



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“MEJORAR LA CALIDAD DEL AGUA UTILIZANDO
FILTRO DE ASERRÍN: UNA REVISIÓN DE LA
LITERATURA CIENTÍFICA”

Trabajo de investigación para optar al grado de:

Bachiller en Ingeniería Civil

Autor:

Gustavo Adolfo Yzquierdo Carranza

Asesor:

Dr. José Santos Cortegana Salazar

Cajamarca - Perú

2018

DEDICATORIA

A Dios por ser mi fortaleza, porque está siempre presente en mi corazón y guía mi camino cada día de mi vida.

A mi padre Reynerio Yzquierdo que aunque ya no este conmigo, fue mi inspiración y la fuerza durante todo este tiempo de estudios y poder llegar a concluir esta meta.

A mi madre Maximila Carranza por su gran amor, comprensión y apoyo de manera incondicional, que con su aporte he podido culminar de forma exitosa esta tarea.

Gustavo.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Privada del Norte, en donde me formé como profesional con tanto sacrificio y empeño en mis estudios.

Y a todas aquellas personas que, de una u otra forma, colaboraron o participaron en la realización de esta investigación, hago extensivo mi más sincero agradecimiento.

Gustavo.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
RESUMEN.....	6
ABSTRACT	7
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	8
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	11
CAPÍTULO III. RESULTADOS	13
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	19
REFERENCIAS	21
ANEXOS.....	23

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	18
---------------	----

RESUMEN

El agua es un elemento esencial en el desarrollo de toda clase de vida en la tierra, pero el agua entregada a la población para su consumo, muchas veces carece de un sistema de agua potable o se evidencia la falta de desinfección de este líquido elemento, lo cual puede poner en riesgo la salud. Es por ello que la presente investigación teórica tiene como objetivo recopilar información sobre el efecto filtrante del aserrín para mejorar la calidad del agua.

Se seleccionaron 24 artículos científicos de las bases de datos Google Académico y Redalyc, analizándose los datos mediante criterios de exclusión e inclusión para obtener los principales hallazgos, para ello se consideró los artículos entre los años 2007 a 2017, entre otros.

Existen diversas técnicas de mejoramiento de la calidad del agua, como la utilización de un filtro de carbón activo granular, o el uso del aserrín. Según experimentos llevados a cabo por especialistas, se obtuvo como resultado que sí es posible mejorar la calidad del agua, demostrando que es factible construir filtros con materiales comunes, económicos y sobre todo amigables con el medio ambiente.

PALABRAS CLAVES: Filtro, aserrín, calidad de agua.

ABSTRACT

Water is an essential element in the development of all kinds of life on earth, but the water delivered to the population for its consumption, often lacks a potable water system or the lack of disinfection of this liquid element is evident, which can put health at risk. That is why the present theoretical research aims to collect information on the filtering effect of sawdust to improve water quality.

It was selected 24 scientific articles were selected from the Google Academic and Redalyc databases, analyzing the data using exclusion and inclusion criteria to obtain the main findings, for which the articles were considered between 2007 and 2017, among others.

There are several techniques to improve water quality, such as the use of a granular activated carbon filter or the use of sawdust. According to experiments carried out by specialists, it was obtained that it is possible to improve the water quality, demonstrating that it is feasible to build filters with common, economical and above all friendly materials with the environment.

KEYWORDS: Filter, sawdust, water quality.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los bienes más importantes y escasos que tienen las personas alrededor del mundo, nuestro país no es una excepción; muchas de nuestras poblaciones se ven obligados a beber de fuentes cuya calidad deja mucho que desear y produce un sin fin de enfermedades a niños y adultos. Y como es de conocimiento mundial el agua, constituye un recurso fundamental en el desarrollo de la vida humana, la gran mayoría de los cuerpos de agua, están cada vez más contaminados, producto de la mala disposición o excretas que son desechadas hacia los ríos, lagunas. Por lo tanto, día tras día, se intensifica la búsqueda de nuevas técnicas que implementen métodos o medios adecuados que mejoren la calidad del agua. (Ministerio de Salud, 2011).

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), en el área rural, el 71,9% de la población tiene acceso a agua por red pública: el 69,2% dentro de la vivienda, el 1,2% fuera de la vivienda, pero dentro de la edificación y el 1,6% por pilón de uso público. En comparación con similar año móvil del año 2017, aumenta en 2,1 puntos porcentuales la población que tienen agua por red pública dentro de la vivienda; mientras que disminuye la población que accede a agua fuera de la vivienda, pero dentro de la edificación y pilón de uso público en 1,5 y 0,1 puntos porcentuales, respectivamente. (Gutiérrez & Romero, 2018)

Acerca del aserrín Chonillo, Lorenzo & Morales (2016, p. 105), manifiestan que

El aserrín generado por la industria primaria de la madera es considerado en la mayoría de los países como un residuo del sector forestal, el cual es dispuesto al medio en grandes cantidades y a bajo costo, sin embargo este mal llamado

“residuo” constituye una apreciada fuente de materia prima para países desarrollados, reportándose más de 12 productos elaborados a partir del mismo.

Visto los últimos indicadores de desabastecimiento de agua apta para el consumo humano en zonas rurales a nivel nacional, es necesario el empleo de nuevas técnicas y estrategias que ayuden al proceso de mejora de calidad de agua para el consumo. Es por ello que la presente revisión sistemática pretende analizar ¿Cuál es el efecto del filtro de aserrín en la mejora de la calidad del agua?

Se ha determinado que una de las técnicas que ayuda en el proceso de mejora de calidad de agua es el uso del filtro de aserrín, hecho con tecnologías simples, eficientes, de bajo costo, por el uso y producción de aserrín existentes en nuestra región, lo cual permitirá reducir en parte el problema, puesto que el aserrín es un material utilizado gracias a su gran absorción superficial.

La implementación de filtros con aserrín para tratar aguas contaminadas, por fármacos que se desechan por el escusado y que llegan como agentes contaminantes. La investigación ha estado orientada a utilizar residuos -en este caso aserrín- como adsorbentes con el añadido de nanopartículas de plata, de esta manera se puede tener un sistema combinado para retener contaminantes como fármacos y con una actividad antimicrobiana adicional. (Vásquez, 2013)

Como ejemplo de filtros que sean utilizados para el mejoramiento de la calidad del agua, tenemos el filtro de aserrín, o el filtro de carbón activo granular, entre otros, los que mejoran los parámetros físicos, químicas y biológicos del agua, asiéndolas aptas para el consumo humano.

En su artículo, Rúa & Orjuela (2007) realizaron una investigación sobre la remoción de Níquel presente en aguas efluentes industriales, para ello mediante la utilización de sustratos de aserrín de pino, demuestra que este insumo es un adsorbente efectivo para la remoción de níquel en solución, debido a que tiene características de absorber impurezas y baja área superficial en comparación con productos comerciales.

La utilización e implementación de un filtro de carbón, el cual funciona principalmente por el proceso de adsorción, lo que significa una interacción superficial entre las especies disueltas y el carbón, es diferente de absorción, lo que esencialmente significa "tomar" o "tomar en.", sin embargo, en el tratamiento de aguas contaminantes difusos en los poros de carbón (absorción) donde se unen a las superficies de carbón (adsorción), esto ha llevado a un amplio uso del término no específico "sorción", con el que se mejoró la calidad del agua. (Aqueous Solutions, 2017).

Debido a lo descrito anteriormente, la presente revisión sistemática tiene por objetivo principal recopilar información sobre el efecto filtrante del aserrín en la mejora de la calidad del agua, puesto que el agua entregada a la población para su consumo, muchas veces carece de un sistema de agua potable o por falta de desinfección de este líquido elemento, ponen en riesgo la salud. Para mejorar la calidad del agua se debe cumplir con el análisis de ciertos parámetros físicos, químicas y biológicos como son: propiedades físicas (turbiedad y color), propiedad química (PH y residual de desinfectante); biológicas (coliformes totales y coliformes termotolerantes o fecales) del agua.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

El tipo de estudio que se desarrolló en la presente investigación, es la revisión sistemática de la literatura científica, puesto que solo se está investigando artículos bibliográficos y artículos de estudios primarios, acerca de la mejora de la calidad del agua utilizando un filtro de aserrín, como propósito de integrar de forma objetiva y sistemática los resultados de los estudios empíricos sobre el problema de investigación, con objeto de determinar el ‘estado del arte’ en ese campo de estudio.

La revisión sistemática de la literatura científica, usada para alcanzar este objetivo, contempla la realización de un meta-análisis que requiere desarrollar una serie de etapas similares a las de cualquier investigación empírica, la presente investigación es de tipo teórica, ya que solo se revisará bibliografía de diversos estudios realizados. (Sánchez, 2010)

Todos los artículos fueron seleccionados de las bases de datos Google Académico y Redalyc (red de revistas científicas de América Latina y El Caribe, España y Portugal), para el análisis del presente estudio, se tuvieron en cuenta criterios de inclusión y exclusión de información, de igual manera se priorizó la búsqueda con publicaciones realizadas entre los años 2005 y 2018, considerándose solo los artículos que hayan sido aceptados; como fuente principal de la revisión los artículos mayormente están en idioma español y en menor medida artículos en inglés, no se consideró artículos en otros idiomas.

Para registrar la base de datos, se elaboró un cuadro para organizar y sintetizar la información, mediante los siguientes campos: referencia bibliográfica (que incluye autores y año), objeto de estudio, palabras clave y un breve resumen (Ver Anexo 1).

La búsqueda de artículos en las bases de datos arrojó un total 24 artículos, 08 de la base de datos Google Académico y 16 de la base de datos Redalyc, para la selección de los estudios principales, se identificaron pruebas directas acerca de la pregunta de investigación, los criterios de inclusión y exclusión se basaron también en la misma pregunta. De lo analizado podemos mencionar que en la primera fase de búsqueda se encontraron 21 artículos, y en la segunda fase de búsqueda, considerando solo los términos de calidad de agua y filtro de aserrín, se encontró 04 artículos, 01 de los cuales era repetido.

Para analizar la información científica obtenida se utilizó un protocolo de búsqueda y de extracción de información, la que consistió en por lo menos una lectura de cada uno de los artículos, seleccionando la información relevante para el desarrollo de la presente investigación como: utilización y propiedades del aserrín, filtros utilizados en el mejoramiento de calidad del agua, entre otros similares en la purificación de agua contaminadas en general.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

A partir de la información extraída de los estudios, se encontró un total de 24 artículos seleccionados, de los cuales 10 artículos fueron usados directamente en la investigación; el mayor número de artículos analizados se obtuvo de la base de datos de Redalyc, encontrándose 07 artículos científicos y 03 artículos de la base de datos Google Académico.

Según el diseño de análisis llevado a cabo, 10 de los estudios analizados en el presente trabajo se identificaron como revisiones, del tipo descriptivo e investigativo. De igual manera se observa, que la mayor cantidad de artículos se obtuvo entre los años 2007 al 2015, los mismos que se enfocan en temas de purificación de aguas contaminadas, ya sea tanto por la industria, fármacos, entre otros, así como la evaluación de la mejora de la calidad del agua.

En su investigación, Rúa & Orjuela (2007) describen que la remoción de Níquel presente en aguas efluentes industriales mediante utilización de sustratos de aserrín de pino, mediante la cual se evaluaron dos variedades: aserrín de pino, la remoción de Ni^{2+} presente en efluentes industriales. Del cual se realizó un estudio comparativo a través de operaciones batch, que permitió establecer la influencia de la concentración inicial del metal, la relación adsorbente a efluente y la velocidad de agitación en el proceso de remoción. La investigación demuestra que el aserrín de Pino arrojó la mayor adsorción, 0,53 mgNi/g, y esto, sumado a su fácil adquisición y bajo costo, lo que lo convierte en un adsorbente con gran potencial. Finalmente menciona que se implementó una columna de adsorción piloto y se alcanzó una eficiencia de remoción del 57%. Palabras clave: adsorción, aserrín, intercambio iónico,

níquel. Para desarrollar el proceso investigativo se utilizaron métodos teóricos, empíricos, experimentales y estadísticos de forma tal que se pudieran obtener los resultados esperados y los mismos fueran analizados y comparados para poder demostrar su factibilidad.

Otro estudio explica la utilización e implementación de un filtro de carbón, el cual funciona principalmente por el proceso de adsorción. La adsorción, lo que significa una interacción superficial entre las especies disueltas y el carbón, es diferente de absorción, lo que esencialmente significa "tomar" o "tomar en." Para ser exactos, sin embargo, en el tratamiento de aguas contaminantes difusos en los poros de carbón (absorción) donde se unen a las superficies de carbón (adsorción). Esto ha llevado a un amplio uso del término no específico "sorción", con el que se mejoró la calidad del agua. (Aqueous Solutions, 2017)

Aqueous Solutions (2017) en su investigación menciona que tanto el filtro de carbón como en el filtro de arena, si no se añade desinfectante a continuación, el sistema natural de una biopelícula se desarrolla fácilmente en las superficies del carbón del filtro. Esto es generalmente un buen indicio, mientras que la biopelícula se sume a la entrada de materia orgánica natural en el sistema y por lo cual puede ocupar espacio en los poros del carbón, los microorganismos ambientales que componen la biopelícula previenen el desarrollo de colonias de patógenos en los agregados a través de la competencia y la depredación.

Para que finalmente se logre obtener un agua tratada, la misma que es recolectada en un tanque de almacenamiento, que debe ser dimensionado para satisfacer las necesidades de agua de la comunidad con un adicional factor de seguridad apropiado. Se debe tener mucho cuidado para asegurar que el agua tratada no se vuelva a contaminar durante el almacenamiento, en el sistema de distribución, o en recipientes de agua como bidones usados por los miembros de la comunidad.

De igual manera se crean un filtro con aserrín para tratar aguas contaminadas construcción de un sistema de tratamiento de agua portátil usando materiales locales, la investigación está orientada a utilizar residuos de aserrín, como adsorbentes con el añadido de nanopartículas de plata, de esta manera se puede tener un sistema combinado para retener contaminantes como fármacos y con una actividad antimicrobiana adicional. El filtro fue diseñado por investigadores del Grupo Interdisciplinario de Estudios Moleculares de la Universidad de Antioquia, este grupo realizó las pruebas a nivel de laboratorio, del cual se estudió su aplicabilidad en humedales, los humedales son sistemas naturales o construidos por el hombre que descontaminan aguas residuales con microorganismos que crecen allí; pero si llegan antibióticos, como agentes contaminantes, pueden llegar a matar esos microorganismos que son necesarios para el tratamiento de las aguas residuales. (Vásquez, 2013)

Otra investigación tiene como objetivo el aislamiento de bacterias ruminales degradadoras del aserrín, la cual nos describe que el aserrín es un subproducto con potencial en la alimentación de rumiantes. Sin embargo, su alto contenido de carbohidratos estructurales ha limitado su inclusión. El aserrín de pino evaluado contiene 94% MS, 0.62% PC, 0.35% cenizas, y 88.72% FDN. Mediante técnicas de laboratorio para microorganismos anaerobios, se aisló un cultivo de bacterias ruminales degradadoras de aserrín (BRDA), formado por *Bacteroides stercorys* (celulolítica) y un cocobacilo (sólo estimula actividad celulolítica). De acuerdo con los resultados del análisis químico, el aserrín tiene 94% MS, 0.62% PC, 0.35% cenizas. Del análisis de fibra se determinó que la FDN es el principal componente del aserrín (94.39% de MS). Estos datos confirman que el aserrín es una fuente

exclusiva de carbohidratos estructurales, con un aporte casi nulo de proteínas o minerales.

(Sánchez, Cobos, Cetina & Vargas, 2007)

De igual manera la investigación relacionada a las características del aserrín de diferentes maderas, nos presentan resultados de las diferentes características físicas de varios tipos de aserrín, con el objetivo de valorar la posibilidad de usarlos con fines energéticos y de adsorción. De la caracterización se obtuvo bajo porcentaje de humedad promedio para las tres biomásas (8,544 2 % algarrobo, 7,832 1 % majagua y 9,732 8 % cedro). Se realizó el análisis granulométrico de las biomásas estudiadas obteniéndose las mayores acumulaciones para partículas menores de 2,5 mm en el caso del algarrobo, para el caso de la majagua y el cedro las mayores acumulaciones son para partículas menores de 8,0 mm. Los que después de ser analizados se observa su contenido de absorción ante elementos contaminantes.

(Nurian, Giralt & Quintero, 2016)

La aplicación de aserrín de la industria forestal para el mejoramiento del suelo, esta investigación nos describe que el aserrín favoreció el régimen de agua y contribuyó a una mayor disponibilidad de los elementos nutritivos adicionados con ceniza o con fertilizantes, especialmente en suelos de texturas arcillosas y arenosas. No obstante que, su bajo nivel de N y una desfavorable relación C/N obliga a un suministro elevado de este elemento. Las aplicaciones de aserrín incrementaron el crecimiento de las plantas, dadas las propiedades antes referidas. Este efecto se vio mejorado con aportes de ceniza. (Grez & Gerding, 2015)

Las mejoras en el suministro de agua son oportunidades para solucionar problemas de salud pública. De ahí la importancia de establecer modelos de evaluación y gestión integral que garanticen su calidad. Actualmente hay múltiples metodologías para detectar la contaminación microbiana en el agua. Sin embargo, los elevados costos que representan, los tiempos de análisis y aislamiento en cultivo de microorganismos han sido obstáculo para

establecer la calidad microbiana del agua para consumo humano. El uso de microorganismos bioindicadores de calidad del agua disminuye los costos y facilita la implementación de medidas eficientes de tratamiento, control del agua y de enfermedades asociadas a su transmisión. (Ríos, Agudelo & Gutiérrez, 2017)

Mediante el estudio de Calidad bacteriológica del agua para consumo en tres regiones del Perú, el cual tiene como objetivo determinar la calidad bacteriológica del agua para consumo en tres regiones del Perú. La recolección de datos se realizó en Cajamarca, Huancavelica y Huánuco durante el 2012-2013, mediante el cual se evaluó presencia de Coliformes totales. Se recolectó 100 ml de agua utilizada para preparación de alimentos. La determinación de cloro residual se realizó mediante análisis semicuantitativo (Chlorine Test). Obteniéndose resultados del total de muestras evaluadas, 78,6 % tuvieron Coliformes totales en Cajamarca, 65,5 % en Huancavelica y 64,1 % en Huánuco. En Cajamarca, el 8,6 % de las muestras de agua fueron de buena calidad bacteriológica, mientras que en Huancavelica fue 4,3% y en Huánuco, 7,2 %. Concluyéndose que la mayoría de las muestras de agua tuvieron mala calidad bacteriológica evidenciándose Coliformes totales en el agua de consumo humano. (Mamani, Álvarez, Gómez, Valenzuela & Fernández, 2016).

Entre los hallazgos más importantes detectados en la presente investigación tenemos los siguientes: las propiedades físicas y químicas del aserrín, presentan su gran capacidad de adsorción, lo que significa una interacción superficial entre las especies disueltas y el aserrín, elementos contaminantes que son retenidos en los poros del aserrín, con el que se logra la purificación de elementos líquidos. De igual manera visto los resultados de estudios de Calidad bacteriológica presentes en el agua para consumo humano en el Perú, hasta la tercera parte de hogares, presente Coliformes en el agua, razón por la cual se mediante la aplicación del filtro de aserrín, se busca mejora la calidad del agua.

Tabla 1
Hallazgos Principales

Artículo científico	Insumo principal	Características y Propiedades del insumo	Beneficios del Insumo
Remoción de Níquel presente en aguas efluentes industriales mediante utilización de sustratos de aserrín de pino.	Aserrín	Adsorbente efectivo para la remoción de níquel en solución	Desinfectante de aguas industriales contaminadas.
Aislamiento de bacterias ruminales degradadoras del aserrín.	Aserrín	Contenido de fibra detergente neutro (FDN), principal componente del aserrín	Absorbente de bacterias
Crean filtro con aserrín para tratar aguas contaminadas.	Aserrín	Adsorbente para retener contaminantes como fármacos.	Purificador de aguas contaminadas
Determinación de las potencialidades de aserrín en la ciudad de Guayaquil como materia prima para la producción de diversos surtidos en la industria forestal	Aserrín	Posee nutrientes y carbohidratos.	Provee nutrientes para producción forestal
Caracterización de aserrín de diferentes maderas	Aserrín	Gran contenido de humedad y volatilidad.	Absorbente de impurezas
Aplicación de aserrín de la industria forestal para el mejoramiento del suelo	Aserrín	Posee nutrientes y carbohidratos	Provee nutrientes para el mejoramiento del suelo
Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano	Agua	Aguas sin tratamiento	Según e tratamiento que se le dé puede ser apta para el consumo humano.
Gestión de la calidad para Ensayos de Aguas y Aguas Residuales.	Agua	Aguas contaminadas	Según e tratamiento que se le dé puede ser apta para el consumo humano.

Para la elaboración de esta tabla, se tuvo en cuenta los criterios de inclusión, seleccionando aquellos que se refieren exclusivamente a temas respecto el efecto del aserrín como purificador, y el mejoramiento de la calidad de diferentes tipos de agua, ya sea industriales, fármacos, entre otros.

De la tabla anterior, se observa que una de las propiedades principales del aserrín, es su gran capacidad de adsorción, lo que significa que es un adsorbente efectivo para la remoción impurezas presentes en el agua, lo que ayudaría considerablemente en la mejora de la calidad de aguas contaminadas, ya sea industriales, fármacos, entre otras.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

DISCUSIÓN:

De acuerdo a los antecedentes seleccionados, la investigación sobre las principales propiedades del aserrín, con el que se busca mejorar la calidad del agua mediante la utilización de un filtro, lo cual muestra que una de las propiedades más resaltantes es su gran capacidad de adsorción, lo que significa una interacción superficial entre las impurezas presentes en el agua y el aserrín, elementos contaminantes que son retenidos en los poros de este último, con el que se logra la purificación de soluciones líquidas como el agua.

La utilización del aserrín a través de sus principales propiedades, debe potenciarse para poder darle diferentes usos, aprovechando al máximo este mal llamado residuo generados en la industria maderera; con ello, se lograría disminuir significativamente las impurezas encontradas en el agua.

CONCLUSIONES

Después de haber realizado la revisión sistemática de la literatura científica, y haber analizado la información de los diferentes artículos relacionados al efecto de la utilización del filtro de aserrín, se obtiene un resultado positivo en la mejora de la calidad de agua, puesto que el efecto de adsorción que tiene el aserrín para atrapar y retener impurezas en sus poros son altamente confiables, lo que generaría contar con un agua limpia y apta para el consumo humano. Esta materia prima (aserrín), se encuentra en grandes cantidades, al ser producto de las labores de corte de madera, que hoy en día es producida en muchas partes del mundo, siendo de fácil acceso conseguirla y adquirirla.

En la actualidad, existen varios métodos y técnicas de tratamiento de agua, evidenciándose, de acuerdo a la mayoría de los artículos encontrados, que el aserrín, al ser de bajo costo, es un adsorbente de fácil alcance; esta capacidad de adsorción se da por el fenómeno principal del intercambio iónico con Ca^{2+} y Mg^{2+} presentes en el aserrín.

A través del estudio y análisis de los artículos seleccionados en el presente estudio, es posible que, mediante la implementación del filtro de aserrín en un sistema de tratamiento, se obtengan resultados que mejoren la calidad del agua.

REFERENCIAS

- Chonillo C., Lorenzo R. & Morales A. (2016). Determinación de las potencialidades de aserrín en la ciudad de Guayaquil como materia prima para la producción de diversos surtidos en la industria forestal. *Holos*, 4, 105-114.
- Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud. (2011). *Reglamento de la calidad del agua para consumo humano*. (1era ed.). Lima, Perú: Ministerio de Salud.
- Grez R. & Gerding V. (2015). Aplicación de aserrín de la industria forestal para el mejoramiento del suelo. *Bosque*, 16(1), 115-119.
- Gutiérrez C. & Romero E. (2018). Perú: Formas de Acceso al Agua y Saneamiento Básico. *INEI*, 4-7.
- Mamani C., Álvarez D., Gómez G., Valenzuela R. & Fernández I. (2016). Calidad bacteriológica del agua para consumo en tres regiones del Perú. *Rev. Salud Pública*, 18(6), 904-512.
- Mayarí R., Espinosa M., Ramos C. & López M. (2005). Gestión de la calidad para Ensayos de Aguas y Aguas Residuales. *Revista CENIC. Ciencias Químicas*, 36
- Nurian G., Giralt G. & Quintero M. (2016). Caracterización de aserrín de diferentes maderas. *Tecnología Química*, XXXVI, 468-479.
- Ríos S., Agudelo R. & Gutiérrez L. (2017). Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. *Rev. Fac. Nac. Salud Pública*, 35(2), 236-247.
- Rúa P. & Orjuela A. (2007). Remoción de níquel presente en aguas efluentes industriales mediante utilización de sustratos de Aserrín de Pino. *Revista Colombiana de Química*, 36, 243-258.

Sánchez J., Cobos M., Cetina V. & Vargas J. (2007). Aislamiento de bacterias ruminales degradadoras del aserrín. *Agrociencia*, 36, 523-530.

Solutions Aqueous. (2017). Construcción de un sistema de tratamiento de agua portátil usando materiales locales. *Advancing the Science of self-reliance*. Recuperado de <http://www.aqsolutions.org/images/2013/03/portable-water-system-handbook-spanish.pdf>

Vásquez, M. (2013). Crean filtro con aserrín para tratar aguas contaminadas. *Ciencia colombiana*. Recuperado de <http://www.dicyt.com/noticias/crean-filtro-con-aserrin-para-tratar-aguas-contaminadas>

ANEXOS

Anexo 1: Base de Datos

Ítem	Autor	Título	Año	Base de datos	País	Resumen	Palabras calve	Motivo de exclusión	Motivo de inclusión
01	Rúa, P. & Orjuela, A.	Remoción de Níquel presente en aguas efluentes industriales mediante utilización de sustratos de aserrín de pino.	2007	Redalyc	Colombia	El aserrín de Pino demuestra ser un adsorbente efectivo para la remoción de níquel en solución. El uso de este material se recomienda en el tratamiento de efluentes con contenido de metales pesados.	Aserrín. Aguas industriales. Remoción.		Contiene información necesaria para responder la pregunta de investigación.
02	Sánchez J., Cobos M., Cetina V. & Vargas J.	Aislamiento de bacterias ruminales degradadoras del aserrín	2007	Redalyc	México	De acuerdo con los resultados del análisis de fibra se determinó que la FDN es el principal componente del aserrín. Lo que confirma que el aserrín es una fuente de carbohidratos.	Aislamiento de bacterias. Aserrín.		Contiene información sobre propiedades de absorción del aserrín.
03	Garzón G., Montenegro E. & López F.	Uso de aserrín y acículas como sustrato de germinación y crecimiento de Quercus Humboldtii (roble)	2005	Redalyc	Colombia	La germinación de las semillas sembradas en aserrín presentaron un mayor porcentaje de pérdida 2%, mientras que para las semillas dispuestas en acículas se obtuvo un 1% de pérdida.	Aserrín. Sustrato de germinación.	Escasa información sobre propiedades del aserrín como purificador.	
04	Vásquez M.	Crean filtro con aserrín para tratar aguas contaminadas	2013	Google académico	Colombia	La utilización del aserrín, como adsorbente, capaz de retener contaminantes como fármacos y con una actividad antimicrobiana adicional.	Aserrín. Aguas contaminadas.		Contiene información necesaria para responder la pregunta de investigación.
05	Álvarez V., Hernández J. &	Eficacia de aserrines para inhibir el desarrollo in vitro de larvas de parásitos	2007	Redalyc	Costa Rica	En busca de nuevas alternativas para el control integrado de parásitos, se utilizó aserrín en coprocultivos de larvas de	Eficacia de aserrines.	Escasa información sobre propiedades del aserrín como purificador.	

	WingChing R.	gastrointestinales de ovinos				parásitos gastrointestinales de ovinos.		
06	Chonillo C., Lorenzo R. & Morales A.	Determinación de las potencialidades de aserrín en la ciudad de Guayaquil como materia prima para la producción de diversos surtidos en la industria forestal	2016	Redalyc	Brasil	Teniendo en cuenta el contenido de humedad presente en el aserrín es necesario realizar un proceso de secado del mismo con el objetivo de reducir el contenido de humedad hasta valores entre el 3% y el 6%, buscando una mayor eficiencia y calidad del aserrín.	Potencialidades de aserrín.	Contiene información sobre potencialidades del aserrín.
07	Nurian G., Giralt G. & Quintero M.	Caracterización de aserrín de diferentes maderas	2016	Redalyc	Cuba	De la caracterización física se obtuvieron valores promedios similares de porcentaje de humedad, volátiles, carbono fijo y cenizas, independientemente del tipo de aserrín.	Propiedades del aserrín.	Contiene información sobre características principales del aserrín.
08	Vargas J., Castillo A., Pineda J. & Ramírez J.	Extracción nutrimental de jitomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) en mezclas de tezontle con aserrín nuevo y reciclado	2014	Google académico	México	Actualmente se está utilizando el aserrín de pino como sustrato en la producción de cultivos razón por la cual se evaluó el efecto de mezclas de tezontle con aserrín nuevo y reciclado en la producción nutrimental de jitomate.	Reciclado. Aserrín.	Insuficiente información que ayude a responder la pregunta de la investigación.
09	Aqueous Solutions.	Construcción de un sistema de tratamiento de agua portátil usando materiales locales.	2017	Google académico	España	El filtro de carbón funciona principalmente por el proceso de adsorción. La adsorción, lo que significa una interacción superficial entre las especies disueltas y el carbón, es diferente de absorción.	Tratamiento de aguas.	Contiene información necesaria para responder la pregunta de investigación.

10	Beraldo A. & Balzamo H.	Compuestos no-estructurales de cementos comerciales y aserrín de maderas argentinas	2009	Redalyc	Chile	Se evaluó el comportamiento de un compuesto no-estructural de aserrín de dos especies de maderas argentinas combinadas con tres tipos de cementos comerciales. Partículas de maderas (<i>Eucalyptus grandis</i> y <i>Poplar</i> sp) fueron sometidas a diversos tratamientos y combinadas con tres tipos de cementos comerciales (CPC40, ARI50 y CPP40).	Aserrín. Cemento.	No responde a la pregunta de la Investigación.
11	Grez R. & Gerding V.	Aplicación de aserrín de la industria forestal para el mejoramiento del suelo	2015	Redalyc	Chile	De las experiencias realizadas para estudiar la factibilidad de utilizar diversos residuos de la industria forestal como mejoradores de suelo se puede concluir que el aserrín mejora el régimen de agua en suelos de texturas extremas tanto arcillosas como arenosas	Aserrín. Mejoramiento de suelo-	Contiene información sobre nutrientes que posee el aserrín.
12	Mamani C., Álvarez D., Gómez G., Valenzuela R. & Fernández I.	Calidad bacteriológica del agua para consumo en tres regiones del Perú	2016	Redalyc	Colombia	La mayoría de las muestras de agua tuvieron mala calidad bacteriológica evidenciándose coliformes totales. Las tres cuartas partes de los hogares de Cajamarca, la tercera parte de Huancavelica y casi la quinta parte de Huánuco.	Bacterias. Calidad de agua.	Contiene información sobre estadísticas de agua para consumo en el Perú.
13	Reyes J.	Determinación de la eficiencia del aserrín y la fibra de coco utilizados como empaques para la remoción de contaminantes en Biofiltros.	2016	Google académico	México	El presente proyecto propone una alternativa ecológica de tratamiento de aguas residuales domésticas llamada Biofiltro, que se construye de material vivo (lombrices) e inerte (viruta y grava).	Eficiencia. Aserrín.	Insuficiente información que ayude a responder la pregunta de la investigación.

14	López J., Soto N. & Rutiaga O.,	Optimización del proceso de obtención enzimática de azúcares fermentables a partir de aserrín de pino	2009	Redalyc	México	Con el propósito de aprovechar un recurso que en la actualidad es un desecho contaminante generado durante el aserre de la madera en Durango, México, se probaron los métodos de pretratamiento alcalino, ácido y explosión con vapor a temperatura de autoclave, para realizar la hidrólisis enzimática de aserrín de pino.	Azucares. Aserrín.	No responde a la pregunta de la Investigación.	
15	Ríos S., Agudelo R. & Gutiérrez L.	Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano	2017	Google académico	Colombia	Las mejoras en el suministro de agua son oportunidades para solucionar problemas de Salud Pública. De ahí la importancia de establecer modelos de evaluación y gestión integral que garanticen su calidad.	Calidad del agua.		Contiene información necesaria sobre la calidad de agua apta para consumo humano.
16	Pineda J., Sánchez F., Ramírez A. & Castillo A.	Aserrín de pino como sustrato hidropónico. I: variación en características físicas durante cinco ciclos de cultivo	2012	Redalyc	México	Materiales que son subproductos más baratos y un impacto ecológico positivo, como la industria maderera que genera grandes volúmenes de aserrín con potencial como sustrato.	Aserrín. Sustrato.	No responde a la pregunta de la Investigación.	
17	Álvarez V., Hernández J. & WingChing R.	Gasificación del aserrín de pino (pinus arizonica) en un reactor de lecho fluidizado: análisis de las variables del proceso	2016	Redalyc	Chile	La gasificación hidrotérmica del aserrín de pino es un proceso de degradación termoquímica de sus macromoléculas poliméricas con el fin de producir principalmente hidrógeno y metano como biocombustibles	Aserrín. Reactor.	Insuficiente información que ayude a responder la pregunta de la investigación.	
18	Mayarí R., Espinosa M., Ramos C. & Lopez M.	Gestión de la calidad para Ensayos de Aguas y Aguas Residuales.	2005	Redalyc	Cuba	Se exponen los elementos de un sistema de Calidad aplicable a la evaluación y acreditación de laboratorios de ensayos ambientales.	Calidad del agua.		Contiene información sobre la tratamiento en la calidad de agua.

19	Reyes J., Cetina V. & López J.	Producción de plántulas de pinus Pseudostrobus var. apulcensisen sustratos a base de aserrín.	2008	Google académico	México	El aserrín de pino es un subproducto forestal de desecho y barato que en los últimos años, se ha utilizado como sustrato y se han tenido buenos resultados. Por esta razón se evaluó el efecto de diferentes mezclas de aserrín y otros materiales sobre el crecimiento plántulas.	Aserrín. Sustrato.	Insuficiente información que ayude a responder la pregunta de la investigación.
20	Valenzuela E., Barrera S.	Determinación taxonómica y enzimática cualitativa de hongos en aserrín de Pinus radiata en diversas condiciones naturales.	2009	Google académico	Chile	Por el método de las diluciones seriadas, en el aserrín de un año se aislaron 10 géneros fúngicos, y sólo 4 en aserrín depositado por 20 años, mientras por el método del lavado de partículas 8 y 5 respectivamente.	Aserrín.	Escasa información sobre propiedades del aserrín como purificador.
21	Márquez F., Cordero T. & Rodríguez J.	Gasificación con CO2 de carbonizados de aserrín de pinus caribaea morelet var. cariba	2008	Redalyc	México	Se desarrolló la gasificación con CO2 de un carbón obtenido de aserrín de Pinus caribaea. Los ensayos termo gravimétricos se realizaron en un sistema modular de CI Electronics,	Aserrín. CO2.	Insuficiente información que ayude a responder la pregunta de la investigación.
22	Matiauda M., León J. & González e.	Combustión en lecho fluidizado de pellets de aserrín	2012	Google académico	Cuba	La combustión en lecho fluidizado aparece con buenas perspectivas dentro de las opciones tecnológicas para la disponibilidad energética a partir de un combustible, dada su flexibilidad respecto a los combustibles a emplear como sus posibilidades de operación limpia y eficiente, junto a la posibilidad de cambio de escala.	Aserrín. Combustión.	No responde a la pregunta de la Investigación.

23	Soto G. & Núñez M.	Fabricación de pellets de carbonilla, usando aserrín de Pinus radiata (D. Don), como material aglomerante	2008	Redalyc	Chile	Se utilizó carbonilla de carbón vegetal y aserrín de Pinus radiata (D. Don) para fabricar pellets, con similares características en peso, volumen y densidad, manteniendo como única variable, la cantidad de aserrín y carbonilla en cada pellets.	Aserrín. Pellets.	Insuficiente información que ayude a responder la pregunta de la investigación.
24	Sánchez N., Vázquez M. & Torresi R.	Degradación y adsorción del colorante AZO RR239 en solución acuosa, por partículas de hierro "zerovalente" a nanoescala, inmovilizadas sobre aserrín	2010	Redalyc	Colombia	Se reportan resultados de adsorción del colorante RR239 (colorante reactivo azo) con aserrín pretratado con formaldehído, los experimentos se realizaron a dos valores de pH y considerando el efecto de nano partículas de hierro de valencia cero.	Aserrín. Degradación y adsorción.	No responde a la pregunta de la Investigación.

La presente tabla muestra las investigaciones recopiladas según base de datos, con el objetivo de analizar cómo ha ido avanzando la investigación sobre la utilización del filtro de aserrín para el mejoramiento de la calidad del agua.