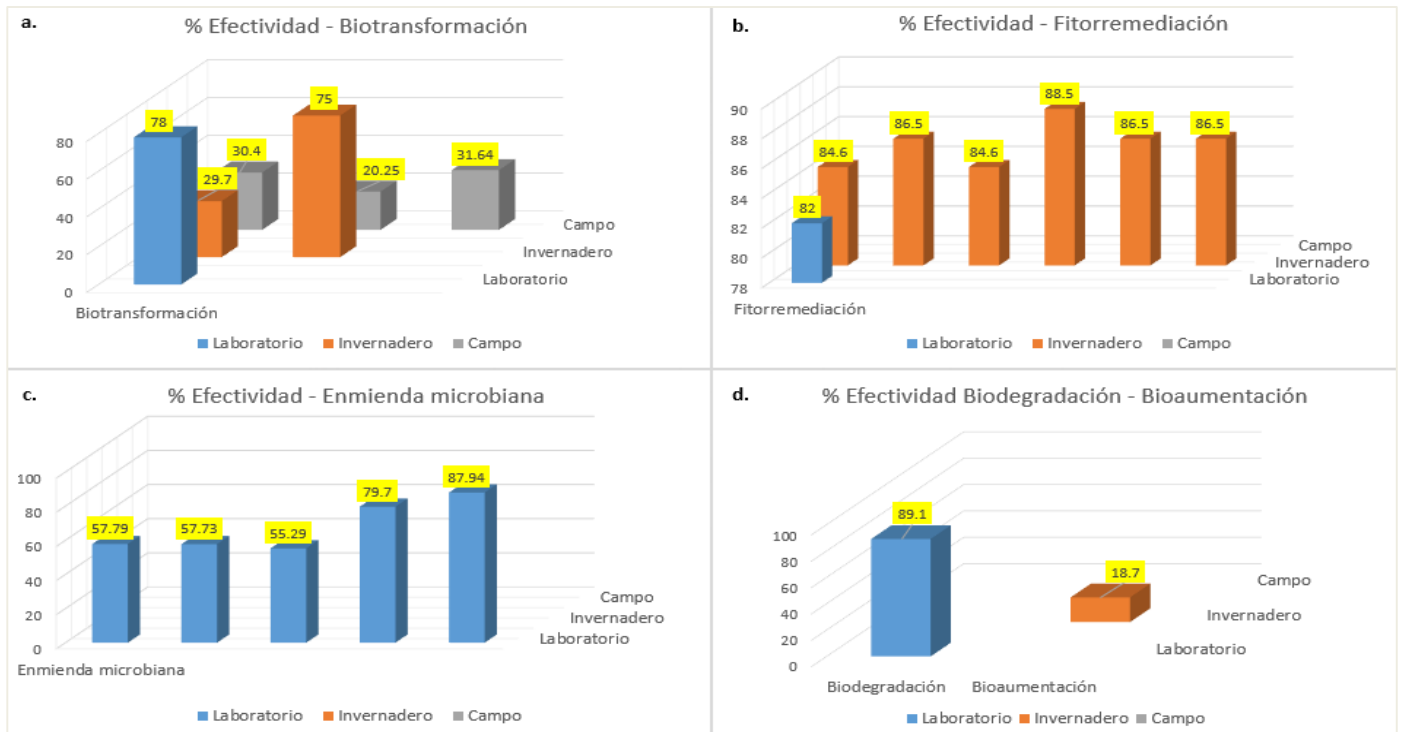
Así mismo, podemos apreciar que tanto la Biotransformación, la aplicación de Enmiendas microbianas y la Biodegradación brindan buenos resultados, sin embargo estos van a verse condicionados por el tipo de microorganismos empleados, es decir, los resultados obtenidos se deberán a la alta densidad de poblaciones de bacterias o de hongos, las cuales facilitarán la asimilación de nutrientes por parte de las plantas; lo cual concuerda con la investigación de García, L. *et al*, (2020), donde expresa que los métodos biológicos que emplean microorganismos brindan múltiples beneficios en la recuperación de suelos salinos, pues elevan su fertilidad y por ende su productividad.

Tabla 4: Porcentaje de efectividad por Técnica y ámbito de aplicación.

Técnica	Laboratorio	Invernadero	Campo
Biotransformación	78	29.7	30.4
	-	75	20.25
	-	-	31.64
Fitorremediación	82	84.6	-
	-	86.5	-
	-	84.6	-
	-	88.5	-
	-	86.5	-
	-	86.5	-
Enmienda microbiana	57.79	-	-
	57.73	-	-
	55.29	-	-
	79.7	-	-
	87.94	-	-
Biodegradación	89.1	-	-
Bioaugmentación	-	18.7	-

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la figura 5, la cual se deriva de la tabla 4, todas las técnicas evaluadas excepto la fitorremediación, arrojan que los mejores resultados se obtienen al realizar las pruebas a nivel de laboratorio, la fitorremediación por su parte muestra que los resultados más óptimos se obtienen al realizar las pruebas a nivel de invernadero; esto se debe a que en ambos casos se puede ejercer control sobre los factores químicos y físicos que podrían incidir en la obtención de dichos resultados. Por su parte la aplicación de estas técnicas a nivel de campo se ve supeditadas a la acción de agentes externos los cuales pueden interferir en el normal funcionamiento de los tratamientos y las técnicas aplicadas.



*Figura 5: Porcentaje de efectividad de las técnicas según el ámbito de aplicación.
Fuente: Elaboración propia.*

V. CONCLUSIONES

- Los tipos de microorganismos que mayor efectividad brindaron en la recuperación de suelos salinos son bacterias de tipo gram positivo.
- Las técnicas que mostraron efectividad en la recuperación de suelos salinos, fueron aquellos en las que se hizo uso de bacterias de tipo gram positivo, técnicas como Biotransformación, Biodegradación, Fitorremediación, Bioaugmentación y Enmiendas microbianas, aunque en la mayoría de ellos (Biotransformación, Enmiendas microbianas y Biodegradación) influyó el tipo de microorganismo utilizado.

La fitorremediación es una de las técnicas más óptimas pues muestra efectividades entre 80% y 90%, independientemente del tipo de microorganismos utilizado.

- La eficiencia de las técnicas aplicadas en la recuperación de suelos salinos depende en gran parte del ámbito donde se desarrolla, técnicas como la Biotransformación, Enmiendas microbianas, Biodegradación y Fitorremediación muestran óptimos resultados a nivel de laboratorio; sin embargo, esta última muestra mejores resultados cuando se realiza a nivel de invernadero.

VI. RECOMENDACIONES

- Incrementar el número de investigaciones sobre las técnicas de recuperación de suelos salinos utilizando bacterias gram positivo ya que estas son las que mayor efectividad mostraron en los estudios realizados.
- Realizar análisis donde se comparen el porcentaje de efectividad en técnicas donde usen distintos tipos de microorganismos.
- Realizar análisis de técnicas donde se manipule distintas propiedades fisicoquímicas del suelo, tales como: pH, conductividad, temperatura, etc.
- Para futuras investigaciones de tipo revisión sistemática se recomienda enfocarse en investigaciones donde las condiciones experimentales sean en un laboratorio y/o invernadero por que en estas demuestran mayor porcentaje de efectividad.

REFERENCIAS

COELHO, Francelita; DOS SANTOS, Marcos. Salinidad del suelo y riesgo de desertificación en la región semiárida. *Mercator* [En línea]. 2019, vol. 19. [Fecha de consulta: 27 de octubre de 2020]. Disponible en: <http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/2269>.

DOI: <https://doi.org/10.4215/rm2020.e19002>.

Convención de Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (CNUCLD). (2016). Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/312138970_Convencion_de_Naciones_Unidas_de_Lucha_contra_la_Desertificacion_CNUCLD

DALIAKOPOULOS, Ioannis [et al]. The threat of soil salinity: A European scale review. *Science of the Total Environment* [En línea]. 2016, vol. 573, p. 727-739. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969716318794>

GARCIA, Luisa. [et al]. Alternativas microbiológicas para la remediación de suelos y aguas contaminados con fertilizantes nitrogenados. *Scientia Et Technica* [En línea]. 2020, vol. 25, n. 1, p. 172-183. [Fecha de consulta 28 de octubre del 2020]. Disponible en: <https://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/22461>

ISSN 0122-1701

ISSN-e:

2344-7214

DOI: <https://doi.org/10.22517/23447214.22461>

GIRÓN, Julián. Evaluación documental de los métodos de restauración de suelos salinos, con influencia en el distrito de riego Usochicamocha, departamento de Boyacá. *Ciencia Unisalle*. 2019. Disponible en:

https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/1170

GUEVARA, Irving. Aislamiento e identificación de bacterias halófilas para la biorremediación de suelos salinos. 2021. Disponible en: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/62668/Guevara_OIA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

HERNÁNDEZ, Hernán y Tobón, Sergio. Análisis documental del proceso de inclusión en la educación. *Ra Ximhai*, vol. 12, n. 6, 2016, p. 399-420 [Fecha de consulta: 16 de octubre de 2020]. Disponible en:

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46148194028>

ISSN: 1665-0441.

LAMZ, Alexis y GONZÁLEZ, María. La salinidad como problema en la agricultura: la mejora vegetal una solución inmediata. *Cultivos Tropicales*, vol. 34, n. 4, 2013, p. 31 [Fecha de consulta 25 de Septiembre de 2020]. Disponible en:

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362013000400005&lang=es

MINAGRI. (2015). Principales cultivos en el Perú: Áreas afectadas con mal drenaje y salinidad. Disponible en:

<http://minagri.gob.pe/portal/56-sector-agrario/cuencas-y-drenaje/384-estadisticas?start=3>

MONDACA, Marcela; MORALES, Isabel y MIRANDA Roberto. Aplicación de biofertilizantes con bacterias halófilas y yeso sobre características químicas – biológicas de un suelo salino - sódico. *Apthapi* [En línea]. 2019, vol.5, n.1 [Fecha de consulta 25 de Septiembre de 2020], pp. 1450-1456. Disponible en: http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-03042019000100009&lng=es&nrm=iso

ISSN 0102-0304

MORENO, Begoña [et al]. Revisiones sistemáticas: definición y nociones básicas. *Rev. Clínica de periodoncia, implantología y rehabilitación oral*. [En línea]. 2018, vol. 11, n° 3. Disponible en:

https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0719-01072018000300184

MOSCOL, Antony. Eficacia del *Bacillus subtilis* para reducir la salinidad de los suelos del centro poblado de Quepepampa, Huaral – 2018. Disponible en: http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/20211/Moscol_SAJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y

NAVEEN, Arora [et al]. Halo-tolerant plant growth promoting rhizobacteria for improving productivity and remediation of saline soils, *Journal of Advanced Research*, [En línea]. 2020, [Fecha de consulta 25 de septiembre de 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2090123220301624>

ISSN 2090-1232

PANAGEA, Ioanna [et al]. Evaluation of promising technologies for soil salinity amelioration in Timpaki (Crete): a participatory approach. *Solid Earth* [En línea]. (2016), vol. 7, n. 1, p. 177-190. https://boris.unibe.ch/76543/1/PanageaDaliakopoulosTsanisSchwilch2016_EvaluationOfPromisingTechnologiesForSoilSalinityAmeliorationInCrete_SolidEarth.pdf

PEDROTTI, Alceu [et al]. Causas e consequências do processo de salinização dos solos Causes and consequences of the process of soil salinization. *Rev. Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*. [En línea]. (2015), vol. 19, n. 2, p. 1308-1324.

https://www.researchgate.net/publication/286930574_Causas_e_consequencias_do

[proceso de salinización dos solos Causes and consequences of the process of soil salinization](#)

PIÑA, F. [et al]. Aplicaciones de enmiendas orgánicas y microorganismos para optimizar parámetros del suelo y rendimiento del nogal pecanero. *Rev. Biológico Agropecuaria Tuxpan*. [En línea]. (2019), vol. 7, n. 2, p. 22-32. <https://revistabioagro.mx/index.php/revista/article/view/24/44>
DOI:<https://doi.org/10.47808/revistabioagro.v7i2.24>
ISSN: 2007-6940

RODRIGUEZ, Mónica. (2017). Aportes desde el enfoque agroecológico para el manejo de la salinización del suelo con bacterias halófilas en Sáchica-Boyacá. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/323342923_aportes_desde_el_enfoque_agroecologico_para_el_manejo_de_la_salinizacion_del_suelo_con_bacterias_halofilas_en_sachica-boyaca

RODRIGUEZ, Mónica; HIGUERA, Nubia y SANJUANELO, Danny. Bacterias halófilas con potencial para la recuperación de suelos salinizados en Sáchica-Boyacá, Colombia. *Rev. biología. tropical* [En línea]. 2019, vol.67, n.3, pp.621-632. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/333613738_Bacterias_halofilas_con_potencial_para_la_recuperacion_de_suelos_salinizados_en_Sachica-Boyaca_Colombia
DOI: 10.15517/RBT.V67I3.32942

Sector agrario aporta 5.4% del PBI y emplea a más de 4 millones de peruanos. [En línea]. Andina. 11 de noviembre del 2019. [Fecha de consulta: 25 de septiembre]. Disponible en: [https://andina.pe/agencia/noticia-sector-agrario-aporta-54-del-pbi-y-emplea-a-mas-4-millones-peruanos-776467.aspx#:~:text=27.,Comercio%20de%20Lima%20\(CCL\)](https://andina.pe/agencia/noticia-sector-agrario-aporta-54-del-pbi-y-emplea-a-mas-4-millones-peruanos-776467.aspx#:~:text=27.,Comercio%20de%20Lima%20(CCL)

SANTA CRUZ, Gilberto. Impactos del uso de recursos genéticos forestales nativos en la recuperación de suelos degradados por sales en la Región Lambayeque. Disponible en: <https://repositorio.udl.edu.pe/bitstream/UDL/129/3/tesis-alva-defini.pdf>

Y. Zhu, G. Shen y Q. Xiang. "Quantitative analysis of salinized soil reflectance spectra during microbial remediation processes based on PLSR". *Agro-Geoinformática*. [En línea]. 2016, p. 1-6. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/308811926_Quantitative_analysis_of_salinized_soil_reflectance_spectra_during_microbial_remediation_processes_based_on_PLSR
DOI: 10.1109

ANEXOS

Tabla 5: Matriz de categorización apriorística

Ámbito temático	Problema de investigación	Preguntas	Objetivo General	Objetivos específicos	Categorías	Subcategoría
Uso de microorganismos para la recuperación de suelos salinos	¿Cuáles son las técnicas de recuperación de suelos salinos que han demostrado efectividad utilizando microorganismos?	¿Qué tipos de microorganismos han demostrado tener capacidad de recuperar suelos salinos?	Evaluar el uso de técnicas de recuperación de suelos salinos utilizando microorganismos	Evaluar la efectividad de recuperación de suelos salinos en base al tipo de microorganismos	Bacterias	Gram (+)
						Gram (-)
		Hongos			Micorrizas arbusculares	
					Trichoderma harzianum	
		Biorremediación			<i>Biotransformación</i>	
					<i>Fitorremediación</i>	
	<i>Biodegradación</i>					
	<i>Bioaumentación</i>					
	Nivel de aplicación	<i>Enmiendas orgánicas</i>				
		Laboratorio				
		Invernadero				
	Campo					
	¿Cuáles son las técnicas más eficientes en la reducción de la salinidad del suelo mediante la utilización de microorganismos?					
	¿Influyen las condiciones experimentales en la efectividad de las técnicas de recuperación de suelos salinos?					

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6: Artículos recopilados

Nombre del artículo	Año de publicación	Técnica aplicada	Microorganismo utilizado	Tipo de microorganismo	Ámbito de aplicación	Remoción de salinidad (%)
Efecto de las PGPB sobre el crecimiento <i>Pennisetum clandestinum</i> bajo condiciones de estrés salino.	2016	biotransformación	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	gram (+)	invernadero	29.70
			<i>Bacillus subtilis</i>	gram (+)		29.70
Hongos micorrízico-arbusculares asociados a Chenopodiaceae en dos ambientes salinos de Córdoba	2016	fitorremediación	Hongos micorrízico-arbusculares (HMA)	hongo	laboratorio	82
Effect of a low rank coal inoculated with coal solubilizing bacteria for the rehabilitation of a saline-sodic soil in field conditions	2017	Biotransformación	<i>Bacillus mycoides</i>	gram (+)	campo	30.40
			<i>Microbacterium sp</i>	gram (-)		20.25
			<i>Acinetobacter baumannii</i>	gram (-)		31.64
Aplicación (in vitro) de consorcios de microorganismos y <i>Azolla caroliniana</i> para recuperación de suelos salinos en muestras del sitio Correagua-Manabí	2017	Enmienda microbiana	<i>Bacillus acidolácticos</i>	gram (+)	laboratorio	57.79
			<i>Trichoderma harzanium</i>	hongo		57.73
			<i>Bacillus subtilis</i>	gram (+)		55.29
Aplicación de cocteles microbianos y bovinaza-cascarilla de arroz para la recuperación de muestras de suelos salinos del sitio Correagua-Manabí	2017	Enmienda microbiana	<i>Trichoderma harzanium</i>	hongo	laboratorio	79.70
Eficacia del <i>Bacillus subtilis</i> para reducir la salinidad de los suelos del centro poblado de Quepepampa, Huaral.	2018	Biodegradación	<i>Bacillus subtilis</i>	gram (+)	laboratorio	89.10

Inoculación de halobacterias fijadoras de nitrógeno en la contribución a tolerancia al estrés salino en frejol tepary.	2018	Biotransformación	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	gram (+)	invernadero	75
						Facilita el crecimiento de la planta en presencia de niveles superiores a 0.25 M NaCl
Prospección de bacterias con actividad solubilizadora de fosfato bajo condiciones salinoalcalinas para mitigar la deficiencia nutricional de gramíneas forrajeras adaptadas a ambientes restrictivos de la Pampa deprimida del Salada	2018	biotransformación	bacterias rizosféricas y solubilizadoras de P	gram (+)	laboratorio	78
Bacterias halófilas con potencial para la recuperación de suelos salinizados en Sáchica, Boyacá- Colombia.	2019	Fitorremediación	<i>Salinivibrio</i> sp.	gran (-)	invernadero	84.60
			<i>Pseudomonas halófila</i>	gram (-)		86.50
			<i>Falvobacterium</i> sp.	gram (-)		84.60
			<i>Bacillus</i> sp.	gram (+)		88.50
			<i>Marinococcus</i> sp	gram (+)		86.50
			<i>Salinococcus</i> sp.	gram (+)		86.50
Aumento de tolerancia de <i>Casuarina equisetifolia</i> a cloruro de sodio mediado por <i>Pseudomonas fluorescens</i> .	2019	Bioaumentación	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	gram (-)	invernadero	18.70
Recuperación de suelos salinos mediante el vermicompost y las bacterias halófilas, en el distrito de San Bartolo	2019	Enmienda microbiana	género <i>Bacillus</i>	gram (+)	laboratorio	87.94

Mitigation of soil salinization and alkalization by bacterium-induced inhibition of evaporation and salt crystallization	2020	biotransformación	<i>Bacillus subtilis</i> BSN - 1	gram (+)	laboratorio	La bacteria posee una fuerte resistencia a la salinidad, disminuye el pH de la solución del suelo y aumenta el contenido del fosfato activo.
Evaluation of promising technologies for soil salinity amelioration in Timpaki (Crete).	2016	Biorremediación	<i>Trichoderma spp.</i>	hongo	invernadero	Mejora la producción de cultivos. Aumenta la resistencia de los cultivos a la salinidad
Caracterización de rizobios aislados de nódulos de frijol caupí, en suelos salinos de Cuba.	2017	fitorremediación	<i>Bradyrhizobium yuanmingense</i>	gram (-)	laboratorio	Esta cepa puede desarrollarse hasta niveles de 6.6 dS/m de NaCl.
<i>Arthrocnemum macrostachyum</i> y su microbioma como herramienta para la recuperación de suelos degradados.	2017	Fitorremediación	<i>Bacillus</i> y géneros relacionados	gram (+)	laboratorio	Mejora la germinación de semillas, el crecimiento de la planta en altas concentraciones de NaCl y favorecen la capacidad fitoextractora de Na+
Especies de <i>Bacillus</i> productoras de acidez aisladas de suelos salinos en Ciudad Eten - Lambayeque.	2017	biotransformación	<i>Bacillus</i> (<i>B. brevis</i> , <i>B. megaterium</i> , <i>B. subtilis</i> y <i>B. cereus</i>)	gram (+)		Elevado potencial biorremediador
Aplicación de biofertilizantes con bacterias halófilas y yeso sobre características	2019	Biosorción	<i>Trichoderma</i> , <i>Bacillus</i> y géneros relacionados	gram (+)	laboratorio	Asimilan el sodio del sustrato, representando una

químicas- biológicas de un suelo salino - sódico.					opción viable en la reducción de la salinidad del suelo. Cuando se aplica en conjunto de bioes y yeso, su desempeño se ve limitado.
Alternativas microbiológicas para la remediación de suelos y aguas contaminadas con fertilizantes nitrogenados	2020	Biorremediación	Bacillus, Pseudomonas acinetobacter, Micrococcus, Achromobacter, Bradyrhizobium, Clostridium, Corinebacterium, Actinomyces.	revisión sistemática	Estas bacterias representan una alternativa eficiente en cuanto a la biorrecuperación de suelos salinos y nitrogenados se refiere, pues se adhieren a la raíz de la planta y colonizan la superficie de la misma. Cabe mencionar que dichos microorganismos brindan mayores resultados cuando trabajan en conjunto.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7: Artículos filtrados por Autor, base de datos, año y técnica aplicada

NOMBRE DEL ARTICULO	AUTOR	BASE DE DATOS / REVISTA	AÑO DE PUBLICACIÓN	TECNICA APLICADA
Efecto de las PGPB sobre el crecimiento <i>Pennisetum clandestinum</i> bajo condiciones de estrés salino.	SANCHEZ, Diana; PEREZ, Jazmín y DAVID, Hilda	SciELO	2016	biotransformación
Hongos micorrízico-arbusculares asociados a Chenopodiaceae en dos ambientes salinos de Córdoba	G. BECERRA, Alejandra; COFRÉ, Noelia	ResearchGate	2016	fitorremediación
Effect of a low rank coal inoculated with coal solubilizing bacteria for the rehabilitation of a saline-sodic soil in field conditions	CUBILLOS, Juan; VALERO, Nelson y PERALTA, Arnaldo	SciELO	2017	Biotransformación
Aplicación (in vitro) de consorcios de microorganismos y <i>Azolla caroliniana</i> para recuperación de suelos salinos en muestras del sitio Correagua-Manabí	DELGADO, Jeferson y ROBALINO, José	Dialnet	2017	Enmienda microbiana
Aplicación de cocteles microbianos y bovinaza-cascarilla de arroz para la recuperación de muestras de suelos salinos del sitio Correagua-Manabí	ÁLAVA, Diana y HAZ, Emmanuel	Google Scholar	2017	Enmienda microbiana
Eficacia del <i>Bacillus subtilis</i> para reducir la salinidad de los suelos del centro poblado de Quepepampa, Huaral.	MOSCOL, Antony	Dialnet	2018	Biodegradación
Inoculación de halobacterias fijadoras de nitrógeno en la contribución a tolerancia al estrés salino en frejol tepary.	RENGANATHAN, Prabhakaran [et al]	SciELO	2018	Biotransformación
Prospección de bacterias con actividad solubilizadora de fosfato bajo condiciones salinoalcalinas para mitigar la deficiencia nutricional de gramíneas forrajeras	DIP, Diana; SANNAZZARO, Analia	ResearchGate	2018	biotransformación

adaptadas a ambientes restrictivos de la Pampa deprimida del Salada				
Bacterias halófilas con potencial para la recuperación de suelos salinizados en Sachica, Boyaca- Colombia	RODRIGUEZ, Monica; HIGUERA, Nubia y SANJUANELO, Danny	ResearchGate	2019	Fitorremediación
Aumento de tolerancia de <i>Casuarina equisetifolia</i> a cloruro de sodio mediado por <i>Pseudomonas fluorescens</i> .	ROCHA, María [et al]	SciELO	2019	Bioaumentación
Recuperación de suelos salinos mediante el vermicompost y las bacterias halófilas, en el distrito de San Bartolo	VARGAS, Karin y VIERA, Astrid	Google Scholar	2019	Enmienda microbiana
Mitigation of soil salinization and alkalization by bacterium-induced inhibition of evaporation and salt crystallization	WANG, Ziyang; TAN, Wenjuan	ScienceDirect	2020	biotransformación
Evaluation of promising technologies for soil salinity amelioration in Timpaki (Crete).	PANAGEA, Ioanna [et al]	Solid Earth	2016	Biorremediación
Caracterización de rizobios aislados de nódulos de frijol caupí, en suelos salinos de Cuba.	GOMEZ, Ernesto [et al]	SciELO	2017	fitorremediación
<i>Arthrocnemum macrostachyum</i> y su microbioma como herramienta para la recuperación de suelos degradados.	NAVARRO, Salvadora	Dialnet	2017	Fitorremediación
Especies de <i>Bacillus</i> productoras de acidez aisladas de suelos salinos en Ciudad Eten - Lambayeque.	GUEVARA, Irving [et al]	Dialnet	2017	biotransformación
Aplicación de biofertilizantes con bacterias halófilas y yeso sobre características químicas- biológicas de un suelo salino - sódico.	MONDACA, Marcela; MORALES, Isabel y MIRANDA Roberto	SciELO	2019	Biosorción
Alternativas microbiológicas para la remediación de suelos y aguas contaminadas con fertilizantes nitrogenados	GARCIA, Luisa [et al].	Dialnet	2020	Biorremediación

Fuente: Elaboración propia.