

## **CARACTERIZACIÓN PRELIMINAR DE LOS VERTIDOS DE AGUAS RESIDUALES EN LA UNELLEZ, GUANARE, PORTUGUESA\***

Preliminary characterization of waste-water discharges at UNELLEZ, Guanare, Portuguesa

Yadira Cordero<sup>1</sup>, Carlos Párraga<sup>1</sup>, Rafael España<sup>1</sup>, Alí Cohir<sup>1</sup> y José Gregorio Quintero<sup>1</sup>

### **RESUMEN**

Se caracterizaron preliminarmente los vertidos de aguas residuales en la UNELLEZ, Guanare, estado Portuguesa, mediante muestreos desarrollados desde el año 2005 al 2008. Existe poca información con relación al tema en la zona. Se revisaron y analizaron características físicas, químicas y biológicas en las tanquillas receptoras. Se identificaron las condiciones que intervienen y afectan al sistema de recolección. Se determinó el contenido de coliformes totales y fecales, detergentes, algunos metales, fósforo y nitrógeno; éstos se compararon con los valores establecidos en el Decreto 883 sobre clasificación de cuerpos de agua y descargas a cuerpos de agua. Se analizó la posibilidad de reutilizar las aguas residuales para riego. Se obtuvo que la demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, contenido de detergentes, oxígeno disuelto, coliformes totales y fecales, aceites y grasas, nitrógeno y fósforo en casi todas las tanquillas evaluadas sobrepasaron las concentraciones establecidas en el Decreto. Se determinó que este sistema de recolección, por el tiempo de funcionamiento y capacidad de recepción de vertidos, se encuentra en estado de deterioro. La alta concentración de coliformes no permite la reutilización directa debido a que pueden generarse problemas de salud pública.

**Palabras clave:** características físicas, químicas y biológicas, reutilización, recolección, calidad de agua.

### **ABSTRACT**

Wastewater from UNELLEZ (Guanare, Portuguesa) was preliminarily characterized in samples collected from 2005 to 2008. There is little information regarding the subject in the study area. We reviewed and analyzed physical, chemical and biological parameters in the receiving collectors. We identified the conditions and factors affecting the collection system. It was determined the content of total and fecal coliforms, detergents, some metals, phosphorus, nitrogen, these values were compared with those established in Decree 883 on classification of bodies of water and discharges to water bodies. The feasibility of reusing wastewater for irrigation was analyzed. It was found that values of biochemical oxygen demand, chemical oxygen demand, detergents content, dissolved oxygen, total and fecal coliforms, oil and grease, nitrogen and phosphorus in almost all evaluated collecting tanks exceed established by Decree. It was determined that this system of collection, by the time of operation and discharge capacity of reception, is highly deteriorated. The high concentration of coliforms does not allow direct reuse due to health problems that it may generate.

**Key words:** physical, chemical and biological weapons, reuse, collection, water quality.

---

(\*) Recibido: 08-08-2009

Aceptado: 10-04-2010

<sup>1</sup> Programa Ciencias del Agro y del Mar. Universidad Ezequiel Zamora, UNELLEZ, Guanare 3350, Po. Venezuela. E-mail: cyadiraramona@yahoo.es

---

## INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso escaso en estos tiempos, la sociedad interfiere en el ciclo hidrológico captando agua en un punto para su uso y devolviéndola en otro con calidad alterada. Al problema de la escasez de agua a nivel mundial debe agregarse, el deterioro de su calidad, originado en gran medida por los vertidos procedentes del crecimiento urbano, que aumenta las cargas contaminantes y usos consuntivos (que disminuye los caudales circulantes), esto contribuye a que la capacidad de autopurificación de los cuerpos de agua sea insuficiente y sea cada vez más necesario depurar las aguas residuales antes de su vertido. En países con escasa disponibilidad de agua dulce o en aquellas zonas en que está mal distribuida, la depuración, limpieza y el tratamiento de las aguas residuales es imprescindible para mantener niveles adecuados de calidad en las aguas receptoras (Maisomave y Fabrizio 2008).

La dotación del acueducto se encuentra entre 60 y 350 litros/persona/día y se estima que la cantidad de líquidos residuales domiciliarios generados oscila entre 70 y 85 % (Espinosa 2005). Las aguas negras o municipales contienen un número incalculable de organismos vivos, como bacterias y otros microorganismos cuyas actividades vitales causan el proceso de descomposición. Cuando la degradación se lleva a cabo en condiciones anaerobias, en las aguas municipales resultan condiciones ofensivas que originan olores y apariencias desagradables, cuando la degradación ocurre en condiciones aerobias, el proceso marcha con gran celeridad (Hilleboe 1964).

La contaminación de aguas superficiales y subterráneas es desde hace varios años crítica en muchas regiones y tiende a agravarse como consecuencia del crecimiento poblacional y el desarrollo industrial (Strobbe 1973). Las principales áreas con problemas de contaminación en Venezuela se localizan en la parte norte del territorio, sin embargo la zona occidental no escapa de esta situación. El uso agrícola, industrial y urbano del recurso agua ha ocasionado deterioro de los diferentes cuerpos de agua existentes y ha generado descargas de aguas residuales sin

tratamiento o con tratamiento poco efectivo (Roa 2002).

En el país existen algunos cuerpos de agua de importancia seriamente afectados y en los últimos años se ha comprobado que la contaminación en los ríos de la región Sur Oriental, se debe a las actividades mineras de explotación y procesamiento de minerales. De igual manera, en el estado Portuguesa, en las zonas adyacentes del río Guanare se realizan diversas actividades antrópicas que influyen en la calidad del agua, observado por la disminución del contenido de oxígeno de un año a otro, que indica la alteración de las condiciones naturales de este cuerpo de agua (Ávila 2008).

En la ciudad de Guanare existen sectores de importancia que generan efluentes líquidos sin control, entre ellos está la Universidad Nacional Experimental de los Llanos Ezequiel Zamora (UNELLEZ), institución que a lo largo de los años ha tenido un incremento considerable en la matrícula estudiantil y ha mantenido un sistema de recolección de aguas residuales desde su fundación. En esta investigación se caracterizaron los vertidos de aguas residuales, se evaluó la posibilidad de reutilizar las aguas residuales e identificaron las condiciones en que se encuentra el sistema de recolección de esta casa de estudios.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio está situada en el occidente de Venezuela, en el estado Portuguesa, municipio Guanare, en la UNELLEZ, Mesa de Cavacas, las tanquillas recolectoras de aguas residuales se encuentran en las siguientes coordenadas:

**Tabla 1. Ubicación de los puntos de muestreo de aguas residuales en la UNELLEZ, Guanare.**

Puntos de muestreo	Coordenadas	
	Norte	Este
Pabellón G	1.002.191	410.789
Pabellón F	1.002.069	410.872
Pabellón B	1.002.192	411.172
Comedor	1.002.319	411.067

El sitio de estudio hidrográficamente forma parte de la cuenca del río Guanare en la vertiente oeste de los llanos venezolanos, la cual pertenece a un sistema mayor denominado piedemonte, que constituye un área de transición entre la sierra de

Portuguesa y los Llanos venezolanos (Briceño 2009).

Se planteó el siguiente procedimiento metodológico:

- Se ubicaron los puntos de muestreo en cada una de las tanquillas receptoras que conforman el sistema de aguas residuales. Se consideró un período de muestreo de seis horas, con una frecuencia de una hora, durante ese período se captaron seis submuestras, para obtener una muestra compuesta. Se realizaron dos muestreos en cada tanquilla, en época de sequía y lluvia.
- Las muestras se preservaron entre 0 y 5 °C de temperatura, se agregó ácido nítrico y ácido sulfúrico para retardar la actividad biológica y evitar la precipitación de los metales.
- Las muestras se analizaron en el laboratorio de calidad de agua de la UNELLEZ siguiendo la metodología de American Public Health Association (APHA 2005).
- Los parámetros analizados fueron: temperatura, turbiedad, conductividad, pH, color real, alcalinidad total, acidez y contenido de sólidos totales, sólidos disueltos, sólidos suspendidos, sólidos totales volátiles, sólidos totales fijos, sólidos sedimentables, cloruro, hierro, manganeso, cobre, zinc, sulfato, sulfuros, detergentes aniónicos, fósforo, nitritos, nitratos, nitrógeno, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, aceites y grasas, así como coliformes fecales y totales.

Para identificar los factores que afectan al sistema de recolección, se realizaron visitas de campo para verificar las condiciones del sistema de recolección, también se revisaron antecedentes

bibliográficos y se realizó entrevista al jefe de mantenimiento.

Para analizar la reutilización se emplearon mapas o planos del sitio de estudio, se recopilaron antecedentes bibliográficos, además se efectuó inspección de campo al área de estudio.

Para estudiar alternativas de reutilización se elaboró una matriz de valoración, la cual permitió, al compararlo con el Decreto 883 (1995), capítulo II de la clasificación de las aguas y capítulo III, sección III de las descargas a cuerpos de agua, establecer si cumplían con la condición de reutilización. Los valores obtenidos se compararon con los máximos permisibles establecidos en el Decreto para el caso del contenido de coliformes totales y fecales, metales como Fe, Mn, Cu y Zn, detergentes y nutrientes. A partir del valor máximo permisible, se generó la calificación siguiente: muy alto, alto, regular o moderado y bajo, mediante asignación de valores descendentes a partir del valor inicial. También se adjudicaron calificaciones y valoraciones correspondientes, esta información se resume en las Tablas 2, 3 y 4.

**Tabla 3.- Matriz de calificación y valoración de nutrientes, basada en las concentraciones establecidas en el Decreto 883 (1995).**

Calificación	Nitrógeno (mg/l)	Fósforo (mg/l)
Alto	> 20,0	>10
Moderado	10-20	5-10
Bajo	< 10,0	< 5

**Tabla 4.- Matriz de calificación y valoración de detergentes, basada en las concentraciones establecidas en el Decreto 883 (1995).**

Calificación	Valoración (mg/l)
Muy alto	> 2,0
Alto	= 2,0
Moderado	1-1,99
Bajo	0,5-0,99
Muy bajo	< 0,5

**Tabla 2. Matriz de calificación y valoración de coliformes totales y fecales y de algunos metales, basada en concentraciones establecidas en el Decreto 883 (1995).**

Calificación	Coliformes Totales NMP/100ml	Coliformes Fecales NMP/100ml	Fe mg/l	Mn mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l
Muy Alto	≥5000	≥1000	> 2,0	> 0,5	> 0,20	> 5,0
Alto	4000-4999	700-999	1,5- 2,0	= 0,5	= 0,2	= 5,0
Regular	1000-3999	500-699	1,0- 1,4	0,4-0,499	0,1-0,199	4-4,99
Bajo	100-999	100-499	0,5-0,9	0,2-0,399	0,05-0,09	2- 3,99
Muy bajo	< 100	< 100	< 0,5	< 0,2	< 0,05	< 2,0

NMP/100 ml= Número más probable/100 ml.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 5 se observa que el contenido de detergentes en casi todas las tanquillas receptoras fue superior a lo establecido en el Decreto 883, característico de aguas residuales domésticas, producto de las continuas actividades que generan uso de detergentes para el lavado de utensilios, entre otros.

En las tanquillas del comedor y pabellones B, F y G, el contenido de nitrógeno sobrepasó el límite máximo permisible establecido en el Decreto 883, esto puede ser causado por desechos de alimentos generados de cafetines y comedor o por agroquímicos utilizados en los cultivos, los cuales se mezclan con las aguas de escorrentía durante la época lluviosa. En el caso del fósforo todos los valores están por debajo de lo establecido en el Decreto 883, lo que indica que no hay problemas por causa de este nutriente.

La concentración de oxígeno disuelto en la tanquilla del comedor, en ambas épocas, se encontró por debajo del nivel mínimo (3 mg/l) propuesto por Cubillos (1998) para que el cuerpo de agua sea saludable. Esto puede ser causado por los altos volúmenes de agua residual recibidos y el oxígeno consumido en la estabilización de la materia orgánica. En la tanquilla del pabellón B, en época de lluvia, también se obtuvo un valor por

debajo de lo indicado por Cubillos (1998). Sin embargo, en las tanquillas de los pabellones F y G, se obtuvieron concentraciones de oxígeno elevadas, esto puede ser determinado por la entrada de agua con mayor cantidad de oxígeno.

La Demanda Bioquímica de Oxígeno y la Demanda Química de Oxígeno en casi todas las tanquillas (a excepción de la ubicada en el pabellón G), en ambas épocas sobrepasaron el límite establecido en el Decreto 883 (60 mg/l) e indica las condiciones adversas que presenta el sistema receptor.

En casi todos los puntos muestreados, en ambas épocas se obtuvieron muy altos contenidos de coliformes totales y fecales, de acuerdo con los valores máximos permisibles establecidos en el Decreto 883. Esto puede indicar la existencia de condiciones favorables de temperatura (26,2 – 30,1°C) y pH (6,12 – 7,89) para su proliferación y demuestra el origen doméstico del vertido proveniente de baños.

Las concentraciones de aceites y grasas en estos sectores fueron elevadas, especialmente en las tanquillas del comedor, pabellón B y F, donde se genera alta cantidad de residuos de alimentos con alto contenido de grasa.

La relación Demanda Biológica de

**Tabla 5. Parámetros indicadores de Calidad de agua en la UNELLEZ- Guanare en época de sequía y lluvia.**

Parámetros	Comedor		Pabellón B		Pabellón F		Pabellón G		Decreto 883
	Sequía	Lluvia	Sequía	Lluvia	Sequía	Lluvia	Sequía	Lluvia	
	- mg/ -								
Sólidos totales	1223,5	811	417	970	511	344	348	464,5	**
Sólidos disueltos	684	463	208	814	398	285,5	324	339	**
Sólidos suspendidos	539,5	348	209	156	113	58,5	24	104	**
Detergentes	65,6	8,55	0,7	7,1	5,29	6,9	2,3	5,45	2,0
Fósforo total	9,9	3,95	2,35	7,8	10,95	0,33	1,1	2,45	10,0
Nitrógeno	42,5	20,5	19,8	180	31,85	3,2	26,15	41	40
Oxígeno disuelto	1,65	2,9	4,2	0,85	5,2	6,15	6,2	5,85	< 3 (Cubillos 1998)
DBO	411 *(0,29)	445 *(0,45)	224 *(0,52)	311 *(0,37)	118 *(0,31)	63 *(0,35)	32 *(0,29)	55 *(0,34)	60
DQO mg/l	1405	981	434	840	381	180	111	162	350 mg/l
Coliformes Totales NMP/100ml	650 bajo	12436500 MA	12350 MA	5050000 MA	16000 MA	- MB	24000 MA	- MB	<1000 y >5000 NMP/100ml
Coliformes Fecales NMP/100ml	650 bajo	94709,5 MA	12350 MA	4.655.000 MA	16000 MA	- MB	24000 MA	- MB	<1000 y >5000 NMP/100ml
Aceites y grasas mg/l	190	135	67	121	-	25	9	9,5	20 mg/l

\* Relación Demanda Bioquímica de Oxígeno / Demanda Química de Oxígeno (DBO/DQO).

\*\* No establecido.

Oxígeno/Demanda Química de Oxígeno osciló entre 0,29 y 0,52; según Crites y Tchbanoglous (2000), esta relación en aguas residuales municipales no tratadas se encuentra entre 0,3 y 0,8; lo que indica que las aguas del sector estudiado entran en esta clasificación. También se observaron valores cercanos a 0,5 para esta relación en el comedor y el pabellón B, esto permite sugerir que existe igual proporción de residuos biodegradables que provienen de los cafetines y del comedor. Sin embargo, para esta relación en las tanquillas recolectoras del pabellón F y G, se obtuvieron valores menores a 0,5; probablemente debido a una mayor proporción de material orgánico poco biodegradable, dada la naturaleza de los vertidos provenientes de los laboratorios de suelos, aguas, microbiología y bioquímica ubicados en ese sector.

Existe una mayor proporción de sólidos disueltos que puede sustentar la necesidad de incorporar sistemas de tratamientos más avanzados, como osmosis inversa o electrodiálisis y filtración por membrana, entre otros, aunque pueden resultar costosos (Espinosa 2005).

### **Identificación de las condiciones en que se encuentra el sistema de recolección**

La capacidad de recolección de aguas residuales provenientes de la institución es reducida, debido al aumento de la población estudiantil, su capacidad no es suficiente para procesar un volumen superior para el que fue construido.

También se determinó que las tanquillas recolectoras mostraron un estado de deterioro marcado, como filtraciones de agua de lluvia o por escorrentía; además se observó la penetración de raíces de árboles. Se evidenciaron desechos sólidos de gran tamaño, la tanquilla atrapa grasa no funcionaba y no se efectúa mantenimiento continuo. Esta información reitera lo encontrado por Briceño (2009).

### **Reutilización de las aguas residuales de la UNELLEZ**

El contenido de coliformes fecales y totales en casi todos los puntos muestreados fue superior a lo indicado en la matriz de evaluación. Esto

permite sugerir que para reutilizar estas aguas es necesario aplicar un tratamiento previo a fin de eliminar patógenos que causan enfermedades endémicas y por ende problemas de salud pública (León 1995).

La concentración de metales analizados se encuentra por debajo de lo establecido en la matriz de evaluación. En la tanquilla receptora del comedor el resultado obtenido fue hierro 0,73 mg/l (bajo), cobre 0,07 mg/l (baja) y zinc 0,175 mg/l (muy bajo). Es importante determinar la concentración de metales, porque la alta concentración puede generar toxicidad en la cadena trófica.

La concentración de nitrógeno presenta calificación alta, de acuerdo con la matriz de evaluación. Las concentraciones obtenidas en las tanquillas del comedor (42,5 mg/l) y pabellón G (26,15 mg/l), permiten proponer que estas aguas podrían incorporarse al suelo a través del riego. El fósforo en la mayoría de los casos mostró calificaciones bajas, en la tanquilla comedor se obtuvieron 9,9 mg/l, cuya calificación es moderada; mientras que en el pabellón G se obtuvo 1 mg/l, calificación baja.

El contenido de detergentes fue elevado. En la tanquilla del comedor se obtuvo un valor de 65,6 mg/l y en el pabellón F 5,29 mg/l, que califican como altos, de acuerdo con la matriz de evaluación - calificación. Estos elementos son importantes porque forman parte de las aguas residuales municipales y corresponden a los compuestos orgánicos refractarios, resistentes a la degradación.

## **CONCLUSIONES**

En los sectores comedor y pabellones B y F la demanda bioquímica de oxígeno y demanda química de oxígeno sobrepasaron lo establecido por el Decreto, que indica alto contenido de residuos orgánicos de origen doméstico en el sistema.

La concentración de detergentes en los puntos revisados demuestra la presencia de material refractario de difícil degradación.

La relación Demanda Bioquímica de

Oxígeno/Demanda Química de Oxígeno, revela que en los sistemas receptores ubicados en los pabellones F y G hay mayor proporción de material orgánico poco biodegradable; mientras que en el comedor y el pabellón B existe mayor proporción de materia orgánica fácilmente biodegradable.

Los altos valores de coliformes totales y fecales no permiten la reutilización de esta agua de manera directa. En algunos sectores las concentraciones de nitrógeno y fósforo resultaron elevadas, lo que permite proponer reutilización para riego, las concentraciones de metales no son relevantes.

El sistema de recolección de aguas residuales de la UNELLEZ, Guanare se encuentra deteriorado

### AGRADECIMIENTO

A la secretaría ejecutiva de investigación de la Universidad Experimental de los Llanos Ezequiel Zamora la cual financió el proyecto titulado "Lineamientos para el Manejo de efluentes líquidos de las Aguas Residuales Domésticas de la ciudad de Guanare", bajo el código N° 23105101.

### REFERENCIAS

American Public Health Association (APHA). 2005. Standard methods for the examination of water and wastewater. Edición 21. Joent Editorial Board. Washington, DC.

Ávila, L. 2008. Evaluación preliminar del agua en algunos sectores del río Guanare. Tesis Ing. en Recursos Naturales Renovables. UNELLEZ, Guanare. 67 p.

Briceño, L. 2009. Caracterización de los efluentes generados de la UNELLEZ en Mesa de Cavacas. Guanare. Tesis. Ing. en Recursos Naturales Renovables. UNELLEZ, Guanare. 70 p.

Crites, R. y Tchbanoglous, G. 2000. Tratamientos de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones. Editorial McGraw Hill, Interamericana S.A. Bogotá, Colombia. 776 p.

Cubillos, A. 1998. Calidad de Agua y Control de

Polución. CIDIAT, Mérida, Venezuela. 146 p.

Decreto 883. 1995. Gaceta Oficial N° 5021. Extraordinario de fecha 18-12-1995 Clasificación de cuerpos de agua y descargas a cuerpos de agua.

Espinosa, C. 2005. Humedales Construidos Para el Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas. CIDIAT, Mérida, Venezuela. 85 p.

Hilleboe, H. 1964. Manual de Tratamiento de Aguas Negras. Departamento de Sanidad del Estado de New York. Primera edición. Editorial Limusa. 303 p.

León, S. 1995. Procesos de tratamiento de aguas residuales, objetivos y selección de tecnologías en función al tipo de reutilización. OPS/CEPIS. Curso Regional. Programa de Tratamiento de Aguas Residuales. Mérida. pp 2-15.

Maisomave, R. y Fabrizio, A. 2008. Agroecosistemas. Impacto Ambiental y Sustentabilidad, Primera edición, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires. 483 p.

Roa, J. 2002. Fundamentos Básicos de los Procesos Ambientales para Ingenieros. Fondo Editorial UNET. San Cristóbal, Venezuela. 332 p.

Strobbe, M. 1973. Orígenes y Control de la Contaminación Ambiental. Primera edición, Editorial. Continental S.A. México. 483 p.