

# Evaluación de Gestión de Calidad en el Tratamiento Microbiológico en una PTAR para aprovecharlo en cultivos de tallo alto. 2023

*Evaluation of Quality Management in Microbiological Treatment in a WWTP for use in tall stem crops. 2023*

- Heli Marcelo Cachay Mendoza <sup>1</sup>
- Luz Maria Odar Pupuche <sup>2</sup>

Recibido: 26/07/2023

Aceptado: 18/12/2023

DOI: <https://doi.org/10.26495/icti.v10i2.2652>



## RESUMEN

Más del 80% de países en desarrollo, presentan una problemática grave y sin control, de verter sus aguas residuales al ambiente, perjudicando todo ser viviente. Este estudio tuvo como objetivo "Evaluar la gestión de calidad en el tratamiento microbiológico en una PTAR para aprovecharlo en cultivos de tallo alto 2023". La importancia recae en concientizar el uso correcto del agua y dar tratamiento microbiológico a las aguas residuales, asegurando que su efluente no supere los LMP, mediante productos EM (bajo costo), permitiendo reutilizarlas en cultivos de tallo alto, beneficiando a agricultores (incrementando sus ingresos); además debe ser lo menos perjudicial, evitando focos infecciosos, malos olores, etc. que recaigan sobre trabajadores (de la PTAR y/o aledaños a la zona), flora y fauna. La revisión sistemática de literatura con metodología PRISMA, permitió rescatar 32 estudios (extraídos de base de datos de USS, Repositorios, Dialnet, Google Scholar y Entidades del Estado). Los hallazgos afirman que, los adecuados procesos en una PTAR, mediante un protocolo de evaluación de calidad de aguas tratadas (por operarios calificados y con productos EM), eliminarán todo rastro contaminante. Dicho tratamiento será eficaz, empleando bloques fertilizados con biosólidos o con el proceso físico de luz UV. Como conclusión, la correcta evaluación de gestión de calidad en el tratamiento microbiológico en una PTAR, conlleva a familias enteras a estar seguras, siempre y cuando, el trabajo de las municipalidades y entidades (ATM) sea constante, garantizando el eficiente tratamiento dado a las aguas residuales y su posterior reutilización en cultivos de tallo alto.

**PALABRAS CLAVE:** Calidad del agua, contaminación, cultivos, gestión, tratamiento de desechos.

## ABSTRACT

More than 80% of developing countries present a serious and uncontrolled problem of dumping their wastewater into the environment, harming all living beings. This study aimed to "Evaluate quality management in microbiological treatment in a WWTP to take advantage of it in tall stem crops 2023". The justification lies in raising awareness of the correct use of water and giving microbiological treatment to wastewater, ensuring that its effluent does not exceed the LMP, through EM products (low cost), allowing their reuse in tall stem crops, benefiting farmers (increasing their income); It must also be the least harmful, avoiding sources of infection, bad odors, etc. that fall on workers (from the WWTP and/or those close to the area), flora and fauna. The systematic review of the literature with the PRISMA methodology, allowed the rescue of 33 studies (extracted from the USS database, Repositories, Dialnet, Google Scholar and State Entities). The findings affirm that the adequate processes in a WWTP, through a protocol for evaluating the quality of treated water (by qualified operators and with EM products), will eliminate all traces of contaminants. Said treatment will be effective, using blocks fertilized with biosolids or with the physical process of UV light. In conclusion, the correct evaluation of quality management in the microbiological treatment in a WWTP leads entire families to be safe, as long as the work of the municipalities and entities (ATM) is constant, guaranteeing the efficient treatment given to the wastewater and its subsequent reuse in tall stem crops.

**KEYWORDS:** Water quality, pollution, crops, management, waste treatment.

<sup>1</sup> Universidad Señor de Sipán, Chiclayo-Lambayeque, Perú, [cmendozaheli@crece.uss.edu.pe](mailto:cmendozaheli@crece.uss.edu.pe),

<sup>2</sup> Universidad Señor de Sipán, Chiclayo-Lambayeque, Perú, [opupuchel@crece.uss.edu.pe](mailto:opupuchel@crece.uss.edu.pe)

## 1. INTRODUCCIÓN

### Realidad Problemática

En UNESCO (2017) en su informe de aguas residuales, se estimó que el 80% de países en desarrollo, más del 95% es vertido al ambiente sin ningún tipo de tratamiento; provocando consecuencias inquietantes, pues la contaminación del agua, en ríos de América Latina, Asia y África, está cada vez peor.

La situación del respectivo tratamiento dependerá de aportar ingresos. Por ejemplo, en países cuyos ingresos son elevados (el 70% de aguas municipales e industriales son tratadas), en países de ingresos mediano altos (un 38% se tratan), en países con ingresos mediano bajos (28% se tratan) y en países cuyos ingresos son bajos (se trata el 8%) (UNESCO, 2017).

La circunstancia que se está viviendo, perjudica gravemente a la biodiversidad y distintos ecosistemas, en los cuales, son vertidas estas aguas, advirtiéndose que este tipo de procedimientos son problema para la salud humana y actividad económica de una sociedad. Y de aquí, en los próximos 40 años, las poblaciones urbanas se duplicarán, además 21 de las 33 mega ciudades del planeta se localizan en la costa, donde sin ningún tipo de tratamiento se vierten aguas residuales a los océanos (Delgado, 2019) .

En nuestro país, muchos de los problemas ambientales existentes, se vinculan a la contaminación de ríos y lagos, debido al vertimiento de estas aguas, abarcando la mayoría del territorio nacional, demostrándose que, tratar las aguas residuales producidas al día es necesario (Delgado, 2019).

Según sus análisis realizados, más de la mitad de las PTAR, se encontraron sobrecarga orgánica e hidráulica, conllevando a una deficiencia en la operación y mantenimiento de estas infraestructuras, generando que estas aguas no se traten correctamente, y que, en ese estado sean vertidas a los cuerpos de agua, contaminando el ecosistema (Marchán, 2008).

En nuestra región Lambayeque, las aguas residuales generadas por la población, la mayoría son tratadas por medio del uso de lagunas de estabilización (método más simple de tratamiento); además, su construcción consiste en el movimiento de tierra. Los métodos de tratamiento utilizados se basan en fenómenos físicos, químicos y biológicos; aunque la mayoría de estas plantas utilizan tratamientos biológicos por su fácil aplicación y bajo costo (Barboza, 2018).

En el distrito de Olmos la situación no es diferente, las aguas residuales municipales generadas, su tratamiento cuenta con una infraestructura conformada por 3 lagunas de estabilización (2 primarias y 1 secundaria), las cuales, no presentan mantenimiento adecuado, generando que el tratamiento biológico no cumpla satisfactoriamente con los LMP, provocando que las aguas vertidas a las lagunas de oxidación, contaminen el ambiente y favorezcan el nacimiento de enfermedades en el ecosistema.

Frente a la problemática expuesta, abarcando desde lo más general hasta lo particular, el objetivo general vendría siendo “Evaluar la gestión de calidad del tratamiento microbiológico en una PTAR para aprovecharlo en cultivos de tallo alto”.

### Antecedentes

Al no contar con mucha información, de artículos y tesis de los últimos 5 años, se considerará de años anteriores:

### **Nivel Internacional**

En Colombia, en su tesis basada en utilizar los lodos para acrecentar el suelo e insumo de cultivos sacados de la PTAR del municipio de Funza, con objetivo de detectar una alternativa para utilizar los lodos procedentes de la PTAR. La metodología es de diseño experimental donde compararon nutrientes y características de un cultivo en estado normal de 2 especies diferentes (lechuga y zanahoria), y mediante el lodo resultante del tratamiento de las aguas residuales (subproducto), interpretaron resultados e implantaron como insumo de cultivo (la eficiencia del lodo) y si goza de características que lo vuelva un producto aprovechable. El resultado fue viable ya que los lodos lo podrían utilizar Como subproducto para cultivo y minimizar el impacto ambiental provocado por la incorrecta disposición. Como conclusión, el lodo tuvo características propicias para mejorar el suelo agrícola (Vargas, 2018).

En México, en el estado de Veracruz, en su estudio que realizaron con objetivo de evaluar el impacto existente en una PTAR, aplicando una metodología en 3 fases: la 1<sup>era</sup> del muestreo y caracterización del agua (a lo largo del tratamiento), la 2<sup>da</sup> es la determinación de factores básicos de operación calculados (TRH, COV, relación A/M y eficiencias de eliminación) tomando en cuenta la caracterización y dimensiones de la planta; y 3<sup>era</sup>, la comprobación en cumplir la NOM-001-SEMARNAT-1996. Los resultados arrojaron que la materia orgánica degradable se eliminó en 80-94% y que la planta tiene una eliminación, entre 70-89% de materia orgánica total (degradable y no biodegradable); y en cuanto a sólidos totales en suspensión, la planta actúa fuera de la eficiencia necesaria. Los resultados en la caracterización del agua en las distintas secciones de la PTAR fue que, se calculó parámetros de operación diversas, motivando a evaluar la planta y hallar modificaciones en la operación, permitiendo que la eficiencia de la planta se eleve. En conclusión, el arroyo mostró comportamiento normal para descargar concentraciones medias de aguas domésticas. Las eficiencias de remoción obtenidas de cada parámetro evaluado se estimaron bajas y con grandes variaciones de intensidad. La eficiencia conjunta es de 85%, donde el agua tratada obedece a la NOM-001-SEMARNAT-1996 en parámetros estudiados, de operación y las eficiencias de remoción no acatan con lo diseñado en todas las semanas de evaluación (Castillo, 2017).

En la ciudad Santiago de los Caballeros, República Dominicana, en su estudio se invirtió considerables recursos económicos para retirar y disponer los biosólidos producidos en las PTAR, frente a esto propusieron el objetivo de examinar a detalle las características de los biosólidos producidos en la PTAR Rafey y ver el potencial sobre la agricultura. Su metodología es de diseño experimental ya que usaron 5 bloques parcelarios, con 3 aplicaciones distintas de biosólidos, con un bloque testigo y uno fertilizado con abono químico; seguido se analizaron las características del suelo y de los biosólidos (en laboratorio), y el comportamiento del cultivo de maíz en cada bloque. Los datos mediante el Excel se tabularon y se analizaron con SPSS, sobresaliendo los bloques fertilizados con biosólidos. Concluyendo en que, los biosólidos producidos en la PTAR Rafey tuvieron características óptimas para utilizarlo en el sector agrícola y así, solucionar actualmente el problema ambiental, además, estos fueron utilizados como fertilizantes para cultivar maíz, provocando mejores resultados que los fertilizantes químicos (Castillo, 2020).

### **Nivel Nacional**

En su artículo realizado en Ayacucho, su objetivo fue hacer pruebas experimentales de desinfección UV de las aguas residuales secundarias de la planta Totorá, mediante un reactor piloto de radiación UV y un sistema hidráulico, utilizando 2 procedimientos de desinfección, y otro mediante un tratamiento de 2 procesos terciarios, previo a la desinfección por UV; asimismo se evaluó la calidad del agua y su mejoría, con respecto al riego de plantas restringidas y no restringidas. La metodología planteada fue experimental, por las muestras sacadas de las aguas residuales secundarias presentes en la PTAR, tomadas con anterioridad de la laguna de cloración. Se vigiló el funcionamiento y operación hidráulicos del reactor UV, verificando tiempos de caudales y residencia, buscando eficiencia mejorada de la desinfección. Concluyendo en que, la prueba de desinfección UV de las aguas residuales secundarias no obtuvo la calidad sanitaria debida para irrigar los vegetales; mientras que, la desinfección por UV de la salida de agua secundaria tratada

previamente por procesos de adsorción y filtración, se obtuvo la calidad sanitaria exigida por los LMP del DS-004-2017-MINAM para 1000 y 2000 NMP/100 ml de coliformes fecales supervivientes con 2,29 y 1,77s (tiempo de residencia) y 30 808,3 y 23 796,7  $\mu\text{W}\cdot\text{s}/\text{cm}^2$  (dosis de inactivación), para agua de riego de vegetales de tallo bajo y alto respectivamente. En resumen, la desinfección por UV, permitió rehusar el agua sin limitaciones en la agricultura (Aronés, 2018).

En su tesis, realizada en Arequipa (distrito de Cerro Colorado), cuyo objetivo fue caracterizar y evaluar los lodos residuales provenientes de la PTAR La Escalerilla, para su reaprovechamiento en la agricultura. La metodología fue experimental, extrayendo muestras de agua del efluente y afluente, mediante materiales (para el muestreo se usó botellas de polietileno de 500ml de capacidad) y equipos (para mediciones in situ: multiparámetro calibrado), bajo los criterios establecidos en el DS N°003-2010-MINAM. Para recolectar muestras se basó en el conjunto de reglas continuas y sistemáticas que verifiquen la calidad de efluentes de la PTAR (cuya toma debe ser puntual en los puntos de efluente y afluente de la PTAR, y para esto se usó un brazo muestreador de acero inoxidable para prevenir de accidentes en el momento del muestreo). Cuyo resultado fue que, desde el punto normativo y técnico se categorizó los lodos residuales producidos desde 2019-2021 de las 3 estaciones de muestreo (Secador Térmico, Secador Convencional y Almacenamiento) como biosólidos de clase A, ya que, cumpliendo los parámetros de estabilización, toxicidad química e higienización regulado por el DS 015-2017-VIVIENDA. Concluyendo que, estos lodos considerados como biosólidos, serán reutilizados (Chipana, 2022).

En la provincia de Casma, Ancash, en su tesis propuso como objetivo determinar la forma cómo realizar la gestión de residuos sólidos y tratamiento de aguas residuales en la provincia de Casma - Ancash 2021. La metodología empleada fue cualitativa, de diseño fenomenológico basado en la perspectiva de los integrantes. Se empleó la entrevista (como técnica) y la guía de entrevista (como el instrumento), atribuida a 8 integrantes (3 ingenieros y 5 pobladores). Los resultados tanto la gestión como tratamiento de aguas residuales fueron inútiles, a causa de la errónea segregación (exige capacitaciones y supervisión constante), al acumulo inapropiado (se necesita de espacios con normatividad vigente) y el transporte defectuoso (obligando a la proliferación de camiones recolectores). En conclusión, la contaminación de las aguas residuales y el impacto sobre la salud y ambiente es preocupante, por la presencia de un índice alto de bacterias por productos químicos patogénicos (Rojas, 2022).

### **Nivel Local**

En su tesis, desarrollada en Motupe, cuyo objetivo fue precisar la capacidad del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales y si satisfacen las exigencias establecidas en el DS N°002-2008-MINAM, DS N°021-2009-VIVIENDA, DS N°003-2011-VIVIENDA, con los factores del ANA pactados en la Ley N°29338 y con los LMP instaurados por el DS N°003-2002-PRODUCE. La metodología empleada fue de carácter experimental, ya que mediante parámetros se analizará y evaluará la capacidad del sistema de la totalidad de los sólidos en suspensión, temperatura, pH, DQO, O<sub>2</sub> disuelto, DBO<sub>5</sub>, Aceites y Grasas, ayudando a extraer sólidos, materia orgánica y química. Como resultado, la PTAR obtuvo eficientemente un 91% de sólidos sedimentables eliminados, 57% de DBO<sub>5</sub> y un 97% de la capacidad de DQO. Para finalizar, se concluyó que, a día de hoy, la PTAR industrial acata con los LMP para usarlos en la agricultura implantados por el DS N°002-2008-MINAM, DS N°021-2009-VIVIENDA y DS N°003-2002-PRODUCE (Cabanillas, 2020).

### **Marco Teórico**

#### **¿Qué es calidad?**

Propiedad inherente de un bien que confiere valor en diversas perspectivas. Considerada como estrategia competitiva para productos o servicios mediante el marketing; y esto será posible gracias a una planificación y correcta gestión de recursos materiales y humanos (García, 2020).

### *¿Qué es Gestión?*

Conjunto de procedimientos y acciones para lograr un objetivo. Funciona como factor del fortalecimiento y garantía en la gestión total de la calidad (García, 2020).

### *Gestión de la Calidad*

Hoy en día, es un enfoque centrado en el proceso, orientado en tecnología y economía (pasando de sólo inspeccionar a controlar la calidad) (Guarín, 2018). Su importancia recae en que, las organizaciones documenten sus procesos, optimizando sus actividades, manteniendo la efectividad en las operaciones, satisfaciendo clientes y creando un entorno laboral con una mejora continua constante (Sarria, 2018). Cuyos beneficios son: Afinar la calidad ofrecida por parte de productos/servicios; Perfeccionamiento en la afable e idónea atención a los usuarios; Diafanidad en el progreso de los procesos; Consolidar la consecución de sus objetivos, con inclinación a normas y leyes existentes; Constituye armoniosamente al trabajo y sus procesos; Incremento de eficiencia y productividad; Obtención de insumos compatibles con las necesidades (Lizarzaburu, La gestión de la calidad en Perú: Un estudio de la Norma ISO 9001, 2018). Los principios de gestionar la calidad son: enfoque al cliente, liderazgo, participación del personal, enfoque de sistema para la gestión, enfoque basado en procesos y en hechos para tomar decisiones, mejora continua, relaciones mutuamente beneficiosas con el proveedor (Pérez, 2022).

### *Sistema de Gestión de Calidad (SGC)*

Método que planifica, ejecuta, controla y define la actividad preventiva, cumpliendo metas y objetivos implantados en la misión organizacional y en el plan estratégico, suministrando con calidad excelente los productos/servicios, cubriendo exigencias de las partes interesadas y clientes (Lucin, 2019).

Las herramientas clave para el éxito de la SGC son: Mejora Continua-PHVA (basada en sus 4 fases: Planificar, Hacer, Verificar y Actuar); Círculos de Calidad (analizan problemas, identifican causas, proponen soluciones y comprueban efectos (calidad del trabajo, clima laboral, eficiencia, eficacia, desarrolló y seguridad); Diagramas de Flujos (determina el proceso real del funcionamiento de secuencias de pasos complejos); Histogramas (diagramas de barras que señalan una frecuencia de datos consecutivos de una misma variable); Diagrama de Pareto (separa problemas de gran magnitud de los de menor calibre); Diagrama de Ishikawa (identifica causas de problemas que produce un efecto determinado); y, Auditoría de Calidad (determina el grado de cumplimiento de criterios de auditoría UNE) (Chavarría, 2020).

### *Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)*

Una PTAR está comprendida por una infraestructura y procedimientos que tratan aguas residuales, es decir, eliminan elementos contaminantes (bacterias, toxinas y componentes nocivos) a través de procesos químicos, físicos y biológicos, para ser reutilizadas o depositadas al ambiente sin deteriorarla (MVCS, 2020). Sus beneficios son: Disminuir la producción de lodos de desecho considerables; Poseer un funcionamiento de operación autónoma; Cumplir los estándares de calidad frente a la descarga del agua en áreas naturales; Reutilizar sus aguas tratadas para agricultura y ganadería; Reducir costos de transportación del líquido y el impuesto por consumo del agua; Erradicar virus y bacterias; Eliminar malos olores; Garantizar la sostenibilidad en el mercado (CBR Ingeniería, 2020).

El proceso en una PTAR consta de 3 etapas, (CBR Ingeniería, 2020) afirma que son:

**1. Tratamiento primario o físico:** elimina residuos sólidos del H<sub>2</sub>O, empleando: Remoción de sólidos grandes (por un sistema de filtración); Tratamiento de sedimentación (dado gracias a separadores de gravedad); Sistemas de flotación (separan materiales y partículas, gracias a la adición de gasuelto o aire); Sistemas de coagulación y floculación (al agregar coagulantes, floculantes o precipitantes, se remueven emulsiones, dispersiones y metales pesados; y, Eliminar arena o gravilla.

**2. Tratamiento secundario o biológico:** quita los contaminantes biológicos del agua, mediante microorganismos asimiladores de materia orgánica y nutrientes, convirtiéndolo en materia biodegradable. Los tratamientos se dividen en: Sistemas de tratamiento aeróbicos (los microorganismos, aprovechándose de nutrientes y materia orgánica presentes en H<sub>2</sub>O, y en presencia de O<sub>2</sub>, oxidan la materia orgánica); y, Sistemas de tratamiento anaeróbicos (en ausencia de O<sub>2</sub>, un grupo de bacterias específicas, transforman materia orgánica en una mezcla de gases o biogás).

**3. Tratamiento terciario o químico:** elimina contaminantes concretos (P, N, minerales, metales pesados, etc.) mejorando la calidad final del agua; mediante estos sistemas: Filtración (retiene toxinas residuales y desechos de materia suspendida); Desinfección (reduce el número de organismos vivos por Ozonización, es decir, el O<sub>2</sub> molecular se convierte en 1 átomo de O<sub>2</sub> destruyendo bacterias); y, mediante Cloración, inactiva organismos al oxidar su material celular); y, Sistema de lagunaje (proceso natural de autodepuración de lagos y ríos).

### ***Lagunas de Oxidación***

Perforaciones poco profundas, donde prolifera microbios (algas, bacterias y protozoos) conviviendo simbióticamente y eliminando naturalmente a patógenos (vinculados con excrementos humanos, materia orgánica, sólidos suspendidos); responsables de hepatitis, cólera, parasitismo, enfermedades gastrointestinales. Es un método eficiente y fácil en el tratamiento de aguas residuales (Macías, 2019).

### ***Aguas Residuales***

Aguas, cuya composición original se modifica gracias a diversas actividades humanas, y debido a su calidad, pasan por tratamiento previo, para reutilizarlas o ser descargadas al sistema de alcantarillado (OEFA, 2014). Se componen de 99.9% de H<sub>2</sub>O y 0,1% de sólidos orgánicos (carbohidratos, grasas y proteínas, susceptibles a degradación por bacterias y organismos vivos) o por sólidos suspendidos (residuos de papel, restos fecales, arcilla, madera descompuesta, partículas de basura o comida); y, por arenas y sales minerales disueltas en productos de uso cotidiano humano (UNESCO, 2017). Su clasificación, BBVA (2021) y OEFA (2014) afirman que son: Domésticas (provenientes de residencias o comercios, presentan desechos orgánicos); Industriales (generadas por procesos industriales diversos, donde antes de ser vertidas al alcantarillado se tratan, cumpliendo con criterios exigidos por los Organismos Reguladores de agua residual); Agrícolas (provenientes de restos empleados en agricultura, en donde, los más contaminantes son los nitratos); y, Municipales (combinación de domésticas e industriales, tratadas previamente. Presentan desechos líquidos, transportados por la red de alcantarillado de las ciudades).

Las ventajas y desventajas del tratamiento de aguas residuales con lagunas de oxidación, Autoridad Nacional del Agua (2011) y Alianza por el Agua (2018) afirman que son:

- a. Ventajas (Menor coste de inversión, operación y mantenimiento; Alta eficiencia de erradicación de suspendidos totales, DBO<sub>5</sub>, sólidos sedimentables, coliformes y huevos de helmintos; La calidad del efluente hace posible la reutilización del agua, en riego para agricultura, acuicultura y áreas verdes; Brindan una estimación bastante exacta del estado operativo de las lagunas de oxidación con la observación visual y olfativa; e, Integración medioambiental.
- b. Desventajas (Ocupan grandes extensiones de terreno, que si se expanden generan rechazo en la población; Generan olores desagradables en las lagunas; Proliferan mosquitos; y, Pérdidas de agua por evaporación).

### ***Área Técnica Municipal de Agua y Saneamiento (ATM)***

Organismo que promueve la creación de Juntas Administradoras de Servicios de Saneamiento (JASS) y establece convenios interinstitucionales con sectores de educación, salud, JASS y comités de vigilancias ciudadana (MVCS , 2020). Así mismo: Garantiza y vela por el funcionamiento de servicios de agua y saneamiento óptimos, con planes estratégicos; y, Administra, monitorea y supervisa actividades que velen por la sostenibilidad de los sistemas (Embajada de Suiza, 2018). Como beneficios tiene: Operar y mantener un registro y estado situacional de servicios de saneamiento de una localidad; Articular diversos actores locales y regionales en agua y saneamiento; Brindar información y apoyar a comunidades a estructurar proyectos en agua y saneamiento; y, Reforzar la estructuración y cumplimiento de metas en agua y saneamiento para los planes de desarrollo (Embajada de Suiza, 2018).

Tener en cuenta que, a través del ATM, una PTAR puede funcionar, puesto que el ATM garantiza y vela por el funcionamiento de servicios de agua y saneamiento óptimos.

### ***Medio Ambiente***

Espacio de interacción y desarrollo de organismos; en donde en los últimos 20 años, los países actúan a nivel local y colectivo, para conservarlo y crecer sosteniblemente; implicando una gestión óptima de recursos naturales, políticas fiscales adecuadas, mercados financieros verdes y programas para gestionar desechos (Grupo Banco Mundial, 2023).

### ***Ventajas y Desventajas de una PTAR frente al medio ambiente***

Como ventajas están: Cuidar el medio ambiente (Mediante uso máximo de todos los recursos, evitando contaminar el ambiente por desechos.); Reutilización del líquido (Ej.: regar cultivos); Las Industrias se benefician (conservando limpio sus equipos, o porque sus productos utilizan ciertas cantidades, que después de ciertos procesos termina como un desperdicio); Rentable (reutilizarlo significa ahorro económico). Y como desventajas: Insectos (La PTAR al construirse al aire libre, son fuentes de atracción de éstos, pudiendo disminuir su efectividad del método o arruinarlo por completo); Pureza (garantiza que el agua devuelta este tratada, pero al haber fallas en las instalaciones, comprometen al producto final a no estar apto para su consumo); Inversión inicial (Su instalación depende de las necesidades de cada lugar, requiriendo mucho espacio, dinero, expertos como ingenieros hasta químicos para el manejo de equipos) (Infinito, 2023)

### ***Cultivos de Tallo Alto***

Los cultivos de tallo alto, generalmente son: de tipo frutal (papa y camote), procesados (arroz y trigo), alimentos para el ganado (forrajes), no son alimentos (algodón) y de tipo forestales (pino y eucalipto). Así como también, alfalfa, maíz, cebada, avena forrajera, tomate, ají, mango, palta, caña de azúcar, granada, paca, naranja y limón...Estos forman parte de la agricultura de nuestra región y algunos son cosechados con aguas residuales (Moscoso, 2016).

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Explicación metodológica del PRISMA**

Para cumplir el objetivo y a las preguntas de investigación planteados, se propone un análisis bibliométrico, permitiendo explorar, percibir y presentar información sobresaliente y considerable en gran volumen de documentos, cuyos resultados integran un conjunto de información útil que estima la actividad científica (Solano, 2009). De esta manera aumentar las causas de minucia y repetitividad del diseño metodológico el cual, se realiza partiendo de criterios descritos en la declaración PRISMA 2020 para revisiones de literatura

definiendo criterios de elegibilidad, fuente de información, estrategia de búsqueda y gestión de datos obtenidos al ejecutar esta estrategia en la fuente de datos seleccionada (Donoso, 2022).

### **Criterios de elegibilidad**

Contemplados en la declaración PRISMA 2020 se distribuyen en: criterios de inclusión (relación de artículos que contienen en sus metadatos como el título y palabras clave, y las diversas maneras de citación), y los criterios de exclusión (delimitados en 3 fases secuenciales nombradas cribado). En primer lugar, se excluyeron en su totalidad los elementos apreciados como errores tipológicos de indexación por cada fuente de información. Luego, la fase de exclusión de registros de texto completo (no aplica para el análisis bibliométrico, en tanto que está pensando para revisiones sistemáticas de literatura) (Donoso, 2022). Por último, se anularon todos los documentos derivados de actas de conferencia, del mismo modo los que sus metadatos estaban incompletos, puesto que limitan el análisis bibliométrico.

### **Fuente de información**

Son los documentos científicos relacionados con Gestión de Calidad en el Tratamiento Microbiológico en una PTAR, concentrados en bases de datos (SCOPUS, EBSCO, Google Scholar, repositorios, Entidades) utilizadas para los análisis bibliométricos (Donoso, 2022).

### **Estrategia de búsqueda**

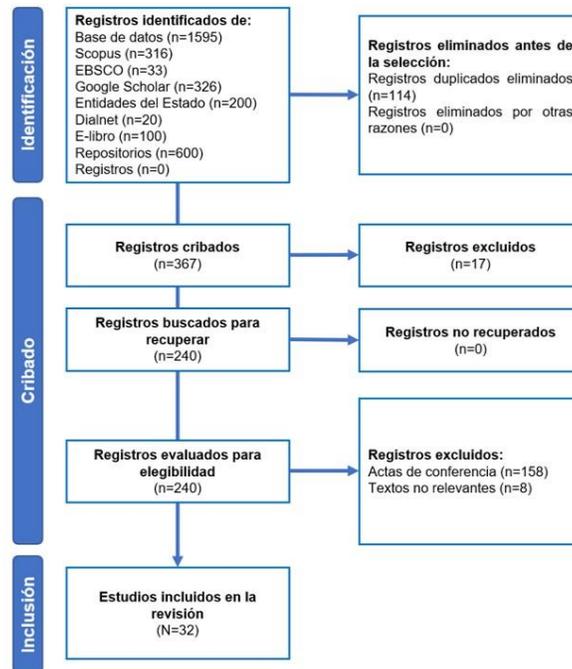
Para llevar a cabo una eficiente búsqueda en las bases de datos, de modo que todas las palabras clave definidas como criterios de inclusión puedan estar contenidas, se diseñan 2 ecuaciones especializadas de búsqueda semejantes, cuya variación se origina a partir de la interface de búsqueda de cada base de datos. Mediante conectores conocidos como operadores booleanos (AND y OR)

### **Gestión de datos**

Inmediatamente después de materializada la estrategia de búsqueda, se obtiene un total de 22711 documentos iniciales de las bases de datos SCOPUS y EBSCO, 316 y 33 respectivamente. Así como de Google Scholar con 2130 al inicio, y luego con 326 documentos priorizando que sean artículos entre los años 2018-2023. De igual manera, se consideró fuentes de Entidades del Estado, Dialnet, E-Libro, Repositorios. A pesar de esto, también se consideró algunas fuentes de años anteriores, porque nuestro tema no hay mucha información de años actuales.

### **Proceso de selección**

El desarrollo de la metodología lo realiza cada autor del artículo independientemente y las diferencias son tratadas colectivamente.



**Figura 1. Prisma 2020**

Fuente: Elaboración Propia

### 3. RESULTADOS

Frente a la problemática expuesta, y al objetivo “Evaluar la gestión de calidad del tratamiento microbiológico en una PTAR para aprovecharlo en cultivos de tallo alto”, basándonos en lo señalado por los autores, detallamos nuestras apreciaciones de c/u de los antecedentes ya mencionados, y posteriormente hacer una comparación entre ellos:

Basándonos en el resultado planteado en Vargas (2018) se expone que:

Los lodos se pueden utilizar como subproducto para cultivos, permitiendo cuantificar las concentraciones de nutrientes, para su aplicación en los suelos y de los compuestos dañinos a eliminarse, conllevando a que, haya mayores oportunidades de mejoras en las cosechas sin que haya organismos que puedan afectar su desarrollo, así como también, una vez ya cosechados garanticen que no afectarán a la salud de los propios agricultores y de las personas que consuman estos alimentos; y también, no hay que olvidar que todo esto conlleva a la minimización del impacto ambiental.

Basándonos en lo expuesto en Castillo (2017) se expone que:

Cada PTAR debe tener una secuencia correcta de sus procesos a la hora de dar el respectivo tratamiento a las aguas residuales, con el fin de que se llegue a eliminar el mayor porcentaje posible de materia orgánica presente. Para lo cual, se debe tener cierta evaluación y seguimiento constate de los efluentes (flujo de salida del agua residual tratada), acatando normas y tener conocimiento de los LMP de contaminantes, con el fin de que el tratamiento contenga los porcentajes correctos de los subproductos que lo conformen y así, no repercutan de manera negativa sobre el medio ambiente y/o la población cercana a ella.

Teniendo en cuenta, el resultado planteado en Castillo (2020) se expone que:

De las muchas maneras de tratar adecuadamente las aguas residuales, se emplea por ejemplo, el de bloques fertilizados con biosólidos, ya que, al ser residuos orgánicos sólidos, semisólidos o líquidos, y por su alto valor nutricional, pueden usarse para beneficiar la agricultura, conllevando a una mejora constante, reflejándose en el incremento de la producción de biomasa (hace que la materia orgánica funcione como fuente energética renovable) y el rendimiento de los cultivos, respetando así el medio ambiente.

Considerando lo expuesto en Aronés (2018) se expone que:

Otra metodología de tratamiento de aguas residuales es mediante el proceso físico de luz UV, ya que, al exponer a las bacterias, virus y protozoos presentes en estas aguas, frente a la luz UV y sus longitudes de onda germicidas, incapacitarán a estos organismos a reproducirse e infectar el suelo de los cultivos a donde se irá a utilizar una vez tratadas las aguas. Es por esto que, al emplear esta tecnología en muchas PTAR, están respetando el medio ambiente y vigilando la seguridad de sus comunidades, de los mismos operarios de la planta y del suministro local de las aguas. A su vez, es considerada como alternativa única de desinfección beneficiosa que posibilita la creación o liberación de subproductos cancerígenos al medio ambiente.

Tomando los aportes expuestos en Cabanillas (2020) se expone que:

Toda PTAR debe brindar un servicio óptimo a la sociedad, para esto los miembros de las municipalidades a cargo deben de seguir un protocolo de análisis y evaluación del tratamiento de sus aguas residuales, tomándose muestras de los sólidos totales suspendidos, temperatura, pH, etc.; no solo de sus aguas ya tratadas sino también, de los suelos, del ambiente donde se posan las aguas antes de ser distribuidas para consumo agrícola, para ver si están dentro de los LMP, establecidos por los D.S.; conllevando a que las aguas sean de calidad para consumo y/o empleo en la agricultura.

Teniendo en cuenta, el resultado planteado en Chipana (2022) se expone que:

Los lodos residuales, provenientes de una PTAR, se evaluarán para ver si se pueden reutilizar posteriormente en la agricultura. Frente a esto, cada PTAR debe contar con ciertas estrategias de calidad reflejadas en el agua a tratar, recomendando sacar una toma de muestras provenientes del agua, cada cierto tiempo, del efluente y afluente, mediante un correcto equipo que evite la contaminación del propio trabajador, así como del medio ambiente, y prevenir los riesgos de muestreo.

Basándonos en el resultado planteado en Rojas (2022) se expone que:

A pesar que se hizo el tratamiento respectivo no se logró buenos resultados, conllevando a la preocupante contaminación, ocasionado por un índice alto de bacterias contenidas en las aguas residuales y por el uso de productos químicos patogénicos, provocando el impacto sobre la salud y ambiente. Frente a esto, se debe de tener en cuenta ciertos conocimientos sobre qué tipo de productos sean los correctos para añadirse a lo largo del tratado de aguas residuales, evitando el surgimiento de posibles alteraciones (sobre los microorganismos yacientes en las aguas), y/o que sean capaces de revertir el proceso de tratamiento, ocasionando problemas sobre la salud de la sociedad o perjuicios del medio ambiente; ya que, lo que se quiere es prevenir esta situación. Por esto, se deberá contar con mano de obra especializada en este campo, para que el desenvolvimiento del proceso de aguas a tratar sea el óptimo y se llegue a ejecutar de una manera adecuada, volviéndose de provecho a la hora de reutilizarse sobre los cultivos de tallo alto.

Ahora, comparando lo afirmado por cada autor, y dando nuestras apreciaciones en c/u de ellos (para lo cual nos basamos en las existentes teorías e información del tema a tratar), se considera que, los resultados en Rojas (2022) se contraponen a los demás, porque su estudio logró ser dañino (por la presencia de un índice alto de bacterias y uso de productos patogénicos) para el hombre y medio ambiente, por lo que, expusimos nuestros conocimientos y el cómo se debería acatar este tipo de circunstancias; y como futuros ingenieros industriales, resolver ese problema, puesto que, lo que se persigue en general es evaluar la gestión de calidad en el tratamiento microbiológico en una PTAR para aprovecharlo en los cultivos de tallo alto.

#### **4. CONCLUSIONES**

Frente a las opiniones dadas sobre cada situación, se concluye que, resulta factible el hacer una correcta “Evaluación de Gestión de Calidad en el Tratamiento Microbiológico en una PTAR” ya que, conlleva a familias enteras a estar seguras, siempre y cuando, el trabajo de las municipalidades y Entidades (ATM) sea constante (ya sea a diario, semanal o mensual), garantizando el eficiente tratamiento dado a las aguas

residuales (eliminando los residuos suspendidos y/o materia orgánica) y su posterior reutilización en cultivos de tallo alto. Para esto, se necesita implementar políticas y regulaciones que fomenten y faciliten el uso de subproductos que se logren añadir en el proceso de tratamiento ocurrido en una PTAR, y se consiga un saneamiento eficiente (reduciendo riesgos sanitarios, previniendo la contaminación, y consecuentemente mejorar los niveles de salud de la gente, y tener un medio ambiente óptimo sin dañar animales y vegetación de la zona).

Con respecto a la metodología empleada, se descubrió que utilizar el diagrama PRISMA facilita la correcta búsqueda de información confiable (descartando lo que no sirve) para el análisis de dicha investigación. Siendo favorable para los lectores y sirviendo como fuente de información para futuras propuestas que beneficien evaluar la gestión de la calidad en el tratamiento microbiológico en una PTAR, proporcionado por las municipalidades, de las aguas residuales y su posterior utilización, así como el de preservar el medio ambiente.

Hay que tener en cuenta que, como futuros ingenieros industriales podríamos influir en la evaluación que se le daría frente a diversas y posibles amenazas que se pudiese encontrar en una PTAR, y a partir de ellas, hacer ciertas comparaciones de la realidad anterior y actual de las muestras obtenidas de las aguas tratadas, y la forma cómo se podría actuar y resolver las deficiencias que recaen en la sociedad, en las entidades (municipalidad y/o ATM) y sobre el medio ambiente.

Por último, frente a la discusión del artículo de revisión, se puede proponer alternativas como la desvinculación de sistemas de tuberías (cloacales y pluviales), la ampliación de las PTAR y su respectiva complementación de tecnologías de tratamiento rápido del agua, el replanteamiento del diseño de las ciudades, llegando a tener un mejorado control de la corriente del agua residual (concientizando a la población en general, mediante charlas informativas, del uso correcto del agua, dándoles a entender que no toda agua debe eliminarse ya que podría reutilizarse como fertilizantes naturales, o en la construcción de humedales) disminuyendo la contaminación por aguas residuales al eliminar con eficacia los contaminantes como el N y el P, agentes patógenos y pesticidas de ellas.

## REFERENCIAS

- Alianza por el Agua. (2018). *Manual de Depuración de Aguas Residuales Urbanas*. <http://idiaqua.eu/web/wp-content/uploads/2018/07/monografico3.pdf>
- Aronés, E. H. (2018). *Desifeción del efluente secundario de la planta de agua residual de Ayacucho con radiación ultravioleta para su reutilización en riego agrícola*. <https://web.s.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=0&sid=fb04c06f-7c8b-4820-af9c-64ea5fdfa393%40redis&bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#AN=130383471&db=zbh>
- Autoridad Nacional del Agua. (2011). *Taller: Mejora de gestión de la calidad del agua en las cuencas piloto*. [https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/4\\_tratamiento\\_ard\\_mlzt\\_0\\_2.pdf](https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/4_tratamiento_ard_mlzt_0_2.pdf)
- Barboza, E. &. (2018). *Evaluación y análisis del funcionamiento de las lagunas de estabilización construidas en localidades representativas en el departamento de Lambayeque, período 2015*. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque. <https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/5873/BC-3079%20MEDINA%20MU%3%91OZ-BARBOZA%20ALCANTARA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- BBVA. (2021). *¿Qué son y cómo se pueden clasificar las aguas residuales?* <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-son-y-como-se-pueden-clasificar-las-aguas-residuales/>

- Cabanillas, L. (2020). *Análisis de la eficiencia del sistema de tratamiento para la reutilización de aguas residuales de la cervecería Backus*. Universidad Señor de Sipán, Chiclayo. <https://repositorio.uss.edu.pe//handle/20.500.12802/7343>
- Castillo, E. C. (2017). Impacto de la evaluación de una PTAR. *Revista de la Alta Tecnología y la Sociedad*, 9(2). <https://web.s.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=0&sid=a026df38-757f-4ba9-94c2-8aa563428cb0%40redis&bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#AN=123802300&db=zbh>
- Castillo, J. M. (2020). Aprovechamiento de los biosólidos procedentes de plantas de tratamiento de aguas urbanas en agricultura. Estudio de caso en República Dominicana. 13(37). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7794697>
- CBR Ingeniería. (2020). *11 beneficios de tener una PTAR*. <https://blog.cbr-ingenieria.com.mx/beneficios-tener-una-ptar>
- Chavarría, P. (2020). *Modelo de calidad y su evaluación*. <https://elibro.net/es/ereader/bibsipan/224587>
- Chipana, J. (2022). *Caracterización y evaluación de los lodos residuales provenientes de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) la Escalerilla, para su reaprovechamiento en la agricultura*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa. <https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/62c4d3a4-9d4e-4ae8-9e8d-b387cb180b8c/content>
- Delgado, J. (2019). *Influencia de los microorganismos eficaces (Em agua) en los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del afluente del biorreactor en la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) Concepción-2018*. Universidad Continental. <https://core.ac.uk/download/pdf/266975378.pdf>
- Donoso, M. P. (2022). ¿Cómo hacer una revisión sistemática siguiendo el protocolo PRISMA? Usos y estrategias fundamentales para su aplicación en el ámbito educativo a través de un caso práctico. *Bordón Revista de Pedagogía*, 74(3). <https://recyt.fecyt.es/index.php/BORDON/article/view/95090/69934>
- Embajada de Suiza. (2018). *Áreas de asistencia técnica municipal - ATM para apoyar la gestión comunitaria del agua y el saneamiento rural. Guía para la implementación*. [https://www.shareweb.ch/site/Water/water%20in%20SDC/Documents/2.%20Documento%20ATM\\_OK\\_24.01.2019.pdf](https://www.shareweb.ch/site/Water/water%20in%20SDC/Documents/2.%20Documento%20ATM_OK_24.01.2019.pdf)
- García, A. (2020). *Introducción a la Gestión de Calidad*. <https://elibro.net/es/ereader/bibsipan/165233>
- Grupo Banco Mundial. (2023). *Medio ambiente*. <https://www.bancomundial.org/es/topic/environment/overview>
- Guarín, G. (2018). *Efectos del sistema de gestión de calidad en las entidades del sector público*. <https://elibro.net/es/ereader/bibsipan/70701>
- Infinito, E. M. (2023). *Ventajas y desventajas de una PTAR*. <https://elmundoinfinito.com/ventajas-desventajas-ptar/>
- Lizarzaburu, E. (2015). La gestión de la calidad en Perú: un estudio de la norma ISO 9001, sus beneficios y los principales cambios en la versión 2015. *Revista Universidad & Empresa*, 18(30). <https://www.redalyc.org/journal/1872/187244133006/html/>
- Lizarzaburu, E. (2018). La gestión de la calidad en Perú: Un estudio de la Norma ISO 9001. *Revista Universidad y Empresa*. [https://repositorio.esan.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12640/2443/lizarzaburu\\_2016a.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.esan.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12640/2443/lizarzaburu_2016a.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Lucin, J. S. (2019). Influencia de la cultura organizacional en el sistema de gestión de calidad: Estado del arte. *Revista Ciencia Digital*, 3(1). [https://www.researchgate.net/publication/331160043\\_Influencia\\_de\\_la\\_cultura\\_organizacional\\_en\\_el\\_sistema\\_de\\_gestion\\_de\\_calidad\\_Estado\\_del\\_arte](https://www.researchgate.net/publication/331160043_Influencia_de_la_cultura_organizacional_en_el_sistema_de_gestion_de_calidad_Estado_del_arte)

- Macías, K. (2019). *Evaluación ex post de los impactos socio-ambientales de la laguna de oxidación de la ciudad de Portoviejo*. Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa. <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/1536/1/UNESUM-ECU-ING.MEDIO-2019-03.pdf>
- Marchán, J. &. (2008). Diagnóstico situacional de los ecosistemas de tratamiento de aguas residuales en las EPS del Perú y propuestas de solución. Lima, Perú. <https://www.sunass.gob.pe/wp-content/uploads/2020/09/3.-Sunass-GIZ-PROAGUA-2008.-Diagn%C3%B3stico-situacional-de-los-sistemas-de-tratamiento-de-aguas-residuales-en-las-EPS-del-Per%C3%BA-y-propuestas-de-soluci%C3%B3n.pdf>
- Moscoso, J. (2016). *Manual de buenas prácticas para el uso seguro y productivo de las aguas residuales domésticas*. [https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/manual\\_de\\_buenas\\_practicas\\_para\\_el\\_uso\\_seguro\\_y\\_productivo\\_de\\_las\\_aguas\\_residuales\\_domesticas.pdf](https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/manual_de_buenas_practicas_para_el_uso_seguro_y_productivo_de_las_aguas_residuales_domesticas.pdf)
- MVCS . (2020). *Conozca las PTAR que se planea ejecutar en el país mediante asociaciones público privadas*. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/vivienda/noticias/306162-conozca-las-ptar-que-se-planea-ejecutar-en-el-pais-mediante-asociaciones-publico-privadas>
- OEFA. (2014). *Fiscalización ambiental en aguas residuales*. [https://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=7827](https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827)
- Pérez, A. (2022 ). *Lectura y entendimiento de los 7 principios de la Gestión de la Calidad en base a la ISO 9001:2015*. . Obtenido de <https://www.inenfive.com/2019/04/lectura-y-entendimiento-de-los-7.html>
- Rojas, E. (2022). *Gestión de residuos sólidos y tratamiento de aguas residuales en la provincia de Casma - Ancash 2021*. . Universidad César Vallejo, Lambayeque, Chiclayo. [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/80836/Rojas\\_REG-SD.pdf?sequence=8&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/80836/Rojas_REG-SD.pdf?sequence=8&isAllowed=y)
- Sarria, Y. (2018). *Modelo para la gestión pública de la calidad de vida a escala municipal*. <https://elibro.net/es/ereader/bibsipan/122217>
- Solano, E. e. (2009). La bibliometría: una herramienta eficaz para evaluar la actividad científica postgraduada. *Revista Electrónica de las Ciencias Médicas en Cienfuegos*. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1727-897X2009000400011](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-897X2009000400011)
- UNESCO. (2017). *Aguas residuales. El recurso desaprovechado*. [https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4\\_uibd.nsf/9A13A8A4E16D102F05258175006A9AD1/\\$FILE/1\\_\\_15.247647s.pdf](https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/9A13A8A4E16D102F05258175006A9AD1/$FILE/1__15.247647s.pdf)
- Vargas, G. &. (2018). *Aprovechamiento de lodos de la planta de tratamiento de aguas residuales del municipio de Funza, como insumo de cultivo y mejoramiento de suelo*. Universidad Católica de Colombia. <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/16425/1/Trabajo%20de%20Grado%20-%20%20Lodos%20Funza.pdf>