Estudio de los Residuos Líquidos Generados en las Principales Plantas de Tratamiento de Aguas del Estado de Paraíba

Gesivaldo Jesus Alves de Figueirêdo*

[1]Instituto Federal de Educación, Ciencia y Tecnología de Paraíba – IFPB

E-mail: gesivaldo.figueiredo@ifpb.edu.br

Vera Lúcia Antunes Lima

[2]Universidad Federal de Campina Grande – UFCG

Rayssa Barbosa de Medeiros

[1]Instituto Federal de Educación, Ciencia y Tecnología de Paraíba – IFPB

Resumen*: Este estudio se realizó con el fin de evaluar la calidad de las aguas residuales generadas en las principales estaciones de tratamiento de aguas residuales (ETAR) del Estado de Paraíba, nordeste de Brasil, buscando, sobre todo, el uso de estas aguas como acciones de combate de escasez hídrica que llega a la región semiárida de Paraíba. Para ello, se analizaron parámetros físicos, químicos y bacteriológicos en las aguas residuales de las ETAR de Engenheiro Ávidos (Cajazeiras), São Gonçalo (Sousa), Jatobá (Patos), Gravatá (Campina Grande) y Gramame (João Pessoa). Con los resultados fue posible observar que algunos atributos tenían valores muy por encima del límite máximo permitido por la ley que regula las condiciones y normas de emisión de efluentes. Y el diagnóstico de la investigación de la calidad del agua puso de manifiesto la necesidad de adoptar tecnologías alternativas de tratamiento para estas aguas y así aprovecharlas en la agricultura de regadío.*

Palabras-Llaves: *Aguas residuales, emisión de efluentes y aprovechamiento de aguas.*

Abstract: *This study was conducted with a view to assess the quality of wastewater generated in the main water treatment plants (WTP) in the state of Paraíba, aimed, above all, the use of these waters as actions to combat water scarcity reaching the semiarid Paraibano. To do so, thephysical, chemical and bacteriológica lwastewater*

in the ETAs Engenheiro Ávidos (Cajazeiras), São Gonçalo (Sousa), Jatobá (Patos), Gravatá (Campina Grande) and Gramame (João Pessoa). From the results it was observed that some attributes were well above the maximum extent permitted by law that provides for the conditions and effluent discharge standards. And the water quality diagnosis investigated showed the necessity of adopting alternative technologies for the treatment of said waters, and thus seize them in irrigated agriculture.

Keywords: *water wastewater, effluent discharge and water use.*

1. Introducción

La estación de tratamiento de aguas ha surgido para minimizar el impacto de la mala calidad de agua dirigida al consumo humano, y garantizar la salud pública a partir de su tratamiento convencional.

A pesar de los avances en la tecnología, el tratamiento de tipo convencional ha sido el más utilizado en el agua de suministro doméstico. Y este modelo de tratamiento pasó a ser adoptado específicamente en los grandes centros urbanos, olvidando a las áreas demográficas más pequeñas. Sin embargo, con este tipo de tratamiento, los servicios públicos de suministro comenzaron a abastecer el agua dentro de las normas sugeridas por la Ordenanza de 2.914, de 12 de diciembre de 2011, del Ministerio de Salud de Brasil (BRASIL, 2011).

No obstante, en el proceso de obtención de agua potable, hay una formación de residuos líquidos, que en la ETAR tipo convencional, provienen del lavado de tanques de sedimentación, filtros y otros.

Estos efluentes son por muchas veces utilizados en actividades agrícolas en que carece de una investigación sobre los riesgos de contaminación para el hombre y el medio ambiente, contaminando suelos y cuerpos de agua, cuando emitidos de manera directa o indirecta sin tratamiento. Y que, en presencia de los atributos, a niveles superiores permitidos por la ley para la emisión de efluentes (Resolución Nº. 430 de 13 de mayo de 2011, el Consejo Nacional del Ambiente - CONAMA), pueden arriesgar a la salud socioambiental.

Desde la perspectiva del aprovechamiento planeado de las aguas residuales de ETARs, es necesario determinar sus características como requisito previo para su posterior tratamiento y disposición. Este procedimiento surge como una alternativa

importante para mitigar el problema de la escasez de agua que arriba al interior de Paraíba, una región de árido o semiárido.

Debido a este volumen considerado de residuos líquidos, además de las preocupaciones acerca de su emisión como efluente en cuerpos de agua o reutilización incorrectamente y, junto con la escasez de agua que pasa desde la región del semiárido de Paraíba hasta el litoral, hubo la necesidad de caracterización de las aguas residuales generadas en las principales ETAR, destacando: Engenheiro Ávidos - Cajazeiras; São Gonçalo - Sousa; Jatobá - Patos; Gravatá - Campina Grande; Gramame - João Pessoa.

Por lo tanto, la caracterización de esas aguas, a través de atributos físicos, químicos y bacteriológicos, fue fundamental a la toma de decisiones con respecto al aprovechamiento planeado, una vez que seguido de un tratamiento adecuado, estas aguas pueden ser consideradas fuentes alternativas para varios usos, con lo cual la principal indicada por las comunidades, es la agricultura de regadío. Y para tanto, deben cumplir con el aparato legal que rigen las Resoluciones N ° 357/2005 y 430/2011 CONAMA.

2. Metodología

Para llevar a cabo el estudio, fue desarrollado un plan en el que se definen los puntos de muestreo para la recogida de aguas residuales. En particular, se eligieron estos puntos basado en el propósito de la investigación, de informaciones obtenidas cuando de encuesta y visitas "in loco" en cada estación.

En la Tabla 1 está dispuesto a la identificación y localización de los puntos de recogida de agua en estudio.

Tabla 1. Identificación y localización de los puntos de recolección de aguas residuales

Puntos de Recolección	Identificación y Localización de las ETARs
P_1	Agua del lavado de los filtros de la ETAR de Eng. Ávidos – Cajazeiras

P_2	Agua del lavado de los filtros de la ETAR de São Gonçalo – Sousa
P_3	Agua del lavado de los filtros de la ETAR de Jatobá – Patos
P_4	Agua del lavado de los filtros de la ETAR de Gravatá - Campina Grande
P_5	Agua del lavado de los filtros de la ETAR de Gramame – João Pessoa

La metodología utilizada para desarrollar la investigación se basó en la investigación cualitativa, cuantitativa, e investigativa (Lakatos y Marconi, 2009). Para tanto fueron recogidos datos primarios y secundarios (proporcionados por la Agencia Ejecutiva para la Gestión de Aguas del Estado de Paraíba - AESA y por la Compañía de Agua y Alcantarillado de Paraíba - Cagepa) relacionados con las ETARs incluidas en la investigación, y seguidamente se hizo una caracterización de sus aguas residuales.

La caracterización de las aguas investigadas surgió por intermedio de muestras para la investigación en cuanto a las propiedades físico-químicas (temperatura, color, turbidez, pH, acidez total, dureza total, conductividad, salinidad, aluminio, nitrito, nitrato, amoniaco, fosfato, sulfato, cloruros, plomo, cobre, zinc, níquel, cadmio, el boro, oxígeno disuelto, sólidos totales disueltos - TDS, DBO y DQO) y bacteriológicos (coliformes totales y fecales).

Los procedimientos de recolección, conservación, preparación y análisis de muestras, tanto de los parámetros físicos y químicos como bacteriológicos, son los descriptos en los “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”, 21ª ed. APHA, 2005.

Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Agua del Instituto Federal de Educación, Ciencia y Tecnología de Paraíba (IFPB) campus João Pessoa (con el apoyo del Programa de Monitoreo de Agua - PMA) y en el Laboratorio de Tecnología Ambiental del Instituto Tecnológico del Estado de Pernambuco (PIEE).

Los resultados de los parámetros investigados fueron comparados con el nivel máximo permitido por las Resoluciones N° 357/2005 y 430/2011 CONAMA, que establece la clasificación de las masas de agua y las directrices ambientales para su marco y establece las condiciones y normas de emisión de efluentes.

Para hacer el diagnóstico de la calidad del agua de las ETARs, un plan fue elaborado, que duró alrededor de un período de seis (6) meses.

3. Resultados y Discusión

La Tabla 2 dispone de los resultados del muestreo realizado con el fin de caracterizar las aguas en estudio, basados en los atributos analizados.

Tabla 2. Resultados del análisis físico-químicas de las aguas residuales de las ETARs en estudio

Parámetros	Puntos de Recolección – Lavado de los filtros					CONAMA – (LMPLE)*
	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	Resoluciones nº430/2011
Temperatura (ºC)	23,0	24,0	25,0	23,0	25,0	< 40 ºC
pH	7,04	7,14	6,79	6,50	6,76	5,5 a 9,0
Color (mg Pt/L)**	160	160	100	160	100	75
Olor	NO	NO	NO	NO	NO	No Objetable (NO)
Conductividad (μS/cm, 25ºC)	117	118	115	128	110	-
TDS (mg/L)	160	130	170	180	160	-
Cloruros (mg/L de Cl)	125,6	94,8	67,3	195,0	26,5	250
Cloro Residual Total (mg/L Cl)***	ND	ND	ND	ND	ND	0,01
Turbidez (UNT)	58,3	20,0	82,4	146,0	89,6	100
Dureza Total (mg/L)	60	92	60	132	56	-

Dureza de calcio (mg/L)	40	46	48	60	12	-
Dureza de Magnesio (mg/L)	20	46	12	72	44	-
Alcalinidad (mg/L)	1,5	1,3	1,2	1,2	0,26	-
Acidez Total (mg/L)	20	16	23	15	18	-
OD (mg/L O_2)**	2,35	3,62	4,49	2,35	3,67	> 5,0
DQO (mg/L O_2)	39	39	38	40	36	-
$DBO_{5\ DIAS}$ a 20 ºC (mg/L O_2) **	12,9	13,5	16,8	12,0	11,5	5.0
Nitrito (mg/L N)	0,04	0,01	0,03	0,05	0,01	1,0
Nitrato (mg/L N)**	18,5	20,0	22,0	32,2	19,8	10.0
Sulfato (mg/L SO_4)***	ND	ND	ND	ND	ND	250
Fosfato (mg/L)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,03
Amoniaco (mg/L N pH ≤7.5)***	ND	ND	ND	ND	ND	3,7
Plomo Total (mg/L)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,5
Cobre Total (mg/L)	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	1,0
Níquel Toal (mg/L)	0,02	0,03	< 0,01	< 0,01	< 0,01	2,0
Zinc Total (mg/L)	0,036	0,055	0,096	0,110	0,026	5,0
Cádmo Total (mg Cd/L)	0,010	0,018	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,2

Bário Total (mg Ba/L)	0,026	0,001	0,090	0,138	< 0,001	5,0
Aluminio Total (mg/L Al)**	18,9	19,4	17,6	20,8	14,5	0,1

***(LMPLE) - Límite Máximo Permisible para Lanzar (emitir) Efluentes**

**** - Valores por encima del límite máximo permitido por la ley vigente**

***** - No detectado**

Analizando los resultados físico-químicos en las aguas residuales de las ETARs investigadas, se observa que algunos atributos presentaron valores muy por encima del máximo permitido por la ley vigente. Entre ellos se destacan: el color, turbidez, oxígeno disuelto (OD), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), el nitrato y el aluminio.

Para enunciar y evaluar la cantidad de sales solubles en el agua (salinidad), a Tabla 2 destaca los parámetros: conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales (TDS), cloruros, dureza de calcio y magnesio. Los resultados obtenidos en estos atributos revelan que las aguas residuales en análisis están con niveles preocupantes de la salinidad, especialmente cuando se refiere al residuo líquido de la ETAR de Gravatá.

Todavía en la muestra, fue posible caracterizar a las supra citadas aguas con respecto a los atributos bacteriológicos, y los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Resultados del análisis bacteriológicos de las aguas residuales de las ETARs en estudio

ESTIMACIÓN DE LA DENSIDAD DE BACTÉRIAS						
Parámetros	Muestra					CONAMA - Resolución nº430/2011 - (LMPLE)*
	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	
Coliformes Totales (NMP*)	>1600	60	>1600	280	27	1000 Coliformes por 100 ml (en 80% de las muestras)
Termotolerantes (NMP*)	>1600	8	7	9	7	

***NMP - Número más probable en 100 ml de la muestra**

****(LMPLE) - Límite Máximo Permisible para Lanzar (emitir) Efluentes**

Fuente: Dados de la búsqueda 2011

Las resoluciones CONAMA (Nº 430/2011 y 357/2005) establecen para la emisión de efluentes un límite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 ml en el 80% de las muestras.

En el punto de vista bacteriológico, los resultados que se muestran en la Tabla 3 evidencian que entre las cinco ETAR investigadas, dos están con niveles de contaminación superiores a los permitidos por la ley. En estas condiciones sus residuos líquidos se presentan en un estado de alerta del medio ambiente, lo que conduce a la necesidad de una evaluación de la disponibilidad de uso directo de estos efluentes.

4. Conclusiones

Mediante los resultados obtenidos con la caracterización, es coherente expresar que los atributos físico-químicos y bacteriológicos analizados son fuertes indicadores del nivel de contaminación de las aguas residuales de las ETARs investigadas. En este sentido, se hizo necesario diagnosticar la calidad de las aguas residuales de las principales plantas de tratamiento de agua en el Estado de Paraíba.

A partir de esta etapa, sugiere un tratamiento directo para estas aguas, de modo que con seguridad puedan ser utilizadas en la agricultura de regadío a bajo nivel, en particular, por las familias ubicadas en las proximidades de cada ETAR.

Para este fin, es necesario adoptar e implementar un sistema de filtración sobre la perspectiva de la calidad, la aplicabilidad y la viabilidad de estas aguas, con el objetivo de contemplar a la práctica de agricultura familiar.

También se espera que esta investigación subsidie el desarrollo de tecnologías de tratamiento, que buscan servirse de estas aguas en la agricultura de regadío. Para tanto, también deben cumplir con los requisitos establecidos por la Resolución CONAMA Nº 420/2009 que establece los criterios y valores rectores de la calidad del suelo cuanto a la presencia de sustancias químicas. Sin embargo, la prevención y el control de la calidad del suelo deben estar garantizados.

5. Gracias al:

Programa de Monitoreo de Aguas (PMA) del IFPB; al Laboratorio de Química Analítica (LQA) del ITEP; a la Compañía de Agua y Alcantarillado de Paraíba (CAGEPA) e al PIBICT/IFPB.

6. Referencias

AESA – Agencia Ejecutiva de Gestión de las Aguas del Estado de Paraíba. Disponible en: <http://www.aesa.pb.gov.br>. Aceso en: 21 feb. 2011.

AMERICAN Public Health Association, *Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater*, (Metodos: 3030 y 3120) 21 ed. 2005.

BRASIL. CONAMA. Resolución N^{o} 430 de 2011. Brasília: Ministerio del Medio Ambiente.

BRASIL. CONAMA. Resolución N^{o} 420 de 2011. Brasília: Ministerio del Medio Ambiente.

BRASIL. CONAMA. Resolución N^{o} 357 de 2005. Brasília: Ministerio del Medio Ambiente.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. *Metodologia do Trabalho Científico*. 7 ed. São Paulo: Editora Atlas, 2009.