

PUESTA EN MARCHA Y OPERACIÓN DE UN SISTEMA COMBINADO DE TRATAMIENTO DE LÍQUIDOS CLOACALES CON REACTORES UASB Y LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN

M.A. Iribarnegaray, M.E. Figueroa, A.N. Arena, J.D. Cabral, W.A. Tejerina, M.A. Gutiérrez, A.C. Da Silva Wilches, P.G. Todd, A.P. Trupiano, V. Liberal, L. Seghezzo¹ y C.M. Cuevas.

Universidad Nacional de Salta, Consejo de Investigación-INENCO, Laboratorio de Estudios Ambientales, A4402FDC Salta.
Tel.: 0387-4255516; Fax: 0387-4255483; Email: lucas@unsa.edu.ar

RESUMEN: Se presenta la puesta en marcha y operación de una planta piloto para el tratamiento de líquidos cloacales, consistente en dos reactores UASB (reactores anaeróbicos de flujo ascendente y manto de lodos) seguidos de cinco lagunas de estabilización (LDE) en serie. La puesta en marcha del sistema fue realizada en aproximadamente un mes. La eficiencia de remoción de Demanda Química de Oxígeno (DQO) en las etapas anaeróbicas alcanzó el 90%, con Tiempos de Retención Hidráulica (TRH) de 6 + 6 h, mientras que la eficiencia de remoción de Sólidos Suspendidos Totales y Volátiles fue 98,1 y 99,1%, respectivamente. La remoción de Coliformes Fecales (CF) en el sistema completo fue 99.9999%, con 15 d de TRH en las LDE. La remoción total de huevos de helmintos fue 99.3%. El sistema estudiado es una opción atractiva para el tratamiento de líquidos cloacales en regiones subtropicales.

Palabras clave: cloacales, lagunas de estabilización, tratamiento anaeróbico, UASB.

INTRODUCCION

El tratamiento de líquidos cloacales en reactores UASB (reactores anaeróbicos de flujo ascendente y manto de lodos) es una práctica habitual en zonas de clima tropical, estando todavía en estudio su utilización en regiones subtropicales y templadas (van Haandel y Lettinga, 1994; Seghezzo *et al.*, 1998). Cuando la temperatura del líquido cloacal es menor a 20°C, la fase de hidrólisis puede verse afectada, reduciéndose la eficiencia del tratamiento (Elmitwalli, 2000). Para minimizar este problema, se ha propuesto someter a los líquidos cloacales crudos a un proceso de sedimentación previa a su tratamiento biológico, o la utilización de dos reactores UASB en serie (van Haandel y Lettinga, 1994; Wang, 1994). La utilización de una o dos etapas estará en relación con las características ambientales de cada caso, ya que es posible que para temperaturas superiores a 15°C una sola etapa sea suficiente (Zeeman y Lettinga, 1999).

Para cumplir con la normativa de volcamiento a cursos de agua, el efluente de un sistema anaeróbico requiere un post-tratamiento para remoción de organismos patógenos y nutrientes, los cuales no son eliminados suficientemente en los reactores UASB. Las lagunas de estabilización son una alternativa eficiente y económica de post-tratamiento de efluentes anaeróbicos (van Haandel y Lettinga, 1994). La presencia de huevos y larvas de nemátodos y helmintos en los líquidos cloacales constituye un riesgo potencial para la salud pública, por lo que se debe prever su eliminación. En la ciudad de Salta se han realizado experiencias exitosas de tratamiento de líquidos cloacales en reactores UASB a escala piloto (Castañeda *et al.*, 2000; Seghezzo *et al.*, 2002; Trupiano *et al.*, 2002), aunque todavía no se utiliza el sistema en escala real.

Los objetivos del presente trabajo fueron los siguientes: a) poner en marcha una planta combinada (anaeróbica-aeróbica) de tratamiento de líquidos cloacales a escala piloto, b) estudiar la eficiencia del sistema en términos de remoción de materia orgánica, sólidos totales y suspendidos y microorganismos patógenos, y c) establecer parámetros operativos óptimos para la operación de reactores UASB y lagunas de estabilización bajo las condiciones locales.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en la ciudad de Salta, a 24° de latitud Sur, cuyo clima está definido como subtropical con estación seca. La temperatura ambiente media anual es de 16,5°C (Arias y Bianchi, 1996). El sistema estudiado consiste en 2 reactores UASB en serie (R3000 y R800), seguidos de un sistema de 5 lagunas de estabilización (LDE) en serie, y se encuentra instalado en la planta depuradora de líquidos cloacales (PDLC) de la ciudad de Salta, dependiente de la empresa *Agua de Salta S.A.* La Figura 1 muestra un esquema de la planta piloto, que fue descrita en detalle en trabajos anteriores (Seghezzo *et al.*, 2001, Trupiano *et al.*, 2002; Seghezzo *et al.*, 2002b). El líquido influente al sistema fue sometido a un tratamiento primario consistente en rejillas para la retención de sólidos gruesos y desarenador para la remoción de arenas. Los reactores UASB, las lagunas de estabilización y los gasómetros fueron construidos de Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio (PRFV) por la empresa JJS Instalaciones Plásticas y Mecánicas. El gas se midió en medidores domésticos de gas natural (Schlumberger Gallus 2000 y ABB ELSTER Sistema Krom Schroder). La medición del gas acumulado se realizó automáticamente a través de electroválvulas que se accionan cuando el gasómetro se llena o se vacía. Los reactores se inocularon con lodo digerido de los digestores de barras de la PDLC (Reactor R3000) y con lodo anaeróbico procedente de un reactor UASB alimentado con líquido cloacal pre-sedimentado (Reactor R800).

¹ Autor a quien debe enviarse la correspondencia.

El volumen de inoculación fue 5% del volumen útil de cada reactor. El diseño de las lagunas de estabilización, en este caso de *maduración*, se realizó considerando que el efluente debe cumplir con el límite máximo recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para riego irrestricto (WHO, 1989), valor que se considera aceptable para volcamiento de líquidos cloacales tratados en cursos de agua de la Provincia de Salta (SeMADeS, 2001). Los valores de las constantes cinéticas para el dimensionamiento fueron tomados de von Sperling (1996) y Liberal et al. (1998). La alimentación de los reactores y las lagunas se realizó con bombas peristálticas Watson Marlow (modelos 313 S, 621 I/R y 701 I/R). La investigación se dividió en cuatro periodos operativos, definidos en función del Tiempo de Retención Hidráulica (TRH) aplicado a las diferentes etapas del sistema, según se detalla en la Tabla 1.

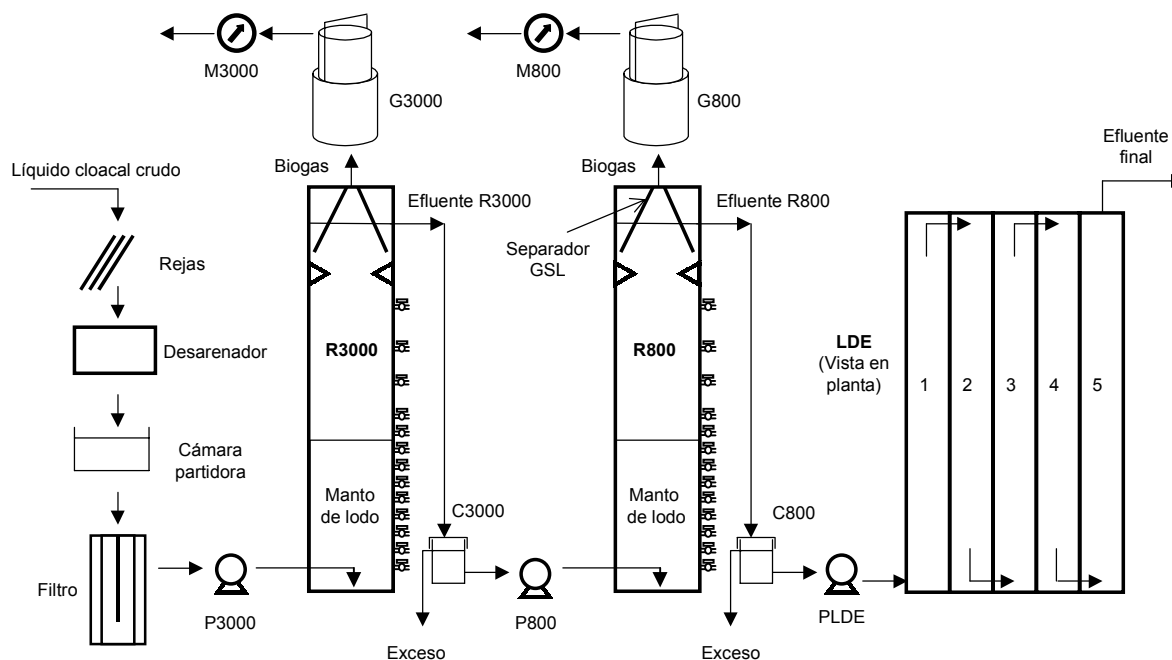


Figura 1. Diagrama de flujo del sistema. R3000: primer reactor UASB. Dimensiones: altura (h) = 3.95 m; diámetro (d) = 1 m; volumen (V) = 3.102 m³; R800: segundo reactor UASB. Dimensiones: h = 3.95 m; d = 0.5 m; V = 0.766 m³; LDE = Lagunas de Estabilización (1-5). Dimensiones: largo = 3 m; ancho = 0.5 m; profundidad = 0.94 m; V = 1.4 m³ cada una; P = bombas peristálticas; C = contenedores intermediarios (V = 10 L); G = gasómetros; M = medidores de gas; GSL = Gas-Sólido-Líquido.

Período	Días	R3000		R800		LDE	
		Media (h) ± IC		Media (h) ± IC		Media (d) ± IC	
I	0-28	8.2 ± 0.04		4.0 ± 0.06		15.2 ± 1.0	
II	28-91	8.1 ± 0.10		4.2 ± 0.09		15.2 ± 1.0	
III	92-161	6.1 ± 0.10		4.1 ± 0.12		15.2 ± 1.0	
IV	162-266	6.5 ± 0.35		5.6 ± 0.10		15.2 ± 1.0	

Tabla 1. Periodos experimentales y Tiempo de Retención Hidráulica (TRH) aplicados al sistema. IC = Intervalos de Confianza (α = 0.05); LDE = Lagunas de Estabilización.

La temperatura ambiente y del líquido se midió en distintas partes del sistema con un termómetro digital marca Keithley. Dos veces por semana, personal de *Aguas de Salta S.A.* extrajo muestras compuestas (500 mL cada 3 h durante 24 h) de los líquidos de entrada y salida de cada unidad para su análisis físico-químico, biológico y bacteriológico. Los análisis se realizaron de acuerdo al *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (1995) y mediante micro-métodos HACH®. Los análisis fueron realizados en el Laboratorio de Estudios Ambientales (LEA) ubicado en el Departamento de Física, dependiente del Consejo de Investigación de la Universidad Nacional de Salta (CIUNSa) y del Instituto de Investigación en Energía No Convencional (INENCO). En las muestras se determinó la Demanda Química de Oxígeno total (DQO_t), filtrada en papel de filtro Schleicher & Schuell 595½ de 4.4 µm de poro (DQO_f) y filtrada en membrana Schleicher & Schuell ME 25 de 0.45 µm de poro (DQO disuelta, o DQO_d). La DQO suspendida (DQO_s) se calculó como DQO_t - DQO_f, mientras que la DQO coloidal (DQO_c) fue calculada como DQO_f - DQO_d. El efluente de las lagunas también fue filtrado a través de filtros de fibra de vidrio Whatman GF/C de 1.2 µm de poro para retener algas. Sobre la muestra así filtrada se

determinó la DQO ($DQO_{fl,2}$). Las muestras se mantuvieron a 4°C hasta su análisis. El incremento del manto de lodos se midió a través de una serie de canillas de muestreo ubicadas a lo largo del reactor. Para la determinación de los Coliformes Fecales (CF) se utilizó la técnica de tubos múltiples en medio líquido. El recuento de huevos de parásitos se realizó mediante la técnica de Bailenger, aprobada por la Organización Mundial de la Salud (WHO, 1989). Una vez por semana, se analizaron muestras compuestas de distintos puntos del sistema (4 muestras en total).

RESULTADOS

La temperatura del aire durante el período considerado (noviembre 2001 – agosto 2002) fue de 20.4 ± 1.2 °C (basada en determinaciones puntuales). La Figura 2 muestra la remoción de DQO_i en los reactores UASB, para todos los períodos considerados. En el R3000, considerado el punto más crítico de todo el sistema, todas las condiciones propuestas por Noyola Robles (1994) para indicar operación estable, o para decidir por un aumento de carga, se cumplieron al cabo de un mes de operación, a saber: a) Remoción constante de DQO al fin del primer mes (alrededor de 80%); b) Relación de Alcalinidades (entre la alcalinidad medida a pH 5.75 y pH 4.3) mayor a 0.7, con bajos niveles de Ácidos Grasos Volátiles (AGV), y c) producción de biogas de $0.1 \text{ Nm}^3/\text{kg DQO}$ removida, con un contenido estable de CH_4 de 90%. Por tal motivo, se puede decir que el R3000 fue puesto en marcha en sólo un mes de operación. Como puede verse en la Figura 2, la eficiencia de remoción del R3000 se mantuvo cercana al 80% luego de la puesta en marcha. Durante el Período III se observó una leve disminución en la remoción debido a la reducción en el TRH (de 8 a 6 h), aunque el reactor recuperó los niveles anteriores de manera rápida. Durante el Período IV, a pesar de que no se realizaron cambios en el TRH, las bajas temperaturas del líquido influente originaron una drástica disminución en la remoción. Sin embargo, restablecidas las temperaturas anteriores, se produjo una recuperación inmediata de la eficiencia. En todos los casos, la remoción del R800 se mostró inversamente proporcional a la del R3000, indicando que este reactor se encuentra trabajando con una carga orgánica insuficiente.

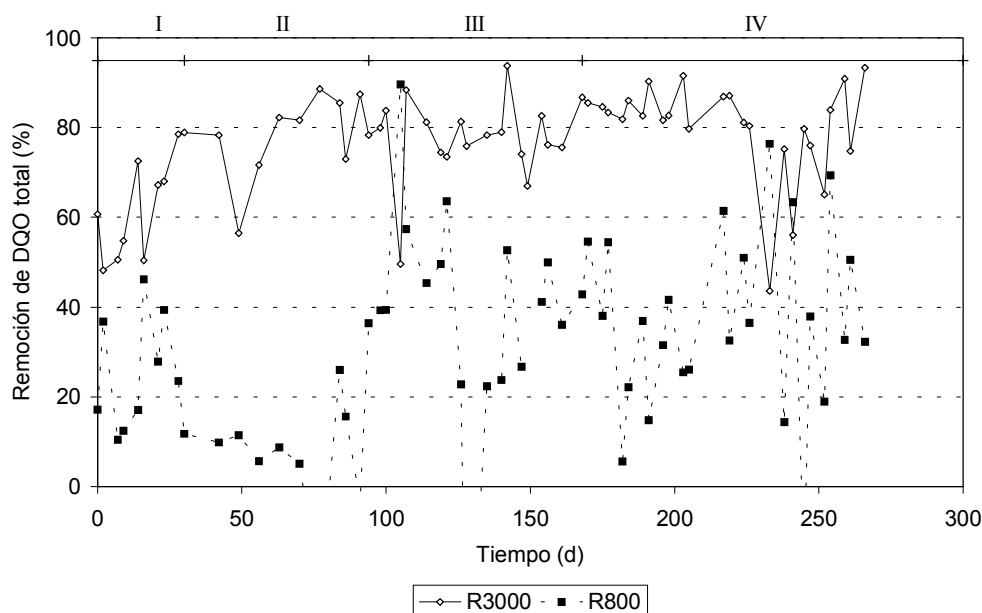


Figura 2. Eficiencia de remoción de DQO_i en las etapas anaeróbicas del sistema, para los diferentes períodos.

En la Figura 3 se presenta la evolución de la concentración de las distintas fracciones de la DQO a lo largo del sistema. El efluente del R3000 ya cumple con la normativa provincial (SeMADeS, 2001) y municipal en vigencia (Ordenanza 10.438/00 de la Municipalidad de Salta). El límite máximo de volcamiento a cursos de agua en el Municipio de Salta es de 125 mgDQO/L . En función de estos resultados, se podría inferir que un segundo reactor UASB sería innecesario para el tratamiento de líquidos cloacales bajo las condiciones climáticas locales. La concentración del efluente de las lagunas aumenta debido a la formación de algas, aunque se mantiene dentro de la norma para DQO. La remoción promedio de DQO por fracciones se muestra en la Tabla 2. Se observó una muy alta remoción de la fracción suspendida en el R3000 (90.7%). La remoción total del sistema, incluyendo la etapa de post-tratamiento aeróbico, fue siempre mayor al 70%. En la Tabla 3 se muestran los resultados obtenidos para los diferentes parámetros analizados, sin considerar el Período I (puesta en marcha). En el R3000, la remoción promedio de Sólidos Totales y Volátiles fue de 53 y 59%, respectivamente. La eficiencia de remoción de Sólidos Totales y Volátiles fue baja en el R800 durante todos los períodos considerados. La eficiencia de remoción de Sólidos Suspendidos Totales (SST) y Volátiles (SSV) de los reactores UASB (R3000 + R800) fue de 98,1 y 99,1%, respectivamente. La remoción de Coliformes Fecales en el sistema completo (R3000 + R800 + LDE) fue 99.9999%, con lo que la concentración del efluente fue menor de $1000 \text{ NMP}/100\text{mL}$, cumpliendo con las normas de volcamiento vigentes y con el límite recomendado por la OMS para riego irrestricto. La remoción total promedio de parásitos fue de 99.3%. Los análisis físico-químicos muestran una alta remoción de nutrientes en las LDE, cumpliéndose con los límites permitidos para descarga a cuerpos de agua superficiales.

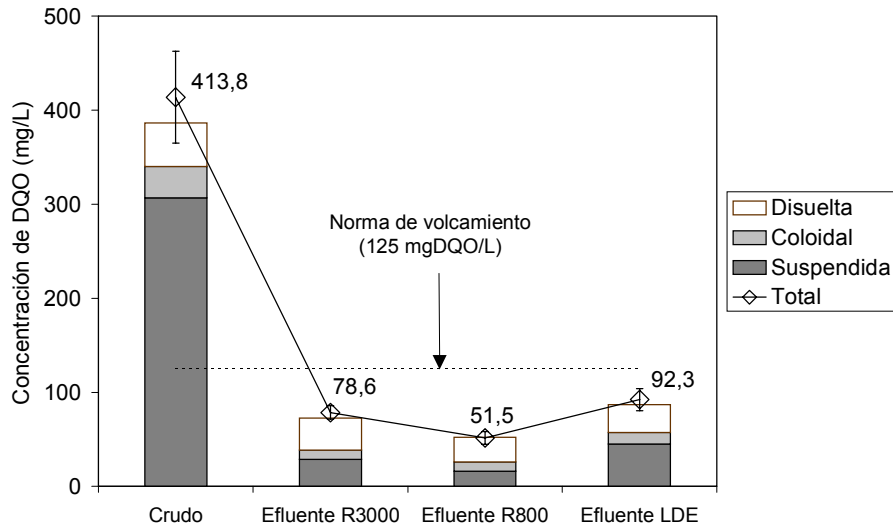


Figura 3. Fracciones de DQO a lo largo del sistema. LDE = Lagunas de Estabilización.

Fracciones	Eficiencia de remoción (%)			
	R3000	R800	R3000 + R800	R3000 + R800+ LDE
Total	81,0	34,4	87,5	71,7
Suspendida	90,7	43,7	94,7	85,3
Coloidal	69,7	4,4	71,0	63,1
Disuelta	26,4	22,5	42,9	36,0

Tabla 2. Eficiencia promedio de remoción de las fracciones de DQO a través del sistema durante todo el tiempo de estudio. No se informan intervalos de confianza, porque los valores fueron calculados a partir de concentraciones promedio. LDE = Lagunas de Estabilización.

Parámetro	Punto de muestreo			
	Influyente R3000 (Media ± IC)	Efluente R3000 (Media ± IC)	Efluente R800 (Media ± IC)	Efluente LDE (Media ± IC)
Temperatura (°C)	22,4 ± 0,4	22,2 ± 0,5	22,4 ± 0,6	21,6 ± 1,1
pH	7,56 ± 0,05	7,67 ± 0,07	7,73 ± 0,09	8,64 ± 0,21
Alcalinidad (mg CaCO ₃ /L)	175,9 ± 5,3	183,1 ± 4,7	188,9 ± 5,0	108,9 ± 7,2
AGV (mg CaCO ₃ /L)	19,8 ± 2,7	17,4 ± 1,9	17,5 ± 1,6	16,6 ± 2,4
SS (mg/L)	325,2 ± 53,4	45,5 ± 4,1	30,3 ± 4,1	49,3 ± 6,3
CND (μS/cm)	0,63 ± 0,02	0,65 ± 0,02	0,64 ± 0,02	0,48 ± 0,03
TDS (g/L)	0,32 ± 0,01	0,33 ± 0,01	0,32 ± 0,01	0,25 ± 0,02
DQO (mg/L)	428,9 ± 46,1	79,0 ± 5,5	50,0 ± 4,4	94,1 ± 10,5
DBO (mg/L)	226 ± 80	62 ± 62	40 ± 26	28 ± 18
ST (g/L)	0,790 ± 0,078	0,365 ± 0,031	0,394 ± 0,067	0,402 ± 0,035
SV (g/L)	0,391 ± 0,058	0,148 ± 0,030	0,190 ± 0,064	0,202 ± 0,038
SST (mg/L)	391 ± 68	22,0 ± 4,4	7,7 ± 2,1	24,0 ± 4,7
SSV (mg/L)	190 ± 41	9,1 ± 1,3	2,4 ± 0,7	4,2 ± 1,0
Parásitos (Huevos/L)	1422 ± 336	238 ± 206	45 ± 11	10 ± 4
CF (NMP/100 mL)	3,60 x 10 ⁸	9,30 x 10 ⁷	3,60 x 10 ⁵	2,30 x 10 ²
Amonio (mg NH ₃ /L)	24,48 ± 7,02	38,29 ± 16,39	34,97 ± 12,15	1,06 ± 2,09
Sulfuros (mg S ²⁻ /L)	0,184 ± 0,129	0,080 ± 0,050	0,019 ± 0,037	n.s.d.
Sulfatos (mg SO ₄ ²⁻ /L)	40,5 ± 6,9	16,5 ± 1,0	11,0 ± 13,7	30,0 ± 3,9
Fósforo (mg P/L)	3,57 ± 3,47	3,925 ± 3,283	4,29 ± 2,92	2,555 ± 2,068
Nitratos (mg NO ₃ ⁻ /L)	3,52 ± 1,72	3,3 ± 2,2	1,32 ± 0,86	11,88 ± 14,66
Nitritos (mg NO ₂ ⁻ /L)	0,049 ± 0,097	0,033 ± 0,065	0,034 ± 0,042	0,011 ± 0,023

Tabla 3. Resultados promedios de la operación del sistema durante todo el periodo experimental. LDE = Lagunas de Estabilización; AGV = Ácidos Grasos Volátiles; SS = Sólidos Suspendidos; CND = Conductividad; TDS = Total de Sólidos Disueltos; DQO = Demanda Química de Oxígeno; DBO = Demanda Biológica de Oxígeno; ST = Sólidos Totales; SV = Sólidos Volátiles; SST = Sólidos Suspendidos Totales; SSV = Sólidos Suspendidos Volátiles; CF = Coliformes Fecales; NMP = Número Más Probable; n.s.d. = no se detecta; IC = Intervalos de Confianza ($\alpha = 0.05$).

CONCLUSIONES

- La puesta en marcha de un sistema UASB de dos etapas para tratamiento de líquidos cloacales en condiciones de clima subtropical, con post-tratamiento en LDE, fue realizada exitosamente en sólo un mes de operación.
- Eficiencias de remoción de DQO de hasta 90% se alcanzaron en los reactores anaeróbicos con TRH de 6 + 6 h.
- El primer reactor elimina aproximadamente 80% de la DQO del líquido cloacal crudo.
- La eficiencia de remoción de sólidos suspendidos de los dos reactores sumados fue siempre superior al 95%.
- La formación de algas en las lagunas aumentó la concentración de DQO y sólidos en el efluente final.
- La remoción de CF y huevos de helmintos en todo el sistema fue 99.9999 y 99.3% respectivamente, con un TRH de 15 d en las lagunas.
- El sistema cumplió con las normas de volcamiento para DQO y CF. El efluente de la primera etapa anaeróbica ya cumplió con la norma de volcamiento para DQO, por lo que la segunda etapa anaeróbica es innecesaria bajo las condiciones climáticas locales.
- El sistema estudiado combinó alta remoción de DQO y CF, con concentraciones de efluente final extremadamente bajas, haciéndolo una opción atractiva para el tratamiento de líquidos cloacales en regiones subtropicales.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por la Universidad de Wageningen (Holanda), la Fundación Holandesa para el Fomento de la Investigación Tropical (WOTRO), la Fundación Internacional para la Ciencia (IFS, Suecia), Aguas de Salta S.A., y el Consejo de Investigación de la Universidad Nacional de Salta (CIUNSA). Los medidores de gas fueron provistos por Gasnor S.A.. Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Estudios Ambientales (LEA) del CIUNSA y del INENCO (Instituto de Investigación en Energía No Convencional).

REFERENCIAS

- Arias, M. y Bianchi, A.R. (1996). *Estadísticas climatológicas de la Provincia de Salta*. Dirección de Medio Ambiente y Recursos Naturales de la Provincia de Salta. INTA Cerrillos, Salta, Argentina. 189 p.
- Castañeda, M.L., Seghezzo, L. y Cuevas, C.M. (2000). Factibilidad del tratamiento anaeróbico de líquidos cloacales en Salta, Argentina. *Revista de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente*, ASADES 2000, 4 (2):06.19-06.21.
- Elmitwalli, T.A. (2000). *Anaerobic treatment of domestic sewage at low temperature*. Ph.D. Thesis. Universidad Agrícola de Wageningen. Wageningen, Holanda. 113 p.
- van Haandel, A.C. y Lettinga, G. (1994). *Anaerobic sewage treatment. A practical guide for regions with a hot climate*. Chichester, England. John Wiley & Sons Ltd. 226 p.
- Liberal, V., Cuevas, C.M., Trupiano, A.P. y Bohuid, E. (1998), Determinación de constantes cinéticas en lagunas de estabilización de Salta, en Actas 23° Congreso Interamericano de Saneamiento y Medio Ambiente, Lima, Perú.
- Noyola Robles, A. (1994). Diseño, inoculación y arranque de reactores UASB, en Actas III Seminario Taller Latinoamericano "Tratamiento Anaeróbico de Aguas Residuales", 133-143.
- Seghezzo, L., Zeeman, G., van Lier, J.B., Hamelers, H.V.M. and Lettinga, G. (1998). A review: the anaerobic treatment of sewage in UASB and EGSB reactors. *Bioresource Technology* **65**, 175-190.
- Seghezzo, L., Trupiano, A.P., Liberal, V. y Cuevas, C.M. (2001). Planta piloto para el tratamiento anaeróbico-aeróbico de líquidos cloacales en Salta, Argentina. *Revista de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente*, ASADES 2001.
- Seghezzo, L., Guerra, R.G., González, S.M., Trupiano, A.P., Figueroa, M.E., Cuevas, C.M., Zeeman, G. y Lettinga, G. (2002). Removal efficiency and methanogenic activity profiles in a pilot-scale UASB reactor treating settled sewage at moderate temperatures. *Water Science and Technology*, **45** (10), 243 – 248.
- Seghezzo, L., Trupiano, A.P., Liberal, V., Todd, P.G., Figueroa, M.E., Gutiérrez, M.A., da Silva Wilches, A.C., Iribarnegaray, M., Guerra, R.G., Arena, A., Cuevas, C.M., Zeeman, G. y Lettinga, G. (2002b). Two-Step UASB System for Sewage Treatment under Sub-Tropical Conditions with Post-Treatment in Waste Stabilisation Ponds. Aceptado para su publicación en *Applied Biochemistry and Biotechnology*.
- SeMADeS (Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Provincia de Salta) (2001). Resolución N° 011.
- von Sperling, M. (1996). *Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Volume 3, Lagoas de estabilização*. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – DESA, Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil. 134 p.
- Standards Methods for the Examination of Water and Wastewater* (1995). 19th Edition. American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) y Water Environment Federation (WEF). Eaton, A.D., Clesceri, L.S. y Greenberg, A.E., Editores. APHA, AWWA, WEF. Washington DC, USA.
- Trupiano, A.P., Seghezzo, L., Liberal, V., Gutiérrez, M.A., da Silva Wilches, A.C., Iribarnegaray, M., Guerra, R.G., Arena, A., Todd, P.G., Figueroa, M.E., Cuevas, C.M., Zeeman, G. y Lettinga, G. (2002). Tratamiento de líquidos cloacales en reactores UASB y lagunas de estabilización. 12° Congreso Argentino de Saneamiento y Medio Ambiente, (AIDIS Argentina), Buenos Aires, 8-10 de mayo 2002.
- Wang, K. (1994). *Integrated anaerobic and aerobic treatment of sewage*. Ph.D. Thesis. Universidad Agrícola de Wageningen. Wageningen, Holanda. 145 p.
- WHO (World Health Organization) (1989). *Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture*. Technical Report Series 778. Ginebra, Suiza.
- Zeeman, G. y Lettinga, G. (1999). The role of anaerobic digestion of domestic sewage in closing the water and nutrient cycle at community level. *Water Science and Technology*, **39**(5), 187-194.

ABSTRACT

In this work, the start-up and operation of a pilot-scale sewage treatment plant are described. The plant consists of two UASB (upflow anaerobic sludge blanket) reactors in series followed by five waste stabilization ponds (WSP), also in series. The start-up was accomplished in approximately one month. Chemical oxygen demand (COD) removal efficiency in the anaerobic steps reached 90%, with hydraulic retention times (HRT) of 6 + 6 h, while total and volatile suspended solids (TSS/VSS) removal was 98,1 and 99,1%, respectively. Faecal Coliforms (FC) removal in the entire system was 99.9999%, with 15 d HRT in the WSP. Total removal of helminth eggs was 99.3%. The studied system is an attractive option for sewage treatment in subtropical regions.

Keywords: anaerobic treatment, sewage, UASB, waste stabilization ponds.