



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental

“LODOS RESIDUALES Y BIOSÓLIDOS
PROVENIENTES DE LA INDUSTRIA
ALIMENTARIA EN BENEFICIO A LA
AGRICULTURA. UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA
ENTRE 2009 Y 2019”

Trabajo de investigación para optar al grado de:

Bachiller en Ingeniería Ambiental

Autor:

Silvia Gabriela Escalante Caballero

Asesor:

Mg. Ing. Jessica Marleny Luján Rojas

Trujillo - Perú

2020



DEDICATORIA

Dedico todo el esfuerzo plasmado en el presente trabajo a mis padres, quienes son los que están incondicionalmente apoyándome en cada uno de mis proyectos, buscando hacerme mejor persona y mejor profesional día a día e impulsándome a cumplir con mis metas de manera responsable y disciplinada.



AGRADECIMIENTO

Tengo gratitud hacia el apoyo de mis docentes para poder obtener el resultado de esta revisión sistemática, así como el de mis padres que me permiten poder lograr llegar hasta esta etapa de mi vida universitaria, el cual estoy culminando con una gran satisfacción debido a todos los conocimientos adquiridos.

También a mis compañeros, que hemos aprendido juntos a crecer, convivir, divertirnos y aprender durante estos cinco años dejándome grandes amigos y colegas.



Índice

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
RESUMEN	7
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	8
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	12
CAPÍTULO III. RESULTADOS	15
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	22
REFERENCIAS.....	26



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: <i>Matriz de registro de artículos</i>	16
Tabla 2: <i>Porcentajes de artículos según el año de investigación</i>	19
Tabla 3: <i>Porcentajes de artículos según el tipo de documento</i>	19
Tabla 4: <i>Porcentajes por nombre de la revista en la que fue publicado</i>	20
Tabla 5: <i>Inducción de categorías</i>	20



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proceso de selección de información	15
---	----



RESUMEN

La industria alimentaria necesita de gran demanda de agua para la realización de sus procesos, es por esto que la cantidad de aguas residuales es preocupante a causa de los impactos negativos hacia el medio ambiente. Debido a esto, el objetivo de la revisión es conocer las propiedades de los lodos residuales y biosólidos provenientes de la industria alimentaria en beneficio a la agricultura como fertilizante orgánico, a partir de artículos científicos y de revisión. La metodología usada fue con base en la estrategia PRISMA, con el uso de dos motores de búsqueda: Google Scholar y Sciencedirect, se usaron criterios de selección y descarte según las palabras claves, periodo de publicación entre los años 2009 y 2019, idioma, estatus de publicación y la estructura adecuada. Como resultado se obtuvo 20 artículos, entre científicos y de revisión, los cuales se categorizaron en: Lodos Residuales, Biosólidos, Industria Alimentaria y Agricultura; donde la mayor cantidad de artículos fueron del año 2015, 2018 y 2019. A través del análisis se concluyó que tanto los lodos residuales como los biosólidos provenientes de la industria alimentaria tienen un reúso potencial, viable y económico para la utilización en la agricultura debido a su gran contenido de materia orgánica.

PALABRAS CLAVES: Lodos residuales, biosólidos, industria alimentaria, agricultura, aguas residuales, sector agrícola.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

La industrialización acelerada y el crecimiento poblacional han causado el aumento de la demanda de agua a nivel global y a su vez, después de su uso, gran cantidad de aguas residuales con un nivel de impacto al medio ambiente alto. Según el Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas (2017) menciona que, en promedio, los países con altos ingresos tratan alrededor del 70% de sus aguas residuales, con ingresos medios altos el 38%, con ingresos medios bajos el 28%; y en países de bajos ingresos, solo el 8% de sus aguas residuales. Siendo los ingresos un factor influyente en la internalización de daño hacia el medio ambiente.

Debido a esta situación, los gobiernos han promulgado leyes, normas, planes, subsidios, programas, etc. que logre incentivar la realización de sistemas eficientes y ecológicos que mejoren el uso y disposición de los recursos. Las aguas residuales cuentan con procesos físicos, químicos y biológicos que tiene como fin disminuir la carga de contaminantes y poder cumplir con los parámetros de los Límites Máximos Permisibles, los cuales son concentraciones de contaminantes establecidos según las leyes de cada país. Después del proceso, se tiene como resultado el efluente tratado que se compone de agua con una cantidad mínima de sólidos disueltos y los subproductos sólidos y semisólidos llamados biosólidos y lodos residuales.

El lodo es el principal subproducto sólido, y la mayor parte de la contaminación química y microbiana se concentra en él; la digestión anaerobia es uno de los métodos más importantes para estabilizarlo y producir biosólidos (Torres, Silva, Parra, Cerón & Madera, 2015). Una vez obtenido en el proceso de la planta de tratamiento de aguas residuales debe



analizarse para determinar su corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad y biológico-infecciosas (Análisis CRETIB), los cuales pueden determinar si el lodo producido es dañino o inofensivo; en caso sea dañino, será necesario un método adicional de estabilización. (Melo, Rodríguez & Gonzáles, 2017).

La gran cantidad de materia orgánica encontrada como parte de su composición de los lodos y biosólidos, así como de macro y micro nutrientes son de gran importancia para el enriquecimiento de suelos y aumento de su calidad para el beneficio de la agricultura. Este sector ha sido afectado en gran medida por el uso indiscriminado de fertilizantes artificiales que han causado impactos considerables en el suelo y que a su vez a través de los años han ido en busca de alternativas eficientes y más amigables con el medio ambiente. Es por esto, que es de gran importancia la procedencia de los lodos, si logran cumplir con los estándares para el uso agrícola y la calidad del valor nutricional que aporta.

La más destacables de estas industrias por la gran cantidad de materia orgánica y poca concentración de metales pesados es la industria alimentaria, la cual incluye a la industria conservera, láctica, cárnica, de zumo, cervecera, pesquera y azucarera. Además, es una de las industrias con mayor huella hídrica debido al uso del agua de manera muy amplia y específica, desde el proceso diario de limpieza y lavado de manos hasta su uso como ingrediente principal de ciertos productos, como se refleja en las estadísticas de España del año 2013, donde la industria alimentaria consumió el 12% del agua industrial europea, convirtiéndolo en una de las industrias más exigentes para este recurso. (Muñoz & Sánchez, 2018).



Los lodos y biosólidos como subproducto de las aguas residuales de la industria alimentaria son de alto valor nutricional; por ende, hay gran expectativa sobre su aplicación en suelos agrícolas como fertilizante orgánico para aumentar la calidad del suelo como se demuestra en el estudio realizado por Potisek, Figueroa, Gonzáles, Jasso & Orona (2010) donde concluye que la cantidad Materia Orgánica en la superficie del suelo aumentó, así como también el contenido de nitrato y fósforo disponible; con respecto a la acumulación de micronutrientes, el orden fue el siguiente: Zn> Fe> Mn> Cu. Demostrando así que la aplicación de los biosólidos puede ser una alternativa tanto para dar una disposición final adecuada como el aumento de la calidad del suelo a bajo costo.

Debido al impacto generado por ambas industrias, la industria alimentaria por la disposición final de sus residuos y la agricultura por el uso de fertilizantes poco amigables con el ambiente se plantea hacer una revisión sistemática entre los años 2009 y 2019, donde se busca conocer las propiedades de los lodos residuales y biosólidos provenientes de la industria alimentaria en beneficio a la agricultura como fertilizante orgánico a partir de artículos científicos y de revisión. De esta manera poder evidenciar beneficios tanto económicos como ambientales con el fin disminuir los impactos por una disposición final inadecuada y el uso de fertilizantes artificiales, así como mostrando una alternativa eco amigable para lograr la internalización del daño y el impulso a las empresas del mismo rubro.

Las empresas de las industrias alimentarias les ha costado alinearse con las políticas y normas planteados por los gobiernos en favor del cuidado de medio ambiente. Muchas de ellas, debido a que cuentan con los recursos necesarios para implementar una planta de tratamiento de aguas residuales ha podido llegar a cumplir con los Límites Máximos



Permisibles establecidos para el vertimiento en cuerpos de agua; sin embargo, al término del tratamiento se obtiene como sub producto los lodos residuales y los biosólidos, los cuales generan un costo adicional para dar una disposición final adecuada limitando a las empresas para invertir en el tratamiento, aumentando la informalidad y el alto grado de contaminación en el ambiente.

Por ese motivo, se busca plantear una nueva alternativa para las empresas que no cuentan con los recursos necesarios para poder tratar sus aguas y los subproductos de estas, a través del aprovechamiento de sus residuos en beneficio de otro sector importante, la agricultura. Para el sector agrícola de igual forma sería una alternativa más económica a la usual y viable en relación al reemplazo de fertilizantes minerales, especialmente nitrogenados (Reinaldo, 2019); este reemplazo además disminuiría la contaminación donde se desarrollan los cultivos y para la industria alimentaria, disminuiría sus costos en el tratamiento debido a la valorización de sus residuos.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

Tipo de estudio

Tomando como base la metodología PRISMA [Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses] ya que tiene como objetivo la mejora de revisión sistemática y meta análisis (PRISMA, 2015).

Fundamento de la metodología

La revisión de la literatura científica es una estrategia de recopilación de información que surge debido a la necesidad de comprender, seleccionar y procesar la inmensa cantidad de información, que puede ser obtenido de distintas fuentes, de manera sintética la gran cantidad de información. A lo largo del proceso, se logra discernir distintos tipos de información que van de acuerdo a la confiabilidad de la fuente, además de la experiencia en el tema de los investigadores; así como a contar con criterios de selección específicos que nos permita filtrar en función de la calidad y relevancia de los artículos, fundamentado en una metodología que sigue los principios del método científico. (Olarte & Ríos, 2015). La información obtenida de acuerdo a los criterios de selección permitirá obtener un producto de calidad y confiabilidad de manera jerárquica según el objetivo planteado.

Proceso de selección de información

En este proceso, es fundamental tener una buena metodología de búsqueda, teniendo en cuenta cinco criterios de inclusión y exclusión con el fin de encontrar información que pueda llegar a aportar con el motivo de la investigación como se especifica en el siguiente ítem:

Criterios de inclusión y exclusión

La literatura científica encontrada fue seleccionada según cinco criterios, los cuales se consideró las siguientes especificaciones en base a la pregunta: palabras claves, las cuales se usaron: “*lodos residuales*”, “*biosólidos*”, “*Industria Alimentaria*”, “*Agricultura*”; periodo de publicación, entre los años 2009 y 2019; estatus de publicación, ya que los artículos deben de estar publicados y validados por fuentes de datos confiables; el idioma, inglés o español; y, por último, la estructura IMRD, el cual solo se ha considerado artículos de revisión y artículos científicos. Los artículos indexados que no cumplen con los criterios, fueron excluidos; y los que sí, analizados en base al objetivo y contexto de la investigación.

Búsqueda

Para la búsqueda, se hizo uso de motores de búsqueda como Google Scholar y Scienedirect. En el buscador Google Scholar, utilizando las palabras clave se logró encontrar 2180 resultados con alguno de los conceptos, mientras que en el buscador Scienedirect se utilizaron palabras claves en inglés de forma combinada obteniendo un total de 2106 resultados.

Descarte

En Google Scholar, se analizó un total de 48 resultados entre artículos, tesis, libros, etc. De estos, 27 resultados fueron descartados porque no cumplían con la estructura de un artículo y 7 porque el contexto de su investigación no estaba relacionado con la presente revisión. En Scienedirect, al aplicar los criterios de exclusión se analizaron 11 resultados, siendo excluidos 5 debido a que no estaban relacionados con la pregunta de investigación. Para evitar la duplicidad, se hizo uso de una base de datos en el programa Excel, de Microsoft Office, donde fueron ordenados según su procedencia y el año en que fue publicado.



Selección

En Google Scholar, 14 fueron incluidos para ser considerados ya que cumplían los criterios de inclusión y exclusión y se encontraban acorde al motivo de la revisión. En Scienedirect, 6 fueron incluidos en la base de datos ya que se encontraban alineados con el objetivo de la investigación. La suma de los dos buscadores fue de 20 artículos, 10 científicos y 10 de revisión, en un periodo de tiempo de 2009 a 2019.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

Dentro de los resultados del proceso de selección de información se aplicó criterios de inclusión y exclusión con el uso de base de datos confiables en los motores de búsqueda: Google Scholar y Scienedirect para finalmente seleccionar un total de 20 artículos que fueron incluidos en la revisión como detalla en la siguiente figura:

Figura 1. Proceso de selección de información

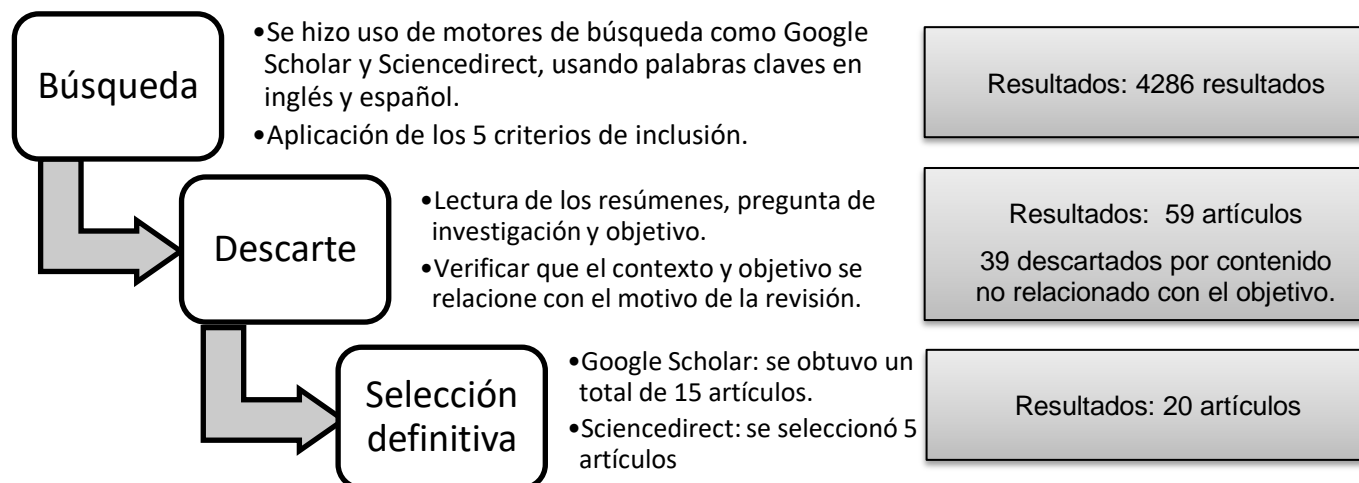


Figura 1. En el análisis realizado, se detalla un proceso para la selección y descarte de la información de dos fuentes: Google Scholar y Scienedirect, de los cuales finalmente se seleccionó 15 y 5 artículos respectivamente.



Estos 20 artículos, 10 científicos y 10 de revisión, fueron tabulados en una hoja de cálculo de Excel según la base de datos, autor, año y título como se detalla en la siguiente

Tabla 1:

Tabla 1
Matriz de registro de artículos

Nº	BASE DE DATOS	AUTOR	TÍTULO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	AÑO
1	Sciencedirect	Ghimire, A., Sen, R., & Annachhatre, A. P.	Opciones de gestión de biosólidos en las industrias de almidón de yuca de Tailandia: práctica actual y posibilidades futuras	2015
2	Google Scholar	Leite, C., Lopes J., Sousa, M., Silvestre, J. & Jorge Rodríguez-Chueca	Caracterización y tratamiento de efluentes de la industria conservera de champiñones	2015
3	Redalyc.org	Potisek, M., Figueroa, U., Gonzáles, G., Jasso, R. & Orona, I.	Aplicación de biosólidos a suelo y su efecto sobre el contenido de materia orgánica y nutrimentos	2010
4	Redalyc.org	Colomer, F., Gallardo, A., Robles, F., Bovea, D. & Herrera, L.	Opciones de valorización de lodos de distintas estaciones depuradoras de aguas residuales	2010
5	Google Scholar	Ghaly, A., Ramakrishnan V., Brooks M., Budge S. & Dave D.	Desechos de procesamiento de pescado como fuente potencial de proteínas, aminoácidos y aceites: una revisión crítica	2013
6	Sciencedirect	Cristóvão, R., Botelho, C., Martins, R., Loureiro, J. & Boaventura, R.	Tratamiento de aguas residuales para la reutilización del agua en la industria de conservas de pescado: un estudio de caso	2014
7	Google Scholar	García, C., Pacheco, R., Valdez, S., Márquez, E. & Lugo, M.	Impacto del agua de cola de la industria pesquera: tratamientos y usos	2009
8	Scielo	Téllez, V., López, J., Aragón, A. & Zayas, M.	Lodos residuales de Neyajote como sustratos para germinación de las semillas de maíz azul criollo.	2018



9	Scimedirect	Ashekuzzaman, S., Forrestal, P., Richards, K., & Fenton, O.	Lodos de tratamiento de aguas residuales derivados de la industria láctea: generación, tipo y caracterización de nutrientes y metales para reutilización agrícola	2019
10	Google Scholar	Cobián G., Gutierrez, E., Galarreta, G. & Símpalo, W.	Monitoreo y mejora del Sistema de Tratamiento de Efluentes Industriales para el cumplimiento de los límites máximos permisibles en la empresa de conservas de pescado Inversiones Estrella de David S.A.C Nuevo Chimbote, 2015.	2015
11	Dialnet	Muñoz, S. & Sánchez, R.	El agua en la industria alimentaria	2018
12	Scimedirect	Medeiros, T., Bottlingerb, M., Schulzc, E., Mozena, W., Botelho, S., Menezes, A., El-Naggarg, A., Bolani, N., Wangj, H., Sik, Y. & Rinklebea, J.	Manejo de hidrocarburos derivados de biosólidos (Sewchar): efecto sobre la germinación de las plantas y la aceptación de los agricultores	2019
13	Dialnet	Melo, A., Rodríguez, A. & González, J.	Manejo de Biosólidos y su posible aplicación al suelo, caso Colombia y Uruguay	2017
14	Scielo	Reinaldo, A., Alonso, E., Ruiz, L., Broetto, F., Reis, A. & Kanashiro, S.	Uso de lodos residuales como fertilizante en eucalipto - diagnóstico de investigación	2019
15	Scielo	Crespo, M., González, D., Rodríguez, R., Ruiz, J. & Durán, N.	Caracterización química y física del bagazo de agave tequilero compostado con biosólidos de vinaza como componente de sustratos para cultivos en contenedor.	2018
16	Scielo	Donoso, S., Peña, K., Galdames, E., Pacheco, C., Espinoza, C., Durán, S. & Gangas, R.	Evaluación de la aplicación de biosólidos en plantaciones de Eucalyptus globulus, en Chile central	2016



17	Scielo	Torres, P., Silva, J., Parra, B., Cerón, V. & Madera, C.	Influencia de la aplicación de biosólidos sobre el suelo, la morfología y productividad del cultivo de caña de azúcar.	2015
18	Scienccdirect	Sharma, B., Sarkar, A., Singh, P., & Singh, R. P.	Utilización agrícola de biosólidos: una revisión sobre los posibles efectos sobre el suelo y las plantas.	2017
19	Scienccdirect	Dad, K., Wahid, A., Khan, A. A., Anwar, A., Ali, M., Sarwar, N., & Gulshan, A.	Estado nutricional de diferentes biosólidos y su impacto en diversos parámetros de crecimiento del trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.)	2018
20	Scienccdirect	Collivignarelli, M., Canato, M., Abbà, A., & Miino, M.	Biosólidos: ¿Cuáles son los diferentes tipos de reutilización?	2019

Nota: La base de datos, consta de los 20 artículos escogidos con los criterios de selección y descarte, los cuales son producto de la búsqueda en Google Scholar y Scienccdirect.

Los artículos seleccionados están dentro del criterio de años, el cual se estableció para esta revisión desde el año 2009 hasta el 2019, obteniendo los siguientes resultados especificados en la Tabla 2. Obteniendo como resultado que, hay mayor cantidad de artículos en el año 2019, 2018 y 2015, representado con el 20% del total; seguido por el año 2017 y 2010, con el 10%.

Tabla 2
Porcentajes de artículos según el año de investigación

2009		
Año	N° de Trabajos	%
2009	1	5%
2010	2	10%
2013	1	5%
2014	1	5%
2015	4	20%
2016	1	5%
2017	2	10%
2018	4	20%
2019	4	20%
TOTAL	20	100%

Nota: El símbolo “%” representa el porcentaje del número de trabajos encontrados según el año de publicación.

Según el tipo de documento, se han utilizado dos tipos: artículos científicos y artículos de revisión teniendo un porcentaje de 50% cada uno, como se detalla en la siguiente

Tabla 3

Tabla 3
Porcentajes de artículos según el tipo de documento

Tipos de documentos	F	%
Artículos científicos	10	50%
Artículos de revisión	10	50%
TOTAL	20	100%

Nota: “F” representa a la frecuencia según el tipo de documento, el símbolo “%” al porcentaje de la frecuencia.

A su vez, cada uno de estos artículos fueron publicados en diferentes revistas, siendo la revista con más frecuencia Elsevier con un 20% del total como se muestra en la siguiente

Tabla 4:

Tabla 4
Porcentajes por nombre de la revista en la que fue publicado

Revista	F	%
Actualidad & Divulgación Científica	1	5%
Boletín de la Sociedad Española de la Hidrología Médica	1	5%
CyTA - Journal of Food	1	5%
Elsevier	4	20%
Idesia	1	5%
Ingeniería	1	5%
INGnosis	1	5%
Int. Contam. Ambient	1	5%
Journal of Cleaner Production	2	10%
Journal of Microbial & Biochemical Technology	1	5%
Revista de Investigación Agraria y Ambiental	1	5%
Revista Internacional de Contaminación Ambiental	1	5%
Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cuyo	1	5%
Saudi Journal of Biological Sciences	1	5%
Tecnoaqua	1	5%
Terra Latinoamericana	1	5%
TOTAL	20	100%

Nota: “F” representa a la frecuencia según el tipo de documento, el símbolo “%” al porcentaje de la frecuencia.

Las palabras claves, durante el análisis, se llegó a inducir como las categorías de la investigación logrando generar aportes importantes de los artículos como se especifica en la Tabla 5.

Tabla 5
Inducción de categorías

Categorías	Aportes
Lodos residuales	Los lodos de depuración de aguas residuales se pueden generar durante los tratamientos primario (físico y/o químico), secundario (biológico) y terciario. Representan un residuo acuoso, más o menos diluido, con una amplia variedad de coloides y otras partículas en diferentes formas. Pueden existir también varios contaminantes peligrosos, como sales, contaminantes orgánicos y metales pesados. (Colomer et al., 2010)



El proceso de tratamiento del lodo y la disposición final de este pueden alcanzar hasta el 50% de los costos operacionales de las estaciones de tratamiento: por lo cual existen alternativas para el reciclado de este residuo, siendo la agricultura y la actividad forestal las formas más viables de reciclado. (Reinaldo, et al., 2019)

Permiten mejorar la disponibilidad de nutrientes, que en algunas ocasiones están ausentes o en cantidades mínimas. Una tonelada de lodo puede contener alrededor de 30 kg de N, 15 kg de P y 5 kg de K. (Donoso, et al, 2016)

Biosólidos

A este respecto Empresas Públicas de Medellín E.S.P explora alternativas en convenio con los entes académicos de la ciudad, con miras a un mejor uso de sus biosólidos y dichos ensayos mostraron que estos biosólidos pueden ser utilizados en protección de taludes, proyectos forestales, recuperación de suelos de minería, explotación de canteras y usos agrícolas y pecuarios. (Melo, Rodríguez & González, 2017).

Industria Alimentaria

Los usos del agua en la industria alimentaria son muy variados y específicos, estos van desde los procesos de limpieza diaria y lavado de manos, hasta su uso como ingrediente principal de algunos productos. (Muñoz & Sánchez, 2018)

Agricultura

La explotación agrícola de suelos en el país ha ido creciendo, causando un aumento en la demanda de mejoradores de suelos; adicionalmente, el incremento de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales-PTAR en las grandes ciudades, ha elevado la producción de biosólidos, encontrándose estudios que evalúan su aprovechamiento en cultivos de rábano. (Torres, Silva, Parra, Cerón & Madera, 2015)

Nota: Los aportes de los artículos seleccionados en relación a los cuatro criterios tomados son base fundamental para el análisis y elaboración de la revisión sistemática, estos aportes están debidamente citados según el autor del artículo.



CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Durante la revisión sistemática se obtuvo como producto el análisis de 20 artículos indexados que tuvieron un proceso de selección, aplicando cinco criterios de inclusión y exclusión como se resumen en la Figura 1. Además, para un mejor orden y procesos de descarte por duplicidad fueron tabuladas en la Tabla 1. Estos artículos fueron analizados por los años en que fueron publicados como se detalla en la Tabla 2, teniendo mayor incidencia en los años 2015, 2018 y 2019 el cual refleja que en los últimos años la valorización de residuos es un tema de interés ya que trae consigo muchos beneficios, especialmente para el medio ambiente.

Además, para la realización de la presente revisión sistemática se hizo uso solo de artículos indexados siendo 10 de revisión y 10 científicos como se detalla en la Tabla 3 ya que es necesario contar con información confiable y que además cuenten con una estructura adecuada. De igual forma se elaboró la Tabla 4 con la información del nombre de cada una de las revistas en las que fueron publicados los artículos teniendo mayor frecuencia la revista Elsevier, demostrando así la confiabilidad de la fuente de datos.

En la Tabla 5 se obtuvo la inducción a las categorías, las cuales tuvieron relación directa con las palabras claves buscadas; es por esto, que en la literatura científica y de revisión se hallaron 4 artículos con el concepto de Lodos Residuales, los cuales se pueden producir durante el tratamiento primario (Física y/o Química), Secundario (Biológico) y Terciario. Es un residuo acuoso, su grado de dilución es bajo, con presencia de varios coloides y otras partículas de diferentes formas, también puede haber varios contaminantes peligrosos, como sales, contaminantes orgánicos y metales pesados. (Colomer et al., 2010).

Una mala disposición final de estos lodos podría tener consecuencias serias hacia el medio ambiente y la población.

Cabe resaltar que darles un apropiado final a los residuos genera un costo adicional al tratamiento convencional, ya que se necesita de un proceso adicional para poder disminuir la carga de contaminantes que pueden incluir a este subproducto. Normalmente, son dispuestos en los rellenos sanitario; lo cual conlleva a considerar mayor inversión en el tratamiento de aguas residuales debido a que dar una disposición final adecuada pueden alcanzar un 50% de los gastos de operación para el tratamiento. (Reinaldo, et al., 2019). He aquí también la razón por la que las empresas optan por la informalidad debido al alto costo que implica internalizar el daño por contaminación al ambiente.

Dentro de la categoría de Biosólidos fue considerada en 10 de los artículos elegidos, donde se destaca que los biosólidos mejoran el aprovechamiento de nutrientes, ya que debido al uso extensivo y degradación las cantidades son carentes; además, en una se considera que por cada tonelada de biosólidos hay alrededor de 30 kg de N, 15 kg de P y 5 kg de K. (Donoso, et al, 2016). Este alto valor nutricional, ha impulsado la realización de ensayos donde concluyen que se puede usar en protección de taludes, proyectos forestales, restauración de suelos mineros, canteras y usos agrícolas y ganaderos. (Melo, Rodríguez & González, 2017). Demostrando así, la potencial utilidad dentro del sector agrícola, disminuyendo costos y aportando al medio ambiente.

En relación a la categoría de Industria Alimentaria, 7 artículos fueron relacionados en vista de que tiene una huella hídrica importante (el volumen total de agua dulce que se utiliza para producir un bien o un servicio), debido a que su uso es variado y específico según



los procesos en los que se usa, así como en el uso diario de los trabajadores; también, en algunos productos, suele ser el ingrediente principal. (Muñoz & Sánchez, 2018). De esta forma, se asegura que la reutilización de residuos es sostenible en el tiempo ya que la industria tiene una alta oferta de aguas residuales que pueden ser valorizadas y reutilizadas por el sector agrícola.

Finalmente, 11 artículos mencionaron a la categoría de Agricultura, en relación a las categorías antes mencionadas debido a que, la explotación de suelos y la expansión de la agricultura ha ido en aumento debido a la demanda de recursos alimenticios que requiere el actual número de habitantes; por eso también, se busca nuevas alternativas para mejorar la calidad del suelo y relacionándolo directamente con el reúso de los biosólidos (Torres, Silva, Parra, Cerón & Madera, 2015). Siendo esta una alternativa simbiótica entre la Industria Alimentaria y el sector agrícola.

En el estudio realizado por Sharma, Sarkar, Singh, & Singh (2017) menciona que los lodos residuales podrán ser usado solo si se realizan análisis periódicos de metales pesados, debido a las consecuencias que podría sufrir el suelo y la cadena alimentaria por la adición de estos; Sin embargo, su análisis está relacionado directamente con aguas residuales urbanas, que en conjunto hay muchos tipos de residuos en ellas. Colomer et al. (2010), analizó varios tipos de lodos residuales, siendo uno de los más adecuados el de la industria alimentaria debido a su alto porcentaje de cenizas, a su vez, sugiere ser mezclado con complementos priorizando el contenido carbónico y de materia orgánica asimilable.

La actual revisión sistemática dio respuesta a la pregunta y objetivo logrando conocer las propiedades de los lodos residuales y biosólidos provenientes de la industria alimentaria,



los cuales tienen gran cantidad de materia orgánica generando expectativa a gran escala para ser reusados para el sector agrícola como fertilizante orgánico con el fin de darle una disposición final adecuada a estos residuos y reduciendo los costos en el proceso del tratamiento de aguas residuales. La gran cantidad de este subproducto podría ser utilizado para grandes hectáreas de cultivo beneficiando a ambos sectores. Las principales limitaciones de este estudio son la poca información de las propiedades según el tipo de agua de la industria alimentaria, ya que los procesos son distintos y, por ende, la cantidad de materia orgánica también.

Se recomienda hacer una revisión sistemática en relación a las leyes y parámetros que regulan el uso de lodos residuales y biosólidos para la agricultura, ya que no cualquier industria puede dar disposición final a sus residuos en cultivos, y de esta forma se va a ampliar el beneficio en otras industrias.



REFERENCIAS

- Ashekuzzaman, S., Forrestal, P., Richards, K., & Fenton, O. (2019). Lodos de tratamiento de aguas residuales derivados de la industria láctea: generación, tipo y caracterización de nutrientes y metales para reutilización agrícola. *Elsevier*. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619315410>
- Cristóvão, R., Botelho, C., Martins, R., Loureiro, J. & Boaventura, R. (2014). Tratamiento de aguas residuales para la reutilización del agua en la industria de conservas de pescado: un estudio de caso. *Clear Production*. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652614011196>
- Cobián G., Gutierrez, E., Galarreta, G. & Símpalo, W. (2015). Monitoreo y mejora del Sistema de Tratamiento de Efluentes Industriales para el cumplimiento de los límites máximos permisibles en la empresa de conservas de pescado Inversiones Estrella de David S.A.C Nuevo Chimbote, 2015. *INGnosis*. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/336177950_Monitoreo_y_mejora_del_Sistema_de_Tratamiento_de_Efluentes_Industriales_para_el_cumplimiento_de_los_Limites_maximos_permisibles_en_la_empresa_de_conservas_de_pescado_Inversiones_Estrella_de_David_SAC
- Collivignarelli, M., Canato, M., Abbà, A., & Miino, M. (2019). Biosólidos: ¿Cuáles son los diferentes tipos de reutilización?. *Journal of Cleaner Production*. Recuperado de: <https://sci-hub.tw/https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619327106>
- Colomer, F., Gallardo, A., Robles, F., Bovea, D., Herrera, L. (2010). Opciones de valorización de lodos de distintas estaciones depuradoras de aguas residuales. *Ingeniería*. 14(3). 177-190. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46715742006>



- Crespo, M., González, D., Rodríguez, R., Ruiz, J. & Durán, N. (2018). Caracterización química y física del bagazo de agave tequilero compostado con biosólidos de vinaza como componente de sustratos para cultivos en contenedor. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 34(3). Recuperado de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992018000300373&lang=es
- Dad, K., Wahid, A., Khan, A. A., Anwar, A., Ali, M., Sarwar, N. & Gulshan, A. (2018). Estado nutricional de diferentes biosólidos y su impacto en diversos parámetros de crecimiento del trigo (*Triticum aestivum* L.). *Saudi Journal of Biological Sciences*. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1319562X18302183>
- Donoso, S., Peña, K., Galdames, E., Pacheco, C., Espinoza, C., Durán, S. & Gangas, R. (2016). Evaluación de la aplicación de biosólidos en plantaciones de *Eucalyptus globulus*, en Chile Central. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cuyo*. 48(2). Recuperado de: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1853-86652016000200009&lang=es
- García, C., Pacheco, R., Valdez, S., Márquez, E. & Lugo, M. (2009). Impacto del agua de cola de la industria pesquera: tratamientos y usos. *CyTA - Journal of Food*. 7(2009). Recuperado de: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/11358120902850412>
- Ghaly, A., Ramakrishnan V., Brooks M., Budge S. & Dave D. (2013). Desechos de procesamiento de pescado como fuente potencial de proteínas, aminoácidos y aceites: una revisión crítica. *Journal of Microbial & Biochemical Technology*. Recuperado de: <https://www.longdom.org/open-access/fish-processing-wastes-as-a-potential-source-of-proteins-amino-acids-and-oils-a-critical-review-1948-5948.1000110.pdf>
- Ghimire, A., Sen, R., & Annachatre, A. P. (2015). Opciones de gestión de biosólidos en las industrias de almidón de yuca de Tailandia: práctica actual y posibilidades futuras.



Elsevier. 66-75. Recuperado de: <https://sci-hub.tw/https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876619615000121>

Medeiros, T., Bottlingerb, M., Schulzc, E., Mozena, W., Botelho, S., Menezes, A., El-Naggarg, A., Bolani, N., Wangj, H., Sik, Y. & Rinklebea, J. (2019). Manejo de hidrocarburos derivados de biosólidos (Sewchar): efecto sobre la germinación de las plantas y la aceptación de los agricultores. *Elsevier*. Recuperado de: <https://sci-hub.tw/https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479719301938#>

Melo, A., Rodríguez, A. & Gonzáles, J. (2017). Manejo de Biosólidos y su posible aplicación al suelo, caso Colombia y Uruguay. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*. 8(1). 217-226. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6285718>

Muñoz & Sánchez. (2018). El agua en la industria alimentaria. *Boletín de la Sociedad Española de la Hidrología Médica*. 33(2). 157-171 Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6745154>

Leite, C., Lopes J., Sousa, M., Silvestre, J. & Rodríguez, J. (2015). Caracterización y tratamiento de efluentes de la industria conservera de champiñones. *Tecnoaqua*. Recuperado de: <http://www.tecnoaqua.es/media/uploads/noticias/documentos/articulo-tecnico-caracterizacion-tratamiento-efluentes-industria-conservera-champinones-tecnoaqua-es.pdf>

Olarte, D. & Ríos, L. (2015). Enfoques y estrategias de responsabilidad social implementadas en Instituciones de Educación Superior. Una revisión sistemática de la literatura científica de los últimos 10 años. *Revista de la Educación Superior*. 3(175). 19-40. Recuperado de: https://learn-us-east-1-prod-fleet01-xythos.s3.us-east-1.amazonaws.com/5e545c6f58bc4/146956?response-content-disposition=inline%3B%20filename%2A%3DUTF-8%27%27INVE.2501_M02_LE3_v1.pdf&response-content-type=application%2Fpdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Date=20200503T161928Z&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-



[Expires=21600&X-Amz-](#)

[Credential=AKIAZH6WM4PLTYPZRQMY%2F20200503%2Fus-east-](#)

[1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-](#)

[Signature=e086eeafe32c94e8e42ff3a7b115c199f0be7f0b6ee7c7a44f123d3067a75102](#)

Potisek, M., Figueroa, U., Gonzáles, G., Jasso, R., Orona, I. (2010). Aplicación de biosólidos al suelo y su efecto sobre contenido de materia orgánica y nutrimentos. *Terra Latinoamericana*. 28(4). 327-333. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57318502004>

PRISMA. (2015). Prisma Transparent Reporting of Systematic Reviews and Meta-Analyses. Recuperado de: <http://www.prisma-statement.org/>

Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas. (2017). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017: Aguas Residuales, el Recurso Desaprovechado*. Recuperado de: https://unesdoc.unesco.org/in/documentViewer.xhtml?v=2.1.196&id=p::usmarcdef_0000247647&file=/in/rest/annotationSVC/DownloadWatermarkedAttachment/attach_import_1d789121-19f2-41a2-95eb-d848cdf39fd0%3F%3D247647spa.pdf&locale=es&multi=true&ark=/ark:/48223/pf0000247647/PDF/247647spa.pdf#%5B%7B%22num%22%3A451%2C%22gen%22%3A0%7D%2C%7B%22name%22%3A%22XYZ%22%7D%2Cnull%2Cnull%2C0%5D

Reinaldo, A., Alonso, E., Ruiz, L., Broetto, F., Reis, A. & Kanashiro, S. (2019). Uso de lodos residuales como fertilizante en eucalipto - diagnóstico de investigación. *Idesia*. 37(2). 103-108. Recuperado de: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/idesia/v37n2/0718-3429-idesia-37-02-00103.pdf>

Sharma, B., Sarkar, A., Singh, P., & Singh, R. P. (2017). Utilización agrícola de biosólidos: una revisión sobre los posibles efectos sobre el suelo y las plantas. *Elsevier*. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X17301125>



Téllez, V., López, J., Aragón, A. & Zayas, M. (2018). Lodos residuales de Neyajote como sustratos para germinación de las semillas de maíz azul criollo. *Int. Contam. Ambient* 34(3). Recuperado de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-49992018000300395&script=sci_arttext

Torres, P., Silva, J., Parra, B., Cerón, V., Madera; C. (2015). Influencia de la aplicación de biosólidos sobre el suelo, la morfología y productividad del cultivo de caña de azúcar. *U.D.C.A. Actualidad & Divulgación Científica*. 18(1), 67-79. Recuperado de: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262015000100009&lang=es