

Caracterización de las aguas residuales de la comunidad

"Antonio Maceo" de la Universidad de Oriente

Wastewater Characterization of the Community "Antonio Maceo" of the Oriente University

MSc. Sandra Crombet-Grillet, MSc. Norma Pérez-Pompa, Dra. Arelis Ábalos-Rodríguez,
Dra. Suyén Rodríguez-Pérez

sandra@cnt.uo.edu.cu; norma@cnt.uo.edu.cu; abalosarelis70@gmail.com; suyen@cebi.uo.edu.cu

Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba

● Resumen

Los principales problemas ambientales de la Universidad de Oriente están asociados con la emisión no controlada y sin tratamiento de desechos sólidos y líquidos al medio ambiente. En la comunidad universitaria "Antonio Maceo" viven actualmente 1 360 personas; el 70 % son estudiantes de la entidad. Esta comunidad vierte unos 23 462,7 L/d de aguas residuales compuestas por los residuales líquidos de 15 edificios y las aguas de la cocina-comedor y la cafetería. En este trabajo se evalúan las características físico-químicas y microbiológicas de las aguas residuales de la comunidad universitaria Antonio Maceo, determinándose los parámetros ambientales de mayor incidencia. Las aguas son neutras y con salinidad adecuada. Poseen coloración gris, olor desagradable y aspecto turbio, sin presencia de material flotante. El contenido de materia orgánica está por encima de los límites de vertido, y se detectaron bacterias coliformes totales y fecales. La mayor variabilidad (46,5 %) de las aguas residuales depende de la turbidez, DQO, DBO₅, sulfuro, amonio, aceites y grasas y sólidos totales y fijos.

Palabras clave: aguas residuales, parámetros ambientales, caracterización de residuales, comunidad universitaria.

● Abstract

The main environmental problems of the Universidad de Oriente are associated with the emission of uncontrolled and untreated solid and liquid waste to the environment. In the university community "Antonio Maceo" 1 360 people now living, of which 70 % are students of the institution. This community poured about 23 462,7 L/d of wastewater residual liquids composed of 15 buildings and the waters of the kitchen and cafeteria. In this paper we evaluate the physico-chemical and microbiological wastewater university community Antonio Maceo, determining environmental parameters of highest incidence. The waters are neutral and proper salinity. They have gray color, odor and cloudy appearance, without the presence of floating material. The organic matter content is above discharge limits and detected total and fecal coli forms. The greatest variability (46,5 %) of wastewater depends on the turbidity, COD, BOD 5, sulfide, ammonium, oil and grease and total solids and fixed.

Key words: wastewater, environmental parameters, waste characterization, university community.

● Introducción

Las residencias estudiantiles están distribuidas en todo el país en las universidades cubanas como parte del sistema educacional cubano, estableciendo un

núcleo urbano con características distintivas. En estas se concentran más del 70 % de los estudiantes con edades que oscilan entre los 18 y los 23 años, composición de sexo donde prevalecen las féminas y con horarios de máxima actividad localizados al

mediodía y en horarios nocturnos. Las residencias estudiantiles han propiciado, en gran medida, la graduación de casi dos millones de profesionales desde el triunfo revolucionario /1/.

El Ministerio de Educación Superior le presta atención a la gestión de los residuales líquidos en las residencias y comunidades universitarias debido a que las aguas residuales domésticas impactan negativamente en el medio ambiente al ser vertidas sin un tratamiento adecuado a los cuerpos receptores /2/. Se conoce que la Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos", propone el empleo de plantas acuáticas para purificar el agua que se utiliza con fines ornamentales en el Parque de La Juventud del propio centro, así como para el tratamiento de aguas residuales de dicha instalación /3/.

La Universidad de Oriente, dentro de su estrategia ambiental, promueve el desarrollo de proyectos para el saneamiento ambiental y el tratamiento de los residuos que se generan asociados a los diferentes procesos sustantivos que desarrolla la entidad /4/.

Los problemas ambientales más evidentes de la Universidad de Oriente están asociados a la emisión no controlada y sin tratamiento adecuado de sus desechos sólidos y líquidos al medio ambiente. Es en la residencia estudiantil "Antonio Maceo" donde se

producen las mayores agresiones ambientales dentro de la Universidad, ya que se manifiestan conductas individuales antiecológicas en estudiantes, profesores y trabajadores en general.

La comunidad universitaria "Antonio Maceo" de la Universidad de Oriente, tiene actualmente 1 360 personas, donde el 82 % son estudiantes y profesores pertenecientes a las 22 carreras de la institución y el resto pertenece al asentamiento poblacional de trabajadores de la universidad (30 viviendas), que colinda con la residencia estudiantil. Las aguas residuales de la comunidad universitaria "Antonio Maceo" están compuestas fundamentalmente, por los residuales líquidos de los edificios de la residencia estudiantil y los del asentamiento poblacional.

También se incluyen los residuales líquidos de la cocina-comedor de la residencia. Estas aguas se unen en un drenaje localizado en el área de mantenimiento de la Universidad de Oriente (figura 1). Finalmente son dirigidas a un canal localizado en el asentamiento poblacional "Los Cocos" (cuerpo receptor primario) y de ahí se vierten al río Yarayó (cuerpo receptor secundario). El mayor vertimiento de aguas albañales se produce en tres horas del día 05:30-07:00, de 11:00-13:00 y de 17:30-19:00.



Fig. 1 Imagen satelital de la residencia estudiantil Antonio Maceo de la Universidad de Oriente (Google 2010). Señalado en rojo el drenaje de los residuales seleccionado como estación de muestreo.

El sistema de drenaje de las aguas albañales de la residencia ha presentado problemas de funcionamiento debido a tupiciones en determinados edificios, lo que ha obligado a desviar las aguas residuales a través de una zanja auxiliar. La exposición al derrame de estas aguas puede traer consigo severos daños medioambientales y de salud en estudiantes y trabajadores, al exponerse a la propagación de agentes patógenos, además genera olores desagradables y propicia la proliferación de vectores, lo que impacta de manera negativa en la calidad de vida de los estudiantes y en el deterioro del entorno.

Para encontrar soluciones que incluyan la disposición y tratamiento de estas aguas, se requiere conocer sus características para reducir el impacto negativo que provocan en el medio. El objetivo de este trabajo es evaluar las características físico-químicas y microbiológicas de las aguas residuales de la comunidad universitaria Antonio Maceo de la Universidad de Oriente. Los parámetros ambientales de mayor incidencia en las características de las aguas también se determinan.

● Materiales y métodos

Estación de muestreo. Toma y conservación de las muestras

La estación de muestreo se fijó en el drenaje donde se unen todas las aguas residuales que pasan por el sistema de alcantarillado de la comunidad universitaria "Antonio Maceo", ubicado en las inmediaciones del área de mantenimiento de la Universidad de Oriente (figura 1). La toma y conservación de las muestras se realizó mediante la metodología establecida /5-8/.

Se efectuaron muestreos semanales durante el primer semestre de 2012, en días representativos del proceso generador de la descarga. Las muestras se tomaron compuestas proporcionales al caudal, colectando para ello un número determinado de porciones de agua en los horarios de 06.00-06:30, 12:30-13.00 y de 17:30-18.00, y mezclándolas en un recipiente adecuado para obtener una muestra compósito que se analiza en el laboratorio. Para coleccionar las muestras se utilizaron envases de plástico

de 1,5 L de capacidad. La temperatura se determinó *in situ*.

Parámetros analizados y métodos empleados

Para realizar el estudio químico-físico de las aguas residuales de la comunidad universitaria Antonio Maceo de la Universidad de Oriente, se determinaron los siguientes parámetros ambientales: pH, temperatura (T), conductividad eléctrica (λ), sólidos totales (ST), sólidos totales fijos (STF), sólidos totales volátiles (STV), sólidos sedimentables (SS), sólidos suspendidos totales (SST), sólidos suspendidos fijos (SSF), sólidos suspendidos volátiles (SSV), demanda química de oxígeno (DQO), demanda biológica de oxígeno (DBO_5), fosfato (PO_4^{3-}), aceites y grasas (A y G), sulfuro (S^{2-}), bacterias coliformes fecales (BCF), bacterias coliformes totales (BCT), metales, amonio (NH_4^+) descritos en /5, 9, 10/.

- pH: Determinación potenciométrica directa /10/.
- Conductividad eléctrica (I): Determinación conductimétrica /5/.
- Demanda química de oxígeno (DQO): Tratamiento previo de la muestra con $K_2Cr_2O_7$ y ácido sulfúrico. Determinación espectrofotométrica a 620 nm con curva de calibración como método de cálculo de la concentración /10/.
- Demanda biológica de oxígeno (DBO_5): 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 /10/.
- Fosfato (PO_4^{3-}): Determinación espectrofotométrica a 830 nm y evaluación de la concentración por curva de calibración /5/.
- Amonio (NH_4^+): 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 /5/.

- Sólidos totales, fijos y volátiles (ST, STF y STV): Determinación gravimétrica /9/. Los ST son tratados a 103-105 °C. Los sólidos totales fijos (STF) se determinan a partir del residuo sólido de la determinación de los sólidos totales, sometidos a una temperatura de 530°C. Los sólidos totales volátiles (STV) se determinan por la diferencia entre los sólidos totales y los sólidos totales fijos.

- 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.

- Metales: Espectrometría de plasma inductivamente acoplado (ICP) y método de evaluación por curva de calibración /10/. Se determinaron aluminio (Al), cadmio (Cd), cromo (Cr), cobalto (Co), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), molibdeno (Mo), níquel (Ni), plomo (Pb), vanadio (V), bario (Ba), y plata (Ag).

- Bacterias coliformes totales y fecales (BCT, BCF): Ambos parámetros se determinan por el método del número más probable (NMP/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 35-37 °C durante 24-48 h para coliformes totales, y a 44,5 ± 0,2 °C durante 24 h para coliformes fecales /11/.

Tratamiento estadístico de los resultados

Para el tratamiento estadístico de los resultados se utilizó el software Statgraphics versión 5.1. Se utilizaron las herramientas del Análisis de Varianza (ANOVA), test de normalidad Kolmogorov-Smirnov, test de comparación de medias *a posteriori* de Duncan. En todos los casos se utilizó un nivel de significación del 5 %.

● Resultados y discusión

Caracterización de las aguas residuales de la comunidad universitaria Antonio Maceo

La comunidad universitaria Antonio Maceo es la mayor de las dos que posee la Universidad de Oriente.

El núcleo poblacional posee una infraestructura con 17 inmuebles, de los cuales 10 son edificios residenciales donde habita el 70 % de los estudiantes matriculados en curso regular diurno; además, una cafetería y la cocina comedor perteneciente a la residencia estudiantil. Los cinco inmuebles restantes son edificios multifamiliares de trabajadores de la entidad.

Las aguas residuales de la comunidad, provenientes de los inmuebles antes mencionados, además de los asentamientos poblacionales que colindan con la comunidad universitaria, se unen en un drenaje (figura 1) localizado en el área de mantenimiento de la Universidad.

El análisis de los diferentes parámetros de contaminación ambiental en las aguas residuales de la comunidad Antonio Maceo evidenció una variabilidad significativa entre los muestreos realizados (datos no mostrados), comportamiento característico de las aguas residuales domésticas y aspecto no deseable en los análisis rutinarios. La composición de este tipo de agua depende de las costumbres alimentarias, la desagregación o no de las aguas residuales domésticas, las fluctuaciones de la población escogida, entre otros aspectos.

En la comunidad universitaria Antonio Maceo no existe desagregación de corrientes, y el 80 % de la población permanece estable durante un quinquenio. Respecto a las costumbres alimentarias, la dieta actual en este tipo de comunidad se basa, fundamentalmente, en el consumo de carbohidratos. Los resultados obtenidos fueron comparados con la Norma Cubana /12/, para cuerpo receptor clase C. Considerando la variabilidad encontrada en los muestreos se determinaron los valores de fluctuación de los parámetros físico-químicos, cuyos rangos se describen en la tabla 1.

La comunidad universitaria vierte 23 462,7 L/d de aguas residuales, para un núcleo poblacional de 1 360 habitantes, aproximadamente. Como estas aguas no reciben tratamiento previo a la descarga, no pueden ser reutilizadas; lo que convierte a la comunidad universitaria en un alto consumidor de agua dentro de la Universidad de Oriente.

TABLA 1. CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA RESIDENCIA ESTUDIANTIL ANTONIO MACEO DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE

Parámetros	Rango
T (°C)	22-28
pH(U)	6,8-7,7
Turbidez (UTN)	41-102
λ (mS/cm)	606-772
DQO (mg/L)	190-306
DBO ₅ (mg/L)	59-112
S ²⁻ (mg/L)	0-23,2
N-NH ₄ ⁺ (mg/L)	1,3-3,7
P-PO ₄ ³⁻ (mg/L)	2,0-18,8
A y G (mg/L)	33,2-67,9
SS (mL/L)	2,0-4,5
ST (mg/L)	476-1197
STF (mg/L)	276- 850
STV (mg/L)	194- 358

Las muestras analizadas presentaron una coloración gris, olor desagradable y aspecto turbio (41-102 UTN), sin presencia de material flotante. El color y el olor detectados son características típicas de las aguas residuales municipales frescas y oxigenadas /13/. La caracterización de las aguas residuales de la comunidad universitaria Antonio Maceo demostró que los parámetros ambientales temperatura, pH, conductividad eléctrica, fosfato, amonio y sulfuro no son contaminantes por encontrarse los valores determinados por debajo del límite máximo permisible que regula la NC 27: 1999.

El valor de DQO osciló entre 190-360 mg/L (figura 2), observándose que todos los valores se encuentran por encima del límite máximo que establece la norma NC 27: 1999 (120 mg/L). Esta situación constituye una alerta de la sobrecarga del sistema de alcantarillados, cuerpo receptor de las aguas residuales de la comunidad, por la carga orgánica aportada. Se conoce de desbordamientos y contaminación por aguas albañales en algunas ocasiones debido a esta situación; motivo por el cual se requiere de adoptar medidas para la reducción de la carga orgánica, minimizar el impacto ambiental de las aguas residuales y evaluar la reutilización de estas para disminuir el consumo de agua en la comunidad universitaria.

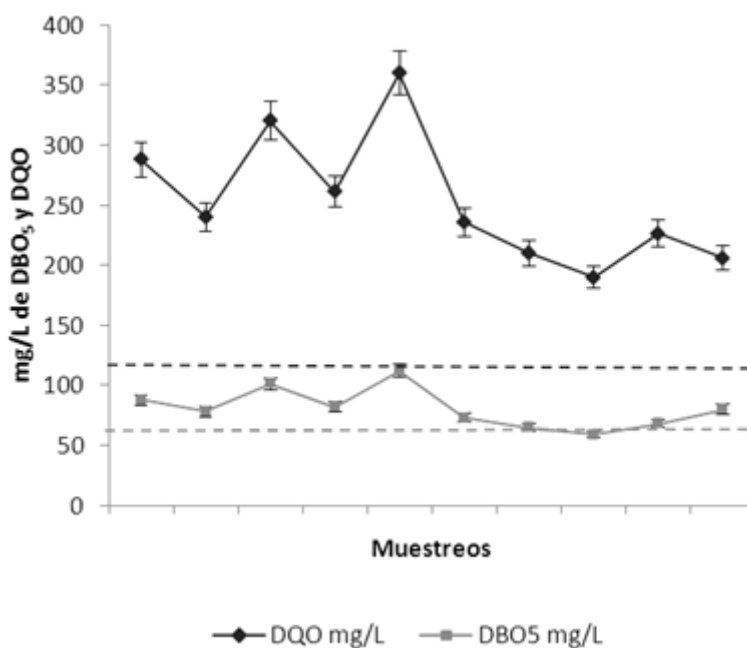


Fig. 2 Variación de la DQO y DBO₅ en las aguas residuales de la comunidad universitaria Antonio Maceo de la Universidad de Oriente. Líneas de puntos: DQO (120 mg/L) y DBO₅ (60mg/L) establecidos en la Norma Cubana:27: 1999.

Los sistemas de tratamiento biológicos pueden ser una alternativa favorable tanto desde el punto de vista ambiental como curricular. La DBO_5 es otro parámetro indicador de materia orgánica que evalúa la cantidad de oxígeno requerida para oxidar la materia orgánica biodegradable presente /14/.

En los muestreos analizados, los valores obtenidos oscilaron entre 59-112 mg/L (figura 2), lo que evidencia que este parámetro se encuentra por encima de 60 mg/L que es el valor reportado por la NC 27: 1999. Como se observa, el comportamiento entre la DQO y la DBO_5 es similar, por cuanto la DQO incluye la materia orgánica e inorgánica susceptibles a oxidarse, pero al parecer están presentes en estas aguas otros compuestos como metales o iones en solución que también constituyen una fuente importante de contaminación (figura 2).

Las aguas residuales domésticas, comparadas con las aguas residuales industriales, se caracterizan por tener baja carga orgánica /15/, lo que a veces se argumenta como dificultad para implementar sistemas biológicos de tratamiento. No obstante, analizando los resultados obtenidos se evidencia que las aguas residuales de la comunidad universitaria Antonio Maceo poseen una carga orgánica elevada, llegando a alcanzar 5,96 kg/día, indicativo de aguas de mala calidad. Cuando la relación $DBO_5/DQO > 0,6$ predomina materia orgánica biodegradable y si es $< 0,2$ no es biodegradable /16, 17/.

La relación calculada en este trabajo es 0,3 por lo que pueden considerarse aguas moderadamente biodegradables. Ello sugiere poder combinar sistemas de tratamientos químico-físicos (primarios) y biológicos (secundarios). Los sistemas de tratamientos primarios facilitan la eliminación de sólidos en suspensión y la oxidación de compuestos vía reacciones químicas en lapsos de tiempo pequeños y condiciona la acción posterior de los organismos usados en los tratamientos biológicos /18/.

La posibilidad de aplicar sistemas primarios de tratamiento se refuerza en el análisis de la presencia de los sólidos. De forma general, el contenido de sólidos fue bastante irregular en la etapa de estudio, sin embargo como se refleja en la tabla 1, prevalecen los sólidos fijos comparados con los sólidos volátiles.

Los aceites y grasas (A y G) se definen como el material orgánico, soluble en un solvente no polar, recuperado en una muestra dada. Los valores de A y G oscilaron de 33,2 a 67,9 mg/L, encontrándose siempre por encima de lo permitido por la Norma Cubana (30 mg/L), aportando parte de la materia orgánica presente en dichas aguas.

Se detectó la presencia de bacterias coliformes totales (BCT) y fecales (BCF) en valores de $66 \cdot 10^4$ NMP/100 mL, y $36 \cdot 10^4$ NMP/100 mL, respectivamente. La NC 27: 1999 no regula los valores de BCT y BCF para las aguas vertidas en cuerpos receptores clase C, indicando a su vez que el límite lo fijará el organismo rector de las aguas terrestres atendiendo al uso, necesidad de conservación y posible riesgo para la salud. No obstante, se consideraron las normativas de la OMS y la EPA (EEUU) para la reutilización de aguas residuales en riego agrícola y en comparación con los valores obtenidos en el análisis no es posible emplear las aguas de la comunidad universitaria Antonio Maceo sin antes tratarlas adecuadamente /19/.

Además de los macroconstituyentes en las aguas naturales existen microconstituyentes o elementos trazas (< 1 mg/L), en esta denominación se encuentran los metales pesados. En la tabla 2 se presenta el contenido de metales totales en las aguas residuales analizadas, y se observa que las concentraciones detectadas son bajas y dentro de los requisitos establecidos en la NC 27: 1999.

TABLA 2. CONTENIDO DE METALES PESADOS EN LAS AGUAS RESIDUALES DE LA COMUNIDAD ESTUDIANTIL ANTONIO MACEO DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE

Metales	Al	Pb	Cu	Fe	Ba	Mn	V	Ag	Zn
mg/L	1,19	0,15	0,02	1,2	0,08	0,21	0,02	0,04	0,11

Teniendo en cuenta los parámetros analizados se puede afirmar que las aguas residuales domésticas de la comunidad universitarias están contaminadas con material orgánico y diariamente se vierte gran volumen de aguas residuales susceptible de ser aprovechado para mantenimiento de áreas verdes y otras actividades, si se establecen los requisitos de calidad requeridos. Para ello se necesitará un diseño de depuración que combine tratamientos primarios y secundarios.

Análisis de la incidencia de los parámetros evaluados en la composición del agua residual

Como se reflejó en la caracterización de las aguas residuales de la comunidad universitaria Antonio Maceo (tabla 1), es común que las aguas domésticas presenten una alta variabilidad en los valores de los parámetros químico-físicos. Para establecer un sistema de tratamiento y controlar el proceso de

depuración, así como cuando la composición de las aguas no es muy homogénea es conveniente conocer en qué grado incide cada parámetro ambiental medido y cuáles son los que más aportan o influyen en la variabilidad; pudiendo ser seleccionados para el control periódico de las aguas residuales.

El análisis de Componentes Principales (CP) es una herramienta matemática que permite economizar el número de variables (parámetros ambientales) al obtener nuevas variables (componentes principales) como combinaciones lineales de las originales. Los componentes principales soportan la mayor parte de la varianza; logrando de esta forma, una mejor caracterización de las aguas domésticas servidas de la comunidad universitaria Antonio Maceo. Una vez aplicada la técnica CP fueron calculados los vectores individuales mayores que 1 (criterio Kaiser) /20/. Los resultados del análisis de CP se presentan en la tabla 3.

TABLA 3. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES EN LAS AGUAS RESIDUALES DE LA COMUNIDAD UNIVERSITARIA ANTONIO MACEO DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE

Variables	Componente 1	Componente 2	Componente 3
pH	0,18	0,74	-0,16
T	0,03	0,62	-0,44
Turbidez	-0,77	-0,18	-0,14
λ	-0,31	0,29	-0,76
DQO	-0,77	0,59	0,20
DBO ₅	-0,78	0,44	0,40
S ²⁻	-0,96	-0,10	-0,03
N-NH ₄ ⁺	-0,93	0,28	0,12
P-PO ₄ ³⁻	-0,27	0,74	-0,12
A y G	-0,78	-0,31	0,10
ST	-0,87	-0,38	-0,14
STF	-0,88	-0,26	0,09
STV	-0,34	-0,49	-0,72
Valores propios	6,04	2,76	1,59
% Varianza	46,48	21,26	12,27
% Acumulado	46,48	67,74	80,01

Los resultados mostrados en la tabla conducen a la determinación de tres grupos o componentes principales que permiten la interpretación del 80% de la varianza media total de las variables. En cada grupo las variables que definen (mayor influencia) el componente principal aparecen en negrita, lo que

significa que constituyen los parámetros necesarios para caracterizar las aguas residuales de la comunidad Antonio Maceo. De los tres componentes principales obtenidos, el componente 1 (tabla 3), definido por ocho variables o parámetros ambientales, es el que explica la mayor variabilidad (46,48 %) de las aguas

residuales estudiadas ya que posee el valor propio más grande (6,04). Esto quiere decir que el 46,48 % de la variabilidad en las aguas residuales está definido por: Turbidez, DQO, DBO₅, S²⁻, N-NH₄⁺, A y G, ST y STF. Este agrupamiento refleja la significativa contaminación con materia orgánica de forma reciente y en descomposición, además de la presencia de sólidos de origen inorgánico. Todos estos parámetros inciden negativamente en la evaluación de las aguas residuales, incidencia que es caracterizada en la mayoría de los casos por un desvío del límite permisible según la normativa vigente /12/.

El segundo grupo o componente (tabla 3) está definido por el pH y P-PO₄³⁻ y explican solo el 21,26% de la variabilidad, lo que evidencia la incidencia de especies iónicas en solución, resultado del arrastre y la propia naturaleza de las aguas domésticas de la comunidad universitaria y no, como resultado de una contaminación (pH alrededor del neutro, P-PO₄³⁻ < 20 mg/L). En el tercer grupo (tabla 3) están presentes la λ y los STV, con una variabilidad del 12,27 %. Estos parámetros influyen negativamente en la caracterización, evidenciando la presencia de sales y la contaminación por sólidos de origen orgánico.

El análisis de correlación de las variables reagrupadas demostró una fuerte correlación positiva entre algunos parámetros (tabla 4). Las mayores correlaciones observadas están entre los parámetros DBO₅/DQO, NH₄⁺/DQO y NH₄⁺/DBO₅, S²⁻/ST, S²⁻/STF y ST/STF. La correlación DBO₅/DQO era de esperar, pues la DQO incluye toda la materia químicamente oxidable, mientras que la DBO₅ solo evalúa la materia biodegradable. Los sólidos totales (ST) engloban todo el residuo resultante del secado de la muestra a 105°C y a partir de estos se obtiene materia inorgánica (STF) al calentar la muestra a 530 °C. Con relación a la correlación entre el sulfuro (S²⁻) y los sólidos totales (ST) y totales fijos (STF), hay que destacar que se detectaron algunos metales (tabla 2) cuyos sulfuros son muy insolubles (Ag₂S, BaS, FeS, PbS) y se reflejan en los ST y STF (materia inorgánica). Respecto a la correlación NH₄⁺ con la DQO y DBO₅ hay que tener en cuenta que las proteínas son hidrolizadas a aminoácidos y después se degradan hasta amonio /21/, de ahí que su presencia se asocie con la contaminación albañal reciente /14/. El contenido proteico es materia biodegradable y se refleja en los valores de DBO₅, la que a su vez está contenida en los valores de DQO.

TABLA 4. MATRIZ DE CORRELACIÓN DE LOS PARÁMETROS AMBIENTALES OBTENIDA EN EL ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES

Variables	pH	T	Turb	λ	DQO	DBO ₅	S ²⁻	NH ₄ ⁺	PO ₄ ³⁻	AG	ST	STF	STV
pH	1,00												
T	0,26	1,00											
Turbidez	-0,32	-0,09	1,00										
λ	0,42	0,32	0,16	1,00									
DQO	0,27	0,21	0,48	0,29	1,00								
DBO ₅	0,06	0,12	0,46	0,03	0,95	1,00							
Sulf	-0,13	-0,13	0,70	0,35	0,65	0,65	1,00						
N-NH ₄ ⁺	0,10	0,03	0,68	0,32	0,93	0,90	0,86	1,00					
P-PO ₄ ³⁻	0,27	0,58	0,19	0,21	0,58	0,51	0,12	0,36	1,00				
A y G	-0,51	-0,14	0,53	0,09	0,46	0,57	0,69	0,63	-0,01	1,00			
ST	-0,35	-0,19	0,67	0,28	0,39	0,44	0,94	0,67	-0,05	0,72	1,00		
STF	-0,27	-0,23	0,58	0,18	0,50	0,57	0,96	0,74	-0,02	0,69	0,95	1,00	
STV	-0,36	0,02	0,53	0,39	-0,15	-0,18	0,32	0,10	-0,08	0,39	0,54	0,26	1,00

Los valores en negrita indican fuerte correlación entre los parámetros analizados para un nivel de significación del 5 %

Evaluando las características de las aguas residuales de la comunidad universitaria pueden valorarse dos posibles sistemas de tratamiento secundario: digestión anaerobia en reactores de segunda generación UASB /22, 23/ o lagunas de estabilización /24/.



Conclusiones

Las aguas residuales de la comunidad universitaria Antonio Maceo de la Universidad de Oriente no cumplen con los requisitos establecidos para ser descargadas directamente en el sistema de

alcantarillado, siendo el contenido de materia orgánica (DQO, DBO₅), turbidez, sulfuros, nitrógeno (NH₄⁺), aceites y grasas y cantidad de sólidos (totales y fijos) los parámetros que mayor variabilidad le aportan a las aguas. Actualmente se estudian los tratamientos por digestión anaerobia en reactores UASB y por lagunaje.



Bibliografía

1. RUANO, D. "Conmemoran en Cuba medio siglo del plan de becas universitarias" [en línea]. 2011. Disponible en Internet: <www.radiorebelde.cu/noticia/conmemoran-cuba-medio-siglo-plan-becas-universitarias-20110111>.
2. ORTIZ, M.; R. G. RALUY; L. SIERRA; J. UCHE. "Life Cycle Assessment of Water Treatment Technologies: Wastewater and Water-Reuse in Small Town". *Desalination*. 2007, p. 240, 121-131.
3. SANTANA, D. "Uso de plantas acuáticas en el tratamiento de agua y aguas residuales en la Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos". *Revista Avanzada Científica*. 2002, vol. 5, no. 2, p. 15-19.
4. *Estrategia Ambiental de la Universidad de Oriente 2007-2011* [en línea]. [ref. de 9 de abril de 2012]. Disponible en Internet: <medioambiente.uniblog.uo.edu.cu/files/2011/01/ESTRATEGIA-AMBIENTAL-DE-LA-UO-2011.pdf>.
5. APPHA, W.; E. AWWA. "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater". En: *21th ed. American Public Health Association*, Washington DC. USA, 2005, p. 5-72.
6. OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. *Norma cubana ISO 5667-1. Calidad del agua muestreo. Guía para el diseño de programas de muestreo*. Parte 1. La Habana: 2004, 22 p.
7. _____. *Norma cubana ISO 5667-3. Calidad del agua muestreo. Guía para la preservación y manipulación de Muestra*. Parte 3. La Habana: 2004, 17 p.
8. _____. *Norma cubana iso 5667-10. Calidad del agua muestreo. Guía para el muestreo de aguas residuales*. Parte 10. La Habana: 2004, 10 p.
9. SKOOG, D. "Fundamentos de la Química Analítica". 8a edición. Thomson (ed.). Madrid: Paraninfo SA, 2004. 1165 p.
10. SKOOG, D.; A. F. HOLLER; G. NICMAN. "Principios del Análisis Instrumental". 5a edición. USA: Ed. McGraw Hill, 2005, 1028 p.
11. Oficina Nacional de Normalización. *Norma cubana ISO 4831. Microbiología de alimentos de consumo humano y animal. Guía general para la enumeración de coliformes. Técnica del número más probable*. La Habana: 2002, 12 pág.
12. _____. *Norma cubana 27. Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y alcantarillados. Especificaciones*. La Habana: 1999, 14 p.
13. HERNÁNDEZ, H. "Evaluación de tecnologías de tratamientos descentralizados de aguas residuales domésticas para comunidades periurbanas empleando criterios de sostenibilidad". Diplomado en Gestión Ambiental. Instituto de Geografía Tropical, La Habana, 2008, p. 1-58.
14. OROZCO, C.; A. PÉREZ; M. GONZÁLEZ; F. RODRÍGUEZ; J. ALFAYATE. *Contaminación ambiental: una visión desde la Química*. Thomson (ed.). España: Paraninfo SA, 2004. 679 p.
15. SPEECE, R. *Anaerobic Biotechnology for Industrial Wastewaters*. Tennessee. USA: Published Arhaepress, 1996. 394 p.
16. MONTALVO, S.; L. GUERRERO. *Tratamiento anaerobio de residuos. Producción de Biogás*. Chile: Universidad Técnica Federico Santa María, 2003. 366 p.
17. MADIGAN, M.; J. MARTINKO; J. PARKER. *Biología de los Microorganismos*. 10a edición. New Jersey: Prentice Hall, 2010. 1089 p.
18. ÁBALOS, A.; A. MARAÑÓN; J. M. FERNÁNDEZ; I. AGUILERA; M. F. DESPAIGNE. "Caracterización de las aguas residuales de la planta refinadora de aceites comestibles ERASOL". *Revista CENIC Ciencias Biológicas*. 2007, 38, 3, p. 220-223.
19. ASELA, L.; E. VELIZ; J. G. LLANES; M. BATALLER. "Reúso de aguas residuales domésticas para riego agrícola. Valoración crítica". *Revista CENIC Ciencias Biológicas*. 2009, 40, 1, p. 35-44.
20. PÉREZ, G.; P. VALIENTE. "Determination of pollution trends in an abandoned mining site by application of a multivariate statistical analysis to heavy metals fractionation using SM&T- SES". *J. Environ. Monit*, 2005, 7, p. 29-36.
21. KOOLMAN, J.; K. H. ROEHM. *Color Atlas in Biochemistry*. 2nd Edition. New York: Thieme, 2005, 476 p.
22. BERMÚDEZ, R. C.; S. RODRÍGUEZ; M. C. MARTÍNEZ; A. I. TERRY. "Ventajas del empleo de reactores UASB en el tratamiento de residuales líquidos para la obtención de biogás". *Revista Tecnología Química*, 2003, XXIII, p. 37-44.
23. CALIJURI, M. L.; R. K. XAVIER; T. DE BRITO; B. CESCO. "Tratamento de esgotos sanitários em sistemas reatores UASB/Wetlands construídas de fluxo horizontal: eficiência e estabilidade de remoção de matéria orgânica, sólidos, nutrientes e coliformes". *Eng. Sanit. Ambient*, 2009, 14, p. 421-430.
24. ALVES DA SILVA. *Diagnóstico operacional de lagoas de estabilização*. Posgraduação em Engenharia Sanitária. Natal. RN, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2007. 169 p.