

Aguas residuales generadas en hospitales

INTRODUCCIÓN

La contaminación de los ecosistemas acuáticos naturales por las aguas residuales de origen hospitalario es uno de los temas de mayor atención ambiental y para la salud humana desde hace algunos años. Diversos investigadores reportan que estas aguas residuales representan un problema en cuanto a su eliminación, debido al peligro latente de elevadas concentraciones de microorganismos y/o virus (enterobacterias, coliformes fecales, entre otros), algunos de los cuales pueden haber adquirido multi-resistencia antibiótica, también pueden estar presentes: solventes, metales pesados. Estas aguas componen una mezcla de sustancias complejas cuya actividad tóxica, mutagénica y genotóxica dependerá de interacciones sinérgicas y antagónicas entre sus componentes y entre estos y el ambiente¹⁻⁶

Si bien los datos revelados por distintos autores, permiten verificar preliminarmente que las aguas residuales de los centros hospitalarios presentan características muy similares a las encontradas en las aguas residuales domésticas o municipales^{1,3}, para obtener una mayor aproximación para su gestión y evitar los impactos negativos al medio ambiente, por su disposición, se debe conocer la mayoría de los aspectos concernientes a sus características y su composición.

En el contexto geográfico de los países tropicales donde los ambientes acuáticos, la temperatura favorece la propagación de microorganismos patógenos y la posibilidad de la aparición de riesgos químicos⁶

En el presente trabajo se abordan los aspectos referidos al volumen generado de aguas residuales y los indicadores de contaminación ambiental, reportados en diferentes hospitales en los últimos años.

Resumen / Abstract

Los hospitales consumen importantes volúmenes de agua por día, generando otro similar de agua residual con microorganismos patógenos, medicamentos metabolizados o no, compuestos tóxicos, etc. que se disponen tratadas o no al agua, afectando su calidad y poniendo en riesgo la salud. En el presente trabajo se abordan los aspectos referidos al volumen de aguas residuales generadas en hospitales y los indicadores de contaminación ambiental. Se exponen los resultados en un hospital de Ciudad de La Habana. Estos conocimientos permitirán una gestión ambiental tal que su disposición cumpla con la Norma de vertimiento y se logren reducir componentes indeseables en el agua.

Palabras clave: *aguas residuales, centros de salud, contaminación, efluentes hospitalarios, hospitales.*

Hospitals consume important volumes of water per day, generating similar amounts of residual water with pathogenic microorganisms, metabolized (or not) medicines, toxic compounds, etc, that are discharged with or without treatment to the environment, affecting its quality and setting a risk to health. The present work approaches aspects referred to the volume of residual waters generated by hospitals and indicators of environmental contamination. Results from a hospital in the City of Havana are given. The knowledge involved allows a better environmental management by fulfilling existing regulations on waste discharge and the goal of reducing undesirable components in water.

Keywords: *health care, hospital, hospital effluent, pollution, wastewater.*

VOLUMEN DE AGUAS RESIDUALES GENERADAS EN HOSPITALES DE DIFERENTES CIUDADES

Los hospitales consumen un volumen diario de agua bastante significativo. De hecho, mientras el consumo doméstico de agua a nivel internacional se sitúa alrededor de 150 litros persona⁻¹ día⁻¹, el valor admitido generalmente para los hospitales está dentro de rango de 400 a 1 200 litros cama⁻¹ día⁻¹. En Francia¹ el consumo promedio de agua de un hospital se estima en 750 litros persona⁻¹ día⁻¹. En Colombia, el Pablo Tobón, de Medellín, después de la implementación de un programa de producción más limpia redujo su consumo de agua de 1 498 a 1 213 litros cama⁻¹ día⁻¹. El del Tunal, en Bogotá, institución estatal de tercer nivel de complejidad, registra actualmente un consumo de 508 litros cama⁻¹ día⁻¹, pero no cuenta con lavandería propia dentro de la institución. Evaluaciones recientes en el Militar de Bogotá, arrojaron un consumo de agua de 2 080 litros cama⁻¹ día⁻¹.

Uno de los análisis que permite evaluar el impacto de la actividad hospitalaria sobre los recursos hídricos es la determinación de la carga contaminante asociada al caudal de aguas residuales que se genera diariamente. Puede estimarse que el 80% del volumen de agua consumido en un hospital en un día corresponde a la generación de aguas residuales⁷.

Este consumo importante de agua en los hospitales genera a su vez significantes volúmenes de aguas residuales cargadas con compuestos químicos tóxicos, residuos de drogas microorganismos algunos de los cuales presentan multiresistencia a los antibióticos, elementos radioactivos y radio isótopos, metales pesados compuestos órgano-halogenados. El agua residual de un establecimiento hospitalario es una mezcla compleja, capaz de generar serios problemas ambientales, pudiendo llegar a ser de 5 a 15 veces más tóxicas que las aguas residuales domésticas^{5,6,8}.

Para tener una idea de la amplia variación de los consumos de agua en los hospitales, y lo que en generación de aguas residuales se refiere, a continuación se presentan valores reportados en establecimientos hospitalarios de diez países, los cuales se muestran en la Tabla 1. El volumen de aguas residuales generadas fue de 250 a 1 400 L cama⁻¹ día⁻¹.

INDICADORES DE CONTAMINACIÓN DETERMINADOS EN LAS AGUAS RESIDUALES DE HOSPITALES

Los hospitales generan aguas residuales que unido a la cuantía de los indicadores medio ambientales físicos, químicos y microbiológicos, permite conocer el riesgo sanitario cuando se disponen sin tratamiento a las aguas superficiales y subterráneas.

En la Tabla 2 se evidencia la variabilidad de los valores de los indicadores en diferentes hospitales. Lo anterior demuestra la necesidad de precisar las características de

cada establecimiento hospitalario antes de definir cualquier proceso para su tratamiento. Teniendo que considerarse no solo por su tamaño sino también por los servicios que presta. Algunos autores reportan la variación en diferentes días de la semana. Las cargas de estos indicadores están sujetas, inclusive, a la variabilidad horaria. En el hospital de la Ciudad de La Habana estos indicadores se determinaron en los registros del: Policlínico, Pabellón Siquiatría y Penal, sección de Hemodiálisis, centro y Laboratorio Toxicología, Tanque séptico, Salida al río (Centro de urgencias y unidad quirúrgica). En la Tabla 2, se exponen las concentraciones mínimas y máximas alcanzadas en cada uno de los indicadores. Como resultados se tuvo un comportamiento en el intervalo de otros los hospitales. Se debe tener en cuenta que los valores de estos indicadores incumplen la normativa de vertimiento vigente, para su disposición directa al río. A su vez se debe tener en cuenta que uno de los análisis que permite evaluar el impacto de la actividad hospitalaria sobre los recursos hídricos es la determinación de la carga contaminante asociada al volumen de aguas residuales generado diariamente.

Las concentraciones de las bacterias en aguas residuales de hospitales¹ fue de 2,4x10³ 100 mL⁻¹ a 3x10⁵ 100 mL⁻¹. Los indicadores de la contaminación viral del agua superficial como enterovirus y adenovirus, fueron identificados en los efluentes de un hospital. Los enterovirus también se encuentran presentes en cantidades importantes en las aguas residuales. A su vez, el VIH, agente causal del SIDA, fue aislado de excreciones biológicas de personas infectadas. Estos efluentes líquidos, rechazados directamente en el drenaje de la red de los laboratorios y de los hospitales de investigación, pueden contribuir bajo ciertas condiciones fisicoquímicas a la presencia del virus en las redes urbanas del alcantarillado y en las plantas de tratamiento de aguas residuales^{1, 18}.

En la Tabla 3 se muestran que existen establecimientos hospitalarios en los que la concentración de los coliformes fecales presentó valores máximos del orden de 10⁸ ó 10⁹ NMP mL⁻¹, así como de *Enterococcus faecalis*. Diferentes autores reportan la detección de otros indicadores como hongos, lo que evidencia la contaminación tan variada que presentan estas aguas residuales. El intervalo de concentración de los coliformes fecales de las aguas residuales del hospital de Ciudad de la Habana resultó ser de los más elevados, valores que hay que tener en cuenta ya que pueden superar las exigencias de los indicadores de contaminación fecal máxima admisible en el cuerpo receptor, según la norma de vertimiento vigente.

DISCUSIÓN

Los hospitales generan aguas residuales en el intervalo de 100 a 1400 L cama⁻¹ día⁻¹. Este volumen generado unido a la cuantía de los indicadores medio ambientales físicos, químicos y microbiológicos, permite conocer el

Tabla 1. Caudales de las aguas residuales generadas en diferentes hospitales

Hospital	Característica	Nº camas	Volumen generado (L cama ⁻¹ d ⁻¹)	Ciudad, País
Clínica José de San Martín ³	Escuela de la Universidad de Buenos Aires. Alta complejidad	400	1 400	Buenos Aires, Argentina
San Luis Potosí ⁹	Militar	---	(26- 32 L d ⁻¹)	México
Al oeste de Ciudad de La Habana ¹⁰	General docente. Alta complejidad	---	1 850	Cuba
Pinar del Río "Abel Santamaría" ¹¹	Clínico- quirúrgico	---	800	Pinar del Río, Cuba
Clínicas de Porto Alegre ⁴	General y universitario	725	100	Brasil
Surdeste de Francia ¹	Enfermedades infecciosas y tropicales	---	750	Francia
Universidad Viena ¹²	Clínico. Sección tratamientos oncológicos	---	50	Viena, Austria
Colegio Médico Christian ¹³	Multi especializado	2 000	1 200	Tamil Nadu, India
Hanoi ¹⁴	Gineco-obstétricos 2, Oncológico1, general 1	400- 1500	250- 750	Norte de Vietnam
Diferentes provincias ¹⁵	Setenta de diversas complejidades	---	473-1 017 (745)	Irán
Hospital ¹⁶	---	750	488- 656	España

Tabla 2. Indicadores de contaminación ambiental y toxicidad de las aguas residuales de diferentes hospitales

Indicador/ Hospital	DQO mg L ⁻¹	DBO mg L ⁻¹	Nt mg L ⁻¹	P mg L ⁻¹	pH U	CE µS cm ⁻¹	SS mg L ⁻¹	DBODQO
Clínica José de San Martín ³	240- 257	38- 77	---	1,5- 2,1	---	---	---	0,299
San Luis Potosí ⁹	76- 431	66- 200	---	5,99	7,89- 6,97	7,06- 911,3	---	0,46
CHabana ¹⁰	64- 612	21- 295	11- 94	10- 17	5,8- 8,6	670-1900	---	0,48
Sudeste de Francia ¹	1223 (604- 2590)	603 (251- 1559)	---	---	7,85 (6,26- 8,52)	1 (0,524- 1,669)	225 (155- 297)	0,49 (0,41- 0,60)
Universidad Viena ¹²	428- 271 (como COT)	---	31- 57 (como Nam)	5,4- 9,3	---	---	101- 184	---
Comunidad Haidian ¹⁷	48- 277	20- 55	10- 24	---	6,2- 7,1	---	---	0,198
Setenta en Irán ¹⁵	527 (161 - 806)	348 (170 - 565)	18	---	6- 8	---	291 (153- 550)	0,66
Shevom Shaban ¹⁸	450	270	---	---	---	---	---	0,60
Colegio Médico Christian ¹³	1 067	---	---	---	7,36	---	531	---
NCvertimiento*	70-120	30-60	5-20	2-10	6,5-9	1400-3500	---	0,42-0,5

Nota:

Entre paréntesis valores mínimos y máximos. Indicadores: Demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), nitrógeno amoniacal (Nam), fósforo (P), conductividad eléctrica (CE), carbono orgánico total (COT), sólidos suspendidos (SS), nitrógeno total (Nt).

* Límites máximos permisibles promedio para ríos y embalses

Tabla 3. Intervalos de la composición microbiológica de las aguas residuales de hospitales

Hospital-Ciudad/microorganismo	Sector Azcuénaga de Clínicas José de San Martín /Buenos Aires ^{3,19}	Militar San Luis/ Potosí ⁹	Oeste/ Ciudad Habana ¹⁰	Haidian Comunidad / China ¹⁷	Shevom Shaban/ Irán ¹⁸	Clínicas de Porto Alegre/ Brasil ²⁰
Bacterias heterotróficas, UFC mL ⁻¹	2 x10 ⁵ -5,4 x10 ⁶	1,8 x10 ⁷ (5,3x10 ⁵ -1,4x10 ⁸)	---	---	9,9x10 ³	1x10 ⁷ - 2x10 ⁷
Coliformes fecalis, NMP 100 ml ⁻¹	4x10 ³ - 1,2 x10 ⁵	1,2 x 10 ⁶ (1x10 ² - 1x10 ⁸)	2 x10 ² - 1,9 x10 ³	7x10 ⁶ - 9x10 ⁹	4x10 ³ - 3x10 ⁵	4,5 x10 ⁷ - 1x10 ⁹
<i>E. coli</i> , NMP 100 ml ⁻¹	3 x10 ³ - 5,5x10 ⁴	1,1 x10 ⁵ (5x10 ² -4,8x10 ⁵)	---	---	>1 600	>1 600
<i>Enterococcus faecalis</i> , UFC mL ⁻¹	1x10 ³ -5,4x10 ⁴	3 x 10 ⁵ (44- 1,5x10 ⁶)	---	---	---	6,6 x10 ⁶ - 7,5x10 ⁸
<i>Pseudomonas</i> sp UFC mL ⁻¹	---	112 (1- 800)	---	---	---	1,6x10 ² - 7x10 ³
<i>Staphylococcus</i> sp UFC mL ⁻¹	---	85 (1- 300)	---	---	---	---

riesgo sanitario cuando se disponen sin tratamiento a las aguas superficiales y subterráneas.

La caracterización química y microbiológica de las aguas residuales hospitalarias en cada instalación es una de las etapas iniciales en los procesos de gestión para emprender las acciones que impidan que vertimientos inadecuados al medio ambiente.

El conocimiento de todo el personal hospitalario, tanto del volumen como de los indicadores de estas aguas residuales, a partir de los servicios que se ejecutan en estas instituciones, puede ser una de las primeras etapas en vías de minimizar e implantar una correcta la gestión de los desechos.

Finalmente, el conocimiento de los aspectos tratados, cuantificados en cada establecimiento hospitalario, permitirá una gestión mas efectiva de las aguas residuales desde su generación hasta la disposición final, de manera tal que no solamente se cumpla con la Norma de vertimiento, sino que se logren reducir el volumen y otros componentes de estas aguas residuales, no explícitos en la norma, que afectan la calidad del agua y pueden poner en riesgo la salud.

Hay que estudiar profundamente los componentes de las aguas residuales hospitalarias, ya que son una fuente significativa de medicamentos, especialmente de antibióticos, agentes anti-cáncer y medios de contrastes yodados, detergentes en concentraciones más altas que en las aguas residuales domésticas, debido su menor dilución.

CONCLUSIONES

Lo anterior permitirá tener una idea de la situación en que se puede encontrar un establecimiento hospitalario, así como al conocimiento de sus trabajadores y la

implementación de una gestión ambiental para el mejor manejo de estas aguas residuales desde el lugar de su generación contribuyendo a la minimización, recolección y tratamientos diferenciados, acorde a su volumen, características y composición, así como a su eficiencia y costos.

Debe de profundizarse en la determinación de la concentración de los componentes presentes en estas aguas residuales, lo que contribuirá significativamente en una mejor gestión de las mismas a favor de la protección de las fuentes hídricas y el suelo.

REFERENCIAS

1. Emmanuel E., Keck G., Blanchard J.M. y Vermande P. (2002). Effects of hospital wastewater on aquatic ecosystem. XXVIII Congreso de Ingeniería Sanitaria y Ambiental México, 27- 31 octubre.
2. Bassi M.D. y Moretton J. (2003). Mutagenicity of antineoplastic drug residues treated in health care waste autoclave. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 71, 170- 175.
3. Paz M., Muzio H., Gemini V., Magdaleno A., Rossi S., Korol S. y Moretton J. (2004). Aguas residuales de un centro hospitalario de Buenos Aires, Argentina: características químicas, biológicas y toxicológicas. Higiene y Sanidad Ambiental. 4, 83-88.
4. Ortalan M.G.S. y Ayub M.A.Z. (2007). Cytotoxicity and Genotoxicity of untreated hospital effluents. Brazilian Archives of Biology and Technology 50, 637-643.
5. Boillot C. y Perrodin Y. (2008). Joint-action ecotoxicity of binary mixtures of glutaraldehyde and surfactants used in hospital: Use of TI model and Isoblogram representation. Ecotoxicology and Environmental Safety 71, 252-259.
6. Emmanuel E., Pierre M. G. y Perrodin I. (2009). Groundwater contamination by microbiological and

- chemical substances released from hospital wastewater: Health risk assessment for drinking water consumers. *Environment International*. Article in press.
7. **Ferreira La Rosa A.M., Moschem T.A., Olinto M.L., Nascimento de A.M.M., da Silvan M. y Genro Bins. (2000).** Gestao de efluentes de servicios de saude en Porto Alegre. Anais XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitaria e Ambiental. ABES. Associacao Brasileira de Engenharia Sanitaria e Ambiental, Porto Alegre, Brasil.
 8. **Panouillères M., Boillot C. y Perrodin Y. (2007).** Study of the combined effects of a paracetic acid-based disinfectant and surfactants contained in hospital effluents on *Daphnia magna*. *Ecotoxicology* 16, 327-340.
 9. **Palomo C.E. (2008).** Una aportación a la Ecología y Medio Ambiente con el funcionamiento de la planta tratadora de aguas residuales del hospital militar regional de San Luis Potosí. Sección de Control ambiental de la secretaría de la Defensa Nacional. Disponible en: www.sedena.gob.mx/pdf/sanidad/p.t.ag._slp.pdf, [Consultado el 25 septiembre 2008].
 10. **Ramos C. (2005).** Residuos de medicamentos en las aguas residuales de la industria farmacéutica y de los hospitales. *Rev. CENIC* 36, Número especial.
 11. **De Armas J.R. (2002).** Variaciones del caudal y consumos de agua relativos a una cama en el hospital "Abel Santamaría" de Pinar del Río. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental* XXIII, 20- 24.
 12. **Lenz K., Hann S., Koellensperger .G, Stefanka Z., Stingeder .G, Weissenbacher N., Mahnik S. y Fuerhacker M. (2005).** Presence of cancerostatic platinum compounds in hospital wastewater and possible elimination by adsorption to activated sludge. *Science of the Total Environment* 345, 141-152.
 13. **Gautam A.K., Kumar S. y Sabumon P.C. (2007).** Preliminary study of physic-chemical treatment options for hospital wastewater. *Journal of Environmental Management* 83, 298-306.
 14. **Anh H., Ha N., Tung H., Thuong T., Viet H., Ca V., Berg M., Giger W. y Alder A. (2008).** Occurrence, fate and antibiotic resistance of fluoroquinolone antibacterial in hospital wastewaters in Hanoi, Vietnam. *Chemosphere* 72, 968- 973.
 15. **Majlesi M. y Yazdanbakhah A.R. (2008)** Study on wastewater treatment systems in hospitals of Iran. *J. Environ. Health Sci. Eng.* 5, 211-215.
 16. **Suarez S., Lema J.M. y Omil F. (2009).** Pre-treatment of hospital waste water by coagulation-flocculation and flotation. *Bioresource Technology* 100, 2138-2146.
 17. **Wen X.H., Ding X., Huang X. y Liu R. (2004).** Treatment of hospital wastewater using a submerged membrane bioreactor. *Process Biochem.* 39, 1427-1431.
 18. **Rezacc A., Ansari M., Khavanin A., Sabzali A. y Aryan M.M. (2005).** Hospital wastewater treatment using an integrated anaerobic aerobic fixed film bioreactor. *American Journal of Environmental Sciences.* 1, 259-263.
 19. **Nuñez L. y Moretton J. (2007).** Disinfectant-resistant Bacteria in Buenos Aires City hospital wastewater. *Brazilian Journal of Microbiology.* 38, 644-648.
 20. **Ortolan M.G.S. (1999).** Avaliação do efluente do Hospital do Clinicas de Porto Alegre: citotoxicidade, genotoxicidade, perfil microbiológico de bacterias mesofilicas e resistencia antibióticos, Porto Alegre 115 p. Dissertação de Mestrado- Faculdade de Agronomia (UFR).