

**Revisión de métodos para depuración de aguas  
residuales derivadas de los procesos productivos**

**Review of methods for purification of  
wastewater derived from production processes**

**Grace Kelly Pozo-Mera<sup>1</sup>**

**Universidad Estatal Península de Santa Elena - Ecuador  
graxesitaos99@gmail.com**

**Miguel Antonio Salvatierra-Barzola<sup>2</sup>**

**Universidad Estatal Península de Santa Elena - Ecuador  
msalvatierra@upse.edu.ec**

**Juan Carlos Muyulema-Allaica<sup>3</sup>**

**Universidad Estatal Península de Santa Elena - Ecuador  
jmuyulema@upse.edu.ec**

**Franklin Enrique Reyes-Soriano<sup>4</sup>**

**Universidad Estatal Península de Santa Elena - Ecuador  
fereyes@upse.edu.ec**

**[doi.org/10.33386/593dp.2022.4-2.1348](https://doi.org/10.33386/593dp.2022.4-2.1348)**

V7-N4-2 (ago) 2022, pp. 496-506 | Recibido: 15 de agosto de 2022 - Aceptado: 30 de agosto de 2022 (2 ronda rev.)  
Edición especial

---

<sup>1</sup> Egresada de la Carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Estatal Península de Santa Elena  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6331-5662>

<sup>2</sup> Master en Ciencias de la Ingeniería por la Universidad Técnica Estatal de Astrakhan-Rusia  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0376-5530>

<sup>3</sup> Magister en Ingeniería Industrial, mención Planeación y Control de la Producción y los Servicios, Magister en Gestión Empresarial Basado en Métodos Cuantitativos  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9663-8935>

<sup>4</sup> Maestría en Sistema Integrado de Gestión realizado en la Universidad de Guayaquil  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0480-9689>

Descargar para Mendeley y Zotero

## RESUMEN

**Introducción.** Los procesos enfocados en una producción lineal se caracterizan por el consumo desmedido de recursos naturales, por lo cual el desafío actual de la mejora continua es la aplicación de sistemas de gestión sostenibles que creen una visión cíclica de producción con el fin de aprovechar los recursos usualmente desechados, este concepto es llevado al aprovechamiento de las aguas residuales y los tratamientos de depuración previos a la reutilización. **Objetivo.** Identificar el método más efectivo para la depuración de aguas residuales y encontrar relación entre los procesos productivos y la generación de agua residuales. **Metodología.** Se realizaron análisis y revisiones de las fuentes investigativas de los últimos 7 años empezando desde el 1 de enero del 2015 al 8 de agosto del 2022, en la cual se usó la revisión sistemática de la literatura (RSL) mediante motores de búsqueda como Scencedirect, Scielo. Org, Dimensions y Dialnet, también se hizo uso de los criterios de inclusión y exclusión. **Resultados.** Se estableció la relación entre las variables demostrando la necesidad de implementar plantas de tratamiento acorde a la producción, por lo cual se realizó un análisis de los diferentes tratamientos como son los biológico, físicos y fisicoquímicos. **Conclusiones.** Mediante la RSL, se analizaron varios métodos de depuración de los cuales se concluyó que los tratamientos fisicoquímicos son los de mayor efectividad para la depuración de aguas residuales generadas en las industrias.

**Palabras clave:** aguas residuales; depuración; gestión; industrias; producción

## ABSTRACT

**Introduction.** The processes focused on a linear production are characterized by the excessive consumption of natural resources, for which the current challenge of continuous improvement is the application of sustainable management systems that create a cyclical view of production in order to take advantage of resources usually discarded, this concept is taken to the use of wastewater and purification treatments prior to reuse. **Objective.** Identify the most effective method for wastewater treatment and find a relationship between production methods and wastewater generation. **Methodology.** Analyzes and reviews of the research sources of the last 7 years were carried out starting from January 1, 2015 to August 8, 2022, in which the systematic review of the literature (SRL) was used through search engines such as Scencedirect, Scielo.Org, Dimensions and Dialnet, the inclusion and exclusion criteria were also used. **Results.** The relationship between the variables was established, demonstrating the need to implement treatment plants according to production, for which an analysis of the different treatments was carried out, such as biological, physical and physicochemical ones. **Conclusions.** Through the SRL, several purification methods were analyzed, from which it was concluded that physicochemical treatments are the most effective for the purification of wastewater generated in industries.

**Key words:** wastewater; purification; management; industries; production

## Introducción

Un proceso productivo es la suma de factores de producción que nos permite obtener un producto con un valor agregado, y esta transformación dependerá de la tecnología que posean las empresas (Romano et al., 2018). Mientras avanzan los métodos de gestión empresarial las empresas buscan especializaciones que puedan reducir al máximo el tiempo libre, aumentar la calidad y conseguir un alto grado de eficiencia y eficacia en las actividades productivas que desarrolla (Campo et al., 2019). Se debe tomar en cuenta que, si no existe un óptimo control de los procesos productivos, las empresas podrían enfrentarse con desventajas que se traducen en baja productividad, costos operacionales excesivos, disminución de calidad de los productos terminados, entre otros. Es importante que las empresas puedan conocer los métodos que puedan implementar con miras a una mejor productividad toda vez que vivimos en un mundo globalizado (Arteaga-Sarmiento et al., 2019). Al sector industrial se atribuyen diversos factores que afectan a la sostenibilidad tales como el consumo desmedido de los recursos naturales para la producción a lo largo de la cadena de suministros y los efectos ambientales ocasionados por las descargas de residuos al ambiente, sin embargo, varios métodos de mejora productiva proponen que aquellos materiales carentes de valor sean reutilizados en diferentes procesos productivos dada la tecnología contemporánea de recuperación de materiales (Valdés et al., 2019). En cuanto a los recursos hídricos podemos decir que la reutilización de las aguas residuales viene siendo uno de los grandes desafíos en tiempos actuales, de modo que se promueva el uso eficiente del agua como alternativa que pueda hacer frente a fenómenos variables (Melgarejo-Moreno, 2019).

El objeto principal en los procesos de tratamiento de aguas residuales que consiste en la remoción de contaminantes. El tratamiento convencional de las aguas residuales combina procesos y operaciones físicas, químicas y biológicas con el fin de remover sólidos, materia orgánica o nutrientes de las aguas residuales. Estos tratamientos son divididos en fases o

etapas. El tratamiento primario estriba en un proceso físico que envuelve la sedimentación de partículas, con el objeto de remover grasas y arenas; y un proceso químico se destina a corregir el pH de las aguas residuales; el tratamiento secundario es un proceso biológico que busca reducir las cargas orgánicas de los efluentes realizando la degradación de los compuestos orgánicos de la primera etapa (Freytez et al., 2019); y en el tratamiento terciario se procede a la desinfección y control de nutrientes, consiguiendo la posibilidad de que estas aguas sean utilizadas con fines agrícolas, irrigación en áreas verdes, sistema contra incendios, entre otros. Estas técnicas son llevadas a cabo, generalmente, por las plantas de tratamiento de agua residuales en donde se conjugan los sistemas y tecnologías necesarias que puedan adecuar las aguas residuales al cuerpo receptor (Velasco et al., 2018).

En concordancia con lo expuesto anteriormente el presente trabajo tiene como objetivo analizar la problemática de los residuos industriales y las diferentes alternativas de solución enfocadas al tratamiento de aguas con el fin obtener los procesos sobresalientes usados actualmente y cómo esta evidencia la necesidad imperiosa de un diseño y posterior implementación de plantas de tratamiento, considerando que la descarga de aguas residuales derivadas de los procesos productivos es el principal contribuyente a la contaminación del agua.

## Metodología

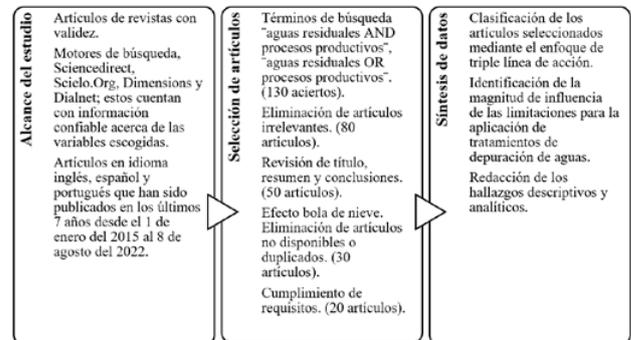
En torno a la revisión de publicaciones se conocen dos tipos que son: la revisión narrativa y la RSL. Hernández-Zamora et al., (2021) aluden a la RSL como un diseño observacional y retrospectivo que contribuyó en la definición de los resultados de varias investigaciones, considerando que la elaboración de la misma se realizó de forma más rigurosa debido a que asegura la identificación, evaluación y síntesis de los datos obtenidos. Para esto (Gamero & Ostos, 2020) mencionan una serie de pasos que consiste en la formulación de las preguntas investigativas que determinarán el enfoque de la búsqueda;

así mismo, nos indica que la selección de datos debe provenir de diferentes fuentes que otorguen seguridad, a fin de garantizar el desarrollo del conocimiento, la generación de ideas y la creación de pautas que sirvan como base para la elaboración de proyectos, investigaciones y teorías (Snyder, 2019).

Se evaluaron alrededor de 130 artículos relevantes obtenidos en inglés, español y portugués, de diversos motores de búsqueda tales como ScienceDirect, Scielo.org, Dimensions y Dialnet. Para la selección se tomaron en cuenta los criterios de inclusión, exclusión y eliminación, considerados como filtros rigurosos que permiten la clasificación de los mismos (Mena-Mejía et al., 2022) previniendo y mejorando así la reducción de accidentes laborales centrada en la aplicación de la norma ISO 45001:2018. Estos desafíos existenciales requieren que las empresas encuentren formas de volverse más resistentes frente a tales complejidades. La resiliencia es la capacidad que poseen los sistemas y subsistemas para mantener tanto sus funciones como sus estructuras frente al cambio. **Objetivo.** Realizar una investigación mediante la revisión sistemática de literatura (RSL. Dentro de la clasificación se procedió a eliminar 80 artículos debido al incumplimiento de los criterios asignados, de los cuales se excluyeron 30 artículos por el efecto bola de nieve que descarta aquellos duplicados o no disponibles (Muyulema-Allaica & Ruiz-Puente, 2022), dando como resultado la presentación de los 20 artículos obtenidos como base de la investigación (Figura 1).

**Figura 1**

*Triple línea de acción para la revisión sistemática de la literatura*



**Nota:** En la ilustración se presenta las etapas llevadas a cabo en la revisión sistemática de la literatura.

**Resultados**

La Tabla 1 muestra la información que ha sido reunida de manera práctica, basada en la RSL. Las investigaciones seleccionadas se vinculan sistemáticamente a los métodos de depuración de aguas con el fin hallar una relación con los procesos productivos, adicionalmente para mejor entendimiento se conceptualiza las notaciones en métodos de depuración de aguas residuales (MDAR), reutilización del agua (RA), procesos productivos (PP).

**Tabla 1**

*Características de los estudios considerados.*

N°	Autor	Nota-ción	Sinergia entre métodos
1	(Aldea Molina, 2021)	PP	Mejora continua de procesos productivos.
2	(Morocho-Arroyo, 2018)	PP	Ciclo de producción.
3	(Muyulema-Allaica & Ruiz-Puente, 2022)	PP	Sustentabilidad productiva.
4	(Prieto-Sandoval et al., 2017)	PP	Perspectivas de producción.
5	(Soledispa-Lucas et al., 2022)	PP	Gestión de recursos.
6	(Ramírez-Casco et al., 2019)	PP	Gestión de recursos.
7	(Almeida et al., 2021)	RA	Beneficios del reciclaje de agua en la agricultura.
8	(Escobar et al., 2016)	RA	Beneficios de reutilizar el agua para riego.
9	(López-Ortiz & Melgarejo-Moreno, 2016)	RA	Beneficios de reutilizar el agua para riego.
10	(Rizos et al., 2017)	RA	Beneficios del reciclaje de agua en la agricultura.
11	(Abner et al., 2017)	MDAR	Clasificación de aguas residuales.
12	(Menéndez & Dueñas, 2018)	MDAR	Depuración por tratamientos biológicos de oxidación.
13	(Vilanova et al., 2017)	MDAR	Depuración por procesos biológicos mediante fangos activados.
14	(Rajabpour-Ashkiki et al., 2019)	MDAR	Depuración por métodos de filtración.
15	(Chan-Trinidad et al., 2017)	MDAR	Depuración por métodos físicos.
16	(Venugopal & Sasidharan, 2021)	MDAR	Flotación por aire disuelto.
17	(Cabrera- Carranza, 2019)	MDAR	Depuración de agua por métodos de coagulación y floculación.
18	(Wang et al., 2021)	MDAR	Depuración de agua por métodos de coagulación y floculación.
19	(Cribas et al., 2021)	MDAR	Sistemas de control de llenado en las plantas de tratamiento de aguas.
20	(Chávez-Vera, 2017)	MDAR	Depuración por métodos fisicoquímicos.

**Nota:** resultados de la búsqueda aplicada para la RSL

Aldea-Molina (2021) infiere que las industrias que recurren a la mejora continua buscan que la producción sea más eficiente, en ocasiones la mejora continua se basa en el rediseño de procesos que se da al implementar una modificación significativa, por consiguiente (Morocho-Arroyo (2018) da a entender que, cuando los diseños son adaptados a modelos de reciclaje, se puede producir sin residuos debido a que los materiales residuales se adaptan dentro de un ciclo de producción, por lo tanto Muyulema-Allaica & Ruiz-Puente (2022) nos indican acerca de la sustentabilidad productiva como una necesidad actual por lo que el sector empresarial busca modelos de producción que impulsen el consumo y la reutilización mejorando su

competitividad, reduciendo el uso de materiales y creando un mejor desempeño ambiental.

El autor Prieto-Sandoval et al., (2017) apunta que las empresas deben cambiar la perspectiva lineal de producción y enfocar esfuerzos a las medidas correctivas de la modernización tecnológica, de modo que reduzcan la presión al medio ambiente generalizando a la sostenibilidad como un objetivo adecuado a diferentes modelos industriales. Los autores Ramírez-Casco et al., (2019); Soledispa-Lucas et al., (2022) indican que, previamente, las empresas deben fortalecer el manejo de los recursos, ya que todo material

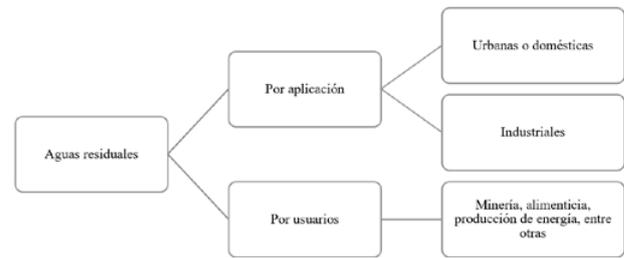
que sufre transformaciones debe representar valor a estas.

Los autores Almeida et al., (2021); Escobar et al., (2016) señalaron que la influencia de las aguas residuales y el uso de lodos como fertilizante afectó de manera positiva al crecimiento de los cultivos debido a que conserva la humedad del suelo por más tiempo favoreciendo el crecimiento, por consiguiente López-Ortiz & Melgarejo-Moreno, (2016); Rizos et al., (2017) expresaron que el agua puede ser reutilizada para mitigar el consumo neto de la agricultura y disminuir el impacto a los ecosistemas, por esta razón se considera fundamental diseñar plantas de depuración de aguas residuales que satisfagan las necesidades de la empresa al menor costo.

Abner et al., (2017) expresaron que la gestión y operación de la planta de tratamiento de aguas residuales y el control de las características del efluente son un desafío debido a la compleja interdependencia entre las variables del proceso involucradas en el proceso de tratamiento. Estas variables de proceso incluyen las características del afluente (es decir, la concentración de contaminantes) y las condiciones operativas (la tasa de entrada de aguas residuales, el pH, la temperatura y el mecanismo de aireación). Además, las variables del proceso continúan cambiando espaciotemporalmente según la composición de las aguas residuales y las condiciones ambientales. Debido a tales desafíos, existen diferentes metodologías de depuración de aguas residuales, que exhibe su propio esquema operativo y de gestión único que también fluctúa en función de la variabilidad estacional en las características del afluente, lo que hace que la transferencia del conocimiento operativo de una planta a otra sea un desafío. Por lo tanto, clasificar las aguas residuales es una necesidad imperiosa, así pues, tenemos dos grandes grupos, por aplicación y por usuarios. La primera que circunscribe a las aguas urbanas o domésticas que suelen ser tratadas mediante procesos biológicos y las industriales donde se hace uso de procesos fisicoquímicos, y la segunda, que envuelve a las derivadas de procesos de minería, alimenticia, producción de energía, entre otras (Figura 2).

**Figura 2**

*Clasificación de aguas residuales*



**Nota:** Clasificación o segmentación de las aguas residuales

Existen métodos destinados a tratar de forma más eficiente las aguas urbanas estos son basados en procesos biológicos debido a la cantidad de materia orgánica que poseen como lo indican (Menéndez & Dueñas, 2018) lo que favorece a la efectividad de los tratamientos biológicos logrando así la remoción del 80 a 90% de la materia disuelta, también establecen que los tratamientos biológicos no se diferencian totalmente de los métodos de oxidación-filtración ya que ambos requieren de aireación profunda y de contenido de oxígeno. En la misma línea, Vilanova et al., (2017) se basaron en la utilización de microorganismos que necesitan de un aporte de energía constante para mantenerse con vida y crecer, estas generalmente se encuentran en el agua residual convirtiendo la materia orgánica en productos más simples, usualmente la eliminación de materia orgánica lleva de 3 a 5 días dependiendo de factores físicos y químicos del efluente con una efectividad de remoción de sólidos del 70 al 85%, no obstante, este tipo de tratamientos pueden ser contraproducentes si no es alcanzado el punto crítico debido a que la desferrización y nitrificación se suprimen sin poder ejecutar el efecto oxidante.

Los métodos de depuración físicos como su nombre lo indica se basan en las diferentes propiedades físicas de los efluentes como son la densidad, solubilidad, el punto de vapor o fusión, entre estos métodos encontramos la filtración o cribado, decantación, evaporación, entre otros métodos cortos, según Ashkiki et al., (2019) exteriorizaron que los sistemas de cribado

funcionan principalmente para la separación de partículas que se pueden clasificar en (I) separación por densidad, que es una técnica donde se pueden fraccionar los materiales ligeros como son el papel, los plásticos o materias orgánica y en pesados que son los metales o madera (II) separación por campo magnético, donde se utilizan las propiedades electroestáticas y magnéticas de los materiales y (III) separación por tamaño, que por medio de superficies de cribado pasa la materia dentro de un rango de tamaño. En similares escenarios de estudio, Chan-Trinidad et al., (2017) explican que los denominados métodos cortos no exteriorizan ventajas en su aplicación, no obstante por si solos no presentan una efectividad alta en la separación de los sólidos, si son aplicados en conjunto se los denomina tratamientos primarios cuya efectividad en eliminación de sólidos oscila entre el 30 a 60 %

Venugopal & Sasidharan, (2021) the seafood industry including aquaculture routinely uses voluminous amounts of fresh water and discharges large volumes of post-process wastewater as effluents. The presence of proteins, oil, carotenoids, minerals, and other compounds in the effluents make them high in biological oxygen demand and chemical oxygen demand, and hence, responsible for significant environmental hazards. Therefore, appropriate treatments of the effluents are essential before they are discharged or disposed off to mitigate the environmental problems. Besides, there are good potentials to recover various ingredients from the effluents for uses as food additives, nutraceuticals, nutritional supplements, flavoring agents, fertilizers, plant bio-stimulants, animal and aqua feed. Recent developments in microbial technology, particularly, algal biotechnology has potentials for cost-effective and eco-friendly treatments of the effluents together with the recovery of various biomolecules. Cultivation of microalgae in the effluents provide single cell proteins (SCP mencionan algunos métodos fisicoquímicos como la coagulación, floculación, sedimentación, precipitación y hace énfasis en la flotación por aire disuelto (DAF), este método es popular debido a que reduce el tiempo de

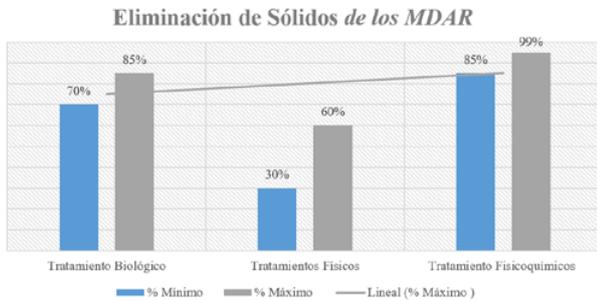
sedimentación que necesitan los sólidos en suspensión, esto se logra mediante la inyección de aire disuelto que ejerce que los contaminantes suban a la superficie formando un manto de materiales residuales que son removidos, este sistema mejora su efectividad combinando otros tipos de tratamiento. Cabrera- Carranza, (2019); Wang et al., (2021) explicaron que la combinación con coagulantes y floculantes pueden tener una efectividad de eliminar hasta un 50% de TSS (siglas en ingles de total suspended solids - sólidos en suspensión totales) y un 80% de niebla, resultando conveniente en la adaptación de las fluctuaciones del proceso productivo, además, Cribas et al., (2021) comentan que en las industrias cuyas operaciones emplean de grandes cantidades de agua requiere el cumplimiento de transporte y almacenamiento del líquido, por lo cual es indispensable la aplicación de un sistema de tanques y el uso de componente para su óptimo funcionamiento como es la capacidad de los tanques, válvulas, tuberías y bombas encargadas de transportar por succión el efluente, este sistema también cumple otras funciones como enfriar el líquido, permitir el asentamiento de las partículas contaminantes y el escape de aire retenido, este tipo de sistema es de mucha utilidad para el tratamiento de aguas residuales ya que permite el asentamiento de las partículas disueltas en el efluente. Chávez-Vera (2017) señala el sistema DAF en combinación con el tratamiento primario mejorado químicamente presentan una tecnología eficaz y de fácil aplicación para los procesos industriales permitiendo la eliminación de los contaminantes acorde a los procesos de la industria con una efectividad del 99% dependiendo del efluente a tratar.

En la figura 2 podemos observar los porcentajes de efectividad que tienen los diferentes MDAR en la eliminación de sólidos, en base a la RSL analizamos que los tratamientos biológicos presentan una efectividad alta pero generalmente son más usados en el tratamiento de aguas urbanas, por otro lado, tenemos los tratamientos fisicoquímicos que son mayormente aplicados en industrias ya que permite la adaptabilidad de diferentes tratamientos que en

conjunto pueden lograr una efectividad del 99%.

### Figura 3

#### Efectividad de los MDAR



**Nota:** se observan los porcentajes habituales en la eliminación de sólidos

### Discusión

Prieto-Sandoval et al., (2017) señalaron que las empresa buscan frecuentemente fortalecer los procesos productivos y la administración de sus recursos mediante sistemas de calidad que garanticen la mejora continua, generalmente los sistemas de calidad mantenían un perspectiva lineal de producción lo cual afectaba a la cadena de suministros con el pasar del tiempo. En este mismo orden de ideas, Soledispa-Lucas et al., (2022) indicaron que el desafío actual es instaurar un flujo cíclico para la transformación de productos y la recuperación de materiales.

Aunque se han detectados brechas de información para la aplicación de la gestión sostenible, la constante competitividad ejerce que las empresas adopten este tipo de sistemas con el fin participar de forma activa en el mercado, se debe contemplar que invertir en técnicas, maquinarias y procesos para la reutilización del agua no es solo un gasto operacional sino que permite la mejora de la calidad de producción, en caso de ser debidamente explotados representa una amortización de la inversión inicial que se recupera en periodos de tiempo aceptables.

Menéndez & Dueñas, (2018) indicaron que han habido avances tecnológicos destinado a estas áreas, los tratamientos biológicos han tomado impulso en algunas industrias cuya producción de residuos posee una gran

cantidad de materia orgánica, como se menciona anteriormente estos procesos logran remover el 80 a 90% de la materia disuelta, según (Vilanova et al., 2017) señalaron que varias empresas optan por este tipo de procesos ya que representan un menor costo en comparación de los tratamiento fisicoquímico, también disminuyen la necesidad de gastar grandes sumas de dinero en adaptaciones por el aumento de capacidad de la empresa.

A pesar de que los tratamientos biológicos (TB) han tenido un avances durante los últimos años se sabe que no opaca la efectividad de los procesos fisicoquímico, debido a las desventajas que presentan como una baja depuración, crecimiento de bacterias no deseadas, mayor producción de lodos y mayores costes químicos, por esta razón, el TB no se efectuaba de forma frecuente en la industria debido a que, por lo general, las aguas residuales no disponían de contenido suficiente de nitrógeno y fosforo por lo que los microorganismos no desarrollaban sus funciones correctamente.

Las plantas de tratamiento fisicoquímicas han tenido significativos avances tecnológicos que se proyectan en diferentes diseños innovadores con mayor efectividad para diversas industrias nacionales e internacionales, contando con diseños compactos que ayuden a la depuración de aguas de manera más rápida y concisa trabajando desde el ingreso de las aguas residuales hasta la adquisición de aguas tratadas, validando la idea principal tenemos a (Cabrera-Carranza, 2019; Chávez-Vera, 2017; Venugopal & Sasidharan, 2021; Wang et al., 2021), quienes comentaron que los métodos de depuración fisicoquímicos poseen una tecnología eficaz y de fácil aplicación para los procesos industriales permitiendo la eliminación de los contaminantes con 99% efectividad.

### Conclusión

Conforme a la RSL se concluyó que existe una relación entre los procesos productivos y la generación de aguas residuales, mediante la revisión de los métodos de depuración biológicos, físicos y fisicoquímico se demostró que el más idóneo para las producciones industriales son

los procesos fisicoquímicos haciendo énfasis en el tratamiento primario combinado con el sistema DAF, ya que estos procesos logran una efectividad del 99% de eliminación de sólidos.

Para los operadores industriales, el presente estudio, servirá como apoyo a la toma de decisiones y permite el establecimiento de una estrategia efectiva de mitigación de riesgos a través de la determinación rápida del método más eficiente para la eliminación y las concentraciones de efluentes en diferentes condiciones operativas de la planta.

### Referencias bibliográficas

- Abner, L., Pire-Sierra, María Gabriela, L.-C. E., Molina-Quintero, L., & Pire-Sierra, M. C. (2017). Biological Treatment of Wastewater Generated in a Soft Drink Industry. *Agroindustria Sociedad Y Ambiente Asa*, 1(8), 92–110.
- Aldea Molina, A. L. (2021). Influencia Del Rediseño De Los Procesos Productivos De Una Empresa De Envolturas Flexibles Basado En La Mejora Continua. *Industrial Data*, 24(1), 7–22. <https://doi.org/10.15381/idata.v24i1.19616>
- Almeida, T., Montenegro, A. A., Carvalho, A. A. de, & Tabosa, J. N. (2021). Soil And Crop Spatial Variability In Maize Irrigated With Domestic Effluent. *Dyna*, 88(219), 111–117. <https://doi.org/10.15446/dyna.v88n219.92874>
- Arteaga-Sarmiento, W. J., Villamil-Sandoval, D. C., & González, A. J. (2019). Caracterización De Los Procesos Productivos De Las Pymes Textileras De Cundinamarca. *Revista Logos, Ciencia & Tecnología*, 11(2), 60–77. <https://doi.org/10.22335/rlct.v11i2.839>
- Cabrera- Carranza, C. (2019). Compatibilidad Ambiental De La Industria De Harina De Pescado En Paracas - Pisco. *Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica*, 2(3), 119–134.
- Campo, E. A., Cano, J. A., & Gómez-Montoya, R. A. (2019). Optimización De Costos De Producción Agregada En Empresas Del Sector Textil. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 28(3), 461–475. <https://doi.org/10.4067/s0718-33052020000300461>
- Chan-Trinidad, M. G., López-Villarreal, F., Barajas-Fernández, J., Olán-Acosta, M. Á., & Pantoja-Castro, M. A. (2017). *Análisis De La Separación De Mezclas De Compuestos De Alta Volatilidad Empleando Métodos Rigurosos Analysis Of The Separation Of Mixtures Of Compounds Of High Volatility Using Rigorous Methods. 1*, 1–20. <https://doi.org/0.19136/jeeos.a1n3.2160>
- Chávez-Vera, I. (2017). Diseño E Implementación De Un Sistema De Tratamiento De Aguas Residuales. *Dominio de Las Ciencias*, 3(1), 536–560.
- Cribas, A. J., & Martínez, L. E. (2021). *Sistema de Control de Llenado y Nivel de Tanques en Plantas de Tratamiento de Agua*. 1–10. [https://www.academia.edu/51022587/Paper\\_Sistema\\_de\\_Control\\_de\\_Llenado\\_y\\_Nivel\\_de\\_Tanques](https://www.academia.edu/51022587/Paper_Sistema_de_Control_de_Llenado_y_Nivel_de_Tanques)
- Escobar, M. C., Luis Felipe, T., & Romero-Cuéllar, J. (2016). Design Of An Expert System For Reusing Treated Wastewater. *European Journal of Cell Biology*, 48(1), 150–153.
- Freytez, E., Márquezb, A., Pirea, M. C., Guevarab, E., & Pérez, S. (2019). Design, Construction And Evaluation Of The Performance Of A Load Reactor Sequential For Treatment Of Residual Waters Of Teneries. *INGENIERÍA UC*, 26.
- Gamero, H., & Ostos, J. (2020). Revisión Sistemática De Literatura Sobre Factores Clave En La Identificación De Oportunidades De Negocio. *Retos*, 10(20),

- 307–327. <https://doi.org/10.17163/ret.n20.2020.07>
- Hernández-Zamora, M. F., Jiménez-Martínez, S., & Sánchez-Monge, J. I. (2021). Materiales Alternativos Como Oportunidad De Reducción De Impactos Ambientales En El Sector Construcción. *Tecnología En Marcha*, 34, 3–10.
- López-Ortiz, M. I., & Melgarejo-Moreno, J. (2016). Depuración Y Reutilización De Aguas En España. *Agua y Territorio*, 8, 22–35. <https://doi.org/10.17561/at.v0i8.3293>
- Melgarejo-Moreno, J. (2019). Congreso Nacional del Agua Orihuela. Innovación y Sostenibilidad. *Congreso Nacional Del Agua Orihuela. Innovación y Sostenibilidad*. <https://doi.org/10.14198/congreso-nacional-del-agua-orihuela-2019>
- Mena-Mejía, S. A., Muyulema-Allaica, J. C., Bermeo-García, M. V., & Reyes-Soriano, F. E. (2022). La norma ISO 45001:2018 y la reducción de accidentalidad en empresas resilientes. Una revisión sistemática. *AlfaPublicaciones*, 4(3.1), 187–213. <https://doi.org/10.33262/ap.v4i3.1.247>
- Menéndez, C., & Dueñas, J. (2018). Los procesos biológicos de tratamiento de aguas residuales desde una visión no convencional. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, XXXIX(3), 97–107. <https://bit.ly/35hSyMk>
- Morocho-Arroyo, R. F. (2018). The Circular Economy as a Sustainable Development Factor of the Productive Sector. *INNOVA Research Journal*, 3(12), 78–98.
- Muyulema-Allaica, J. C., & Ruiz-Puente, C. (2022). Framework Proposal for the Design of Lean Circular Production Systems Based on Case Studies. *Dyna, DYNA-ACELE*(0), [7 pp]-[7 pp]. <https://doi.org/10.6036/10540>
- Prieto-Sandoval, V., Jaca, C., & Ormazabal, M. (2017). Economía circular: Relación con la evolución del concepto de sostenibilidad y estrategias para su implementación. *Memoria Investigaciones En Ingeniería*, 15, 15.
- Rajabpour-Ashkiki, A., Felske, C., & McCartney, D. (2019). Impacts of seasonal variation and operating parameters on double-stage trommel performance. *Waste Management*, 86, 36–48. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.01.026>
- Ramírez-Casco, A. D. P., Sanandrés-Alvarez, L. G., & Ramírez-Garrido, R. G. (2019). Análisis de los costos ocultos en el proceso de producción industrial. *Revista De Investigación Sigma*, 6(02), 51. <https://doi.org/10.24133/sigma.v6i2.1673>
- Rizos, V., Tuokko, K., & Behrens, A. (2017). The circular economy, a review of definitions, processes and impacts. In *Centre for European Policy Studies (Brussels, Belgium)*. [https://www.ceps.eu/wp-content/uploads/2017/04/RR2017-08\\_CircularEconomy\\_0.pdf](https://www.ceps.eu/wp-content/uploads/2017/04/RR2017-08_CircularEconomy_0.pdf)
- Romano, S. A., Kataishi, R. E., & Durán, L. (2018). La promoción industrial en Argentina: entramado normativo para el caso de la ley 19.640. *Economía Sociedad y Territorio*, xviii, 947–976. <https://doi.org/10.22136/est20181214>
- Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 104(August), 333–339. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039>
- Soledispa-Lucas, F. F., Bailón-Lourido, W. A., & Vásquez-Giler, C. F. (2022). Auditoría de gestión de calidad y mejoramiento continuo de procesos en pequeñas y medianas empresas del sector pesquero, Manta, Montecristi y Jaramijó – Ecuador. 8, 718–729. <https://doi.org/DOI:http://dx.doi.org/10.23857/dc.v8i1.2599>

- Valdés, A., López, E., & Alonso, A. (2019). Gestión de residuos industriales y sostenibilidad, necesidad de un enfoque de economía ecológica. *Universidad y Sociedad*, 9(2), 313–318. <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v11n3/2218-3620-rus-11-03-186.pdf>
- Velasco, G., Moncayo, J., & Chuquer, D. (2018). Diagnóstico Del Sistema De Tratamiento De Aguas Residuales De Manta Diagnosis of Wastewater Treatment System of Manta. *Revista Infoanalítica*, 7, 27–39. <https://doi.org/10.26807/ia.v7i1.90>
- Venugopal, V., & Sasidharan, A. (2021). Seafood industry effluents: Environmental hazards, treatment and resource recovery. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(2), 104758. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104758>
- Vilanova, R., Santín, I., & Pedret, C. (2017). Control and operation of wastewater treatment plants (I). *RIAI - Revista Iberoamericana de Automatica e Informatica Industrial*, 14(3), 217–233. <https://doi.org/10.1016/j.riai.2017.05.004>
- Wang, K. J., Wang, P. S., & Nguyen, H. P. (2021). A data-driven optimization model for coagulant dosage decision in industrial wastewater treatment. *Computers and Chemical Engineering*, 152, 107383. <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2021.107383>