



Universidad César Vallejo

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Revisión sistemática: Propiedades Fisiológicas de Bacterias
Rizosfericas en la Eliminación de Materia Orgánica de Aguas
Residuales**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE :
INGENIERO AMBIENTAL

AUTORES:

Miovich Groppo, Víctor Alejandro André (ORCID:0000-0002-2444-9158)

Porras Olórtiga, Víctor Eduardo (ORCID:0000-0002-3262-2125)

ASESOR:

Dr. Lozano Sulca, Yimi Tom (ORCID: 0000-0002-0803-1261)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y Gestión de Residuos

LIMA - PERÚ

2021

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado primero a Dios, seguido de nuestros padres y familia, quienes nos brindaron las fuerzas y el apoyo para la elaboración del presente trabajo, nuestra gratitud para cada uno de estas personas que nos ayudaron a estar más cerca de este gran paso en nuestras vidas.

AGRADECIMIENTO

Nuestro agradecimiento a esta casa superior de estudios Universidad Cesar Vallejo por darnos la oportunidad de obtener el título profesional de Ingeniero Ambiental, a nuestro asesor Dr. Yimi Tom Lozano Sulca, por asesorarnos y dedicar su tiempo en la elaboración de nuestra tesis y a todas aquellos familiares y amistades que nos respaldaron en la elaboración del presente trabajo.

Índice de contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Índice de gráficos	vii
Índice de abreviaturas	viii
Resumen.....	ix
Abstract.....	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA	16
3.1. Tipo y diseño de investigación	16
3.2. Categorías, subcategorías y matriz de categorización apriorística	16
3.3. Escenario de estudio.....	18
3.4. Participantes	18
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	18
3.6. Procedimiento	19
3.7. Rigor científico	20
3.8. Método de análisis de información.....	20
3.9. Aspectos éticos	21
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	22
V. CONCLUSIONES	30
VI. RECOMENDACIONES	31
REFERENCIAS.....	32
ANEXOS	

Índice de tablas

<i>Tabla 1. Unidades de medida de parámetros de aguas residuales</i>	<u>8</u>
<i>Tabla 2. Antecedentes de bacterias rizosféricas empleadas como tratamiento de aguas residuales</i>	<u>10</u>
<i>Tabla 3. Matriz de categorización apriorística</i>	<u>17</u>
<i>Tabla 4. aislados bacterianos rizosféricos</i>	<u>24</u>

Índice de figuras

<i>Figura 1. Materia orgánica efluente disuelta</i> -----	6
<i>Figura 2. Región de la rizosfera</i> _____	9

Índice de gráficos

<i>Gráfico 1. Procedimiento de información</i>	19
<i>Gráfico 2. Mecanismos de las bacterias rizosfericas</i>	23
<i>Gráfico 3. Intervalo de remoción de MO usando bacterias rizosféricas</i>	28

Índice de abreviaturas

DOM	: Materia orgánica disuelta
NOM	: Materia orgánica natural
SMP	: Productos microbianos solubles
TDS	: Sólidos disueltos totales
TSS	: Sólidos suspendidos totales
CE	: Conductividad eléctrica
PGPR	: Rizobacterias promotoras del crecimiento de las plantas

Resumen

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar las bacterias rizosféricas que contribuyen en la eliminación de materia orgánica del agua residual; para lo cual se analizaron los mecanismos utilizados por las bacterias rizosféricas para la eliminación de materia orgánica del agua residual, se compararon los aislados bacterianos rizosféricos más y se definió el intervalo de remoción de materia orgánica; mediante la recolección y análisis de 21 literaturas; obteniendo lo siguiente:

Las bacterias gram positivas reducen la acumulación de carbono orgánico disuelto y particulado utilizando diversos mecanismos de acción que permiten reducir la acumulación de materia orgánica, carbono orgánico disuelto y particulado. Los aislados bacterianos rizosféricos más empleados en la eliminación de materia orgánica del agua residual son el género *Bacillus* spp. y *Pseudomonas* sp.; debido a que esta especie posee una actividad antimicrobiana y son capaces de mantenerse en condiciones de estrés y son de interés durante diversos estudios. El intervalo de remoción de materia orgánica de las aguas residuales empleando bacterias rizosféricas se encuentra en un intervalo de 80 al 100%, esto es debido a que las bacterias rizosféricas pueden ser usadas para eliminar la MO con diferentes métodos de tratamiento; siendo los tratamientos de fitodepuradoras los que emplean mayores tiempos y presentan porcentajes altos de la eliminación de MO en aguas residuales. En consecuencia, se analizaron estudios en los que las bacterias rizosféricas son empleadas para eliminar contaminantes en otros campos, así como determinar la influencia de las cepas bacterianas como *Bacillus* spp. y *Pseudomonas* sp. en la calidad del agua residual de otros sectores como la acuicultura.

Palabras clave: Propiedades fisiológicas, bacterias, rizosfera, materia orgánica, aguas residuales

Abstract

The present study aimed to evaluate the contribution of rhizospheric bacteria in the removal of organic matter from wastewater; for which the mechanisms used by rhizospheric bacteria for the removal of organic matter from wastewater were analysed, the most rhizospheric bacterial isolates were compared and the range of organic matter removal was defined; through the collection and analysis of 21 literatures; obtaining the following:

Gram positive bacteria reduce the accumulation of dissolved and particulate organic carbon using various mechanisms of action that allow the reduction of organic matter, dissolved and particulate organic carbon accumulation. The most commonly used rhizospheric bacterial isolates for organic matter removal from wastewater are *Bacillus* spp. and *Pseudomonas* sp. because these species possess antimicrobial activity and are able to sustain themselves under stress conditions and are of interest during various studies. The range of organic matter removal from wastewater using rhizospheric bacteria is in the range of 80 to 100%, because rhizospheric bacteria can be used to remove OM with different treatment methods, with phytodepuration treatments using the longest times and high percentages of OM removal in wastewater. Consequently, studies in which rhizosphere bacteria are used to remove pollutants in other fields are analysed, as well as to determine the influence of bacterial strains such as *Bacillus* spp. and *Pseudomonas* sp. on the quality of wastewater in other sectors such as aquaculture.

Keywords: Physiological properties, bacteria, rhizosphere, organic matter, wastewater.

I. INTRODUCCIÓN

La reutilización de aguas residuales se considera actualmente a nivel mundial como el elemento más crítico de la gestión sostenible del agua (Michael-Kordatou I. et al., 2016, p.1). La materia orgánica efluente disuelta (dE f OM) presente en las aguas residuales urbanas tratadas biológicamente, consiste en una mezcla heterogénea de compuestos orgánicos refractarios con diversas estructuras y origen variable, incluyendo materia orgánica natural disuelta, productos microbianos solubles, compuestos disruptores endocrinos, productos farmacéuticos y personales (Bustos-Terrones Y. et al., 2016, p.2).

También, residuos de productos de cuidado, subproductos de desinfección, metabolitos / productos de transformación y otros, que pueden llegar al medio acuático a través de aplicaciones de descarga y reutilización (Nguyen Phuong Minh et al., 2019, p.3). dE f OM constituye la mayor fracción de la materia orgánica efluente (E fOM) y debido a su complejidad química, es necesario utilizar una batería de técnicas complementarias para describir adecuadamente su carácter estructural y funcional (Madikizela L., Ncube S. y Chimuka L., 2018, p.1).

Se ha demostrado que dE f OM exhibe efectos contrastantes hacia varios organismos acuáticos; donde disminuye la absorción de metales, reduciendo así potencialmente su biodisponibilidad para los organismos expuestos (Li Yifei et al., 2020, p.3). Por otro lado, dE f OM puede adsorberse en las membranas celulares induciendo efectos tóxicos (Zhalnina Kateryna et al., 2018, p.1).

Cuando estas aguas residuales no son tratadas adecuadamente se mezclan con aguas limpias y generan efectos adicionales peligrosos (Bolyard Stephanie C. et al., 2019, p.2). Debido a ello, el tratamiento y la re-rotación de las aguas residuales puede ser una de las soluciones más importantes en el desarrollo de la gestión de los recursos hídricos (Sun Zhuo et al., 2019, p.1).

Debido a ello se pone en empleo las técnicas biológicas; las cuales pueden presentar mayores ventajas que otros tratamientos que requieren de mayores costos (Tangapo Agustina M. et al., 2018, p.1). Las técnicas biológicas se han puesto en interés por la eficiencia que presentan ambientalmente como un método

de remediación de aguas contaminadas con materia orgánica (Klampfl Christian W., 2019, p.1). Debido a ello y a que diversos compuestos sintéticos y orgánicos son degradados por bacterias, se han convertido en un punto esencial en la biorremediación (Etesami Hassan y Maheshwari Dinesh K., 2018, p.2).

En tal medida los microorganismos rizosféricos cuentan con grandes resultados en la remoción y degradación de compuestos orgánicos en aguas residuales; siendo seleccionadas muchas bacterias de la rizosfera por su potencial degradativo (Abedinzadeh Motahhareh et al., 2019, p.1).

Al ser consideradas diversas bacterias rizosféricas como contribuyentes en la degradación y remoción de contaminantes sugieren que la introducción de estas bacterias de características fisiológicas determinadas incrementaría el potencial de las técnicas de remediación que se empleen (Kaushal Manoj, 2019, p.4).

Ante esta realidad se plantea el siguiente problema general: ¿De qué manera las bacterias rizosféricas contribuyen en la eliminación de materia orgánica del agua residuales? Del mismo modo los siguientes problemas específicos:

PE1: ¿Cuáles son los mecanismos utilizados por las bacterias rizosféricas para la eliminación de materia orgánica del agua residuales?

PE2: ¿Cuáles son los aislados bacterianos rizosféricos más empleados en la eliminación de materia orgánica del agua residual?

PE3: ¿Cuál es el intervalo de remoción de materia orgánica de las aguas residuales empleando bacterias rizosféricas?

De igual manera se elaboró el objetivo general: Evaluar de qué manera las bacterias rizosféricas contribuyen en la eliminación de materia orgánica del agua residuales. Así mismo, los objetivos específicos son:

OE1: Analizar los mecanismos utilizados por las bacterias rizosféricas para la eliminación de materia orgánica del agua residuales.

OE2: Comparar los aislados bacterianos rizosféricos más empleados en la eliminación de materia orgánica del agua residual.

OE3: Definir el intervalo de remoción de materia orgánica de las aguas residuales empleando bacterias rizosféricas.

Cabe señalar que el presente estudio de investigación se justifica teóricamente, buscando conocimientos existentes acerca de las propiedades fisiológicas de bacterias rizosféricas y su aporte en la eliminación de la materia orgánica de aguas residuales, generando así despertar interés en los futuros investigadores que deseen ahondar en el tema para desarrollar y ampliar conocimientos.

II. MARCO TEÓRICO

El agua regenerada se ha convertido recientemente en una importante fuente de agua para uso urbano, pero la composición de la materia orgánica disuelta (DOM) en el agua regenerada rara vez se ha caracterizado a nivel de compuestos debido a su complejidad (Phungsai Phanwatt et al., 2016, p.1). Por ello, los notables aumentos en el consumo y la contaminación del agua han suscitado la preocupación por la sostenibilidad del uso del agua en las ciudades (Zdarta Jakub et al., 2018, p.1).

El aumento del estrés hídrico debido al cambio climático es también una de las principales preocupaciones en todo el mundo, pero es significativamente importante en los países en desarrollo donde hay una falta de acceso a fuentes de agua seguras (Tang Wenchang et al., 2021, p.1). Los principales efectos del cambio climático sobre el medio ambiente se manifiestan a través de la variación en la tasa de evaporación del agua, afectando la cantidad de agua disponible (Gao Linjie et al., 2020, p2).

Estos impactos sobre los recursos hídricos resultantes del cambio climático exacerbaban la degradación de los ecosistemas provocando una reducción de sus beneficios ecológicos, como el suministro natural de agua segura (Guo Yan et al., 2020, p.1). Así también, a medida que la población y la actividad económica del mundo continúan creciendo, la escasez de agua dulce se ha convertido en un problema mundial urgente que debe resolverse (Wang Yulai et al., 2021, p.1). Garantizar el acceso al agua y el saneamiento para todos es uno de los objetivos de Desarrollo Sostenible de la Asamblea General de las Naciones Unidas (Jeong Hyunju et al., 2018, p.2).

Cuando las aguas residuales se recolectan, pero no se tratan adecuadamente antes de su eliminación o reutilización, se liberan al medio ambiente y generan una amplia variedad de riesgos (Komatsu Kazuhiro et al., 2020, p.2). Las aguas residuales sin tratar o mal tratadas se vierten en cuerpos de agua y se producen efectos peligrosos adicionales (Kye Homin et al., 2021, p.1). Donde, la calidad del agua regenerada es la consideración más importante para las aplicaciones de

reutilización y la materia orgánica disuelta (DOM) es una cuestión fundamental (Bilal Muhammad et al., 2016, p.2).

La vida acuática se ve afectada por la acumulación de sólidos, las bacterias consumen oxígeno a través de la descomposición de la materia orgánica y los organismos acuáticos pueden resultar dañados (Broek Taylor et al., 2017, p.1). Si las aguas residuales se vierten en un lago, su contenido de nutrientes puede causar eutrofización a través del crecimiento incontrolado de plantas y algas, donde la floración de algas da un color verdoso al agua y evita el paso de la luz (Komatsu Kazuhiro et al., 2019, p.4). Se puede crear una zona anóxica (zona sin oxígeno disuelto) en los estratos inferiores, donde el agua es más densa, oscura y fría. La deposición de sedimentos y desechos orgánicos en la vegetación en crecimiento puede transformar los lagos en bosques pantanosos o pastizales (Sorensen J. et al., 2016, p.1).

Debido a ello, para reducir las consecuencias indeseables asociadas al estrés hídrico, se requiere la implementación de acciones coherentes para garantizar la seguridad hídrica y su suministro a la población (Cheng Cheng et al., 2018, p.1). Dado que las temperaturas globales aumentan y la calidad del agua sigue deteriorándose, la escasez de agua se está convirtiendo en un problema grave (Jeong Hyunju et al., 2018, p.3).

Las aguas residuales son una matriz compleja que contiene concentraciones significativas de sólidos (sólidos totales 350-1200 mg / l), materia disuelta y particulada (demanda química de oxígeno 250-1000 mg / l), microorganismos (hasta 109 número / ml), nutrientes, metales pesados y microcontaminantes (Wnag Yi-Ning y Wnag Rong, 2019, p.2).

Además, el contenido de materia orgánica en las aguas residuales conlleva muchos problemas como la tratabilidad, el ensuciamiento de las membranas y la posible formación de subproductos tóxicos durante el tratamiento de las aguas residuales (Gursoy H. et al., 2020, p. 3).

La materia orgánica disuelta (DOM) es omnipresente en los ecosistemas acuáticos y, a menudo, es la forma predominante de C, N y P orgánicos (Vimala R. et al., 2020, p.2). Se origina dentro de los ecosistemas acuáticos, surge de fuentes de

agua subterránea y se importa del paisaje terrestre circundante (Noyan Kerem et al., 2017, p.5).

La cantidad y composición de lo que está disponible puede afectar la velocidad a la que progresan los procesos del ecosistema (Chow Wei L. et al., 2020, p.2). Comprender el papel que juega la composición y abundancia de DOM en la regulación de la función y estructura del ecosistema sigue siendo una cuestión clave en la ecología de arroyos; por lo tanto, comprender los procesos naturales y antropogénicos que afectan su abundancia y composición es un desafío importante para los ecólogos y biogeoquímicos (Findlay Stuart E., 2017, p.21).

De acuerdo con la figura 1, la materia orgánica de efluente disuelta está conformada por Materia orgánica natural (NOM), Productos microbianos solubles (SMP) y Trazar compuestos orgánicos (por ejemplo, ECD, PPCP y sus productos de biotransformación).

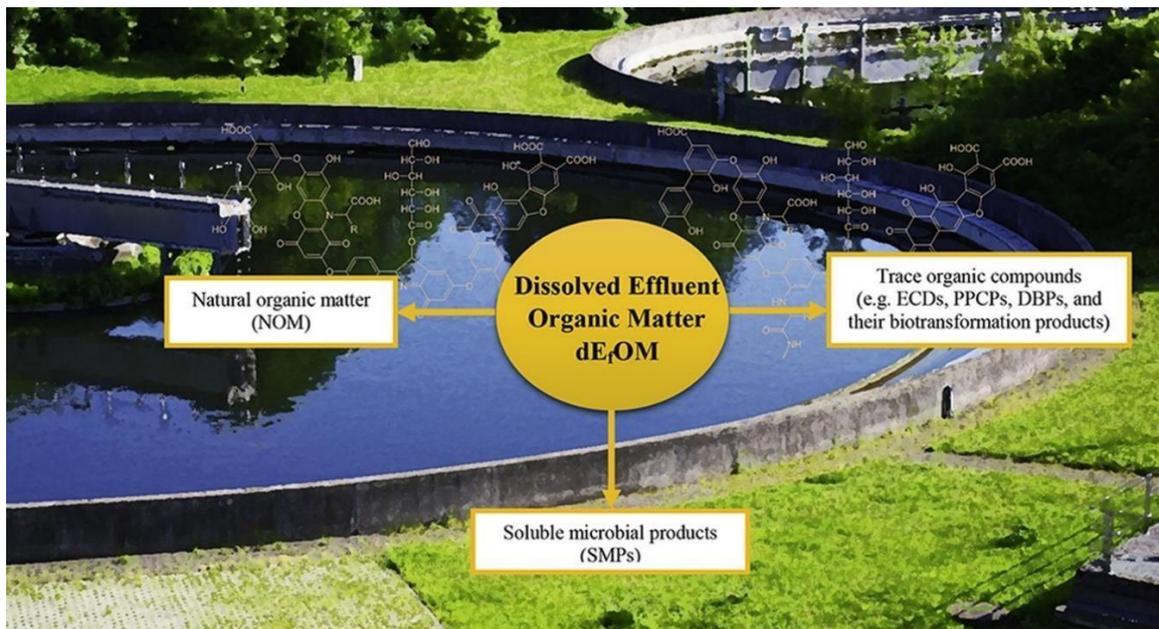


Figura N°1: Materia orgánica efluente disuelta

Fuente: Zhalnina Kateryna et al., 2018

De acuerdo con esto, la remoción de materiales orgánicos debe ser uno de los objetivos más importantes en los procesos de tratamiento de aguas residuales ya que la materia orgánica es responsable, en gran medida, de la degradación de las cuencas hidrográficas (Pintilie Loredana et al., 2016, p.2).

La recuperación de aguas residuales, en la que las aguas residuales tratadas de forma secundaria se purifican mediante un tratamiento terciario adicional como coagulación / floculación, ozonización y filtración por membranas, es una de las estrategias exitosas desarrolladas para cumplir con este objetivo (Intriago Juan C., et al., 2018 p.1). Pero, para garantizar la calidad del agua recuperada, se deben abordar las preocupaciones asociadas con la materia orgánica disuelta (DOM), porque DOM causa una variedad de problemas, incluida la coloración, el olor del agua y el ensuciamiento de la membrana durante el tratamiento de recuperación (Chon K.y Cho J., 2016, p.4).

La materia orgánica marina disuelta (DOM) representa la mayor reserva de carbono y nitrógeno en ciclo activo en el océano (Phungsai Phanwatt et al., 2016, p.1). La cantidad de carbono contenida en el DOM oceánico es comparable en tamaño al CO₂ atmosférico y, por lo tanto, representa un importante depósito mundial, capaz de alterar los niveles de CO₂ atmosférico si el equilibrio de fuentes y sumideros se modifica sustancialmente (Carstea Elfrida M. et al., 2016, p.2).

A pesar de su importancia en los ciclos biogeoquímicos globales, sigue siendo difícil caracterizar DOM a nivel molecular (Jin Pengkang et al., 2016, p.2). Sólo una pequeña fracción de DOM existe como biomoléculas identificables, y la mayoría de las técnicas para estudiar la composición de DOM requieren el aislamiento de orgánicos diluidos de altas concentraciones de sales inorgánicas (Liu Bo et al., 2019, p.3).

Los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales son conductividad eléctrica (CE), pH, sólidos disueltos totales (TDS), sólidos suspendidos totales (TSS), sodio (Na⁺), potasio (K⁺), calcio (Ca²⁺), magnesio (Mg²⁺), cloruro (Cl⁻), demanda biológica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), nitrato (NO₃-N), nitrito (NO₂-N), amoníaco (NH₄), fosfato (PO₄²⁻), sulfato (SO₄²⁻), boro (B), hierro (Fe) y cromo (Cr) (Shakir Eman, Z. et al., 2017, p.5).

Y los valores medios estacionales de los parámetros se presentan en la tabla N°1:

Parámetros	Unidad de medida
CE	µm / cm
pH	-

TDS	mg / L
TSS	mg / L
Na ⁺	mg / L
Ca ²⁺	mg / L
Mg ²⁺	mg / L
K ⁺	mg / L
Cl ⁻	mg / L
CO ₃	mg / L
HCO ₃	mg / L
DBO	mg / L
NO ₃ -N	mg / L
NH ₄	mg / L
PO ₄ ²⁻	mg / L
B	mg / L
Fe	mg / L
Cr	mg / L

Tabla N°1: Unidades de medida de parámetros de aguas residuales

Fuente: Modificado de Shakir Eman, Z. et al., 2017

Además, la DOM puede ser un precursor importante de subproductos de desinfección cancerígenos (por ejemplo, trihalometanos y ácidos haloacéticos) producidos durante la cloración del agua (Li Lanfeng et al., 2020, p.2). Esos subproductos son un problema grave si el agua recuperada se destina a ser reutilizada para beber (Zhang et al., 2013).

El desarrollo de procedimientos novedosos dirigidos a la remoción de materia orgánica de las aguas residuales es una tarea académica y tecnológica muy atractiva (Goffin Angélique et al., 2018, p.1).

Debido a ello, el tratamiento de aguas residuales a menudo se aborda con fitorremediación, sin embargo, una cantidad excesiva de sales en las aguas residuales puede causar toxicidad en las plantas (Sarawaneeyaruk Siriruk et al., 2019, p.1). Para mitigar el problema, se pueden usar rizobacterias promotoras del crecimiento de las plantas (PGPR) para promover el crecimiento de las plantas en esta condición estresante (Wang Lei et al., 2017, p.3).

Las bacterias de la rizosfera se consideran beneficiosas ya que tienen la capacidad especial de producir fitohormonas y otras sustancias que promueven el crecimiento de las plantas (Pandey Anupam et al., 2020, p.1). La rizosfera también se conoce

como la 'zona de la raíz' y se considera el área dentro de unos pocos milímetros desde las raíces como se muestra en la figura 2 (Omotayo Oluwadara P. y Babalola Olubukola O., 2020, p.4).

Esta zona se caracteriza por una intensa actividad biológica debido a los exudados liberados de las raíces que sirven como nutrientes para los microorganismos del suelo. Esto lo convierte en un área importante para el crecimiento de las plantas, el reciclaje de nutrientes y la resistencia a las enfermedades (Prasad R. y Shivay Y., 2017, p.3).

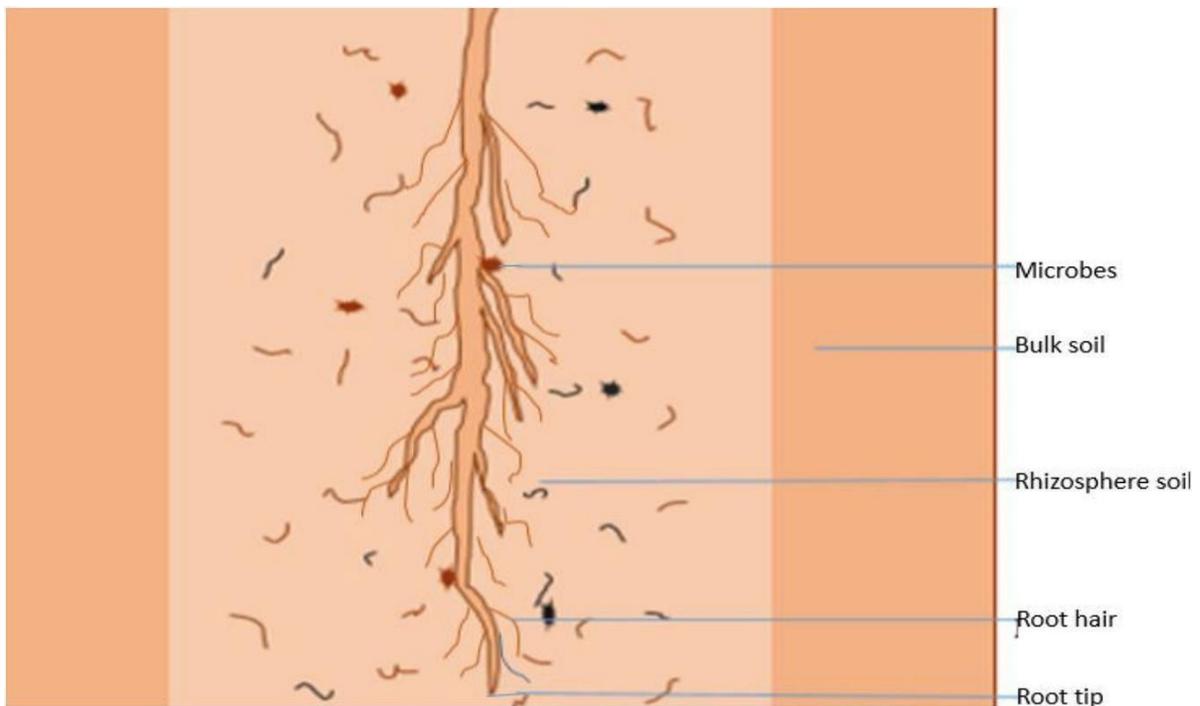


Figura N°2: Región de la rizosfera

Fuente: Omotayo Oluwadara P. y Babalola Olubukola O., 2020

Estas PGPR (plant growth promoting rhizobacteria) son un grupo de bacterias capaces de colonizar activamente el sistema de raíces de las plantas y mejorar su crecimiento y rendimiento (Prasad Mahendra et al., 2019, p.4). Colonizan todos los nichos ecológicos de la raíz en todas las etapas del desarrollo de la planta, incluso en presencia de una microflora competidora y las PGPR representan sobre 2 a 5% del total de bacterias rizosféricas (Gouda Sushanto et al., 2018, p.2).

Una amplia gama de especies de rizobacterias de vida libre, asociativas y simbióticas pertenecientes al género *Pseudomonas*, *Azospirillum*, *Azotobacter*,

Klebsiella, *Enterobacter*, *Alcaligenes*, *Arthrobacter*, *Burkholderia*, *Bacillus* y *Serratia*, siendo informados como PGPR (Kumari Baby et al., 2019, p.3).

Los microorganismos rizosféricos son uno de los grupos más importantes que incluyen a *Trichoderma spp* que pueden causar algunos efectos beneficiosos sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas (Haris Haris et al., 2021, p.1). Estas rizobacterias pueden afectar el crecimiento y desarrollo de las plantas de diferentes formas; generalmente, promoviendo el crecimiento de las plantas directamente ya sea aumentando la adquisición de nutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio y minerales esenciales) o modulando los niveles de hormonas vegetales, o indirectamente al disminuir los efectos inhibidores de varios patógenos sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas en forma de agentes de control biológico (Rai Pankaj K. et al., 2020, p.1).

Generalmente, las rizobacterias promotoras del crecimiento de las plantas también modulan los niveles de hormonas vegetales, o indirectamente al disminuir los efectos inhibidores de varios patógenos sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas en forma de agentes de biocontrol (Riahi Leila et al., 2020, p.1). Varios estudios han documentado el aumento de la salud y la productividad de diferentes especies de plantas mediante la aplicación de rizobacterias promotoras del crecimiento de las plantas tanto en condiciones normales como de estrés (Helaly A. et al., 2020, p.2).

En tal sentido se muestra en la tabla 2 un conglomerado de 15 antecedentes a nivel nacional e internacional en el que se aplican bacterias rizosféricas en la eliminación de materia orgánica del agua residuales.

Tabla N°2: Antecedentes de bacterias rizosféricas empleadas como tratamiento de aguas residuales

Autor	Estudio	Objetivo	Resultados
Sarawane eyaruk S. et al., 2019	Mejora del crecimiento de las plantas bajo riego con aguas residuales municipales mediante el	Seleccionar PGPR para su aplicación en la mejora del crecimiento de plantas bajo riego de aguas residuales municipales e	La inoculación de ciertos aislamientos, incluido el aislado WE15 de <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> , a la col rizada china aumentó el peso de sus raíces y

	crecimiento de las plantas que promueven el crecimiento de las plantas rizosféricas <i>Bacillus spp</i>	identificar sus características.	brotos cuando se regó con agua corriente estéril o aguas residuales municipales que contenían una alta concentración de iones de amonio, magnesio y hierro.
Arias Dulce M. et al., 2019	Selección de cianobacterias sobre algas verdes en un biorreactor por lotes de foto-secuenciación alimentado con aguas residuales	Se utilizó una estrategia basada en la operación por lotes de foto-secuenciación para seleccionar cianobacterias sobre algas verdes no asentadas en un sistema de tratamiento de aguas residuales.	Los resultados indicaron que PSBR 6 y PSBR 4 disminuyeron <i>Scenedesmus sp.</i> población en un 88% y un 48%, respectivamente.
Man Ying et al., 2020	Respuestas del microbioma de la rizosfera y del sustrato a granel a las sulfonamidas transmitidas por aguas residuales en humedales artificiales con diferentes especies de plantas	Cómo la rizosfera y los microbiomas asociados al sustrato a granel responden a los antibióticos durante la biodegradación.	Las plantas de los humedales aseguraron la estabilidad de los microorganismos de la rizosfera y aumentaron su capacidad para tolerar el estrés por sulfonamidas (SA).
Hua Yumei et al., 2017	Efectos de las plantas y la temperatura en la eliminación de nitrógeno y la microbiología en humedales construidos de flujo subterráneo horizontal a escala piloto que tratan aguas residuales domésticas	Dos humedales construidos de flujo subterráneo horizontal operados intermitentemente a escala piloto (HSSFCW), uno plantado con <i>Acorus calamus L.</i> y uno con <i>Phragmites australis (Cav.) Trin. ex Steud.</i> , se implementaron para el tratamiento de pulido de aguas	La intensidad de nitrificación y el número de bacterias oxidantes de nitritos y bacterias oxidantes de amoníaco en la rizosfera fueron significativamente más altas que en la no rizosfera, asociadas con la liberación de oxígeno de las raíces de las plantas.

		residuales domésticas.	
Li Xi et al., 2020	Crecimiento de <i>Myriophyllum elatinooides</i> y estructura de la comunidad bacteriana de la rizosfera bajo diferentes concentraciones de nitrógeno en aguas residuales porcinas	Se investigó el crecimiento de <i>Myriophyllum elatinooides</i> bajo diferentes concentraciones de nitrógeno (N) (2, 250, 300, 350 y 400 mg L ⁻¹) y los cambios en la estructura de la comunidad bacteriana de la rizosfera.	La diversidad bacteriana de la rizosfera aumentó con el tiempo. <i>Proteobacterias</i> , <i>Firmicutes</i> , <i>Cyanobacterias</i> y Bacteroidetes dominaron a nivel de filo. Genera <i>Turicibacter</i> , <i>Allochromatium</i> , y <i>Methylocystis</i> aumentaron a baja N (<300 mg L ⁻¹ concentraciones), mientras <i>Pseudomonas</i> aumentó a altas concentraciones de N durante el período experimental.
Yu Guanlong et al., 2019	Eliminación mejorada de nitrógeno de aguas residuales con bajo contenido de C / N en humedales artificiales con una fuente de carbono sólido co-inmovilizante y bacterias desnitrificantes	Se investigaron los efectos de las cáscaras de arroz o <i>Pseudomonas fluorescens</i> inmovilizadas sobre la eliminación de N bajo diversas condiciones en una solución sintética de aguas residuales.	Se logró una eficiencia de eliminación del 96% para el nitrógeno nitrato a 30 ° C y un pH de 7,5 para las soluciones de aguas residuales sintéticas a diferentes relaciones C / N. Se lograron tasas de eliminación promedio mucho más altas de DQO (79%), nitrógeno amoniacal (85%) y nitrógeno total (78%) en mesocosmos CW con adición de gránulos.
Christofilopoulos Stavros et al., 2019	Evaluación de un humedal artificial para el tratamiento de aguas residuales: Abordar los contaminantes orgánicos emergentes y las bacterias	Evaluar la eficiencia de un sistema CW, plantado con la halófito <i>Juncus acutus</i> , para eliminar el bisfenol A (BPA) y dos antibióticos, a saber, ciprofloxacina (CIP) y sulfametoxazol	Este estudio indica que los humedales artificiales (CW), como sistemas terciarios de tratamiento de aguas residuales, pueden demostrar altas tasas de eliminación para algunos contaminantes orgánicos emergentes

	resistentes a los antibióticos.	(SMX) en diferentes condiciones operativas.	(EOC), pero no para todos.
Ma Lin et al., 2021	Efectos de los exudados de las raíces sobre las bacterias de la rizosfera y la eliminación de nutrientes en los sistemas de circulación de estanques y zanjas (PDCS) para el tratamiento de aguas residuales rurales	Estrategia de remediación prometedora para el tratamiento de aguas residuales rurales mediante el sistema de circulación de estanques y zanjas (PDCS).	El ácido láctico y el ácido tartárico en el PDCS variaron de 0.045 a 0.380 mg L ⁻¹ y 0.024 a 5.446 mg L ⁻¹ , que estaban estrechamente relacionados con las tasas de eliminación de TN, TP y TP y la mayoría de las propiedades de los sedimentos., especialmente el nitrógeno total de los sedimentos (STN) y el carbono orgánico total (COT), y el fósforo inorgánico de los sedimentos (SIP).
Riva Valentina et al., 2020	Fitodepuración asistida por microbios para la recuperación de agua: beneficios y amenazas ambientales	se ha propuesto el uso de inóculos bacterianos específicos para la fitodepuración asistida por microbios como un avance más para su implementación mediante el uso de bacterias promotoras del crecimiento de las plantas en los sistemas de humedales construidos (CW).	Las bacterias promotoras del crecimiento de las plantas pueden mejorar los servicios de las plantas y la fitodepuración.
Calheiros C. et al., 2018	Bacterias cultivables asociadas a la rizosfera y tejidos de plantas Iris pseudacorus que crecen en un humedal de tratamiento para descarga de aguas	Se aislaron e identificaron las bacterias cultivables de rizo (agua intersticial y sustrato) y endosfera (raíces y brotes internos) de plantas de Iris pseudacorus que	De los 53 aislamientos bacterianos recuperados del rizo (agua intersticial y sustrato) y la endosfera (raíz y brote) de las plantas de <i>I. pseudacorus</i> , la clase γ -Proteobacteria fue predominante en el brote y los tejidos de la raíz

	residuales de bodegas	de	habitan un mesocosmo de humedal de tratamiento que recibe aguas residuales de bodega.	(72%), pero también fue presente en el agua intersticial y sustrato (28%).
Lv Ruiyuan et al., 2021	Rendimiento a largo plazo y mecanismo microbiano en sedimentos de humedales intermareales introducidos en humedales artificiales para tratamiento de aguas residuales salinas.	a y	Se exploró el sedimento de humedales intermareales (IWS) como una fuente de inoculación para operaciones a largo plazo en humedales construidos salinos (CW).	Estas bacterias mejoraron crónicamente el rendimiento de eliminación de contaminantes, la tolerancia a la sal y la estabilidad operativa de los AQ en tres años.
Chen Zong-Jin et al., 2016	Efectos de los exudados orgánicos de las raíces sobre los microbios de la rizosfera y la eliminación de nutrientes en los humedales artificiales.	de los	Se estudiaron los exudados orgánicos de las raíces de cuatro plantas de humedales en microcosmos de humedales para probar sus efectos sobre la densidad y diversidad de los microbios de la rizosfera y sobre la eliminación de nutrientes.	La remoción de la demanda química de oxígeno (DQO Cr), fósforo total (TP), fósforo soluble (SP) y nitrógeno amoniacal (NH ₄ ⁻ -N) tuvo diferentes correlaciones con los exudados radiculares.
Romero López T. y Vargas Mato D., 2017	Uso de microorganismos eficientes para tratar aguas contaminadas	de	Monitorear cambios físicos, químicos y microbiológicos que se producen en las aguas tras la aplicación del producto Versaklin (constituido por estos microorganismos) en 10 puntos	Los parámetros físicos evaluados los días de muestreo seleccionados, presentaron una tendencia a la estabilidad; los parámetros químicos de control de la contaminación DBO ₅ , DQO y OD también disminuyeron en su gran

			<p>mayoría, así como los bacteriológicos,</p> <p>ajustándose a lo reportado por la experiencia internacional consultada.</p>
Rehman Khadeeja et al., 2018	<p>La inoculación con bacterias en humedales de tratamiento flotante modula positivamente la fitorremediación de las aguas residuales de los campos petrolíferos.</p>	<p>Investigar el potencial del sinergismo vegetal-bacteriano en los humedales de tratamiento flotante (FTW) para la remediación eficiente de las aguas residuales de un campo petrolífero.</p>	<p>Ambas plantas eliminaron con éxito contaminantes orgánicos e inorgánicos de las aguas residuales, pero la bioaumentación de <i>P. australis</i> mejoró significativamente la eficiencia de la planta para reducir el contenido de aceite (97%), DQO(93%) y DBO (97%) en las aguas residuales.</p>
Deng Min et al., 2021	<p>Eliminación de nitrógeno por bacterias nitrificantes heterótrofas y desnitrificantes aeróbicas <i>Pseudomonas</i> sp. DM02: Rendimiento de eliminación, mecanismo y aplicación inmovilizada para el tratamiento de aguas residuales de acuicultura real</p>	<p>Se aisló una cepa bacteriana e identificó como <i>Pseudomonas</i> sp. DM02 de un sistema de acuicultura.</p>	<p>El nitrógeno amoniacal total (TAN, 10 mg / L) podría eliminarse completamente mediante la cepa DM02 en 12 h en condiciones de bajos nutrientes. El balance de masa de nitrógeno indicó que el 70,8% del TAN inicial se tradujo en nitrógeno gaseoso y el 28,1% se convirtió en nitrógeno intracelular. Se pueden utilizar varias fuentes de carbono para la eliminación de nitratos (> 95% en 28 h).</p>

Elaboración propia

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Esta investigación es de tipo aplicada, ya que se va a buscar adquirir conocimiento mediante la búsqueda recolección y análisis de diversas literaturas a nivel mundial para aplicarlos a la problemática planteada. Esto centrado en la aplicación de investigaciones con 5 años de antigüedad que se encuentran enfocados en las propiedades fisiológicas de bacterias rizosfericas que se emplean para la eliminación de materia orgánica del agua residuales.

De acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2014, p.3) este tipo de investigación ayuda a aportar conocimientos confiables, ayudando a mejorar el conocimiento teórico y práctico de un tema planteado. También, a través de la investigación aplicada se puede retroalimentar conocimientos para mejorar nuestra comprensión del mundo y mediante los resultados informar sobre piezas faltantes de conocimientos científicos o un amplio conocimiento fructífero en el lector (Antunes Rothschild A. et al., 2019, p.14).

Mientras que el diseño empleado es bibliográfico; siendo el diseño bibliográfico usado para apoyar en un nuevo estudio a realizar, aplicando conocimientos adquiridos de experimentos ya realizados y para lo cual se va a tomar datos ya existentes que se encuentran detallados en documentos de otras investigaciones (Veland Siri et al., 2018, p.2). Esto es aplicada en este estudio porque se va a usar investigaciones que ya hayan realizado un estudio aplicando bacterias rizosféricas para eliminar la MO del agua.

3.2. Categorías, subcategorías y matriz de categorización apriorística

Se elaboró la matriz apriorística clasificando las categorías de acuerdo a los objetivos específicos y problemas específicos; clasificando así los grupos en 3 categorías y sus respectivas sub categorías asignándoles un patrón para que mantengan la correlación y unos resultados más claros y ordenados.

Tabla N°3: Matriz de categorización apriorística

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	PROBLEMAS ESPECÍFICOS	CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA	CRITERIO 1	CRITERIO 2
Analizar los mecanismos utilizados por las bacterias rizosféricas para la eliminación de materia orgánica del agua residuales.	¿Cuáles son los mecanismos utilizados por las bacterias rizosféricas para la eliminación de materia orgánica del agua residuales?	Mecanismos de las bacterias rizosféricas (Ahmad Malik S. y Zargar M., 2017, p.5).	<ul style="list-style-type: none"> • Solubilización de potasio • Producción de fitohormonas • Controladores de estrés (Velasco-Jiménez A. et al., 2020, p. 3-4).	De acuerdo a la producción de fitohormonas	De acuerdo al desarrollo de la planta
Comparar los aislados bacterianos rizosféricos más empleados en la eliminación de materia orgánica del agua residual.	¿Cuáles son los aislados bacterianos rizosféricos más empleados en la eliminación de materia orgánica del agua residual?	Aislados bacterianos rizosféricos más empleados en la eliminación de MO del agua residual (Fatharani R. y Rahayu Y., 2018, p.2)	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Pseudomonas</i> • <i>Azospirillum</i> • <i>Azotobacter</i> • <i>Klebsiell</i> • <i>Enterobacter</i> • <i>Alcaligenes</i> • <i>Arthrobacter</i> • <i>Burkholderia</i> • <i>Bacillus</i> • <i>Serratia</i> (Kumari Baby et al., 2019, p.3).	De acuerdo a la especies de rizobacterias empleada	De acuerdo al género perteneciente
Definir el intervalo de remoción de materia orgánica de las aguas residuales empleando bacterias rizosféricas	¿Cuál es el intervalo de remoción de materia orgánica de las aguas residuales empleando bacterias rizosféricas?	Intervalo de remoción de MO (Kour Divjot et al., 2020, p.2)	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de remoción • Porcentaje de remoción (Raffi Mokula M., 2018, p.19).	De acuerdo a la MO extraída	De acuerdo a la bacteria rizosferica utilizada

Elaboración propia

3.3. Escenario de estudio

El presente estudio se basa en una revisión sistemática, por lo cual no va emplear un entorno físico experimental. Se encuentra enfocado en la revisión análisis y recolección de información; debido a ello, presenta como escenario de estudio a los lugares en donde se realizaron los estudios añadidos a la investigación, siendo estos estudios extraído de portales web, y bibliotecas virtuales institucionales de donde se extraen artículos y revistas científicas indizadas, con la confiabilidad de la veracidad de los datos a utilizar.

3.4. Participantes

Los participantes que involucran este estudio son las páginas web a nivel mundial de donde se extrajeron los artículos científicos a utilizar; siendo estas páginas web: Sciencedirect, Scielo, Scopus, dialnet, entre otros.

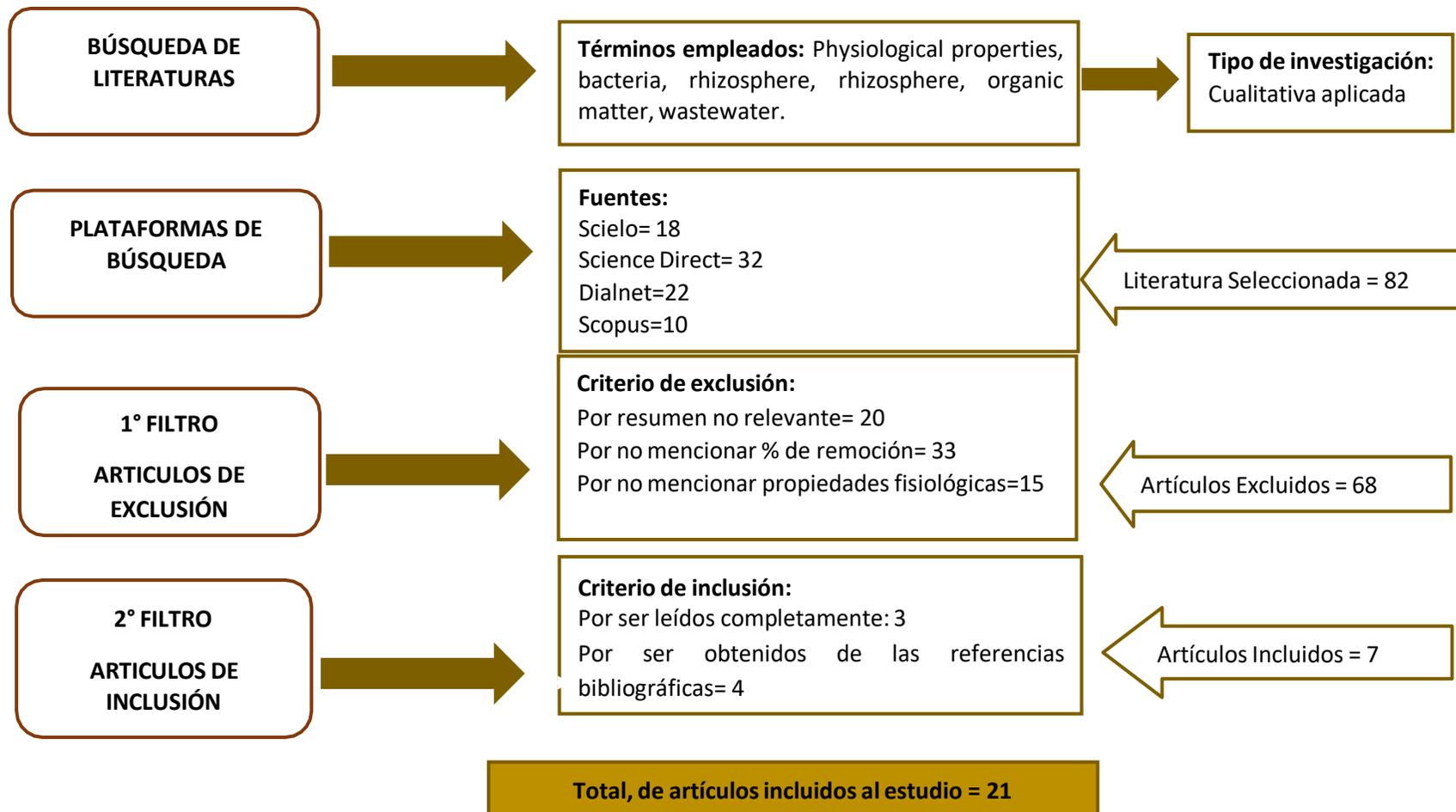
Los lugares virtuales de extracción son páginas confiables que se encuentran conceptualizados para la búsqueda de información enfocadas en las propiedades fisiológicas de bacterias rizosfericas en la eliminación de materia orgánica del agua residuales.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica empleada es un análisis documental, usando como instrumento de recolección de datos la ficha de análisis de contenido denominada, ficha de análisis de contenido (ver anexo 1). De acuerdo con Dew Kevin, (2006, p.2) el análisis de documentos o análisis documental puede proporcionar información importante sobre los hechos suscitados en artículos, documentos, revistas, etc, mediante el análisis de la información de los documentos. Y ello es realizado con la búsqueda y recolección de artículos científicos, empleando palabras claves, y las categorías y sub categorías planteadas en la tabla N°3. Realizando un análisis sistemático mediante la planteado en esta investigación. La ficha de análisis de contenido se encuentra conformada por datos del autor, metodología, tipos de bacterias rizosféricas, objetivos, eficiencia de remoción y conclusiones. Donde esta información permite recaudar los datos más relevantes y que engloban la totalidad de la investigación, permitiendo hacer más fácil su búsqueda en cuanto a los datos proporcionados de manera sistemática (Domínguez, 2016, p. 55).

3.6. Procedimiento

Gráfico N°1: Procedimiento de información



Elaboración propia

3.7. Rigor científico

Los criterios empleados en la validez de la información presentada en el presente estudio son 4:

La validez es un concepto muy importante en la investigación cualitativa, ya que, mide la precisión de los hallazgos que se obtienen de un estudio. La validez de criterio intenta evaluar la precisión con la que una nueva medida puede predecir un concepto o criterio previamente validado (Campbell J., Hindle A. y Stroulia E., 2015, p.141). Este criterio es empleado con la comparación de los métodos realizados por distintos investigadores en cómo se aplica las bacterias rizosfericas en la eliminación de materia orgánica del agua residuales.

Así también está el criterio de auditabilidad; este criterio es aplicado este criterio permite construir un estudio coherente siguiendo los pasos que realizó un investigador (Campbell J., Hindle A. y Stroulia E., 2015, p.141). Este criterio se aplica mediante los seguimientos que se realizaron de los estudios de investigadores; donde se tomó las metodologías que realizaron los autores para llegar a los resultados finales.

La credibilidad; este criterio se logra con la astucia del investigador, para recaudar y extraer información que sirva como hallazgos y que mediante la comparación de otros investigadores se obtenga resultados similares o iguales (Campbell J., Hindle A. y Stroulia E., 2015, p.141). Es obtenido cuando investigadores que estudian la misma metodología obtuvieron resultados similares y ello se encuentra en el debate de las discusiones entre resultados de distintos autores.

El criterio de auditabilidad o también denominado confirmabilidad; este criterio permite transferir y expandir la información a otros contextos o situaciones (García de la Vega A., 2016, p.9). Este criterio fue empleado mediante la transferencia de estudios de otros investigadores a la presente investigación para comparar resultados acerca de la aplicación de inoculación de bacterias endofíticas en la eliminación de materia orgánica del agua residuales.

3.8. Método de análisis de información

Para el análisis de la información se agrupo los resultados siguiendo las categorías y sub categorías presentes en la matriz apriorística; siendo divididas 3 categorías: Mecanismos de las bacterias rizosféricas, Aislados bacteria-nos rizosféricos más empleados en la eliminación de MO del agua residual e Intervalo de remoción de MO.

De las categorías se desplegaron las siguientes sub categorías: Solubilización de potasio, Producción de fitohormonas, Controladores de estrés), (*Pseudomonas*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Klebsiell*, *Enterobacter*, *Alcaligenes*, *Arthrobacter*, *Burkholderia*, *Bacillus*, *Serratia*), y (Tiempo de remoción, Porcentaje de remoción).

3.9. Aspectos éticos

La presente revisión sistemática se llevó a cabo siguiendo los siguientes criterios éticos:

- Respeto a la autoría de las informaciones utilizadas en las citas - Mediantela norma ISO 690.
- Diseño y elaboración del presente estudio regido por la normativa de la Universidad Cesar Vallejo - Guía de Productos observables.
- Se filtró el estudio bajo el programa turnitin demostrando los rigores de calidad y la autenticidad de la información.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

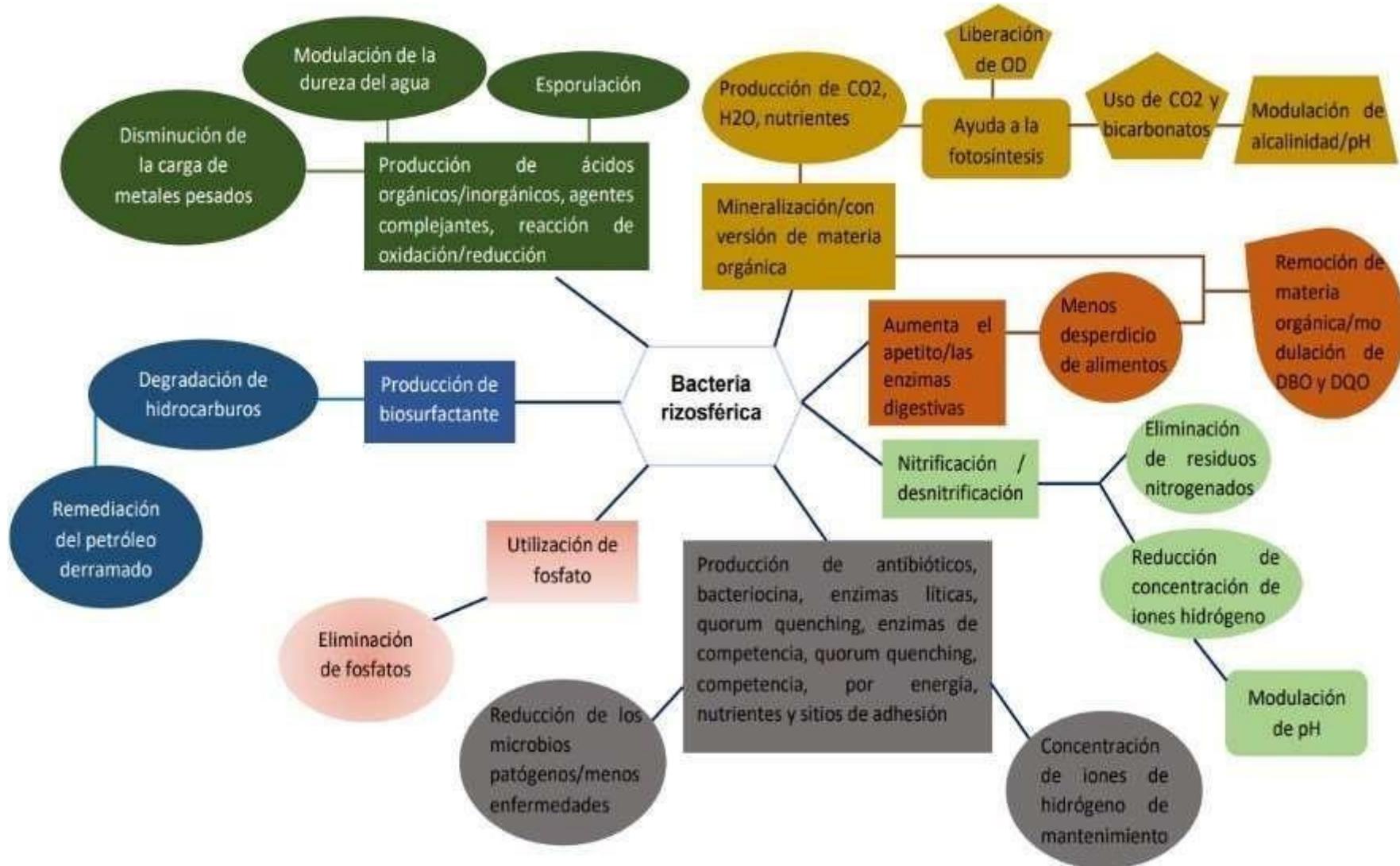
Las aguas residuales se encuentran asociadas con la acumulación de desechos orgánicos y nitrogenados como el amoníaco y el nitrito así como con el aumento de cargas de materia orgánica; debido a ello la acumulación de estos desechos puede ser tóxica para los peces y provocar estrés y eventualmente la muerte (Loh Jium Yan et al., 2017, p.2).

De acuerdo con los 21 estudios analizados se tiene que, las bacterias grampositivas reducen la acumulación de carbono orgánico disuelto y particulado. Las bacterias heterótrofas utilizan fuentes de carbono tanto orgánicas como inorgánicas para su crecimiento (Barman Prasenjit et al., 2018, p.1). Por lo tanto, tienen un papel importante en la descomposición de la materia orgánica, así como en la producción de materiales alimenticios particulados a partir de orgánicos disueltos (Zorriehzahra Mohammad J. et al., 2016, p.4).

De acuerdo con Calheiros C. et al., (2018), en la tabla de antecedentes, *Bacillus* convierte la materia orgánica de manera eficaz en CO₂ (el CO₂) a su vez es utilizado por las proteobacterias β y γ como fuente de carbono en comparación con otras bacterias que convierten la mayor parte de la materia orgánica en limo o biomasa bacteriana.

Como se muestra en el gráfico N°2 los mecanismos que presentan las bacterias rizosféricas para asegurar el equilibrio de la comunidad microbiana de las aguas residuales y eliminar la materia orgánica son diversos y se encuentran clasificados por colores y formas gráficas; donde el mismo color representa el mismo carril del mecanismo; los compartimentos rectangulares representan la primera etapa de los mecanismos; los compartimentos ovalados representan la segunda etapa de los mecanismos; los rectángulos redondeados representan la tercera etapa de los mecanismos; el pentágono puntiagudo representa la cuarta etapa de los mecanismos; el hexágono representa la quinta etapa de los mecanismos y la lágrima representa la intersección entre dos procesos (Soltani Mehdi et al., 2019, p.5).

Gráfico N°2: Mecanismos de las bacterias rizosféricas



De acuerdo al gráfico N° 2 se muestra el resumen de los mecanismos utilizados por las bacterias rizosféricas para la eliminación de materia orgánica del agua residuales.

Los microbios son comunidades importantes que contribuyen a la degradación de los hidrocarburos junto con muchas plantas. Por lo tanto, el potencial, la supervivencia y el crecimiento de los microbios inoculados es un factor crítico para la biorremediación eficiente del medio ambiente contaminado. Debido a ello se compara los aislados bacterianos rizosféricos más empleados en la eliminación de *MO del agua residual*.

Tabla N°4: Aislados bacterianos rizosféricos

Autor	Aislado bacteriano rizosférico	Planta	Porcentaje de remoción	Tiempo
Sarawane eyaruk S. et al., 2019	<i>Bacillus spp.</i>	<i>No indica</i>	MO (materia orgánica)= 78%	No indica
Arias Dulce M.et al., 2019	<i>Bacillus spp.</i>	<i>Scenedesmus sp</i>	MO= 88%	6 días
Man Ying et al., 2020	<i>Bacillus spp.</i>	<i>Cyperus alternifolius,</i> <i>Cyperus papyruso</i> <i>Juncus efuses</i>	MO= 77%	No indica
Hua Yumei et al., 2017	<i>filo Actinobacteria</i>	<i>Acorus calamus</i>	TN (nitrógeno total) = 45,2% MO= 92% Amoniac= 52%	3 meses
Li Xi et al., 2020	<i>filo Actinobacteria</i>	<i>Typha angustifolia</i>	Fósforo= 60% IBP (ibuprofeno) = 76%	53 días
Yu Guanlong et al., 2019	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	Añadiendo cáscaras de arroz	Nitrógeno nítrico= 96% MO= 79%	1 día

				Nitrógeno amoniacal= 85%	
				Nitrógeno total= 78%	
Christofilopoulos Stavros et al., 2019	<i>Bacillus spp.</i>	<i>Juncus acutus</i>		BPA= 76.2% ciprofloxacina (CIP)= 93.9%	2 días
				Purificación del agua residual= 80%	
Ma Lin et al., 2021	Bacterias predominantes: <i>Bacillus</i> , <i>Clostridium</i> y <i>Geobacter</i>	Plantas acuáticas		Nitrógeno total(TN)= 72,7% Fósforo(TP)= 97,4%% COT= 17,90%	30 días
Li Nan et al., 2020	Bacterias <i>Bacillus spp.</i>	No indica		MO= 65%	12 días
Calheiros C. et al., 2018	<i>γ-proteo bacterias Bacillus</i>	<i>Iris pseudacorus</i>		MO= 85%	No indica
Lv Ruiyuan et al., 2021	Bacterias halófilas (<i>Proteobacteria</i>), bacterias desnitrificantes (<i>Actinobacteria</i> , <i>Gammaproteobacteria</i>)	<i>Phragmites australisse</i>		Tasas de remoción en todos los tratamientos estuvieron por encima del 90%.	3 años
Li Meng et al., 2020	<i>Proteobacteria</i>	No indica		MO= 72.7% a 93.1%	7 días
Romero López T. y Vargas Mato D., 2017	<i>Proteobacteria</i>	No indica		DBO= 98% MO= 97%	1 día
Rehman Khadeeja et al., 2018	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Klebsiella sp.</i> , <i>Acinetobacter Junii.</i> , <i>cinetobacter sp.</i>	<i>Brachiara mutica</i> y <i>Phragmites australis</i>		Contenido de aceite= 97% MO= 93% DBO= 97%	1 día

Deng Min et al., 2021	<i>Pseudomonas sp.</i>	No indica	> 95%	1 días y 4 horas
Li R. y Wang J., 2018	<i>Bacillus cereus</i> , <i>Pseudomonas synxantha</i> <i>Pseudomonas pseudoaligenes</i>	y No indica	Bacillus= 60.4% Pseudomonas= 79.8%	1 día
Zhang Xiaoting et al., 2018	<i>Helicobacteraceae</i>	No indica	DQO= 72 ± 7% Hierro total= 90,6 ± 8,7% MO=90%	7 días
Sampaio Gabriela F. et al., 2020	<i>Bacillus spp.</i> <i>Pseudomonas sp.</i>	Y No indica	Fe, Zn y Cu = 100% MO= 99%	10 días
Tang Gang et al., 2020	<i>Herbaspirillum sp.</i> (Beta-proteobacterias) y <i>Pseudomonas sp.</i> (Gamma-proteobacterias)	No indica	MO= 79,7%	1 días
Mahesh G. y Manu B., 2019	<i>Bacillus spp.</i> <i>Pseudomonas sp.</i>	Y No indica	MO= 95%	150 días
Vaithyanathan V. et al., 2021	<i>Bacillus subtilis</i>	No indica	MO= 62 a 90%	28 días

Elaboración propia

De acuerdo a los resultados obtenidos en la tabla N°4 los aislados bacterianos rizosféricos más empleados en la eliminación de MO de aguas residuales son el género *Bacillus spp.*, y *Pseudomonas sp.*; siendo corroborado por 15 de los 20 estudios analizados.

Ello debido a que *Bacillus subtilis* así como *Pseudomonas sp.*, son eminentes potenciales de agente de biocontrol no patógeno que poseen una actividad antimicrobiana y son capaces de mantenerse en condiciones de estrés en los lodos, por lo tanto, estas cepas bacterianas se han considerado cepas de interés durante diversos estudios (Seo Kyu Won et al., 2017, p.4). Así también Hlordzi Vivian et al., (2020, p.11), indica que *Bacillus* convierte la materia orgánica de manera efectiva en CO₂ (el CO₂ a su vez es utilizado por las proteobacterias β y γ como fuente de

carbono en comparación con otras bacterias que convierten la mayor parte de la materia orgánica en limo o biomasa bacteriana por lo cual son las más estudiadas.

Esto es explicado por Vaithyanathan V. et al., 2021, quien en su estudio añadiendo el *B. subtilis* durante 28 días, logró la eliminación del 52% de contaminantes orgánicos con una reducción de los sólidos suspendidos totales (TSS) del 12% y con el fin de mejorar el efecto de la digestión aeróbica, se emplearon cuatro estrategias de pretratamiento diferentes: álcali, ultrasonidos, liofilización y enzimático, para el manejo de biosólidos. Entre estas estrategias, el pretratamiento con álcali mostró la máxima eliminación de TrOC del 63% con una reducción del 8% en TSS, seguido de ultrasonidos, donde la eliminación de TrOC fue del 32% con una reducción del 5% de TSS. Al comparar el efecto combinatorio, la digestión aeróbica de los biosólidos pretratados con enzimas mostró una eliminación mejorada de TrOC del 90%, que también provocó una reducción de TSS del 18%. concluyendo que *B. subtilis* ayudó a la digestión aeróbica como un proceso eficaz para el tratamiento de biosólidos y mostrando el impacto de los procesos de pretratamiento en la eliminación de contaminantes orgánicos y TSS.

Así también, Li Nan et al., (2020), informa que un 65% de eliminación de materia orgánica se genera tras la digestión aeróbica de la *B. subtilis* durante 12 días. Ello es también corroborado por Calheiros C. et al., 2018, quien en su estudio las cepas *Pseudomonas* (43%), *Bacillus* (17%) son los más representados. Así mismo, Sarawane eyaruk S. et al., 2019 y Arias Dulce M. et al., 2019 en la tabla 2 de antecedentes muestran aplican la inoculación de *Bacillus* mostrando resultados por encima del 80% de eficiencia.

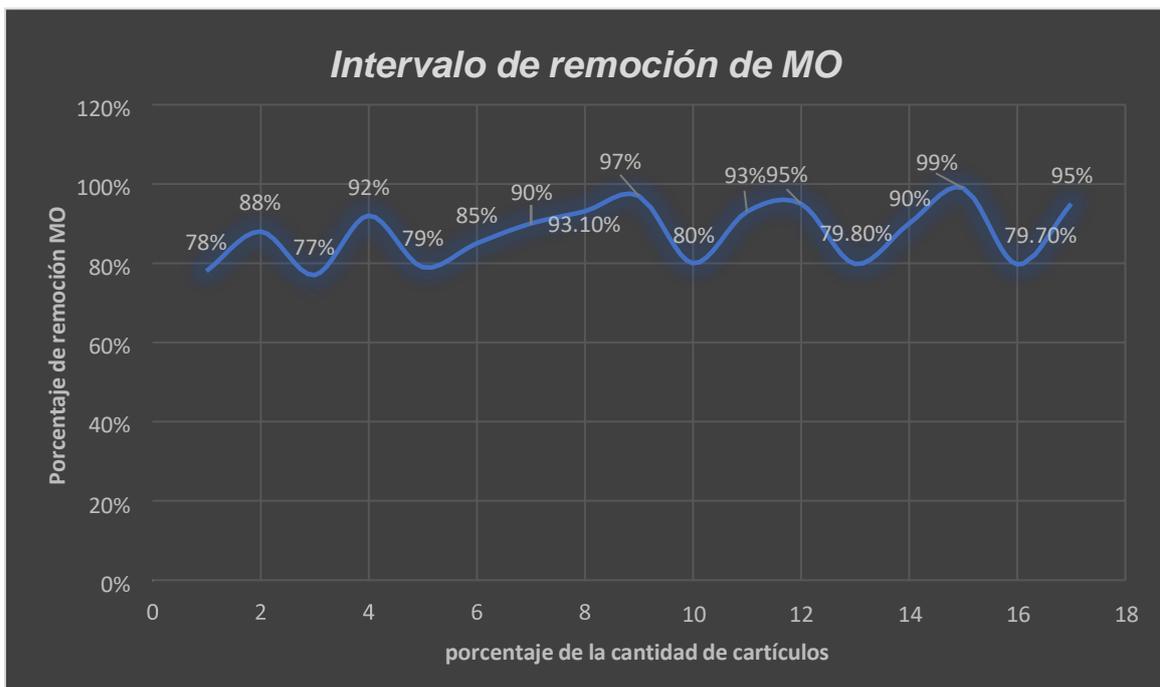
Al igual que los estudios anteriores se encuentra Ottinger Marco C. et al., (2016, p.4), afirmando que, según el análisis de las comunidades microbianas en todos los reactores de tratamientos de aguas residuales, varias bacterias del género *Bacillus* estuvieron presentes en el STP (tratamiento de lodos), principalmente debido a su resistencia intrínseca a las condiciones extremas. Como las especies de *Bacillus* supervivientes podrían consumir microorganismos degradados para su crecimiento, estas STP basadas en bacterias formadoras de endosporas podrían

ser adecuadas para la reducción de lodos cuando se operen durante mucho tiempo (Wang Rui et al., 2018, p.3).

Pero lo dicho por Ottinger Marco C. et al., (2016, p.4), fue opuesto a lo señalado por Hua Yumei et al., (2017), en su investigación encontrado en la tabla de antecedentes donde muestra que empleando otro tipo de bacteria como lo es *Actinobacteria*, obtiene el 92% de eliminación de la MO.

Por otro lado, el intervalo de remoción de materia orgánica de las aguas residuales empleando bacterias rizosféricas se encuentra sub categorizado por el tiempo de remoción y el porcentaje de remoción siendo ello cumplido por los criterios de la materia orgánica extraída y el tipo de bacteria rizosférica empleada, para lo cual se elaboró el gráfico N°3.

Gráfico N° 3: Intervalo de remoción de MO usando bacterias rizosféricas



Elaboración propia

De acuerdo al gráfico N°3 respecto a la tabla N°4 se tiene que el intervalo de remoción de materia orgánica empleando bacterias rizosféricas se encuentra en un intervalo de 80 al 100%. Donde el tiempo de remoción no es un indicador para presentar una mayor remoción; ya que los periodos en los que se presentan altos picos de eliminación de MO varían en tiempo de días, semanas o meses.

Esto es debido a que las bacterias riosféricas pueden ser usadas para eliminar la MO con diferentes métodos de tratamiento; siendo los tratamientos de fitodepuradoras los que emplean mayores tiempos y presentan porcentajes altos de la eliminación de MO en aguas residuales; siendo este el caso de Ma Lin et al., 2021, quien usó un sistema de circulación de estanques y zanjas (PDCS) como una estrategia de remediación para el tratamiento de aguas residuales urbanas; donde las plantas acuáticas y la generación de bacterias del género *Bacillus* juegan un papel importante en la eliminación de nutrientes; presentando en un tiempo de 30 días una eliminación del 80%.

Estos resultados son respaldados por los siguientes autores: Arias Dulce M. et al., 2019, Li Xi et al., 2020, Ma Lin et al., 2021, Calheiros C. et al., 2018, Li Meng et al., 2020, Romero López T. y Vargas Mato D., 2017, Rehman Khadeeja et al., 2018, Deng Min et al., 2021, Vaithyanathan V. et al., 2021, Sampaio Gabriela F. et al., 2020, Zhang Xiaoting et al., 2018, Mahesh G. y Manu B., 2019; quienes presentaron un porcentaje de remoción de MO superior al 80%.

Esto muestra la comprensión de la importancia de las interacciones planta-bacteria en los humedales artificiales (CW). Ello también es corroborado por Li Xi et al., 2020 en el cuadro de antecedentes de la tabla 2; quien afirma que las interacciones positivas fueron evidentes entre las rizobacterias en los humedales estresados.

Además, las relaciones positivas entre la DQO del agua intersticial y las comunidades de rizobacterias en los humedales con estrés indican que las comunidades de rizobacterias podrían estar moduladas por el cambio en el microbioma de la masa (agua intersticial) microbioma (comunidades microbianas del agua intersticial) que fue inducido por el IBP para lograr la degradación del IBP a través del co-metabolismo o el metabolismo (Lv Ruiyuan et al., 2021).

Riva Valentina et al., 2020, encontrado en la lista de antecedentes, apoya las afirmaciones anteriores señalando que las bacterias promotoras del crecimiento de las plantas pueden mejorar los servicios de las plantas y la fitodepuración.

V. CONCLUSIONES

De acuerdo al objetivo general del estudio de evaluar de qué manera las bacterias rizosféricas contribuyen en la eliminación de materia orgánica del agua residuales se concluye que contribuyen en la mejora de la eliminación de materia orgánica del agua residuales; siendo ello corroborado con los 3 objetivos específicos planteados; los cuales se detallan en los siguientes puntos:

- Los mecanismos utilizados por las bacterias rizosféricas para la eliminación de materia orgánica del agua residual son diversos y se encuentran clasificados por siete mecanismos y cada mecanismo por hasta siete etapas del mecanismo.
- Los aislados bacterianos rizosféricos más empleados en la eliminación de materia orgánica del agua residual son el género *Bacillus spp.*, y *Pseudomonas sp.*; siendo ello corroborado por 15 de los 20 estudios analizados; debido a que esta especie poseen una actividad antimicrobiana y son capaces de mantenerse en condiciones de estrés y son de interés durante diversos estudios.
- El intervalo de remoción de materia orgánica de las aguas residuales empleando bacterias rizosféricas se encuentra en un intervalo de 80 al 100%, esto es debido a que las bacterias rizosféricas pueden ser usadas para eliminar la MO con diferentes métodos de tratamiento; siendo los tratamientos de fitodepuradoras los que emplean mayores tiempos y presentan porcentajes altos de la eliminación de MO en aguas residuales.

VI. RECOMENDACIONES

De acuerdo a la revisión sistemática realizada se puede concluir los siguientes puntos:

- Los estudios que tratan sobre propiedades fisiológicas de bacterias rizosfericas en la eliminación de materia orgánica del agua residuales son limitadas y la comprensión de los mecanismos de acción aún se encuentra en sus primeras etapas, por lo tanto, más investigación sobre los mecanismos utilizados por las especies de bacterias en la biorremediación, ayudará a optimizar su papel en el mantenimiento de la calidad del agua.
- Así también se recomienda realizar mayores estudios enfocados en la aplicación de las cepas bacterianas del genero *bacillus* ya que existe escasos estudios a nivel mundial, pero los pocos presentan óptimos resultados.
- Por último, se recomienda analizar estudios en los que las bacterias rizosfericas son empleadas para eliminar contaminantes en otros campos, así como determinar la influencia de las cepas bacterianas como *bacillus spp*, y *pseudomonas sp.* en la calidad en la calidad del agua residual de otros sectores como la acuicultura.

REFERENCIAS

1. ABEDINZADEH, Motahharez; ETESAMI, Hassan; ALIKHANI, Hossein Ali. Characterization of rhizosphere and endophytic bacteria from roots of maize (*Zea mays* L.) plant irrigated with wastewater with biotechnological potential in agriculture. *Biotechnology Reports*, 2019, vol. 21, p. e00305. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.btre.2019.e00305>
2. AHMAD, Malik Sajad; ZARGAR, M. Y. Characterization of potassium solubilizing bacteria (KSB) in rhizospheric soils of apple (*Malus domestica* Borkh.) in temperate Kashmir. *Journal of Applied Life Sciences International*, 2017, p. 1-7. Disponible en: <https://doi.org/10.9734/JALSI/2017/36848>
3. ANTUNES, Rothschild A., et al. Modeling, simulation, experimentation, and compensation of temperature effect in impedance-based SHM systems applied to steel pipes. *Sensors*, 2019, vol. 19, no 12, p. 2802. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/s19122802>
4. ARIAS, Dulce María, et al. Selection of cyanobacteria over green algae in a photo-sequencing batch bioreactor fed with wastewater. *Science of the total environment*, 2019, vol. 653, p. 485-495. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.342>
5. BARMAN, Prasenjit, et al. Characterization and strain improvement of aerobic denitrifying EPS producing bacterium *Bacillus cereus* PB88 for shrimp water quality management. *Waste and Biomass Valorization*, 2018, vol. 9, no 8, p. 1319-1330. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s12649-017-9912-2>
6. BILAL, Muhammad, et al. Horseradish peroxidase-assisted approach to decolorize and detoxify dye pollutants in a packed bed bioreactor. *Journal of environmental management*, 2016, vol. 183, p. 836-842. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.09.040>
7. BOLYARD, Stephanie C., et al. Impact of organic matter from leachate discharged to wastewater treatment plants on effluent quality and UV disinfection. *Waste Management*, 2019, vol. 88, p. 257-267. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.03.036>

8. BROEK, Taylor AB, et al. Coupled ultrafiltration and solid phase extraction approach for the targeted study of semi-labile high molecular weight and refractory low molecular weight dissolved organic matter. *Marine Chemistry*, 2017, vol. 194, p. 146-157. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.marchem.2017.06.007>
9. BUSTOS-TERRONES, Yaneth, et al. Degradation of organic matter from wastewater using advanced primary treatment by O₃ and O₃/UV in a pilot plant. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 2016, vol. 91, p. 61-67. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.pce.2015.12.006>
10. CALHEIROS, Cristina SC; PEREIRA, Sofia IA; CASTRO, Paula ML. Culturable bacteria associated to the rhizosphere and tissues of *Iris pseudacorus* plants growing in a treatment wetland for winery wastewater discharge. *Ecological Engineering*, 2018, vol. 115, p. 67-74. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2018.02.011>
11. Campbell, J. C., Hindle, A., & Stroulia, E. (2015). Latent Dirichlet Allocation. *The Art and Science of Analyzing Software Data*, 139-159. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-411519-4.00006-9>
12. CARSTEA, Elfrida M., et al. Fluorescence spectroscopy for wastewater monitoring: a review. *Water research*, 2016, vol. 95, p. 205-219. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.03.021>
13. CHENG, Cheng, et al. Novel insights into variation of dissolved organic matter during textile wastewater treatment by fluorescence excitation emission matrix. *Chemical engineering journal*, 2018, vol. 335, p. 13-21. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2017.10.059>
14. CHEN, Zong-Jing, et al. Effects of root organic exudates on rhizosphere microbes and nutrient removal in the constructed wetlands. *Ecological Engineering*, 2016, vol. 92, p. 243-250. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.04.001>
15. CHON, Kangmin; CHO, Jaeweon. Fouling behavior of dissolved organic matter in nanofiltration membranes from a pilot-scale drinking water treatment plant: an autopsy study. *Chemical Engineering Journal*, 2016, vol. 295, p. 268-277. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2016.03.057>

16. CHOW, Wei Ling, et al. Anaerobic co-digestion of wastewater sludge: a review of potential co-substrates and operating factors for improved methane yield. *Processes*, 2020, vol. 8, no 1, p. 39. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/pr8010039>
17. CHRISTOFILOPOULOS, Stavros, et al. Evaluation of a constructed wetland for wastewater treatment: Addressing emerging organic contaminants and antibiotic resistant bacteria. *New biotechnology*, 2019, vol. 52, p. 94-103. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2019.05.006>
18. DENG, Min, et al. Nitrogen removal by heterotrophic nitrifying and aerobic denitrifying bacterium *Pseudomonas* sp. DM02: Removal performance, mechanism and immobilized application for real aquaculture wastewater treatment. *Bioresource Technology*, 2021, vol. 322, p. 124555. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.124555>
19. DEW, Kevin. Documentary analysis in CAM research: Part 2. *Complementary therapies in medicine*, 2006, vol. 14, no 1, p. 77-80. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ctim.2005.08.005>
20. ETESAMI, Hassan; MAHESHWARI, Dinesh K. Use of plant growth promoting rhizobacteria (PGPRs) with multiple plant growth promoting traits in stress agriculture: Action mechanisms and future prospects. *Ecotoxicology and environmental safety*, 2018, vol. 156, p. 225-246. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.03.013>
21. FATHARANI, R.; RAHAYU, Y. S. Isolation and Characterization of Potassium-Solubilizing Bacteria from Paddy Rhizosphere (*Oryza sativa* L.). *En Journal of Physics: Conference Series*. IOP Publishing, 2018. p. 012105. Disponible en: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1108/1/012105>
22. Findlay, Stuart E.G. (2017). *Methods in Stream Ecology || Dissolved Organic Matter*, (), 21-36. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813047-6.00002-4>
23. GAO, Linjie, et al. Simultaneous nitrate and dissolved organic matter removal from wastewater treatment plant effluent in a solid-phase denitrification biofilm reactor. *Bioresource Technology*, 2020, vol. 314, p. 123714. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.123714>

24. GARCÍA DE LA VEGA, Alfonso. Análisis curricular y rigor científico en los textos literarios sobre las observaciones del tiempo y clima. Propuesta didáctica con fuentes primarias. 2016. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.14198/GeoAlicante2015.15>
25. GOFFIN, Angélique, et al. Towards a better control of the wastewater treatment process: excitation-emission matrix fluorescence spectroscopy of dissolved organic matter as a predictive tool of soluble BOD 5 in influents of six Parisian wastewater treatment plants. *Environmental Science and Pollution Research*, 2018, vol. 25, no 9, p. 8765-8776. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11356-018-1205-1>
26. GOUDA, Sushanto, et al. Revitalization of plant growth promoting rhizobacteria for sustainable development in agriculture. *Microbiological research*, 2018, vol. 206, p. 131-140. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.micres.2017.08.016>
27. GUO, Yan, et al. Biodegradable organic matter-containing ammonium wastewater treatment through simultaneous partial nitrification, anammox, denitrification and COD oxidization process. *Science of The Total Environment*, 2020, vol. 714, p. 136740. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.136740>
28. GURSOY-HAKSEVENLER, B. Hande; ARSLAN-ALATON, Idil. Effects of treatment on the characterization of organic matter in wastewater: a review on size distribution and structural fractionation. *Water Science and Technology*, 2020, vol. 82, no 5, p. 799-828. Disponible en: <https://doi.org/10.2166/wst.2020.403>
29. HARIS, Mohammad, et al. Sustainable crop production and improvement through bio-prospecting of fungi. En *Fungi Bio-Prospects in Sustainable Agriculture, Environment and Nano-Technology*. Academic Press, 2021. p. 407-428. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821394-0.00016-0>
30. HELALY, A. A., et al. Effects of growth-promoting bacteria on growth, yield and nutritional value of collard plants. *Annals of Agricultural Sciences*, 2020, vol. 65, no 1, p. 77-82. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.aoas.2020.01.001>

31. HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, María. Metodología de la investigación [en línea]. 6ta ed. México: Mc Graw-Hill/ Interamericana, 2014 [Fecha de consulta: 25 de mayo de 2020]. Disponible en:
<http://observatorio.epacartagena.gov.co/wpcontent/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sextaedicion.compressed.pdf>
32. HLORDZI, Vivian, et al. The use of Bacillus species in maintenance of water quality in aquaculture: A review. Aquaculture Reports, 2020, vol. 18, p. 100503. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100503>
33. HUA, Yumei, et al. Effects of plants and temperature on nitrogen removal and microbiology in pilot-scale horizontal subsurface flow constructed wetlands treating domestic wastewater. Ecological Engineering, 2017, vol. 108, p. 70-77. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.08.007>
34. INTRIAGO, Juan Carlo, et al. Agricultural reuse of municipal wastewater through an integral water reclamation management. Journal of environmental management, 2018, vol. 213, p. 135-141. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.02.011>
35. JEONG, Hyunju, et al. Life cycle assessment of small-scale greywater reclamation systems combined with conventional centralized water systems for the City of Atlanta, Georgia. Journal of Cleaner Production, 2018, vol. 174, p. 333-342. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.193>
36. JIN, Pengkang, et al. A study on the reactivity characteristics of dissolved effluent organic matter (EfOM) from municipal wastewater treatment plant during ozonation. Water Research, 2016, vol. 88, p. 643-652. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2015.10.060>
37. KAUSHAL, Manoj. Climatic resilient agriculture for root, tuber, and banana crops using plant growth-promoting microbes. En Climate Change and Agricultural Ecosystems. Woodhead Publishing, 2019. p. 307-329. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816483-9.00012-8>
38. KLAMPFL, Christian W. Metabolization of pharmaceuticals by plants after uptake from water and soil: a review. TrAC Trends in Analytical Chemistry, 2019, vol. 111, p. 13-26. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.trac.2018.11.042>

39. KOMATSU, Kazuhiro, et al. Characterization of dissolved organic matter in wastewater during aerobic, anaerobic, and anoxic treatment processes by molecular size and fluorescence analyses. *Water research*, 2020, vol. 171, p. 115459. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.115459>
40. KOMATSU, Kazuhiro; IMAI, Akio; KAWASAKI, Nobuyuki. Comparison between humic-like peaks in excitation-emission matrix spectra and resin-fractionated humic substances in aquatic environments. *Limnology*, 2019, vol. 20, no 1, p. 109-120. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10201-018-0555-1>
41. KOUR, Divjot, et al. Potassium solubilizing and mobilizing microbes: biodiversity, mechanisms of solubilization, and biotechnological implication for alleviations of abiotic stress. En *New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering*. Elsevier, 2020. p. 177-202. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820526-6.00012-9>
42. KUMARI, Baby, et al. Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR): perspectivas modernas para una agricultura sostenible. En *Sanidad vegetal bajo estrés biótico*. Springer, Singapur, 2019. p. 109-127.
43. KYE, Homin, et al. Characterization of marine dissolved organic matter and its effect on ozonation. *Chemosphere*, 2021, vol. 277, p. 130332. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130332>
44. LI, Lanfeng, et al. Relationship between the physicochemical properties of sludge-based carbons and the adsorption capacity of dissolved organic matter in advanced wastewater treatment: Effects of chemical conditioning. *Chemosphere*, 2020, vol. 243, p. 125333. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.125333>
45. LI, Meng, et al. The remediation of urban freshwater sediment by humic-reducing activated sludge. *Environmental Pollution*, 2020, vol. 265, p. 115038. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115038>
46. LI, Nan; WAN, Yuxuan; WANG, Xin. Nutrient conversion and recovery from wastewater using electroactive bacteria. *Science of the Total Environment*, 2020, vol. 706, p. 135690. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135690>

47. LI, Riqiang; WANG, Jianxing; LI, Hongjiao. Isolation and characterization of organic matter-degrading bacteria from coking wastewater treatment plant. *Water Science and Technology*, 2018, vol. 78, no 7, p. 1517-1524. Disponible en: <https://doi.org/10.2166/wst.2018.427>
48. LI, Xi, et al. *Myciophyllum elatinoides* growth and rhizosphere bacterial community structure under different nitrogen concentrations in swine wastewater. *Bioresource technology*, 2020, vol. 301, p. 122776. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.122776>
49. LI, Yifei, et al. Phytoremediation of pharmaceutical-contaminated wastewater: Insights into rhizobacterial dynamics related to pollutant degradation mechanisms during plant life cycle. *Chemosphere*, 2020, vol. 253, p. 126681. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126681>
50. LIU, Bo, et al. Identification of textile wastewater in water bodies by fluorescence excitation emission matrix-parallel factor analysis and high-performance size exclusion chromatography. *Chemosphere*, 2019, vol. 216, p. 617-623. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.10.154>
51. LOH, Jiun-Yan, et al. The role of probiotics and their mechanisms of action: an aquaculture perspective. *JWAS*, 2017, vol. 18, no 1, p. 19-23.
52. LV, Ruiyuan, et al. Long-term performance and microbial mechanism in intertidal wetland sediment introduced constructed wetlands treating saline wastewater. *Journal of Cleaner Production*, 2021, vol. 310, p. 127409. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127409>
53. MA, Lin, et al. Effects of root exudates on rhizosphere bacteria and nutrient removal in pond-ditch circulation systems (PDCSs) for rural wastewater treatment. *Science of The Total Environment*, 2021, vol. 785, p. 147282. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147282>
54. MADIKIZELA, Lawrence Mzukisi; NCUBE, Somandla; CHIMUKA, Luke. Uptake of pharmaceuticals by plants grown under hydroponic conditions and natural occurring plant species: a review. *Science of the Total Environment*, 2018, vol. 636, p. 477-486. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.297>

55. MAHESH, Gajanuru Basappa; MANU, Basavaraju. Removal of ametryn and organic matter from wastewater using sequential anaerobic-aerobic batch reactor: A performance evaluation study. Journal of environmental management, 2019, vol. 249, p. 109390. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109390>
56. MAN, Ying, et al. Responses of rhizosphere and bulk substrate microbiome to wastewater-borne sulfonamides in constructed wetlands with different plant species. Science of the Total Environment, 2020, vol. 706, p. 135955. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135955>
57. MICHAEL-KORDATOU, Irene, et al. Dissolved effluent organic matter: characteristics and potential implications in wastewater treatment and reuse applications. Water Research, 2015, vol. 77, p. 213-248. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2015.03.011>
58. NGUYEN, Phuong Minh, et al. Removal of pharmaceuticals and personal care products using constructed wetlands: effective plant-bacteria synergism may enhance degradation efficiency. Environmental Science and Pollution Research, 2019, vol. 26, no 21, p. 21109-21126. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05320-w>
59. NOYAN, Kerem, et al. Relationship between COD particle size distribution, COD fractionation and biodegradation characteristics in domestic sewage. Journal of Chemical Technology & Biotechnology, 2017, vol. 92, no 8, p. 2142-2149. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/jctb.5223>
60. OMOTAYO, Oluwadara Pelumi; BABALOLA, Olubukola Oluranti. Resident rhizosphere microbiome's ecological dynamics and conservation: Towards achieving the envisioned Sustainable Development Goals, a review. International Soil and Water Conservation Research, 2020. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2020.08.002>
61. OTTINGER, Marco; CLAUSS, Kersten; KUENZER, Claudia. Aquaculture: Relevance, distribution, impacts and spatial assessments-A review. Ocean & Coastal Management, 2016, vol. 119, p. 244-266. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2015.10.015>
62. PANDEY, Anupam, et al. Multifaceted beneficial effects of plant growth promoting bacteria and rhizobium on legume production in hill agriculture. En

- Recent Advancements in Microbial Diversity. Academic Press, 2020. p. 113-146. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821265-3.00006-2>
63. PHUNGSAL, Phanwatt, et al. Molecular characterization of low molecular weight dissolved organic matter in water reclamation processes using Orbitrap mass spectrometry. *Water research*, 2016, vol. 100, p. 526-536. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.05.047>
64. PINTILIE, Loredana, et al. Urban wastewater reclamation for industrial reuse: An LCA case study. *Journal of Cleaner Production*, 2016, vol. 139, p. 1-14. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.209>
65. PRASAD, Mahendra, et al. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) for sustainable agriculture: perspectives and challenges. En *PGPR amelioration in sustainable agriculture*. Woodhead Publishing, 2019. p. 129-157. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815879-1.00007-0>
66. PRASAD, Rajendra; SHIVAY, Yashbir Singh. Oxalic acid/oxalates in plants: From self-defence to phytoremediation. *Current science*, 2017, p. 1665-1667. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/44211898>
67. RAFFI, Mokula Mohammed. Sustainable Agriculture and the Role of Biofertilizers. *Journal of Academia and Industrial Research (JAIR)*, 2018, vol. 7, no 4, p. 51. Disponible en: ISSN: 2278-5213
68. RAI, Pankaj K., et al. Role and potential applications of plant growth-promoting rhizobacteria for sustainable agriculture. En *New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering*. Elsevier, 2020. p. 49-60. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820526-6.00004-X>
69. REHMAN, Khadeeja, et al. Inoculation with bacteria in floating treatment wetlands positively modulates the phytoremediation of oil field wastewater. *Journal of hazardous materials*, 2018, vol. 349, p. 242-251. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2018.02.013>
70. RIAHI, Leila, et al. Use of plant growth promoting bacteria as an efficient biotechnological tool to enhance the biomass and secondary metabolites production of the industrial crop *Pelargonium graveolens* L'Hér. under semi-controlled conditions. *Industrial Crops and Products*, 2020, vol. 154, p. 112721. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112721>

71. RIVA, Valentina, et al. Microbial assisted phytodepuration for water reclamation: environmental benefits and threats. *Chemosphere*, 2020, vol. 241, p. 124843. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.124843>
72. ROMERO LÓPEZ, Teresita de Jesús; VARGAS MATO, Dabiel. Uso de microorganismos eficientes para tratar aguas contaminadas. *Ingeniería hidráulica y ambiental*, 2017, vol. 38, no 3, p. 88-100. ISSN: 1815-591X
73. SAMPAIO, Gabriela F., et al. High rate of biological removal of sulfate, organic matter, and metals in UASB reactor to treat synthetic acid mine drainage and cheese whey wastewater as carbon source. *Water Environment Research*, 2020, vol. 92, no 2, p. 245-254. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/wer.1235>
74. SARAWANEEYARUK, Siriruk, et al. Enhancing plant growth under municipal wastewater irrigation by plant growth promoting rhizospheric *Bacillus* spp. *Journal of King Saud University-Science*, 2019, vol. 31, no 3, p. 384-389. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2018.04.027>
75. SEO, Kyu Won, et al. Pilot-scale investigation of sludge reduction in aerobic digestion system with endospore-forming bacteria. *Chemosphere*, 2017, vol. 186, p. 202-208. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.07.150>
76. Shakir, E., Zahraw, Z., & Al-Obaidy, A. H. M. J. (2017). Environmental and health risks associated with reuse of wastewater for irrigation. *Egyptian Journal of Petroleum*, 26(1), 95-102. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ejpe.2016.01.003>
77. SOLTANI, Mehdi, et al. Genus *Bacillus*, promising probiotics in aquaculture: aquatic animal origin, bio-active components, bioremediation and efficacy in fish and shellfish. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 2019, vol. 27, no 3, p. 331-379. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/23308249.2019.1597010>
78. SORENSEN, J. P. R., et al. Are sanitation interventions a threat to drinking water supplies in rural India? An application of tryptophan-like fluorescence. *Water research*, 2016, vol. 88, p. 923-932. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2015.11.006>

79. SUN, Zhuo, et al. Biological control ginseng grey mold and plant colonization by antagonistic bacteria isolated from rhizospheric soil of *Panax ginseng* Meyer. *Biological Control*, 2019, vol. 138, p. 104048. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2019.104048>
80. TANG, Gang, et al. Variation of effluent organic matter (EfOM) during anaerobic/anoxic/oxic (A2O) wastewater treatment processes. *Water research*, 2020, vol. 178, p. 115830. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.115830>
81. TANG, Wenchang, et al. Role of extracellular polymeric substances and enhanced performance for biological removal of carbonaceous organic matters and ammonia from wastewater with high salinity and low nutrient concentrations. *Bioresource Technology*, 2021, vol. 326, p. 124764. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.124764>
82. TANGAPO, Agustina Monalisa; ASTUTI, Dea Indriani; ADITIAWATI, Pingkan. Dynamics and diversity of cultivable rhizospheric and endophytic bacteria during the growth stages of cilembu sweet potato (*Ipomoea batatas* L. var. cilembu). *Agriculture and Natural Resources*, 2018, vol. 52, no 4, p. 309-316. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.anres.2018.10.003>
83. VAITHYANATHAN, Vasanth Kumar; CABANA, Hubert; VAIDYANATHAN, Vinoth Kumar. Remediation of trace organic contaminants from biosolids: Influence of various pre-treatment strategies prior to *Bacillus subtilis* aerobic digestion. *Chemical Engineering Journal*, 2021, vol. 419, p. 129966. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.129966>
84. VELAND, Siri, et al. Narrative matters for sustainability: the transformative role of storytelling in realizing 1.5 C futures. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2018, vol. 31, p. 41-47. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2017.12.005>
85. VELASCO-JIMÉNEZ, Antonio, et al. Bacterias rizosféricas con beneficios potenciales en la agricultura. *Terra Latinoamericana*, 2020, vol. 38, no 2, p. 333-345. Disponible en: <https://doi.org/10.28940/terra.v38i2.470>
86. VIMALA, R. T. V., et al. An overview of organic matters in municipal wastewater: removal via self-assembly flocculating mechanism and the molecular level characterization. *Journal of environmental management*,

- 2020, vol. 266, p. 110572. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110572>
87. WANG, Lei, et al. Spectroscopic characterization of DOM and the nitrogen removal mechanism during wastewater reclamation plant. *PloS one*, 2017, vol. 12, no 11, p. e0187355. Disponible en: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0187355>
88. WANG, Rui, et al. Effects of aquaculture on lakes in the central Yangtze River basin, China, I. Water quality. *North American Journal of Aquaculture*, 2018, vol. 80, no 3, p. 322-333. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/naaq.10038>
89. WANG, Yi-Ning; WANG, Rong. Reverse osmosis membrane separation technology. En *Membrane separation principles and applications*. Elsevier, 2019. p. 1-45. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812815-2.00001-6>
90. WANG, Yulai, et al. Dynamic variations of dissolved organic matter from treated wastewater effluent in the receiving water: Photo-and bio-degradation kinetics and its environmental implications. *Environmental Research*, 2021, vol. 194, p. 110709. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.110709>
91. YU, Guanlong, et al. Enhanced nitrogen removal of low C/N wastewater in constructed wetlands with co-immobilizing solid carbon source and denitrifying bacteria. *Bioresource technology*, 2019, vol. 280, p. 337-344. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.02.043>
92. ZDARTA, Jakub, et al. The effect of operational parameters on the biodegradation of bisphenols by *Trametes versicolor* laccase immobilized on *Hippospongia communis* spongin scaffolds. *Science of the Total Environment*, 2018, vol. 615, p. 784-795. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.213>
93. ZHALNINA, Kateryna, et al. Dynamic root exudate chemistry and microbial substrate preferences drive patterns in rhizosphere microbial community assembly. *Nature microbiology*, 2018, vol. 3, no 4, p. 470-480. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41564-018-0129-3>

94. ZHANG, Xiaoting, et al. Simultaneous removal of organic matter and iron from hydraulic fracturing flowback water through sulfur cycling in a microbial fuel cell. *Water research*, 2018, vol. 147, p. 461-471. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.10.020>
95. ZORRIEHZAHRA, Mohammad Jalil, et al. Probiotics as beneficial microbes in aquaculture: an update on their multiple modes of action: a review. *Veterinary quarterly*, 2016, vol. 36, no 4, p. 228-241. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/01652176.2016.1172132>

ANEXOS

ANEXOS N° 1:

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO		
TITULO:			
DATOS DEL AUTOR:	NOMBRE(S) PAGINAS UTILIZADAS	AÑO DE PUBLICACION	LUGAR DE PUBLICACION
TIPO DE INVESTIGACION:			
CÓDIGO:			
PALABRAS CLAVES :			
MECANISMOS DE LAS BACTERIAS RIZOSFERICAS:			
AISLADOS BACTERIANOS RIZOSFÉRICOS MÁS EMPLEADOS EN LA ELIMINACIÓN DE MO DEL AGUA RESIDUAL:			
INTERVALO DE REMOCIÓN DE MO:			
RESULTADOS :			
CONCLUSIONES:			

Elaboración propia