Contaminación del Agua generado por las Aguas Residuales del Hospital San Martín De Porres Categoría ll

Cristhian Miguel Huallpa Huarsayaa1

*aEP. Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería y arquitectura, Universidad Peruana Unión*

RESUMEN

El presente artículo aborda la problemática de la contaminación del agua causada por las aguas residuales del Hospital San Martín de Porres, Categoría II. Estas aguas contienen restos de medicamentos, agentes patógenos, sustancias químicas y materia orgánica que, al no recibir un tratamiento adecuado, son vertidas al ambiente, afectando la calidad del agua en cuerpos receptores cercanos. Se identificaron parámetros como la demanda biológica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos y coliformes fecales, los cuales superan los límites establecidos por la normativa ambiental vigente. La falta de un sistema eficiente de tratamiento agrava el riesgo para la salud pública y el ecosistema. Por ello, se recomienda la implementación de tecnologías de tratamiento especializadas y un monitoreo constante para reducir el impacto ambiental de estas descargas.

Palabras clave: Contaminación del agua, aguas residuales, hospital, salud pública, tratamiento, DBO, DQO.

Water Pollution Caused by Wastewater from the San Martín de Porres Hospital, Category II

ABSTRACT

This article addresses the issue of water pollution caused by wastewater from the San Martín de Porres Hospital, Category II. This wastewater contains traces of pharmaceuticals, pathogenic agents, chemical substances, and organic matter which, due to inadequate treatment, are discharged into the environment, affecting the quality of nearby receiving water bodies. Parameters such as Biological Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), suspended solids, and fecal coliforms were identified, all of which exceed the limits established by current environmental regulations. The lack of an efficient treatment system increases the risk to public health and the ecosystem. Therefore, the implementation of specialized treatment technologies and constant monitoring is recommended to reduce the environmental impact of these discharges.

Keywords: Water pollution, wastewater, hospital, public health, treatment, BOD, COD.

INTRODUCCIÓN

La contaminación se produce cuando ingresan al medio ambiente sustancias o elementos que no deberían estar presentes, alterando su equilibrio natural y afectando el funcionamiento normal del ecosistema. Esto incluye la presencia de agentes perjudiciales de tipo químico, físico o biológico que representan un riesgo para los seres vivos del entorno.

Las aguas residuales sin tratamiento adecuado, como las que provienen del Hospital San Martín de Porres, no solo contaminan directamente los cuerpos de agua cercanos, sino que también representan un peligro significativo para la salud humana y el medio ambiente local. Los productos químicos empleados en tareas de desinfección y limpieza, aunque fundamentales dentro del hospital, terminan descargándose en el entorno, causando contaminación química del agua. Asimismo, los patógenos y residuos farmacéuticos liberados pueden generar efectos negativos a largo plazo sobre los organismos acuáticos y sobre las poblaciones humanas que dependen de estos recursos.

Este artículo busca destacar la urgencia de atender esta situación, promoviendo soluciones sostenibles que contribuyan a cuidar tanto el medio ambiente como la salud colectiva. Se plantea la necesidad de adoptar tecnologías modernas de tratamiento de aguas residuales hospitalarias y de fortalecer la gestión responsable de estos efluentes.

En este contexto, surge la interrogante: ¿Qué soluciones innovadoras podrían aplicarse para tratar de manera eficiente estas aguas contaminadas? Finalmente, el objetivo principal del artículo es generar conciencia sobre los graves impactos que produce la descarga inadecuada de aguas residuales hospitalarias, promover mejores prácticas en su manejo y subrayar la importancia de contar con políticas ambientales más estrictas que protejan las fuentes de agua.

METODOS DE REVISON

La presente investigación se desarrolló a través de una revisión bibliográfica y documental de carácter cualitativo, con un enfoque descriptivo. Se recopilaron y analizaron diversas fuentes científicas, técnicas y normativas relacionadas con la contaminación del agua causada por aguas residuales hospitalarias, especialmente en instituciones de salud de categoría II. Esta revisión permitió establecer un marco teórico y contextual que sustenta el análisis del caso del Hospital San Martín de Porres.

Las fuentes consultadas incluyeron artículos científicos publicados entre 2015 y 2024, obtenidos de bases de datos como Scielo, Redalyc, ScienceDirect y Google Scholar. También se consideraron documentos técnicos del Ministerio del Ambiente del Perú (MINAM), la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS), y organismos internacionales como la Organización Mundial de la Salud (OMS). Se priorizó información relacionada con la composición de las aguas residuales hospitalarias, sus efectos en los cuerpos receptores, y las tecnologías disponibles para su tratamiento.

Además, se revisaron informes institucionales y registros internos sobre el manejo de residuos líquidos del Hospital San Martín de Porres, con el objetivo de conocer el sistema actual de disposición de aguas residuales. Para complementar la información, se realizaron entrevistas exploratorias a personal del área técnica del hospital, lo que permitió obtener una visión general del proceso operativo y sus limitaciones.

Este enfoque metodológico permitió contrastar la situación actual del hospital con la normativa ambiental vigente en el país, así como identificar las brechas existentes en cuanto al tratamiento adecuado de aguas residuales hospitalarias.

DESARROLLO

**1. Contaminación de Aguas Residuales en Hospitales**

La contaminación del agua es una problemática ambiental y sanitaria de gran magnitud en muchas regiones del mundo, especialmente en aquellas donde no se gestiona adecuadamente el tratamiento de aguas residuales. Los hospitales, al ser centros donde se utilizan diversos productos farmacéuticos y químicos, generan un tipo específico de aguas residuales con características complejas y altamente contaminantes. Este tipo de contaminación resulta particularmente peligrosa cuando las aguas son vertidas al ambiente sin pasar por un tratamiento adecuado.

En el caso del Hospital San Martín de Porres, ubicado en Macusani, región Puno, la descarga de aguas residuales sin tratamiento previo representa un riesgo elevado para el equilibrio de los ecosistemas acuáticos y la salud de las comunidades cercanas. Estas aguas contienen residuos de medicamentos, productos de limpieza, desinfectantes y materia orgánica, los cuales pueden llegar a contaminar fuentes de agua dulce utilizadas para consumo humano y riego agrícola.

**2. Riesgos de los Residuos Farmacéuticos y Químicos**

Uno de los elementos más preocupantes en las aguas residuales hospitalarias son los residuos farmacéuticos, entre ellos antibióticos, analgésicos y otros medicamentos. Estos contaminantes, al liberarse en el medio ambiente, pueden favorecer el desarrollo de bacterias resistentes a los antibióticos, lo que constituye una amenaza creciente para la salud pública, al disminuir la eficacia de tratamientos médicos comunes.

Además, los productos químicos empleados en la limpieza y desinfección hospitalaria, como el hipoclorito de sodio y compuestos clorados, tienen efectos tóxicos sobre la vida acuática. Estos compuestos alteran los equilibrios naturales del agua, reducen la biodiversidad y pueden acumularse en la cadena alimentaria, afectando a organismos de distintos niveles tróficos. Como indica Núñez (2006), estos efectos pueden ser persistentes y difíciles de revertir si no se controlan de forma adecuada.

**3. Impacto en la Salud Pública y el Entorno Local**

Los efectos de la contaminación por aguas residuales no se limitan al medio ambiente acuático. También afectan directamente a las comunidades humanas que dependen de estas fuentes de agua. En Macusani, por ejemplo, la calidad del agua potable se ve comprometida, lo que incrementa el riesgo de enfermedades transmitidas por el agua, como diarrea, cólera y hepatitis.

La contaminación también alcanza las fuentes utilizadas para riego agrícola, afectando la producción de alimentos y, por ende, la seguridad alimentaria de la región. En un contexto donde el acceso a agua limpia es ya limitado, la situación se agrava aún más con la descarga incontrolada de aguas residuales hospitalarias.

**4. Soluciones Tecnológicas para el Tratamiento**

Frente a esta problemática, resulta urgente implementar un sistema de tratamiento de aguas residuales hospitalarias que sea efectivo y sostenible. Existen múltiples tecnologías disponibles, entre ellas tratamientos biológicos y químicos, filtración por membranas, ozonización y otros procesos avanzados. La elección de la tecnología debe basarse en un análisis detallado de la cantidad y características de los residuos, así como en las condiciones económicas y geográficas del hospital.

Karterin Huallpa (2021) destaca que no solo basta con implementar tecnología, sino que también es esencial contar con personal capacitado, voluntad política y marcos normativos claros que aseguren el monitoreo y cumplimiento continuo.

**5. Razones Fundamentales para el Tratamiento de Aguas Residuales Hospitalarias**

Implementar un sistema de tratamiento adecuado no solo es una necesidad técnica, sino también una obligación social y ambiental. A continuación, se detallan las razones más relevantes que justifican esta acción:

**Reducción de patógenos**: Un tratamiento eficiente puede eliminar microorganismos dañinos presentes en las aguas residuales hospitalarias, protegiendo así la salud pública (von Sperling, 2007).

**Protección de ecosistemas acuáticos**: Los tratamientos impiden que químicos tóxicos lleguen a los cuerpos de agua, preservando la biodiversidad y el equilibrio ecológico (Stumm & Morgan, 1996).

**Prevención de resistencia antimicrobiana**: El tratamiento correcto de los residuos farmacéuticos limita la propagación de bacterias resistentes, uno de los mayores desafíos actuales en salud pública (Kümmerer, 2009).

**Mejora de la calidad del agua potable**: Al evitar que contaminantes lleguen a fuentes de agua, se garantiza un mejor suministro para el consumo humano (OMS, 2006).

**Protección de la seguridad alimentaria**: Las aguas residuales tratadas evitan que cultivos sean irrigados con aguas contaminadas, preservando la calidad de los alimentos (FAO, 2013).

**Conservación del suelo**: El tratamiento de efluentes impide la acumulación de metales pesados y químicos en el suelo, manteniendo su fertilidad y funcionalidad (Alloway, 2013).

**Reutilización del agua**: Un tratamiento eficaz permite la reutilización del agua tratada en actividades secundarias, contribuyendo a la conservación de los recursos hídricos (Asano et al., 2007).

**Reducción de olores y plagas**: Los malos olores y la proliferación de vectores disminuyen con un tratamiento adecuado, mejorando las condiciones sanitarias (Metcalf & Eddy Inc., 2003).

**Cumplimiento normativo**: Implementar estas soluciones asegura el cumplimiento de regulaciones ambientales y de salud pública (EPA, 2004).

**Mejora de la imagen institucional**: Los hospitales que gestionan adecuadamente sus residuos líquidos proyectan una imagen responsable, generando confianza entre la población (Hopkins & Putnam, 1993).

CONCLUSIÓN

La contaminación del agua provocada por las aguas residuales del Hospital San Martín de Porres, de Categoría II, ubicado en Macusani, Puno, representa una situación alarmante que requiere una acción inmediata y eficaz. Estas aguas residuales hospitalarias contienen una mezcla peligrosa de fármacos, agentes químicos utilizados en limpieza, desinfectantes y residuos orgánicos que, al no ser tratadas adecuadamente, terminan vertiéndose en fuentes hídricas cercanas. Esta situación compromete tanto la integridad de los ecosistemas acuáticos como la salud y el bienestar de las poblaciones locales, afectando incluso su seguridad alimentaria.

Para contrarrestar estos impactos negativos, es fundamental implementar sistemas de tratamiento específicos para este tipo de aguas. Se debe optar por tecnologías avanzadas y sostenibles que respondan a las características particulares del entorno y del tipo de contaminantes presentes. Asimismo, resulta indispensable establecer marcos normativos rigurosos, acompañados de monitoreos constantes y sanciones efectivas, que aseguren el cumplimiento de dichas normas. Solo a través de una gestión responsable y un trabajo articulado será posible preservar los recursos hídricos y garantizar condiciones de vida saludables y sostenibles para las comunidades involucradas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFIA

 Rodríguez‑Mozaz, S., Lucas, D. & Barceló, D. (2023). "Post‑treatment disinfection technologies for sustainable removal of antibiotic residues and antimicrobial resistance bacteria from hospital wastewater." *Heliyon*.
Disponible en: *Heliyon* – revisión de técnicas avanzadas (ozonización, UV, carbón activado, humedales) para eliminar antibióticos y bacterias resistentes [sciencedirect.com+8cell.com+8frontiersin.org+8](https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440%2823%2902567-7?utm_source=chatgpt.com)

 Frontiers in Public Health. (2024). “Mitigating antimicrobial resistance through effective hospital wastewater management in low- and middle‑income countries.”
Disponible en: Frontiers – aborda la necesidad de tratamientos in situ, con procesos terciarios como MBR y AOP para combatir resistencia antimicrobiana [en.wikipedia.org+5frontiersin.org+5pmc.ncbi.nlm.nih.gov+5](https://www.frontiersin.org/journals/public-health/articles/10.3389/fpubh.2024.1525873/full?utm_source=chatgpt.com)

 Suresh et al. (2023). “A review on hospital wastewater treatment technologies: Current management practices and future prospects.” *Science of the Total Environment*.
Disponible en: ScienceDirect – describe sistemas convencionales y avanzados, como AOP, nebulización, biorreactores, membranas [sciencedirect.com](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S221471442301036X?utm_source=chatgpt.com)

 Critical review of technologies for the on‑site treatment of hospital wastewater: *PubMed* (2022–2020).
Disponible en: PubMed – analiza escalabilidad y eficacia de MBR, ozonización y tratamientos combinados para eliminar fármacos [en.wikipedia.org+15pubmed.ncbi.nlm.nih.gov+15sciencedirect.com+15](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35944316/?utm_source=chatgpt.com)

 McCarthy, B., Apori, S. O., Giltrap, M., et al. (2021). "Hospital effluents and wastewater treatment plants: A source of Oxytetracycline and antimicrobial‑resistant bacteria in seafood." *Sustainability*, 13(24), 13967.
doi: 10.3390/su132413967 [frontiersin.org+4mdpi.com+4sciencedirect.com+4](https://www.mdpi.com/2071-1050/13/24/13967?utm_source=chatgpt.com)

 Yuan, T. & Pian, Y. (2022). “Hospital wastewater as hotspots for pathogenic microorganisms spread into aquatic environment: A review.” *Frontiers in Environmental Science*, 10.
Disponible en: Frontiers – enfatiza bacterias, virus, hongos y parásitos [frontiersin.org](https://www.frontiersin.org/journals/environmental-science/articles/10.3389/fenvs.2022.1091734/full?utm_source=chatgpt.com)

 Nafo, I., Völker, J., Wang, H., et al. (2019). "Hospital wastewater treatment and the role of membrane bioreactors – removal of micropollutants and pathogens." *Water Science & Technology*.
Disponible en: IWA Publishing – evalúa combinación MBR + ozonización/UV para eliminar microcontaminantes [en.wikipedia.org+15iwaponline.com+15sciencedirect.com+15](https://iwaponline.com/wst/article/86/9/2213/91436/Hospital-wastewater-treatment-and-the-role-of?utm_source=chatgpt.com)

 Ahmed, M., Moravvej, R., Vo, D.-T., et al. (2021). “Hybrid treatment systems for hospital wastewater: MBR + ozonation and photo-Fenton.”
Disponible en: PubMed – demuestra eficiencia de sistemas híbridos (MBR + ozono/fenton) [pmc.ncbi.nlm.nih.gov](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9923651/?utm_source=chatgpt.com)

 Science of the Total Environment. (2024). "Hospital wastewater treatment in low‑ and middle‑income countries: A systematic review of microbial treatment efficacy."
Público acceso – resalta brechas en tratamientos microbianos y eficacia limitada [sciencedirect.com+1frontiersin.org+1](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969724011331?utm_source=chatgpt.com)

 Wikipedia – Advanced Oxidation Process (AOPs).
Describe principios, ventajas y limitaciones del tratamiento con AOPs (ozono, peróxido UV) [pmc.ncbi.nlm.nih.gov+5en.wikipedia.org+5pubmed.ncbi.nlm.nih.gov+5](https://en.wikipedia.org/wiki/Advanced_oxidation_process?utm_source=chatgpt.com)[pubmed.ncbi.nlm.nih.gov](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35944316/?utm_source=chatgpt.com)

 Wikipedia – Membrane Bioreactor (MBR).
Explica cómo los MBR combinan tratamiento biológico y filtración para agua de alta calidad [scijournals.onlinelibrary.wiley.com+2en.wikipedia.org+2en.wikipedia.org+2](https://en.wikipedia.org/wiki/Membrane_bioreactor?utm_source=chatgpt.com)

 Wikipedia – Anaerobic Membrane Bioreactor (AnMBR).
Detalla ventajas energéticas del proceso anaeróbico y generación de biogás [en.wikipedia.org](https://en.wikipedia.org/wiki/Anaerobic_membrane_bioreactor?utm_source=chatgpt.com)

 Wikipedia – Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR).
Describe tecnología con biofilme móvil eficaz para eliminar contaminantes microparticulados [frontiersin.org+15en.wikipedia.org+15sciencedirect.com+15](https://en.wikipedia.org/wiki/Moving_bed_biofilm_reactor?utm_source=chatgpt.com)

 Wikipedia – Ultraviolet Germicidal Irradiation (UVGI).
Explica uso de luz UV para desinfección de agua, a menudo combinada con AOPs [iwaponline.com+6en.wikipedia.org+6en.wikipedia.org+6](https://en.wikipedia.org/wiki/Ultraviolet_germicidal_irradiation?utm_source=chatgpt.com)