

ARTICLE / INVESTIGACIÓN

Caracterización física, química y microbiológica de aguas residuales de la Ciudad Universitaria, UNAH, Honduras

Physical, chemical and microbiological characterization of wastewater from the University City, UNAH, Honduras

Abner Rodríguez*, Marvin Grádiz, Yolanda Fletes

DOI. 10.21931/RB/2023.08.02.36

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH), Tegucigalpa, Honduras.
Corresponding author: abner.rodriguez@unah.edu.hn

Resumen: Esta investigación muestra las características de las aguas residuales producidas en la Ciudad Universitaria (CU) de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH) en Tegucigalpa, con el fin de determinar si su composición de contaminantes es similar a la de las aguas residuales domésticas. Cuatro puntos del alcantarillado sanitario fueron evaluados mediante aforos para determinar cuáles eran las variaciones de caudales horarias y determinar los puntos de mayor flujo. En los puntos denominados PT3 y PT4 se tomaron muestras y se evaluaron los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de mayor incidencia en las aguas residuales y a pesar de que se obtuvieron valores promedios dentro de los rangos típicos en la mayoría de los parámetros tales como: DBO5 (PT3=201.55mg/L), DQO (PT3= 549.00 mg/L, PT4=721.42 mg/L), fósforos (PT3=8.51 mg/L, PT4=9.07 mg/L), sólidos suspendidos (PT3=188.73mg/L, PT4=264.76 mg/L), sólidos sedimentables (PT3=3.60 mg/L, PT4=3.80 mg/L), coliformes fecales (PT3=1.51E+07 UFC/100ml) y aceites/grasas (PT3= 45.65 mg/L); se encontraron parámetro con valores promedios que los exceden: DBO5 (PT4 = 367.09 mg/L), nitrógeno amoniacal (PT3 = 99.93 mg/L, PT4 = 62.93 mg/L), coliformes fecales (PT4=2.51E+07 UFC/100ml) y aceites/grasas (PT3 = 115.19 mg/L). Por último, la relación promedio de DBO5/DQO(0.20) es menor a 0.30 en el PT #3, por lo que no es agua que pueda ser tratada fácilmente mediante medios biológicos, que es una de las principales características de las aguas residuales domésticas. Se concluye que el agua residual que se genera en la CU no posee características de aguas residuales domésticas.

Palabras clave: Aguas residuales, contaminantes, parámetros de contaminación.

Abstract: This paper shows the wastewater characteristics produced in the University City of the National Autonomous University of Honduras. The aim is to establish if the concentration of contaminants produced is similar to the domestic wastewater. Four points of the sewer system were evaluated using flow measurement, and the hourly flow variation and points of higher flow were determined. Two out of the four points were elected (PT3 and PT4) in the base of their flow, and there were samplings of the physical, chemical, and microbiological parameters of significant impact. These parameters were evaluated, and despite that, average values were found to be within typical ranges in almost all parameters like BOD5 (PT3=201.55 mg/L), COD (PT3=549.00 mg/L, PT4 = 721.42 mg/L), phosphorus (PT3=8.51 mg/L, PT4 = 9.07 mg/L), suspended solids (PT3=188.73 mg/L, PT4=264.76 mg/L), settleable solids (PT3 = 3.60 mg/L, PT4=3.80 mg/L), fecal coliforms (PT3=1.51E+07 UFC/100 ml) and oils and fats (PT3=45.65 mg/L); there were found values of parameters that exceed maximum ranges: BOD5 (PT4 = 367.09 mg/L) Ammoniacal nitrogen (PT3 =99.93 mg/L, PT4 =62.93 mg/L), fecal coliforms (PT4=2.51E+07 UFC/100ml) and oils and fats (PT3 = 115.19 mg/L). Lastly, the average ratio of BOD/COD (0.20) is less than 0.30 in PT3, so the wastewater is considered not easily treatable by biological means, one of the main characteristics of domestic wastewater. It was concluded that the wastewater generated in the CU-UNAH does not have characteristics similar to domestic wastewater.

Key words: Wastewater, Contaminants, Contamination's parameters.

Introducción

El agua ha sido considerada desde tiempos remotos como un recurso vital para el desarrollo de los ecosistemas. No obstante, aproximadamente solo un-0,5% de ríos, lagos, reservas y aguas lluvia están disponibles para su uso¹.

Es decir, la cantidad de agua disponible es escasa, especialmente con el incremento de la población, especialmente en las áreas urbanas. Esto genera un mayor suministro del agua y por ende una mayor generación de aguas residuales².

Las aguas residuales se definen como aquellas que por uso del hombre, representan un peligro y deben ser desechadas, porque contienen gran cantidad de sustancias y/o microorganismos³. Estas aguas residuales pueden ser tratadas y utilizadas para reemplazar el agua dulce para riego, procesos industriales, mantener el flujo ambiental, y los productos derivados de su tratamiento pueden generar energía y nutrientes⁴. Estas pueden ser tratadas por diver-

Citation: Rodríguez A, Grádiz M, Fletes Y. Caracterización Física, Química y Microbiológica de Aguas Residuales de la Ciudad Universitaria, UNAH, Honduras. *Revis Bionatura* 2023;8 (2) 36. <http://dx.doi.org/10.21931/RB/2023.08.02.36>

Received: 15 May 2023 / **Accepted:** 10 June 2023 / **Published:** 15 June 2023

Publisher's Note: Bionatura stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Copyright: © 2022 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



Los procesos los cuales pueden ser físicos, biológicos, químicos y de membrana⁵.

Específicamente, en Tegucigalpa, Distrito Central, capital de Honduras existe un problema relacionado a la temática de la investigación, referente a la capacidad de tratamiento de todos sus vertidos. Según el ingeniero Víctor Cuevas, jefe de la planta de tratamiento de la Vega de la ciudad de Tegucigalpa, solamente las aguas residuales generadas en la zona sureste de la ciudad son tratadas y eso representa el 17% del total de aguas residuales generada en Tegucigalpa. La mayoría de las aguas residuales domésticas son vertidas en el Río Choluteca, que atraviesa la ciudad, ocasionando un daño ambiental severo al río y sus alrededores^{6,7}. En este sentido, es importante que en sitios como la Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH) o también denominada Ciudad Universitaria (CU) puedan tratar sus propias aguas residuales antes de ser vertidas, lo que aportaría significativamente a la reducción en la contaminación ambiental en el Río Choluteca y en la capital⁸.

En Honduras no existen estudios en centros educativos universitarios de este tipo, por lo que no conocemos ni las cargas contaminantes ni las variaciones en las aguas residuales domésticas. Esta investigación aporta información de importancia para la toma de decisiones con respecto a la eliminación y/o reducción de la carga contaminante de centros educativos similares a la Ciudad Universitaria (CU).

El objetivo de este trabajo fue caracterizar las aguas residuales producidas en la Ciudad Universitaria de Tegucigalpa de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH) y determinar si posee características de aguas residuales domésticas y así, en un futuro, establecer cuáles serían los sistemas de tratamiento adecuados en base a su constitución de contaminantes.

Materiales y métodos

La investigación se llevó a cabo utilizando un enfoque cuantitativo con diseño no experimental y de alcance descriptivo.

Para la caracterización se realizaron muestreos en dos de los puntos de descarga de mayor caudal de la CU y luego las muestras fueron llevadas a laboratorio MQ, Tegucigalpa, Honduras.

Para realizar el estudio químico-físico de las aguas residuales de la CU en Tegucigalpa, se determinaron las siguientes variables ambientales: pH, temperatura (T), demanda química de oxígeno (DQO), demanda biológica de oxígeno (DBO₅), fósforo total, aceites y grasas (A y G), bacterias coliformes fecales, nitrógeno amoniacal y sólidos sedimentados (SS) de acuerdo a lo estipulado por Crombet-Grillet (2019)⁹.

- pH: Se realizó por determinación potenciométrica directa y con la ayuda de un pHmetro digital (Crison Instruments S.A., Barcelona, Spain).

- Demanda química de oxígeno (DQO): Tratamiento previo de la muestra con dicromato de potasio y ácido sulfúrico. Determinación espectrofotométrica a 620 nm con curva de calibración como método de cálculo de la concentración.

- Demanda biológica de oxígeno (DBO₅): Se determina el oxígeno que se requiere durante un tiempo de incubación de 5 días a 20 °C para la degradación bioquímica del material orgánico y la oxidación de materiales inorgánicos.

El oxígeno consumido se determina mediante una valoración redox con tiosulfato de sodio, utilizando almidón como indicador.

- Fosfato (PO₄ 3-): Determinación espectrofotométrica a 830 nm y evaluación de la concentración por curva de calibración

- Amonio (NH₄ +): Determinación espectrofotométrica del indofenol a 630 nm, previa oxidación del amonio a nitrógeno, con hipoclorito de sodio. La evaluación de la concentración se realiza mediante el método de la curva de calibración.

- Aceites y grasas (A y G): Determinación gravimétrica, previa extracción con solvente.

- Sólidos sedimentables (SS): Método volumétrico empleando un cono de Imhoff. La muestra bien homogenizada, se deja reposar durante 45 min, se agita suavemente con una varilla de vidrio y se esperan 15 min para realizar la lectura y obtener el valor de sólidos sedimentables en mL/L.

- Bacterias coliformes fecales (BCF): Este parámetro se determinó por el método del número más probable (NM-P/100mL). El mismo se basa en el enriquecimiento de las muestras con caldo lactosado y la posterior verificación de los tubos de enriquecimiento positivo en caldo bilis verde brillante, incubado a 44,5 ± 0,2 °C durante 24 h para coliformes fecales.

La población estudiada es el caudal que fluye por dos de los puntos de mayor afluencia cuyo caudal es de 809.20 m³/d del total de aguas residuales producidas en la CU las cuales se han estimado en 891.23 m³/d en base a una ocupación espacial de las instalaciones por parte de estudiantes, personal administrativo, de servicio y docentes. Se realizaron un total de 24 muestreos para cada variable conforme los procedimientos que se describen más adelante de esta sección.

En primer lugar, se determinó el lugar de muestreo de las aguas residuales. Actualmente existen 4 puntos de descarga del alcantarillado sanitario de la CU los cuales fueron evaluados mediante aforos volumétricos para determinar las variaciones horarias y cuáles son los puntos de mayor afluencia. Estos aforos volumétricos se realizaron durante 1 semana, los días: lunes, miércoles y viernes en horarios de 7 am a 7 pm de forma horaria.

Se escogieron 2 de los puntos de mayor caudal para realizar los muestreos y que representan el 91 % del total de las aguas residuales que se generan en la CU. Estos muestreos simples se realizaron en horario de 9 am, 11 am, 1 pm y 3 pm, durante los días 08, 10 y 12 de abril del 2019. La selección de la batería de parámetros a analizar se hizo en función del origen tentativo de las aguas residuales y con la idea de definir algún tratamiento al efluente que descarga a cuerpo receptor sin ningún control.

La toma, almacenamiento, transporte y preservación de la muestra se realizó según lo establecido en los métodos estándar para el examen de agua y aguas servidas preparadas por la APHA, AWWA y WEF de los Estados de América¹⁰. La Tabla 1 muestra los parámetros a muestrear y sus métodos de muestreo según las normas descritas.

Para el análisis estadístico de los resultados se utilizó el software IBM SPSS versión 20. La mayoría de datos utilizados en el análisis estadístico de aguas residuales tienen un gran sesgo por lo que no son normalmente distribuidos¹¹; por tal motivo, se realizó un análisis estadístico no paramétrico (U de Mann-Whitney) con el fin de observar si hay diferencias significativas entre las medias de las variables estudiadas en los dos puntos de interés¹².

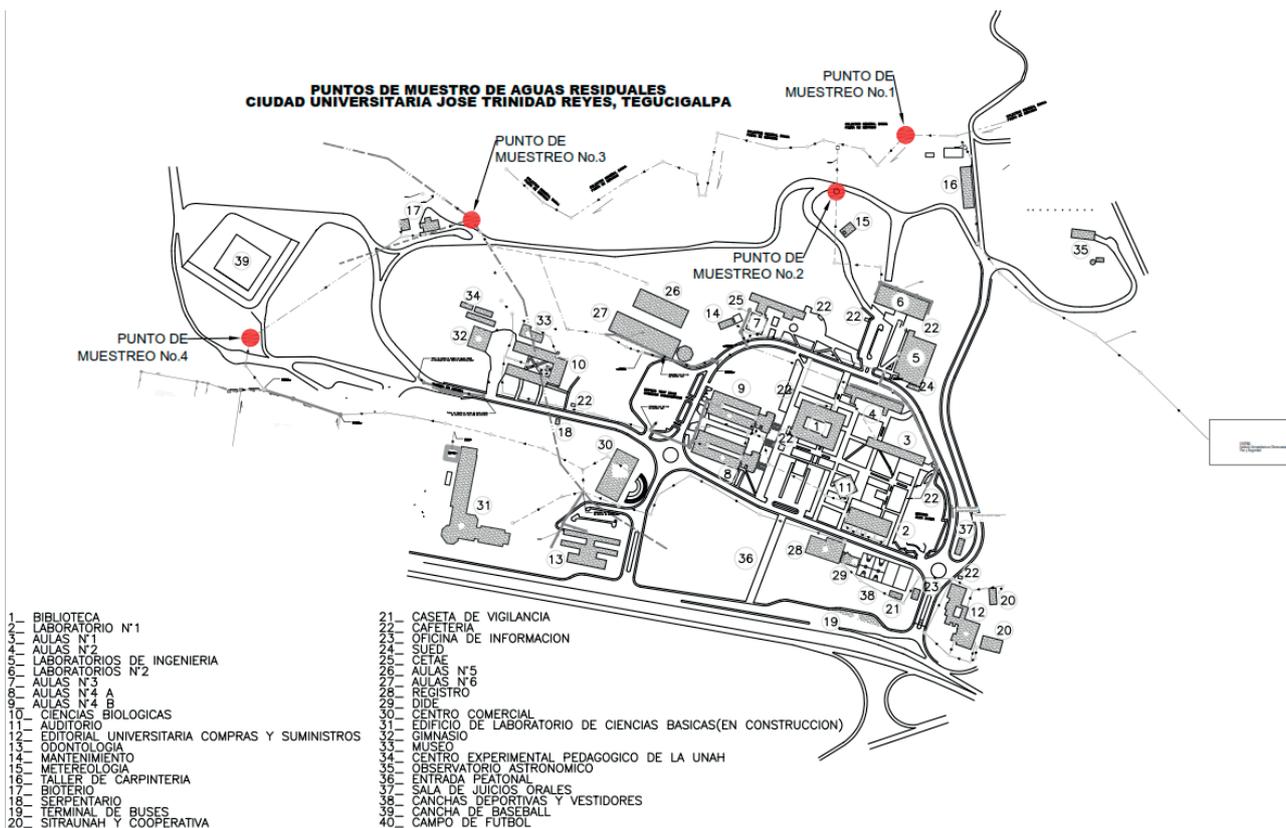


Figura 1. Ubicación de los puntos de muestreos de aguas residuales en Ciudad Universitaria.

Análisis	Frasco utilizado para el análisis	Tiempo	Cantidad	Enjuague antes de tomar muestra	Condiciones
DBO5	Plástico	6 horas	1 litro	2 a 3 veces	Refrigeración 4°C
DQO, fósforo total-fosfato, nitrógeno amoniacal y amonio amonio	Plástico	24 horas	1 litro	2 a 3 veces	Refrigeración 4°C
Aceites y grasas	Vidrio	24horas	2 litros	No	Refrigeración 4°C
Coliformes fecales	frascos esteriles	24 horas	0.50 litros	No	Refrigeración 4°C

Tabla 1. Principales parámetros en las aguas residuales y métodos de muestreo.

Resultados

Caudales y su variación horaria

Las variaciones de caudal en los días lunes, miércoles y viernes fueron evaluadas de forma horaria como se muestra en la Figura 1. Se puede observar que el caudal varió grandemente durante las horas del día y los días de

la semana. Los caudales mínimos ocurrieron durante las primeras y últimas horas del día, siendo el caudal mínimo 3.20 L/s correspondiente a la hora 19 del viernes. El caudal máximo (14.55 L/s) se presentó el lunes a las 13 horas. En los días miércoles y viernes se tuvieron los caudales máximos a las 16 y 10 horas respectivamente por lo que no hay coincidencia en horas de caudal máximo con día de la semana. El caudal promedio diario para la semana de estudio es de 10.32 L/s.

Cómo se presentan en la Tabla 2, los resultados de los análisis de laboratorio, fueron promediados y comparados con los valores típicos de aguas residuales domésticas. Todos los parámetros analizados en los dos puntos tienen diferencias numéricas en sus concentraciones promedio, pero sin alcanzarse la significancia estadística, con excepción del DBO5 y el amoníaco. Adicionalmente, se puede observar que las concentraciones promedio son mayores en el punto 4 que el punto 3 con excepción del amoníaco.

Relación DBO5/DQO

La Fig. 3 y la Fig. 4 muestran la relación DBO5/DQO en los pozos 3 y 4.

En el pozo #4 la relación DBO5/DQO está dentro de los valores típicos establecidos en la tabla 2, sin embargo, en el pozo #3 se puede observar que en el día miércoles esta relación está fuera de los rangos casi en su totalidad.

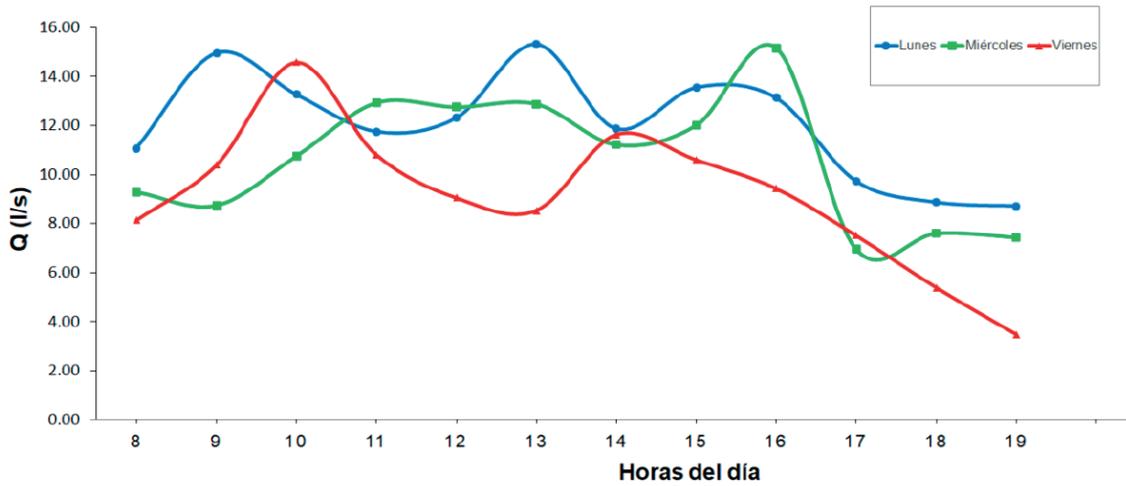


Figura 2. Variaciones de caudal promedio los lunes, miércoles y viernes.

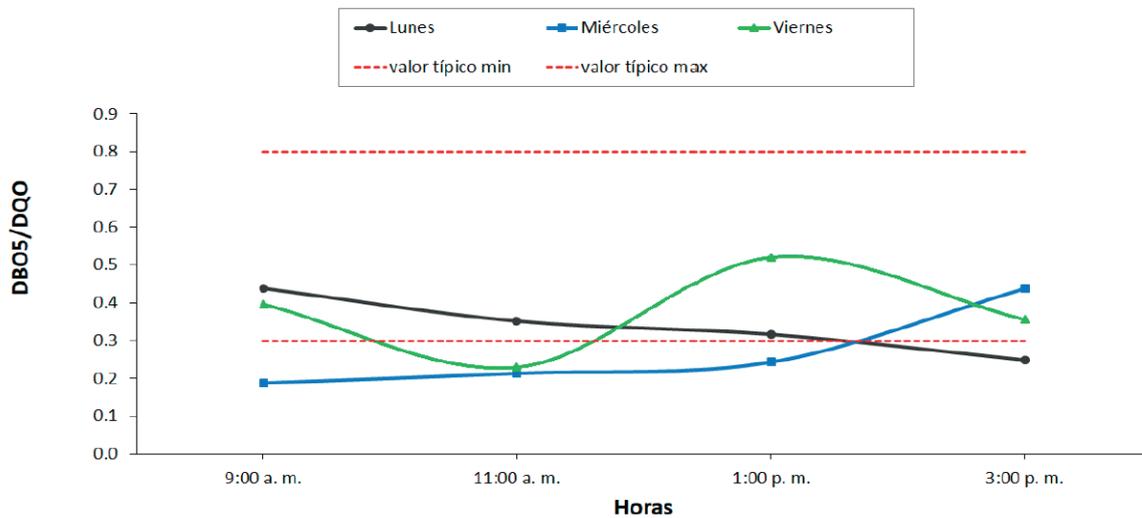


Figura 3. Relación DBO5/DQO en el pozo #3

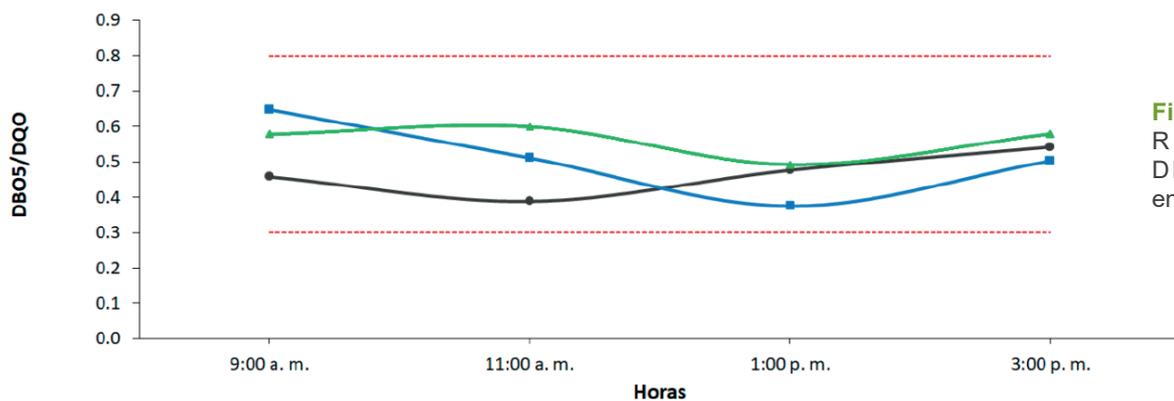


Figura 4. Relación DBO5/DQO en el pozo #4.

Contaminantes	unidades	Resultados de muestreos			Valores Típicos ^a		
		PT3	PT4	P	Mínimo	Media	Máximo
DBO5	mg/l	201.55±100.1 69	367.09±248 .146	0.01	110.00	190	350
DQO	mg/l	549.00±224.9 77	721.42±499 .296	0.41	250.00	430	800
TSS	mg/l	188.73 ±119.268	264.76±258 .46	0.514	120	210	400
SS	mg/l	3.6	3.8	-	5	10	20
pH		8.37	8.00	-	5	7	9
P-PO³⁻⁴	mg/l	8.51±4.1925	9.07±3.932	0.7394	4	7	12
N-NH3	mg/l	99.93±20.51	62.96±14.9 54	4.73E-05	12.00	25.00	45
Coliformes fecales	UFC/100 ml	1.51E+07±1. 73E+07	2.15E+07±3 .17E+07	0.887	10 ³ -10 ⁵	10 ⁴ -10 ⁶	10⁵-10⁸
Aceites/grasas	mg/l	45.65±32.043	115.19±152 .0262	0.178	50.00	90	100

SS: solidos sedimentables

TSS: solidos sedimentables totales

Tabla 2. Resultados promedio de análisis de laboratorio con sus desviaciones estándar y valores típicos de aguas residuales.

Discusión

Las variaciones diarias en las cantidades de aguas residuales fueron similares en los días lunes y martes, pero con diferencias considerables en el día viernes. El viernes es el día en que menos estudiantes asisten a la CU y por esta razón la cantidad de agua residual generada es menor. Resultados similares fueron encontradas por Omole et al (2021) al determinar que las variaciones diarias de aguas negras que se generan en el campus universitario de la Universidad de Covenant, son muy constantes y con variaciones ocasionales¹³.

La mayoría de los valores promedio de las concentraciones, en ambos puntos de muestreo, están dentro de los rangos típicos de las aguas residuales domésticas. Los parámetros cuyas concentraciones se encuentran fuera de los rangos son: DBO5, amoníaco, coliformes fecales y aceites y grasas lo cual concuerda con un estudio realizado por Quispe, también encontró que la calidad fisicoquímica y microbiológica varía durante el día debido a que se juntan las aguas residuales de varios espacios tales como el comedor, laboratorios y módulos sanitarios entre otros. Por esto

Quispe menciona que las aguas residuales generadas en el campus deben considerarse del tipo industrial¹⁴.

El valor promedio de la DBO5 en el pozo #4 fue de 367.09 ± 248.146 mg/l, observándose que se encuentra por encima del valor máximo que según Metcalf & Eddy (2014) es de 350 mg/l, que se establece para aguas residuales domésticas¹⁵. Por otro lado, el valor del pozo #3 sí se encuentra dentro de los rangos típicos (201.55±100.169). Se ha determinado que altas concentraciones de DBO5 se deben a la mayor influencia de las descargas de los inodoros y fregaderos de cocinas en la constitución de las aguas residuales¹⁶. En un estudio realizado por Li (2011), se evaluaron las concentraciones contaminantes de DQO en varios sitios dentro de un campus universitario tales como: edificios de clases, dormitorios, comedores, laboratorios y módulos sanitarios; y se observó que el área de comedor es la que más aporta contaminación por DQO¹⁷.

En el caso de las coliformes fecales, las cuales también sobrepasaron los rangos típicos en el pozo #4, estas provienen de las heces fecales por lo que probablemente se deba a que el agua también provenía de los inodoros.

El valor promedio del amoníaco está fuera de los ran-

gos típicos en ambos puntos. La principal fuente de amoníaco en las aguas residuales domésticas son los inodoros y urinarios¹⁶. Es posible que las concentraciones de amonio sean elevadas en ambos pozos debido a que en la CU, una buena cantidad de las aguas residuales provienen de los sanitarios y muy poco de duchas o lavados en general.

El último parámetro que se sale de la norma son los aceites y grasas en el pozo #4. Las aceites y grasas provienen de las actividades de cocina. Este resultado concuerda con el obtenido en la DBO5 ya que ambos parámetros son altamente influenciados por los desechos que se generan específicamente en esta área.

Según (Metcalf & Eddy, s.f.) los valores de la relación DBO/DQO para aguas residuales municipales no tratadas deben estar entre 0.3 y 0.8¹⁵. Los resultados encontrados por Kunrong y Bertolino al evaluar las aguas residuales generadas por un grupo de casas urbanas y generados en un campus universitario, respectivamente, concuerdan con la relación establecida por Metcalf & Eddy¹⁵, al obtener una relación DBO/DQO en un rango de 0.3-0.40^{18,19}. Otro estudio realizado en el campus de la universidad de Chota, en Perú, encontró que sus aguas residuales tienen una relación DBO/DQO en un rango de 0.40-0.70²⁰. Si la relación DBO/DQO es mayor que 0.3, el agua es considerada tratable con métodos biológicos, y si la relación DBO/DQO es menor que 0.3, el agua residual tiene componentes tóxicos o microorganismos que requieren estabilización. Por lo tanto, comparando los valores que se muestran en las figuras #3 y #4 con los valores de referencia se puede concluir que las aguas no son biodegradables en el pozo #3 ya que encontramos valores por debajo de los 0.3, no obstante, los valores encontrados en el pozo #4 si estaban dentro de los parámetros establecidos.

La constitución de las aguas residuales de la CU varía grandemente en ciertos puntos en donde se recolectaron las muestras y se debe tomar en cuenta esta variación al momento de estudiar el sistema de tratamiento que se desee implementar. Además, se debe considerar sistemas de tratamiento apropiados para dar reúso al agua depurada¹³ (Omole, 2017). En todos los países, excepto los más desarrollados, la mayor parte de las aguas residuales se vierte directamente al medio ambiente sin un tratamiento adecuado. Esto tiene repercusiones negativas en la salud humana, la productividad económica, la calidad de los recursos de agua dulce ambiental y los ecosistemas²¹.

Conclusiones

Relacionando las medias con los valores de referencia de un agua típica doméstica, de los parámetros analizados como ser la demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, sólidos sedimentables, potencial de hidrógeno, nitrógeno amoniacal, fósforo, coliformes fecales y aceites y grasas, se concluye que las aguas residuales de CU no poseen características de origen doméstico ya que las concentraciones de DBO, amonio, coliformes fecales, y aceites y grasas sobrepasan los valores de referencia. En base a la relación DBO5/DQO obtenidas a través de las muestras puntuales, se determinó que un número de estas se encuentra por debajo del valor mínimo de referencia para aguas residuales de origen doméstico en el pozo #3, por tal motivo es concluyente decir que las aguas residuales que descarga CU no son biodegradables en ese punto y si se desea aplicar un tratamiento a futuro es necesario

realizar una homogenización de caudales y concentraciones de contaminantes previo a los tratamientos biológicos.

Agradecimientos

Esta investigación fue realizada gracias al aporte de la DICIHT mediante la aprobación de una beca básica de investigación, a la participación de los estudiantes de la carrera de ingeniería civil en el muestreo y medición de caudales y al apoyo de la carrera de biología en la medición de un parámetro analizado y la verificación del proceso de toma de muestras. A todos los participantes extendemos muestras de agradecimiento. Así mismo, agradecemos las gestiones realizadas por el Dr. Elías García Urquía del Departamento INNOVATEC de la DICIHT.

Referencias bibliográficas

1. Baker B., Omer Ay Aldrige C., "Water: availability and use" en Water Conservation Education, Oxford (Mississippi), 2016, 1-5.
2. Tzanakakis, V.A.; Paranychianakis, N.V.; Angelakis, A.N. Water Supply, and Water Scarcity. *Water*, 2020, 12, 2347.
3. Abordar la escasez y calidad del agua, disponible en: <https://es.unesco.org/themes/garantizar-suministro-agua/hidrologia/escasez-calidad>.
4. Agua residual, disponible en: <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2020/03/19/wastewater-a-resource-that-can-pay-dividends-for-people-the-environment-and-economies-says-world-bank#:~:text=%E2%80%9CUna%20vez%20tratadas%2C%20las%20aguas,pueden%20generar%20energ%C3%ADa%20y%20nutrientes%E2%80%9D>.
5. Breitholtz M, Näslund M, Stråe D, Borg H, Grabic R, Fick J. An evaluation of free water surface wetlands as tertiary sewage water treatment of micro-pollutants. *Ecotoxicol Environ Saf*. 2012 Apr;78:63-71.
6. Áuregui Medina, C. E. Impacto de la descarga de aguas residuales en la calidad del río Mololoa (Nayarit, México) y propuestas de solución. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 2007, 65-73.
7. Abril Saltos, R. V. Caracterización preliminar de calidad de aguas en subcuenca media del río Puyo. *Ingeniería hidráulica y ambiental*, 2017, 59-72.
8. Duc, T. A. Experimental investigation and modeling approach of the impact of urban wastewater on a tropical river; a case study of the Nhue River, Hanoi, Viet Nam. *Journal of Hydrology*, 2007, 347-358.
9. Crombet-Grillet, S. A.-R.-M. Determinación de los parámetros ambientales de mayor incidencia en las aguas residuales de la comunidad universitaria Antonio Maceo. *Revista Cubana de Química*, 2019, 137-153.
10. Organización de las Naciones Unidas Para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Normas técnicas de las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores. 1997, Tegucigalpa: La Gaceta.
11. Tchobanoglous G., Burton F.L., Stensel, H.D. Metcalf & Eddy, Inc. *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*. New York: Mc GrawHill. 2004.
12. Chalarca Rodríguez, D. A. Aproximación a la determinación del impacto de los vertimientos de las aguas residuales domésticas del municipio de Ayapel, sobre la calidad del agua de la ciénaga. *Revista Facultad de Ingeniería*, 2007, 41-58.
13. Omole, D. O. Quality assessment of a university campus wastewater resource. *Transactions on Ecology and the Environment*, 2017, 193-201.
14. Quispe, J. N. Caracterización Física, Química y Biológica de las Aguas Residuales de la Comunidad Universitaria Jorge Basadre Grohmann De Tacna. Perú. 2017.

15. Metcalf & Eddy. (s.f.). Ingeniería de aguas residuales, Tratamiento, vertido y reutilización, Tomo 1 y 2.
16. Butler, D. F. Characterizing the quantity and quality of domestic wastewater inflows. *Water Science and Technology*, 1995, 13-24.
17. Li, H. B. The analysis of wastewater composition and characteristics in a northern university of China. In *Applied Mechanics and Materials*, 2011, 2745-2748.
18. Kunrong, Z. Research on the Generation and Discharge Characteristics of domestic pollutants from urban households. *The 2nd International Conference on Information Science and Engineering*, 2010, 1-3.
19. Bertolino, S. M. Caracterização e biodegradabilidade aeróbia e anaeróbia dos esgotos produzidos em campus universitário. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 2008, 271-277.
20. Mera Rodas, Y. R. Caracterización fisicoquímica y microbiológica (coliformes totales y fecales) de las aguas residuales generadas en el campus de la Universidad Nacional Autónoma de Chota. Chota. 2018.
21. Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017, disponible en: [https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/9A13A8A4E16D-102F05258175006A9AD1/\\$FILE/1__15.247647s.pdf](https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/9A13A8A4E16D-102F05258175006A9AD1/$FILE/1__15.247647s.pdf)