

## Monitoreo de efluentes tratados de un hospital. Características físicas, químicas y microbiológicas.

Marcos GIAI

Servicio de Laboratorio Central - Hospital Militar Campo de Mayo. Av. Tte. Grl. Pablo Ricchieri s/n - (1659). Campo de Mayo (Buenos Aires), Argentina.

Telf.: (5411) 46663500 internos 246-249. Correo electrónico: [marcosgiai@hotmail.com](mailto:marcosgiai@hotmail.com)

### RESUMEN

*Objetivo:* Diseñar un protocolo de control de efluentes de una planta de tratamiento de líquidos cloacales del Hospital Militar Campo de Mayo (Buenos Aires, Argentina), con el propósito de establecer un sistema de auditoría ambiental. *Material y Métodos:* Se realizarán ensayos físicos, químicos, microbiológicos sobre las muestras de efluentes tratados en dicha planta en un período determinado. *Resultado:* Los valores obtenidos sobre los efluentes hospitalarios tratados en una planta durante los meses de septiembre y octubre son: Temperatura:  $25,8 \pm 0,7^\circ\text{C}$ ; pH:  $7,84 \pm 0,19$ ; Sólidos sedimentables:  $25 \pm 10$  mg/L; Cloro residual:  $0,09 \pm 0,02$  mg/L; Coliformes totales:  $(8,1 \pm 2,5) \times 10^3$  ufc/mL. *Conclusiones:* Los resultados mostrados indican que los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de los efluentes ensayados no muestran variaciones significativas tanto en los valores diarios (no presentados en este informe) como en los valores mensuales obtenidos. Esta caracterización parcial, si bien debe ser profundizada incorporando los estudios de DBO, DQO y ecotoxicidad, nos permite inferir que dichos efluentes, además de cumplir con las normativas vigentes, mostrarían una carga que no estaría sujeta a la variabilidad diaria proveniente de los distintos servicios de atención médica desarrollados por el hospital.

### INTRODUCCIÓN

Diversos investigadores sugieren que los desechos cloacales provenientes de las distintas actividades médicas de establecimientos de salud representa un problema en cuanto a su eliminación, debido al latente peligro de diseminación de enfermedades producto de su alta concentración bacteriana (Enterobacterias, coliformes fecales, etc.), de la presencia de enterobacterias multirresistentes a un gran número de sustancias [8, 4, 10] resultantes de la actividad médica (solventes, metales pesados, etc.) [4, 9, 11, 13]. En otros casos se informa que bajo determinadas circunstancias los vertidos hospitalarios sin tratamiento *in situ* no poseen carga contaminante debido probablemente a la acción desinfectante desarrollada en el ámbito hospitalario [4,8]. Sin embargo M. Paz y cols. [4] concluyen que si bien los datos por ellos revelados permiten verificar, en forma preliminar, que los efluentes de centros hospitalarios presentan características muy similares a las encontradas usualmente en efluentes cloacales

domiciliarios, para obtener una mejor aproximación acerca del impacto ambiental se deberían estudiar, en una segunda etapa, la presencia de compuestos tóxicos como metales pesados, citotóxicos, solventes, etc. y de microorganismos resistentes a antibióticos y desinfectantes.

Sobre lo citado anteriormente y teniendo en cuenta que el Artículo 2° de la Ley 5.965 de la Provincia de Buenos Aires (Argentina), prohíbe el envío de efluentes residuales sólidos, líquidos o gaseosos, de cualquier origen, a un curso o cuerpo receptor de agua, superficial o subterráneo, que signifique una degradación de las aguas de la provincia, sin previo tratamiento de depuración o neutralización, los desechos cloacales del Hospital Militar Campo de Mayo (Buenos Aires, Argentina), son tratados en una Planta de Tratamiento de Efluentes Cloacales, cuyos parámetros de diseño se encuentran descriptos en la Tabla 1.

<b>Tabla 1. Parámetro de Diseño</b> (Fuente INGECOL SRL)	
Población	2000 habitantes
Factor de Gasto Teórico	0,8
Caudal Cloacal Unitario	200 litros hora <sup>-1</sup>
Caudal Total de Desagüe	400 m <sup>3</sup> hora <sup>-1</sup>
Caudal Medio Horario	16,67 m <sup>3</sup> hora <sup>-1</sup>
Caudal Máximo	25,01 m <sup>3</sup> hora <sup>-1</sup>
Caudal Mínimo	8,34 m <sup>3</sup> hora <sup>-1</sup>
Carga Orgánica Unitaria	60 g DBO hora <sup>-1</sup>
Carga Orgánica Total	120 kg DBO día <sup>-1</sup>
Carga Orgánica de Salida	50 mg litro <sup>-1</sup>

La Planta se encuentra configurada por una Cámara Séptica (CS), donde ingresa el líquido crudo y se produce su digestión anaeróbica a continuación un Pozo de Bombeo (PB) regresa el líquido a una Cámara de Aireación (CA) donde se produce la digestión aeróbica del efluente.



Un Sedimentador Secundario (SS) sedimenta las bacterias aeróbicas. El exceso de barro activo se desvía hacia la Cámara de Digestión de Barros (CD) que mineraliza estos excesos por aireación. Finalmente el líquido residual va a la Cámara de Cloración (CC) donde mediante la adición de hipoclorito de sodio (NaClO) se eliminan microorganismos patógenos.

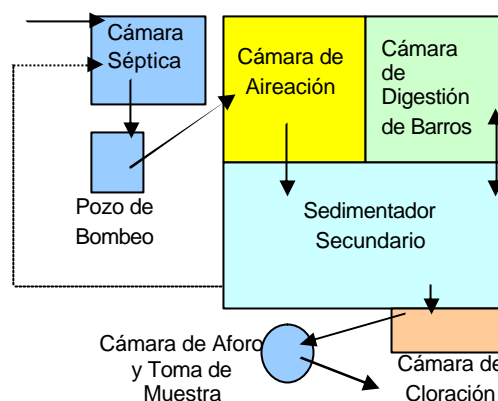


Figura 1. Esquema de la Planta de Tratamiento

Exteriormente a la Planta de Tratamiento (Figura 1) se encuentra la Cámara de Aforo y Toma de Muestra (CM).

El objeto de este trabajo es diseñar un protocolo de control de afluentes y efluentes de la planta de tratamiento, con el propósito de establecer un sistema de auditoría ambiental, que incluya dentro de sus listas de control, el cumplimiento de los objetivos ambientales y que garantice, la inocuidad de los líquidos que ingresan al cuerpo receptor (Río Reconquista) [10, 4].

## MATERIAL Y MÉTODOS

La toma de muestras de los efluentes se realizó en la cámara de aforo. Las determinaciones se realizaron en forma individual sobre 5 muestras extraídas mensualmente en forma aleatoria. Las mismas serán recogidas en frascos de vidrio estéril de 250 mL y mantenidas a 5° C durante un periodo no mayor 5 días para la realización de los ensayos correspondientes (excepto la determinación del pH y temperatura, que serán evaluados en el momento de extracción).

Los parámetros a determinar son los siguientes:

- pH (Titulación potenciométrica – AOAC 973.41).
- Temperatura (Termometría – EPA Test Methods for Water 0170.1).
- Sólidos Sedimentables (Gravimetría) [2].
- Cloro Residual (Colorimetría – Métodos para el exámen de las Aguas y de los Líquidos Cloacales. A-L 11 - Departamento Laboratorios - OSN - 1970).
- Coliformes Totales (Recuento de Colonias en Medio Endo-S) [2].

## RESULTADOS

Durante los meses de septiembre y octubre se realizaron ensayos físicos, químicos y biológicos con

el objeto de determinar las características preliminares de los efluentes. Los resultados promedios obtenidos son mostrados en las Tablas 2 y 3.

Los valores promedios obtenidos de pH, la temperatura y cloro residual tuvieron un comportamiento similar durante los meses evaluados, mientras que los valores de sólidos sedimentables muestran variaciones significativas en el mes de octubre con respecto al de septiembre probablemente consecuencia de la mayor cantidad de pacientes atendidos (como se pudo corroborar de las estadísticas hospitalarias consultadas).

La tipificación de las colonias de bacterias coliformes totales, dio como resultado los valores expuestos en las Tablas 4 y 5.

De donde se desprende que no hay variaciones en cuanto al recuento de unidades formadoras de colonias (ufc) (M1:  $7,5 \times 10^3$  ufc/mL – M2:  $8,6 \times 10^3$

**Tabla 2. Parámetros Físicos, Químicos y Microbiológicos. Septiembre 2005. (M1)**

Parámetro	Muestra	Límite Admisible (*)
pH	7,85±0,49	7,5-8,5
Temperatura	25,5±0,4 °C	< 45
Sólidos Sedimentables	22±10 mg/L	< 60
Cloro Residual	0,08±0,01 mg/L	< 0,10

(\*) Límite admisible para descarga a colectora cloacal. Ley de la Provincia de Buenos Aires Nro. 5965.

**Tabla 3. Parámetros Físicos, Químicos y Biológicos. Octubre 2005. (M2)**

Parámetro	Muestra	Límite Admisible (*)
pH	7,84±0,23	7,5-8,5
Temperatura	26,1±1,4 °C	< 45
Sólidos Sedimentables	28±15 mg/L	< 60
Cloro Residual	0,09±0,03 mg/L	< 0,10

(\*) Límite admisible para descarga a colectora cloacal. Ley de la Provincia de Buenos Aires Nro. 5965.

ufc/mL,  $p = 0,213$ ) entre ambos meses ensayados. Las especies predominantes tipificadas en ambos meses se corresponden a *Escherichia coli* y *Streptococcus fecales*.

## CONCLUSIONES

Los resultados mostrados indican que los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de los efluentes ensayados no muestran variaciones significativas tanto en los valores diarios (no presentados en este informe) como en los valores mensuales obtenidos. Esta caracterización parcial, si bien debe ser profundizada incorporando los estudios de DBO, DQO y ecotoxicidad, nos permite inferir

**Tabla 4. Tipificación de bacterias. Septiembre 2005. (M1)**

Parámetro	Valor Hallado (*)
Bacterias coliformes totales	$7,5 \pm 2,2 \times 10^3$ (100%)
<i>Escherichia coli</i>	$4,5 \pm 1,2 \times 10^3$ (60%)
<i>Streptococcus fecales</i>	$1,5 \pm 0,9 \times 10^3$ (20%)
Otras	$1,5 \pm 0,8 \times 10^3$ (20%)

(\*) ufc/mL: unidades formadoras de colonias por mililitro. El recuento de colonias se realizó por triplicado y la tipificación por pruebas bioquímicas de fermentación de azúcares.

**Tabla 5. Tipificación de bacterias. Octubre 2005. (M2)**

Parámetro	Valor Promedio Hallado ufc/mL (*)
Bacterias coliformes totales	$8,6 \pm 2,7 \times 10^3$ (100%)
<i>Escherichia coli</i>	$6,0 \pm 1,3 \times 10^3$ (70%)
<i>Streptococcus fecales</i>	$1,3 \pm 0,7 \times 10^3$ (16%)
Otras	$1,2 \pm 0,7 \times 10^3$ (14%)

(\*) ufc/mL: unidades formadoras de colonias por mililitro. El recuento de colonias se realizó por triplicado y la tipificación por pruebas bioquímicas de fermentación de azúcares.

que dichos efluentes, además de cumplir con las normativas vigentes, mostrarían una carga que no estaría sujeta a la variabilidad diaria provenientes de los distintos servicios de atención médica desarrollados diariamente por el hospital.

Como continuación del presente estudio, se realizaran análisis tendientes a monitorear la eficiencia de la planta de tratamiento, (afluentes y efluentes) a fin de implementar un protocolo de control de los procesos operativos de la misma.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis tutores, al personal del Laboratorio de Química de la Escuela Superior Técnica, al Coronel José Guglielmone, al Teniente Coronel Alejandro García Piotti, al personal del Curso de Preservación de Medio Ambiente 2004, a la Teniente Coronel Bioquímica Ana Mazzoleni, Jefa del Servicio de Laboratorio de Análisis Clínicos del Hospital Militar Campo de Mayo y muy especialmente a mi esposa e hijos por acompañarme en todos mis proyectos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Emmanuel E, Hanna K, Bazin C, Keck G, Clement B, Perrodin Y. Fate of glutaraldehyde in hospital wastewater and combined effects of glutaraldehyde and surfactants on aquatic organisms. *Environ Int.* 2005 Apr; 31(3):399-406.
- American Public Health Association APHA) (1998): Standard Methods for the Examination of

- Water and Wastewater 20th Edition Washington DC. 45: 957-969.
3. Manual de Operaciones y Funcionamiento de Plantas de Tratamiento de Desechos Cloacales Año 2002. INGECOL S.R.L. División Ingeniería Ecológica. Tel: +54-11-47121964. Santos Lugares. Provincia de Buenos Aires. Argentina. www.ingecol.com.ar.
  4. M. Paz, H. Muzio, V. Gemini, A. Magdaleno, S. Rossi, S. Korol, J. Morettón Aguas residuales de un Centro Hospitalario de Buenos Aires, Argentina *Hig. Sanid. Ambient.* 4: 83-88 (2004).
  5. ISO 5667-16 (UNE-EN ISO), 1998, "Water Quality, Sampling", Part 16: *Guidance on Biotesting of Samples*.
  6. Ecological Effects Test Guidelines US EPA 712-C 96-164, 1996
  7. C. -T. Tsai and S. -T. Lin. Disinfection of hospital waste sludge using hypochlorite and chlorine dioxide. *Journal of Applied Microbiology* Volume 86 Issue 5 Page 827 - May 1999
  8. B Chitnis V, Chitnis S, Vaidya K, Ravikant S, Patil S, Chitnis DS Bacterial population changes in hospital effluent treatment plant in central India. *Water Res.* 2004 Jan; 38(2):441-7.
  9. Emmanuel E, Perrodin Y, Keck G, Blanchard JM, Vermande P. Ecotoxicological risk assessment of hospital wastewater: a proposed framework for raw effluents discharging into urban sewer network. *J Hazard Mater.* 2005 Jan 14;117(1):1-11.
  10. Dettenkofer M, Kuemmerer K, Schuster A, Mueller W, Muehlich M, S M, Daschner FD. ENVIRONMENTAL AUDITING: Environmental Auditing in Hospitals: First Results in a University Hospital. *Environ Manage.* 2000 Jan; 25(1):105-113.
  11. Njine T, Monkiedje A, Nola M, Foko VS. Evaluation of bacterial and polluting loads of effluent from activated sludge wastewater treatment plants in Yaounde, Cameroon. *Sante.* 2001 Apr-Jun; 11(2):79-84.
  12. Crebelli R, Conti L, Marchini S, Monarca S, Feretti D, Zerbini I, Zani C, Veschetti E, Cutilli D, Ottaviani M. Genotoxic and ecotoxic effects of urban waste water disinfected with sodium hypochlorite or peracetic acid. *Ann Ig.* 2003 Jul-Aug; 15(4):277-302.
  13. Jager E, Xander L, Ruden H. Medical waste. 1. Microbiologic studies of wastes of various specialties at a large and small hospital in comparison to housekeeping waste. *Zentralbl Hyg Umweltmed.* 1989 Jun; 188(3-4):343-64.
  14. Emmanuel E, Keck G, Blanchard JM, Vermande P, Perrodin Y. Toxicological effects of disinfections using sodium hypochlorite on aquatic organisms and its contribution to AOX formation in hospital wastewater. *Environ Int.* 2004 Sep; 30 (7):891-900.