

Artículo Científico / Scientific Article

Caracterización fisicoquímica del agua residual de la morgue del Hospital Roosevelt, Guatemala

Physicochemical characterization of wastewater from the morgue at Roosevelt Hospital

Noé de Jesús Quan Barrios¹, Pedro Cipriano Saravia Celis¹

¹Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala

Dirección para recibir correspondencia: noequan2@gmail.com

Recibido: 18/08/2025 Revisión: 22/09/2025 Aceptado: 12/12/2025

Resumen

Las características fisicoquímicas del agua residual generada en morgues no habían sido documentadas previamente en Guatemala. El objetivo fue caracterizar el agua residual de la morgue del Hospital Roosevelt mediante la determinación de caudal, temperatura, pH, nitrógeno total, fósforo total, color, sólidos suspendidos, demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días (DBO₅) y demanda química de oxígeno (DQO), así como evaluar su biodegradabilidad y estimar sus cargas contaminantes. Se realizaron 10 muestreos compuestos entre septiembre y noviembre de 2025. Cada muestra integró cuatro muestras simples, recolectadas a intervalos de una hora entre las 12:00 y las 15:00 horas. La DQO promedio fue de 2,694.30 mg/l, equivalente a 6.40 veces el valor de referencia para aguas residuales domésticas crudas en Guatemala. La relación DBO₅/DQO fue de 0.17, indicando baja biodegradabilidad. Para el período diario observado de tres horas, las cargas contaminantes estimadas fueron 0.53 kg de DBO₅, 3.05 kg de DQO y 0.58 kg de sólidos suspendidos, con un caudal promedio de 0.1047 l/s; estos valores no representan una extrapolación a 24 horas. Los resultados constituyen una línea base para orientar futuras investigaciones y evaluar alternativas de tratamiento para este tipo de efluente.

Palabras clave: efluentes hospitalarios, demanda química de oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno, biodegradabilidad, carga contaminante, agua residual.

Abstract

The physicochemical characteristics of wastewater generated in morgues had not previously been documented in Guatemala. The objective of this study was to characterize wastewater from the morgue of Hospital Roosevelt by determining flow rate, temperature, pH, total nitrogen, total phosphorus, color, suspended solids, five-day biochemical oxygen demand (BOD₅), and chemical oxygen demand (COD), as well as to assess its biodegradability and estimate its pollutant loads. Ten composite samples were collected between September and November 2025. Each composite sample consisted of four grab samples collected at one-hour intervals between 12:00 and 15:00. The average COD concentration was 2,694.30 mg/L, equivalent to 6.40 times the reference value for raw domestic wastewater in Guatemala. The BOD₅/COD ratio was 0.17, indicating low biodegradability. For the observed three-hour daily period, the estimated pollutant loads were 0.53 kg of BOD₅, 3.05 kg of COD, and 0.58 kg of suspended solids, with an average flow rate of 0.1047 L/s; these values were not extrapolated to 24 hours. The results provide a baseline to guide future research and evaluate treatment alternatives for this type of effluent.

Key words: hospital effluents, chemical oxygen demand, biochemical oxygen demand, biodegradability, pollutant load, wastewater.



© 2025 Noé de Jesús Quan Barrios y Pedro Cipriano Saravia Celis

Agua, Saneamiento & Ambiente, es editada por la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Esta obra está protegida bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-Compartir Igual 4.0. <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

Introducción

Las morgues hospitalarias generan aguas residuales como consecuencia de actividades específicas de recepción y conservación de cadáveres, necropsias, procedimientos de patología, lavado de superficies, limpieza y desinfección. Por su origen, estos efluentes pueden presentar características distintas de las aguas residuales domésticas y de las generadas por otras áreas hospitalarias.

Las actividades realizadas en una morgue pueden incorporar al agua residual fluidos corporales, tejidos y sangre, así como sustancias empleadas durante los procedimientos de limpieza, desinfección y patología. Entre estas sustancias pueden encontrarse formaldehído, xileno, glutaraldehído, alcoholes, colorantes histológicos y desinfectantes, los cuales pueden modificar las características del efluente (Kümmerer, 2001; Verlicchi et al., 2015).

Los establecimientos de salud también pueden descargar contaminantes emergentes, como antibióticos, desinfectantes y productos farmacéuticos. Algunos de estos compuestos persisten en el ambiente y pueden favorecer la resistencia microbiana (Kümmerer, 2009). En las morgues, su presencia potencial depende de las actividades realizadas y de los productos utilizados; el presente estudio no incluyó su determinación.

Los efluentes hospitalarios son mezclas complejas que pueden contener agentes infecciosos, compuestos tóxicos, productos farmacéuticos y otros contaminantes (World Health Organization, 2014). Por ello, la caracterización específica del agua residual de una morgue es necesaria para conocer sus propiedades fisicoquímicas y establecer criterios preliminares para su manejo y tratamiento.

En América Latina, la caracterización de aguas residuales hospitalarias ha sido limitada y la información específica sobre efluentes de morgues es aún menor. Montoya et al. (2006) diseñaron un sistema de tratamiento para una instalación forense en Bogotá y reportaron cargas de DBO₅, DQO y sólidos suspendidos, lo que constituye un antecedente regional para comparar este tipo de efluentes.

En Guatemala, los estudios sobre aguas residuales hospitalarias también son escasos. Monge y Del Cid (2006) caracterizaron el efluente del Hospital General

de Accidentes del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social y documentaron cargas orgánicas, pero la información disponible sobre descargas provenientes específicamente de morgues continúa siendo limitada.

Como referencia nacional, Peralta Salgado (2016) caracterizó la composición típica de las aguas residuales domésticas crudas en Guatemala mediante parámetros fisicoquímicos equivalentes a los evaluados en este estudio. Sus resultados brindan una base de comparación para determinar si el efluente de la morgue presenta características distintas de un agua residual doméstica.

Peralta Salgado (2016) también reportó una relación DBO₅/DQO de 0.57, indicativa de elevada biodegradabilidad. Este antecedente permite contrastar la biodegradabilidad del agua residual doméstica con la del efluente generado en la morgue del Hospital Roosevelt.

La revisión de antecedentes realizada para este estudio no identificó caracterizaciones publicadas en Guatemala sobre la composición fisicoquímica y la biodegradabilidad de efluentes provenientes específicamente de morgues hospitalarias.

El Hospital Roosevelt es uno de los principales centros hospitalarios de Guatemala. Su morgue realiza actividades de recepción, almacenamiento y necropsia de cadáveres, además de procedimientos de patología. La ausencia de información sobre el efluente generado en estas áreas impide establecer una línea base específica para su evaluación.

La caracterización fisicoquímica del efluente permite establecer una línea base, evaluar su biodegradabilidad y estimar las cargas contaminantes generadas durante el período de estudio. Estos elementos aportan criterios preliminares para orientar investigaciones posteriores y valorar alternativas de tratamiento.

El objetivo de la investigación fue caracterizar el agua residual generada en la morgue del Hospital Roosevelt mediante la determinación de caudal, temperatura, pH, nitrógeno total, fósforo total, color, sólidos suspendidos, DBO₅ y DQO. También se evaluó la relación DBO₅/DQO y se estimaron las cargas de DBO₅, DQO y sólidos suspendidos durante el período de muestreo.

Los resultados proporcionan una línea base fisicoquímica para futuras investigaciones sobre aguas

residuales de morgues hospitalarias y para la evaluación preliminar de alternativas de tratamiento en instalaciones con características comparables.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en la morgue del Hospital Roosevelt, ubicada en la 5.^a avenida 6-22, zona 11, Ciudad de Guatemala. La instalación comprende áreas de recepción y almacenamiento de cadáveres, sala de necropsias, patología y espacios para limpieza y desinfección. El estudio se delimitó al efluente generado por estas áreas antes de su incorporación al sistema de alcantarillado general.

Enfoque metodológico

La investigación tuvo un enfoque cuantitativo, diseño no experimental, alcance descriptivo y corte longitudinal. La unidad de estudio correspondió al agua residual generada en la morgue del Hospital Roosevelt durante el período de muestreo. Las observaciones se realizaron sin manipular las condiciones de operación de la instalación.

Variables

Las variables medidas directamente fueron caudal, temperatura, pH, nitrógeno total, fósforo total, color, sólidos suspendidos, DBO₅ y DQO. A partir de estos resultados se calcularon la relación DBO₅/DQO y las cargas de DBO₅, DQO y sólidos suspendidos. Las concentraciones se expresaron en mg/L, el caudal en L/s, la temperatura en °C, el color en unidades Pt/Co y las cargas en kg/d.

Muestra y muestreo

El punto de muestreo se ubicó antes de la incorporación del drenaje de la morgue al sistema principal de alcantarillado hospitalario. Se utilizó un muestreo no probabilístico por conveniencia, con muestras compuestas recolectadas conforme a los lineamientos del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala (2008). Se efectuaron 10 jornadas de muestreo entre septiembre y noviembre de 2025.

Instrumentos de obtención de información

Cada muestra compuesta estuvo integrada por cuatro muestras simples recolectadas a intervalos de una hora entre las 12:00 y las 15:00 horas. Este periodo de tiempo se seleccionó por conveniencia; por tanto, los

resultados representan únicamente las descargas generadas en ese intervalo y no deben interpretarse como una caracterización del ciclo diario completo. Se utilizaron recipientes de plástico esterilizados, con capacidad de 1 litro. La información obtenida in situ permitió identificar las actividades que generan el efluente y los principales reactivos utilizados en la morgue.

El número mínimo de muestras se estimó con el procedimiento descrito por la American Public Health Association et al. (1998), mediante la expresión:

$$N \geq ((t^*s)/U)^2 \quad (1)$$

Donde N es el número mínimo de muestras por tomar, t es el valor de la prueba t de Student para el nivel de confianza seleccionado, s es la desviación estándar global y U es el nivel aceptable de incertidumbre.

Se adoptó una relación s/U de 1.33 y un nivel de confianza de 95 %, con lo que se obtuvo un mínimo de siete repeticiones. Se realizaron 10 muestras compuestas para ampliar la base descriptiva del estudio.

Trabajo de campo

Durante cada jornada se recolectaron las cuatro muestras simples previstas, se integró la muestra compuesta y se registró el caudal correspondiente a cada horario. Las muestras se identificaron por fecha y hora antes de su traslado para el análisis fisicoquímico.

Análisis de datos

Después de la recolección, las muestras se conservaron y transportaron conforme a los requisitos aplicables de la American Public Health Association, la American Water Works Association y la Water Environment Federation (2017).

La temperatura y el pH se determinaron en campo, mientras que nitrógeno total, fósforo total, color, sólidos suspendidos, DBO₅ y DQO se analizaron en laboratorio. Para cada parámetro se documentaron el número del método de la American Public Health Association, la American Water Works Association y la Water Environment Federation (2017).

Los resultados se resumieron mediante promedio, desviación estándar, valores mínimo y máximo. Para el caudal se aplicó un ANOVA de dos vías con día y

horario de muestreo como factores. Para cada parámetro fisicoquímico se aplicó una prueba de una muestra para contrastar el promedio de las 10 muestras con el valor de referencia de agua residual doméstica de Peralta Salgado (2016). Se adoptó un nivel de significancia de 0.05. Antes de interpretar los resultados se verificaron los supuestos de normalidad, independencia y homogeneidad de varianzas; cuando no se cumplieron, se utilizaron pruebas no paramétricas equivalentes. Debido a las comparaciones múltiples, los valores p se interpretaron con el ajuste definido en el protocolo estadístico.

La biodegradabilidad se estimó mediante la relación DBO₅/DQO. Las cargas contaminantes se estimaron para el período diario observado de tres horas, comprendido entre las 12:00 y las 15:00 horas. Para el cálculo se asumió que el caudal promedio medido permaneció constante durante esas tres horas y que no hubo descarga fuera de ese intervalo. Se utilizó la expresión:

$$\text{Carga (kg/d)} = C \times Q \times 0.0108 \quad (2)$$

Donde C es la concentración promedio del parámetro en mg/L, Q es el caudal promedio en L/s y 0.0108 es el factor de conversión correspondiente a 10,800 s/3 horas y 10⁶ mg/kg. Por tanto, las cargas obtenidas representan estimaciones para el período diario de tres horas. La interpretación de la relación DBO₅/DQO se realizó con los intervalos establecidos por Metcalf & Eddy, Inc., y AECOM (2014).

Resultados

Se analizaron 10 muestras compuestas, una por cada jornada de muestreo. La tabla 1 presenta el caudal promedio y la desviación estándar de las cuatro mediciones horarias realizadas en cada jornada.

El caudal promedio de las 10 jornadas fue de 0.1047 L/s. El mayor caudal promedio se registró en la segunda jornada, con 0.1900 L/s, y el menor en la sexta, con 0.0400 L/s. El valor de 0.0445 corresponde al promedio de las desviaciones estándar calculadas para cada jornada y no a la desviación estándar global de las 40 mediciones.

Tabla 1. Caudal promedio de agua residual y desviación estándar.

Día (fecha)	Caudal promedio (l/s)	Desviación estándar
D1	0.0875	0.0479
D2	0.1900	0.1003
D3	0.0550	0.0635
D4	0.1100	0.0337
D5	0.1125	0.0650
D6	0.0400	0.0183
D7	0.0850	0.0520
D8	0.1500	0.0356
D9	0.1000	0.0115
D10	0.1175	0.0171
Promedio	0.1047	0.0445

La tabla 2 presenta el análisis de varianza de los caudales entre los días y los horarios de recolección.

Se observaron diferencias significativas entre los días de muestreo ($p = 0.0196$), pero no entre los horarios de recolección ($p = 0.5454$).

Tabla 2. Análisis de varianza de los caudales entre horas y entre días.

Fuente de variación	Valor P
Días de análisis	0.0196
Días de recolección	0.5454

La tabla 3 presenta los valores promedio, máximo y mínimo de los parámetros fisicoquímicos determinados en las muestras de agua residual de la morgue del Hospital Roosevelt.

Los valores promedio fueron 22.13 °C de temperatura, 511.50 mg/l de sólidos suspendidos, 125.00 mg/l de nitrógeno total, 60.68 mg/l de fósforo total, pH de 5.76, 513.70 unidades Pt/Co de color, 466.00 mg/l de DBO₅ y 2,694.30 mg/l de DQO.

El pH promedio de 5.76 correspondió a un efluente con tendencia ácida, mientras que la DQO presentó la mayor concentración promedio entre los parámetros evaluados. El pH presentó un promedio de 5.76 unidades, con valores entre 4.65 y 6.80 unidades. Estos resultados muestran que el efluente presentó condiciones predominantemente ácidas durante el período de muestreo.

El color presentó un promedio de 513.70 unidades Pt/Co, con valores mínimo y máximo de 79.00 y 1,880.00 unidades, respectivamente. La DBO₅ presentó un promedio de 466.00 mg/l, con concentraciones entre 26.30 y 1,604.75 mg/l.

La DQO registró la mayor concentración promedio entre los parámetros evaluados, alcanzando 2,694.30 mg/l, con valores mínimo y máximo de 568.00 y 6,990.00 mg/l, respectivamente.

Tabla 3. Resultados de los parámetros fisicoquímicos: promedio, valor máximo y mínimo.

Parámetro	Dimensional	Promedio	Máximo	Mínimo
Temperatura	°C	22.13	26.00	20.10
Sólidos Suspendidos	mg/l	511.50	1,930.00	78.00
Nitrógeno Total	mg/l	125.00	371.00	16.00
Fósforo Total	mg/l	60.68	147.90	6.50
Potencial de Hidrógeno	u pH	5.76	6.80	4.65
Color	u Pt/Co	513.70	1,880.00	79.00
Demanda Bioquímica de Oxígeno a 5 días	mg/l	466.00	1,604.75	26.30
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	2,694.30	6,990.00	568.00

La tabla 4 presenta los promedios, desviaciones estándar, valores de referencia de Peralta Salgado (2016) y valores p utilizados para contrastar los parámetros del efluente de la morgue con la composición típica de las aguas residuales domésticas crudas en Guatemala.

Se observaron diferencias estadísticamente significativas para nitrógeno total ($p = 0.0268$), fósforo

total ($p = 0.0064$), pH ($p = 0.0001$) y DQO ($p = 0.0056$). Para temperatura, sólidos suspendidos, color y DBO₅ no se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$).

Tabla 4. Promedio de los parámetros analizados.

Parámetro	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)
Temperatura	°C	22.13	2.19	23.00	0.2407
Sólidos Suspendidos	mg/l	511.50	723.89	283.00	0.3443
Nitrógeno Total	mg/l	125.00	101.13	40.50	0.0268
Fósforo Total	mg/l	60.68	43.99	11.60	0.0064
Potencial de Hidrógeno	u pH	5.76	0.80	7.44	0.0001
Color	u Pt/Co	513.70	559.60	404.00	0.5507
Demanda Bioquímica de Oxígeno a 5 días	mg/l	466.00	487.49	253.00	0.2004
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	2,694.30	1,983.84	422.00	0.0056
(A) Dimensional					
(B) Promedio					
(C) Desviación estándar					
(D) Valor por contrastar (Peralta Salgado, 2016)					
(E) Valor p					

La tabla 5 presenta la relación DBO₅/DQO obtenida en el punto de muestreo y su clasificación de biodegradabilidad según los criterios de Metcalf & Eddy, Inc., y AECOM (2014).

La relación promedio DBO₅/DQO fue de 0.17, con valores máximo y mínimo de 0.23 y 0.04, respectivamente. De acuerdo con el criterio utilizado, el efluente se clasificó como poco biodegradable.

Este resultado indica que el efluente presenta baja biodegradabilidad durante el período de estudio, condición que debe considerarse al evaluar alternativas de tratamiento y, en particular, al valorar procesos biológicos como único mecanismo de tratamiento.

Tabla 5. Relación de DBO5/DQO para determinar la biodegradabilidad

Muestreo	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)
				<0.20	Poco biodegradable
Punto de muestreo	0.17	0.23	0.04	0.20-0.40	Biodegradable
				>0.40	Muy biodegradable

(A) Promedio
 (B) Máximo
 (C) Mínimo
 (D) DBO₅/DQO
 (E) Biodegradabilidad del agua residual (Metcalf & Eddy, Inc., & AECOM, 2014)

La tabla 6 presenta las cargas contaminantes de DBO₅, DQO y sólidos suspendidos calculadas a partir del caudal promedio y de las concentraciones promedio obtenidas en el efluente.

Tabla 6. Cargas contaminantes del punto de muestreo con datos del 2025.

Parámetro	Caudal (l/s)	Concentración promedio (mg/l)	Carga contaminante (kg/d)
Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días	0.1047	466.00	0.53
Demanda Química de Oxígeno	0.1047	2,694.30	3.05
Sólidos Suspendidos	0.1047	511.50	0.58

Las cargas promedio fueron 0.53 kg/d de DBO₅, 3.05 kg/d de DQO y 0.58 kg/d de sólidos suspendidos.

Los sólidos suspendidos alcanzaron una carga contaminante promedio de 0.58 kg/d. La DQO presentó

la mayor carga entre los parámetros evaluados, con 3.05 kg/d, superando aproximadamente cinco veces la carga de sólidos suspendidos.

La tabla 7 compara las cargas contaminantes obtenidas en la morgue del Hospital Roosevelt con las reportadas por Montoya et al. (2006) para el Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses de Bogotá.

Tabla 7. Resultados de cargas contaminantes del punto de muestreo con datos del 2025.

Parámetro	Morgue del Hospital Roosevelt (Carga contaminante (kg/d))	Parámetro de comparación (Carga contaminante (kg/d))
Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días	0.53	3.86
Demanda Química de Oxígeno	3.05	11.12
Sólidos Suspendidos	0.58	1.60

En conjunto, los resultados mostraron variaciones significativas del caudal entre días de muestreo, mientras que no se observaron diferencias significativas entre los horarios de recolección.

Los parámetros que presentaron diferencias estadísticamente significativas respecto a los valores de referencia fueron nitrógeno total, fósforo total, pH y DQO. La relación DBO₅/DQO de 0.17 clasificó el efluente como poco biodegradable.

Las cargas contaminantes promedio fueron de 0.53 kg de DBO₅, 3.05 kg de DQO y 0.58 kg de sólidos suspendidos para el período diario observado de tres horas. Los valores de Montoya et al. (2006) se utilizaron únicamente como referencia contextual, porque no se demostró que ambas estimaciones correspondieran al mismo período de integración, patrón de descarga o procedimiento de cálculo.

Los principales hallazgos fueron la elevada concentración de DQO y la baja biodegradabilidad del efluente.

Discusión de resultados

Los resultados confirman que el efluente de la morgue presenta una composición distinta de la referencia de aguas residuales domésticas crudas de Guatemala. Las diferencias fueron estadísticamente significativas para nitrógeno total, fósforo total, pH y DQO.

El caudal promedio fue 0.1047 l/s y presentó diferencias entre los días de muestreo, pero no entre los horarios. Esta variación puede relacionarse con la actividad operativa de la morgue y con las labores de limpieza y desinfección. La información disponible no permite atribuirla a un número específico de procedimientos.

Las concentraciones de nitrógeno total, fósforo total y DQO, junto con el pH ácido, muestran que el efluente difiere de la referencia doméstica utilizada. Estos parámetros generales no permiten atribuir las diferencias a fluidos biológicos, desinfectantes o reactivos específicos; para establecer esas fuentes sería necesario analizar compuestos individuales y relacionar cada muestra con las actividades realizadas y los productos empleados durante el muestreo.

El pH promedio fue 5.76, significativamente menor que el valor de referencia de 7.44. Esta condición evidencia un efluente con tendencia ácida. El uso de reactivos químicos identificado en la morgue constituye una posible explicación, pero no se realizaron análisis específicos de composición química que permitan establecer causalidad.

La DQO promedio fue 2,694.30 mg/l, 6.40 veces el valor de referencia nacional. Emmanuel et al. (2005), Orias y Perrodin (2013), Kümmerer (2009) y Verlicchi et al. (2015) han señalado que los efluentes de establecimientos de salud pueden contener medicamentos, desinfectantes y otros compuestos que incrementan su complejidad y pueden afectar los procesos de tratamiento. Estos antecedentes respaldan la necesidad de considerar el origen hospitalario del efluente al evaluar alternativas de tratamiento.

La relación DBO₅/DQO de 0.17 indica baja biodegradabilidad. El valor es menor que el 0.57 reportado para aguas residuales domésticas crudas en Guatemala por Peralta Salgado (2016). Esta diferencia sugiere una mayor proporción de compuestos que no son fácilmente biodegradables, aunque la relación por

sí sola no permite identificar cuáles sustancias son responsables.

Las cargas estimadas para la morgue del Hospital Roosevelt —0.53 kg de DBO₅, 3.05 kg de DQO y 0.58 kg de sólidos suspendidos— corresponden exclusivamente al período diario observado de tres horas, bajo el supuesto de un caudal promedio constante entre las 12:00 y las 15:00 horas. Los valores reportados por Montoya et al. (2006) para una institución forense de Bogotá se incluyen únicamente como referencia contextual, porque el manuscrito no establece que ambas estimaciones utilicen el mismo período de integración, patrón de descarga o procedimiento de cálculo. Además, la institución de Bogotá integraba laboratorios de estupefacientes, toxicología, química, biología, ADN, fotografía, dactiloscopia, balística, histotecnología y radiología, además de las áreas de necropsia y morgue. Por estas diferencias de escala, actividades y base temporal, no puede concluirse que las cargas del Hospital Roosevelt sean directamente inferiores a las de Bogotá.

El antecedente de Monge y Del Cid (2006) documenta cargas orgánicas en un hospital guatemalteco; sin embargo, su comparación con la morgue del Hospital Roosevelt también es solo contextual. Las instalaciones difieren en escala, caudal y actividades, y no se ha demostrado que las cargas se hayan integrado sobre la misma duración diaria. Para una comparación cuantitativa válida sería necesario homologar el período de descarga y normalizar las cargas por una variable común, como el volumen tratado, el número de procedimientos o la población atendida.

En conjunto, los antecedentes de Kümmerer (2001, 2009), Emmanuel et al. (2005), Montoya et al. (2006), Monge y Del Cid (2006), Orias y Perrodin (2013) y Verlicchi et al. (2015) permiten interpretar los resultados desde tres perspectivas: presencia potencial de contaminantes químicos, complejidad de los efluentes hospitalarios y necesidad de evaluar tratamientos específicos. No obstante, el presente estudio se limita a parámetros fisicoquímicos y no determina contaminantes específicos ni indicadores microbiológicos.

Conclusiones

El agua residual de la morgue del Hospital Roosevelt presentó una composición fisicoquímica caracterizada por un caudal promedio de 0.1047 l/s, temperatura de 22.13 °C, pH de 5.76, nitrógeno total de 125.00 mg/l, fósforo total de 60.68 mg/l, color de 513.70 unidades Pt/Co, sólidos suspendidos de 511.50 mg/l, DBO₅ de 466.00 mg/l y DQO de 2,694.30 mg/l.

Respecto a las aguas residuales domésticas crudas de referencia en Guatemala, se observaron diferencias estadísticamente significativas en nitrógeno total, fósforo total, pH y DQO. La DQO fue 6.40 veces superior al valor de referencia.

La relación DBO₅/DQO de 0.17 clasificó el efluente como poco biodegradable según el criterio empleado en el estudio. Este resultado sugiere que un proceso biológico convencional, por sí solo, podría ser insuficiente; sin embargo, la selección del tratamiento requiere ensayos de tratabilidad y la caracterización de compuestos específicos, toxicidad, inhibición biológica y variabilidad temporal.

Las cargas estimadas para el período observado de tres horas de descarga fueron 0.53 kg de DBO₅, 3.05 kg de DQO y 0.58 kg de sólidos suspendidos, calculadas con las concentraciones promedio y un caudal promedio de 0.1047 l/s, asumido constante entre las 12:00 y las 15:00 horas. Estas cifras representan el período diario observado y no una extrapolación a 24 horas. La comparación con Montoya et al. (2006) es únicamente contextual, ya que las instalaciones difieren en escala, caudal, actividades y período operativo.

Los resultados constituyen una línea base para la evaluación preliminar de alternativas de tratamiento del agua residual de la morgue del Hospital Roosevelt y para el diseño de futuras investigaciones.

Se recomienda caracterizar las aguas residuales generadas en todo el Hospital Roosevelt, incluyendo su mezcla con el agua residual proveniente de la morgue, con el fin de evaluar la calidad del efluente resultante.

Asimismo, se recomienda evaluar y aplicar medidas de control y neutralización del pH del agua residual, debido a que el valor promedio obtenido en la investigación se encuentra por debajo del promedio reportado para aguas residuales domésticas y puede afectar la eficiencia de procesos de tratamiento posteriores.

Financiamiento

Este trabajo fue financiado con recursos de los autores.

Conflicto de interés

Los autores declaran que no existe ningún conflicto de interés que haya influido en el desarrollo o los resultados de la presente investigación.

Agradecimiento

Los autores expresan su agradecimiento al Hospital Roosevelt por facilitar la toma de muestras de aguas residuales en las instalaciones de la morgue; a la Subdirección de Mantenimiento y Servicios Generales, al Departamento de Laboratorios Clínicos y a la Coordinación de la Sección de Patología y Morgue; y al Lic. Oscar Federico Nave por su colaboración en el análisis estadístico de la investigación.

Como citar este documento

Quan Barrios, N. de J., & Saravia Celis, P.C. (2025). Caracterización fisicoquímica del agua de la morgue del Hospital Roosevelt, Guatemala. *Agua, Saneamiento & Ambiente*, 20(1), 1-9. <https://doi.org/10.36829/08ASA.v20i1.2162>

Consentimiento informado

No aplica.

Contribuciones de autor

Diseño, trabajo de campo y laboratorio, recolección de datos, análisis de datos, elaboración del documento: N.d.J.Q.B.

Diseño y supervisión de la investigación y revisión del manuscrito: P.C.S.C.

Referencias

- American Public Health Association, American Water Works Association, & Water Environment Federation. (1998). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (20th ed.).
- American Public Health Association, American Water Works Association, & Water Environment Federation. (2017). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (23rd ed.).
- Emmanuel, E., Perrodin, Y., Keck, G., Blanchard, J. M., & Vermande, P. (2005). Ecotoxicological risk assessment of hospital wastewater: A proposed framework for raw effluents discharging into urban sewer networks. *Journal of Hazardous Materials*, 117(1), 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2004.08.032>
- Kümmerer, K. (2001). Drugs in the environment: Emission of drugs, diagnostic aids and disinfectants into wastewater by hospitals in relation to other sources - a review. *Chemosphere*, 45(6–7), 957–969. [https://doi.org/10.1016/S0045-6535\(01\)00144-8](https://doi.org/10.1016/S0045-6535(01)00144-8)
- Kümmerer, K. (2009). The presence of pharmaceuticals in the environment due to human use—Present knowledge and future challenges. *Journal of Environmental Management*, 90(8), 2354–2366. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.01.023>
- Metcalf & Eddy, Inc., & AECOM. (2014). *Wastewater engineering: Treatment and resource recovery* (5th ed.). McGraw-Hill Education.
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. (2008). *Acuerdo Ministerial No. 105-2008: Manual general del Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos*. Diario de Centro América, 52, 5-18.
- Monge, M. A., & Del Cid, E. A. (2006). *Análisis de la calidad del agua residual del Hospital General de Accidentes del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social y propuesta de tratamiento* [Tesis de maestría, Universidad de San Carlos de Guatemala]. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0472_MT.pdf
- Montoya, L., Alape, G., & Gutiérrez, C.A. (2006). *Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales para el Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses, sede Bogotá*. [Tesis de grado, Universidad Industrial de Santander]. <https://noesis.uis.edu.co/server/api/core/bitstream/ba7cf890-f206-4ff7-8731-6c5858a44065/content>
- Orias, F., & Perrodin, Y. (2013). Characterisation of the ecotoxicity of hospital effluents: A review. *Science of the Total Environment*, 454–455, 250–276. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.02.064>
- Peralta Salgado, I.N. (2016). Composición típica de las aguas residuales domésticas crudas en Guatemala. *Agua, Saneamiento & Ambiente*, 11(1), 54-63. <https://doi.org/10.36829/08ASA.v11i1.1444>
- Verlicchi, P., Al Aukidy, M., & Zambello, E. (2015). What have we learned from worldwide experiences on the management and treatment of hospital effluent? An overview and a discussion on perspectives. *Science of the Total Environment*, 514, 467–491. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.02.020>
- World Health Organization. (2014). *Safe management of wastes from health-care activities* (2nd ed.). <https://www.who.int/publications/i/item/9789241548564>