

## **EFFECTO DE LA DESCARGA DE LODO Y EL TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRÁULICA EN LA REMOCIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS EN UN REACTOR UASB (REACTOR ANAERÓBICO DE FLUJO ASCENDENTE Y MANTO DE LODOS)**

Marcelo A. Gutiérrez, Lucas Seghezzo, Aníbal P. Trupiano y Carlos M. Cuevas  
Universidad Nacional de Salta, Consejo de Investigación- INENCO, Laboratorio de Estudios Ambientales, Buenos Aires  
177, 4400 Salta, Argentina. E-mail: [marcelogut@radar.com.ar](mailto:marcelogut@radar.com.ar)

**RESUMEN:** La remoción de Sólidos Suspendidos Totales y Volátiles (SST y SSV) es un parámetro clave para determinar la eficiencia de un reactor UASB (Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente y Manto de Lodos). La remoción de SST y SSV está relacionada con el Tiempo de Retención Hidráulica (TRH) y la altura total de lodo bacteriano en el reactor. El crecimiento bacteriano es constante en los reactores biológicos y se hace necesario realizar descargas periódicas del exceso de lodo. En este trabajo se presentan los resultados obtenidos en un reactor UASB a escala piloto utilizado para el tratamiento de líquidos cloacales pre-sedimentados en la ciudad de Salta, Argentina. La extracción de lodo anaeróbico no afectó de manera significativa la calidad del efluente. La eficiencia del tratamiento (remoción de SST y SSV) se mantuvo por encima del 80% siempre que la altura de lodo remanente fue mayor de 1 m. El TRH óptimo fue de 6 h. La eficiencia de remoción de SST y SSV podría ser un criterio operativo para decidir la frecuencia de purgado en reactores UASB a escala real.

**Palabras clave:** Descarga de lodo, líquido cloacal, reactor UASB, remoción de sólidos, tratamiento anaeróbico.

### **INTRODUCCIÓN**

El sistema anaeróbico de flujo ascendente con manto de lodos o UASB (del inglés *Upflow Anaerobic Sludge Bed*), se encuentra poco desarrollado en regiones de clima templado, siendo la principal causa la baja temperatura de los líquidos cloacales ( $\leq 20^\circ\text{C}$ ) (Seghezzo et al., 1998). En nuestro país se han iniciado investigaciones para determinar la factibilidad del tratamiento anaeróbico mediante reactores UASB en la región templada y subtropical (Castañeda et al., 1999). Algunas de las ventajas que presenta el reactor UASB, comparado con los tratamientos aeróbicos convencionales, es la producción de gas metano que puede ser utilizado como fuente alternativa de energía y la baja producción de lodo biológico. A pesar de esto, dicho lodo debe ser extraído o “purgado” del sistema de manera periódica, ya que si se encuentra en exceso en el reactor, puede ser arrastrado por el líquido y afectar la calidad del efluente (Calvacanti et al., 1999). En el presente trabajo se trata de establecer la altura de lodo mínima aceptable y el Tiempo de Retención Hidráulica (TRH) óptimo que permitan una eficiencia de remoción aceptable y un efluente con pocos sólidos en suspensión.

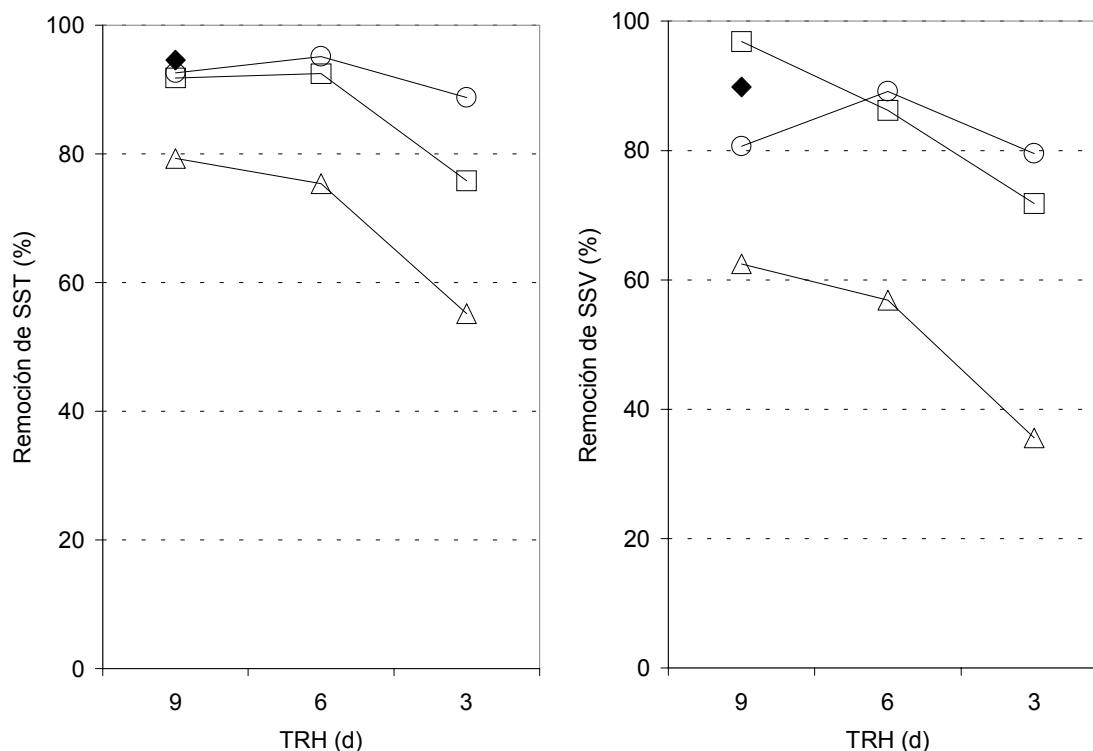
### **MATERIALES Y MÉTODOS**

El trabajo se desarrolló en la ciudad de Salta ( $24^\circ$  latitud Sur), cuyo clima es definido como subtropical con estación seca, la temperatura media del ambiente es de  $16.5^\circ\text{C}$  (Arias y Bianchi, 1996). El reactor anaeróbico se encuentra localizado en la Planta Depuradora de Líquidos Cloacales (PDLC), administrada por la Empresa Aguas de Salta S.A., encargada de la distribución de agua potable y tratamiento de los líquidos cloacales de la provincia de Salta. El reactor UASB está construido de poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV) con una capacidad de 500 L, posee una altura de 2.55 m y un diámetro de 0.5 m (Seghezzo et al., 1995). El líquido cloacal, pre-sedimentado en un sedimentador primario convencional, ingresa al reactor por la base, y se distribuye de manera homogénea a través de un dispositivo de cuatro boquillas invertidas. La bomba peristáltica usada es una Watson-Marlow 601 F/R (rango de caudal 6-960 L/h). La velocidad es regulada electrónicamente con un variador de frecuencia VLT<sup>®</sup> MICRO Danfoss (1/2 HP; 0.4 KW). El caudal se midió de manera continua con un medidor Kobold KSK 3500 (rango de medición 0.83-8.30 L/h). La temperatura del líquido influente y del efluente del reactor fue monitoreada con un termógrafo Novasen 3.752-5-S-C (rango de temperatura  $0-50^\circ\text{C}$ ) (González et al., 200; Guerra et al., 2000). Las determinaciones analíticas de sólidos suspendidos totales (SST) y sólidos suspendidos volátiles (SSV) se realizaron de acuerdo al Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (1999). La determinación se realizó sobre muestras filtradas en embudo Büchner a través de papel de filtro sin cenizas Schleicher & Schuell N°189 de  $4.5\ \mu\text{m}$  de diámetro de poro. Previo a su filtrado, el líquido se homogeneizó en agitador magnético durante 20 segundos. Las muestras de entrada y salida del reactor UASB se tomaron tres veces al día, a las 9.20, 15.20 y 23.20 h. El lodo, al comienzo de la investigación, se encontraba a 1.84 m de altura (canilla de muestreo N°13), considerándose esta altura como el 100%. Se estudiaron TRH de 9, 6 y 3 h. Cada TRH se aplicó durante un tiempo equivalente a 3 TRH antes de iniciar los muestreos para asegurar la adaptación del lodo a las nuevas condiciones hidráulicas. Las extracciones de lodo efectuadas fueron de 25%, 50% y 75% de la altura inicial de barro, teniendo como referencia la altura inicial, medida con un HRT de 9 h. Luego de cada descarga el reactor se operó a diferentes TRH de manera descendente de 9, 6 y 3 h, respectivamente. Esto se realizó así para evitar que el arrastre de lodo que podría producirse a un TRH de 3 h influya (positivamente) en la remoción de sólidos suspendidos a TRH mayores. Las muestras fueron conservadas refrigeradas a  $4^\circ\text{C}$  hasta ser llevadas al laboratorio para su análisis.

Las descargas se realizaron de aquellas zonas del reactor en donde se midió la menor Actividad Metanogénica Específica (AME), a los efectos de afectar al mínimo el normal funcionamiento del sistema.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la *Figura 1* se muestra la remoción porcentual de SST (izquierda) y SSV (derecha) a distintos TRH y para distintas alturas de lodo. Puede observarse una clara disminución en la eficiencia de remoción a 3 h de TRH para todas las alturas de lodo. A este TRH, la velocidad ascensional del líquido genera arrastre de lodos que afectan negativamente la calidad del efluente.



*Figura 1.* Remoción porcentual de SST y SSV a distintos TRH y para distintas alturas del manto de lodos: ◆ = 1.84 m (100%); ◻ = 1.38 m (75%); ○ = 0.92 m (50%); △ = 0.46 m (25%).

En la *Figura 2* se muestra de manera discriminada el efecto del TRH (panel de la izquierda) y de la cantidad de lodo restante luego de las descargas, expresada en porcentaje de la cantidad inicial (1.84 m de lodo) (panel de la derecha), sobre la remoción de sólidos suspendidos totales y volátiles. En el panel de la izquierda se promediaron los valores obtenidos a todas las alturas de lodo por cada TRH. Un TRH de 3 h reduce la remoción de SST y SSV a valores por debajo del 80% (73.2 y 62.3%, respectivamente), valor que se consideró como el mínimo aceptable. Por otra parte, un incremento en el TRH de 6 a 9 h no produce una mejoría notable en la eficiencia de remoción, sugiriendo que un TRH de 6 h sería suficiente en el caso de una planta de tratamiento a escala real. En el panel de la derecha se promediaron los valores obtenidos a todos los TRH, para una dada altura de lodos. Puede verse que, si la altura de lodo es de 1 m de altura o más (50% de altura equivale a 0.92 m de lodo), la remoción de sólidos suspendidos se mantiene alta (por encima del 80%). Cuando la purga de lodo reduce la altura al 25% (0.46 m), la eficiencia de remoción se ve afectada hasta niveles inaceptables (67.0 y 63.4% para SST y SSV, respectivamente).

Los resultados sugieren que las descargas de lodos podrían alcanzar el 50% del lodo presente en el reactor sin afectar la eficiencia de remoción de sólidos suspendidos, siempre que se deje lodo hasta una altura de aproximadamente 1 metro desde la base del reactor. Esta extracción permite mantener eficiencias de remoción de TSS y VSS superiores al 80% y, en ocasiones, superiores al 90%. Es posible conseguir esta eficiencia de manera segura a un HRT de 6 h. No se observó una reducción de la eficiencia cuando el reactor se encontraba con el 100% del lodo (1.84 m), lo que permitiría realizar descargas a intervalos de tiempo prolongados en reactores a escala real, reduciendo los costos de operación y mantenimiento. En reactores UASB a escala real, el momento adecuado para realizar la descarga de lodos podría decidirse en función de la eficiencia de remoción de SST y SSV. La producción de lodos biológicos en un reactor anaeróbico es muy baja, en comparación con los sistemas aeróbicos de tratamiento, por lo que también se reduce el costo de la disposición final. Las purgas realizadas durante el presente estudio fueron las primeras que se realizaron en el reactor luego de 5 años de operación continua. El Tiempo de Retención de Sólidos (TRS), calculado de acuerdo a van Haandel y Lettinga (1994), fue de 450 días, aproximadamente. En un reactor UASB alimentado con líquido cloacal crudo (mayor contenido de sólidos suspendidos y materia orgánica), es de esperar que el TRS sea menor. Resultados preliminares (Guerra et al., 2001) indican que la AME promedio del reactor no se ha visto afectada por las purgas.

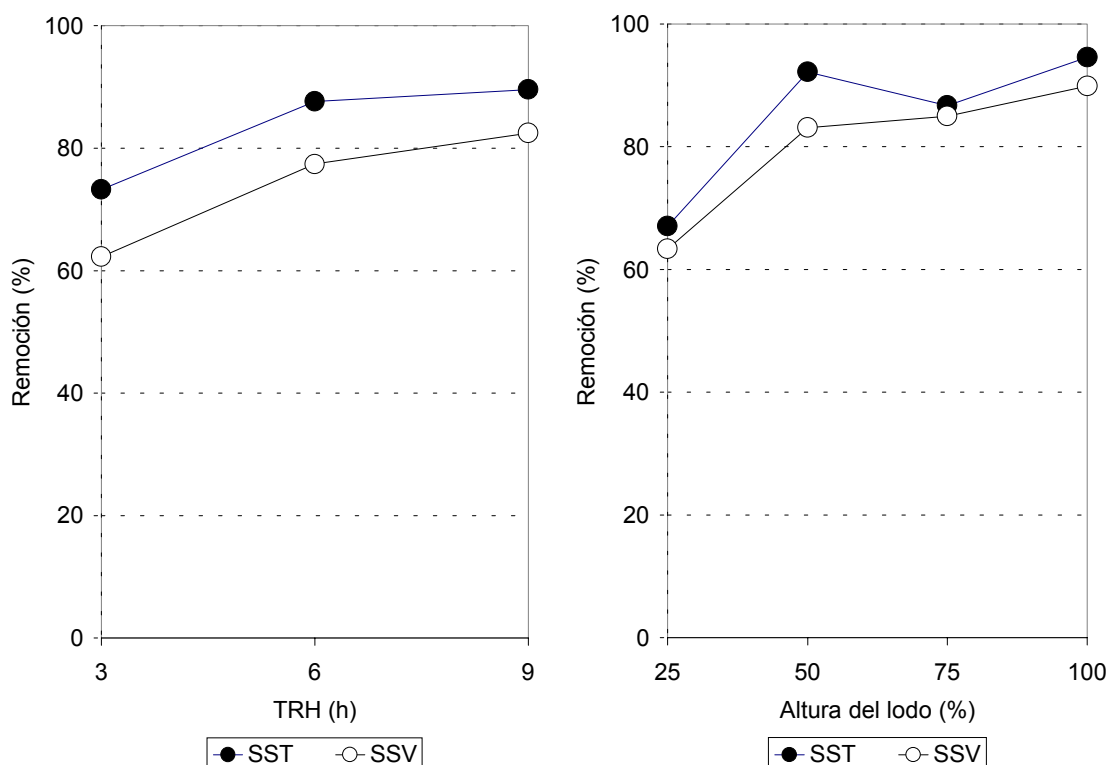


Figura 2. Remoción de SST y SSV en función del TRH (izquierda) y de la altura de lodo (derecha). El 100% de altura de lodo equivale a 1.84 m.

## CONCLUSIONES

- La altura de lodos mínima para asegurar una eficiencia adecuada de sólidos suspendidos en un reactor UASB que trata líquidos cloacales pre-sedimentados es de aproximadamente 1 m.
- Desde el punto de vista de la remoción de SST y SSV, el TRH óptimo al cual debe operarse el reactor UASB es de 6 h.
- Un TRH de 3 h es demasiado corto para una operación segura del reactor, verificándose pérdida de lodo por arrastre y, por consiguiente, disminución de la eficiencia de remoción de sólidos suspendidos.
- Un TRH de 9 h no mejora la eficiencia del reactor, comparada con la que se alcanza a 6 h.
- La AME promedio del reactor no se ha visto afectada por las purgas, las cuales se realizaron siempre de las capas menos activas del manto de lodos.
- La operación de purga de lodos en sí misma no afecta el normal funcionamiento del reactor.
- la eficiencia de remoción de SST y SSV podría ser un criterio operativo práctico y adecuado para decidir el momento de realizar purga de lodos en reactores UASB a escala real.

## AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo ha sido realizado en el Laboratorio de Estudios Ambientales (LEA), en el marco del Proyecto N° 755 del Consejo de Investigación de la Universidad Nacional de Salta (CIUNSa). Las investigaciones son financiadas por la Universidad de Wageningen (Holanda), la Fundación Holandesa para el Avance de la Investigación Tropical (WOTRO), la empresa Aguas de Salta S.A. y el CIUNSa. El LEA depende del CIUNSa y del INENCO (Instituto de Investigación en Energía No Convencional). Se agradece al personal de Aguas de Salta S.A. por la toma de muestras puntuales y compuestas, y el transporte de dichas muestras hasta el laboratorio. Asimismo, por la colaboración prestada durante la ejecución del presente trabajo se agradece a María Estela Figueroa, Raquel Guerra, Silvia González, Ana C. Da Silva Wilches, Martín Iribarnegaray y Julio Cabral.

## 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. Estación Experimental Agropecuaria Salta, INTA. 189 pp.
- Castañeda, M.L., Seghezzi, 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.

- Cavalcanti P. F., Medeiros E. J., Menezes Silva J. y Van Haandel A. (1999). Excess Sludge Discharge Frequency for UASB Reactors. *Water Science Technology*. Vol. 40, N° 8, pp. 211-219. Elsevier Science Ltd. Great Britain.
- González, S.M., Guerra, R.G., Trupiano, A.P., Castañeda, M.L., Figueroa, M.E., Seghezzo, L. y Cuevas, C.M. (2000). Tratamiento anaeróbico de líquidos cloacales presedimentados en un reactor UASB (reactor anaeróbico de flujo ascendente y manto de lodos) en regiones de clima subtropical. *Revista de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente*, ASADES 2000, 4 (2):06.31-06.36.
- Guerra, R.G., González, S.M., Trupiano, A.P., Figueroa, M.E., Seghezzo, L. y Cuevas, C.M. (2000). Perfiles de actividad metanogénica específica en un reactor UASB (reactor anaeróbico de flujo ascendente y manto de lodos) utilizado para el tratamiento de líquidos cloacales presedimentados. *Revista de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente*, ASADES 2000, 4 (2):06.25-06.30.
- Guerra, R.G., González, S.M., Figueroa, M.E., Trupiano, A.P., Seghezzo, L. y Cuevas, C.M. (2001). Operación y seguimiento de un reactor UASB en condiciones de clima subtropical. Inédito.
- 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.
- Seghezzo L., Trupiano A., Castro L. y Cuevas C. (1995). Diseño, Construcción y Puesta en Marcha de un Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente UASB de Planta Piloto. Actas XVII Reunión ASADES. San Luis, Argentina, 7 pp.
- Seghezzo L., Zeeman G., Van Lier J. B. and Lettinga G. (1998). A Review: The Anaerobic Treatment of Sewage in UASB and EGSB Reactors. *Bioresource Technology* 65, pp. 175-190.
- 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, AE., Editores. APHA, AWWA, WEF. Washington DC, USA.

## ABSTRACT

The removal of Total and Volatile Suspended Solids (TSS & VSS, respectively), is a key parameter to assess the performance of UASB (Upflow Anaerobic Sludge Bed) reactors. TSS and VSS removal is associated with the Hydraulic Retention Time (HRT) and the amount of anaerobic sludge in the reactor. Bacterial growth is constant in biological reactors and periodic discharges of excess sludge have to be performed. In this work, results obtained in a pilot-scale UASB reactor treating pre-settled sewage from the city of Salta, Argentina, are presented. Excess sludge discharges did not affect significantly the quality of the effluent. Treatment efficiency (as TSS and VSS removal) was greater than 80% as long as the sludge height in the reactor was higher than 1 m. The optimum HRT was 6 h. TSS and VSS removal efficiency could be an operational criterion to decide the frequency for excess sludge discharges in full-scale UASB reactors.

## Keywords

Anaerobic treatment, excess sludge discharge, sewage, solids removal, UASB reactor.