

EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE UNA PROCESADORA AVÍCOLA.

N. R. Bracho*; P. V. Fernández*; D. Galán*; G. J. Aldana*; E. Gutiérrez*.

**Centro de Investigación del Agua. Facultad de Ingeniería. Universidad del Zulia, Maracaibo- Venezuela. (E-Mail: nibisbracho@hotmail.com; patriciavfernandez@gmail.com).*

La procesadora de aves CRIAZUCA tiene un sistema de tratamiento construido sin diseño previo concebido como dos lagunas facultativas en serie, cuyo efluente es utilizado para irrigación. Este sistema opera desde 1997 para tratar el vertido del procesado de 2.000 aves/día, siendo actualmente 20.000. Se evaluó el funcionamiento de cada laguna con la finalidad de proponer soluciones para mejorar su calidad. Se efectuaron monitoreos del afluente y efluente de cada laguna, determinándose: DBO, DQO, N, P, SST, temperatura y CT. Se realizó la batimetría de la segunda laguna para calcular la rata de deposición. Los resultados revelaron que la primera laguna opera como anaeróbica, con una DBO de 1056 mg/l. que representa 347 gr/m³-d, un aumento del nitrógeno de 84 mg/l a 125 mg/l y fósforo de 21 mg/l a 26 mg/l, remoción de 66% para DBO₅₋₂₀ y 56% para DQO. La segunda laguna funciona como facultativa, cuyo efluente tiene una concentración de 240 y 690 mg/l de DBO₅₋₂₀ y DQO respectivamente y 10⁶ UFC/100ml aproximadamente, incumpliendo con la normativa para la irrigación de pasto para ganado, por lo cual se sugiere su ampliación. La laguna facultativa presentó una rata de deposición de 1 cm/año.

Palabras Claves: Tratamiento de aguas industriales, lagunas de estabilización, carga orgánica, residuos avícolas, operación y mantenimiento de lagunas.

INTRODUCCIÓN.

Las aguas residuales de la industria avícola, contienen sustancias contaminantes de naturaleza orgánica e inorgánica (uso de químicos para limpieza y desinfección de equipo y otros), que son generadas durante los procesos de matanza y desangrado, escaldado, corte de la ave, extracción y manejo de vísceras, etc. (López, 2007).

De acuerdo a lo reportado por Rolim (2000) los mataderos de aves pueden tener una DBO promedio de 200 mg/l. Sin embargo (Zamora, 2001), obtuvo en una procesadora de ave un promedio de DBO de 2080 mg/l, es decir una alta carga orgánica como consecuencia del alto contenido de sangre que se maneja en este tipo de industria.

López (2007) señala que, el tratamiento de los residuos líquidos avícolas pueden llevarse a cabo en plantas de tratamiento biológico aeróbicas y anaeróbicas, su selección depende de los costos de operación y mantenimiento, posibilidad de ampliaciones futuras, calidad del efluente para descarga al cuerpo receptor ó re-uso, disponibilidad de terreno, entre otros.

Las lagunas de estabilización han sido utilizadas por más de 50 años en Europa para tratar aguas municipales e industriales (Alexiou y Mara, 2003). Investigaciones reportadas por Yáñez (1993); Mara y Pearson (1998); Rolim (2000) señalan que las lagunas anaeróbicas son utilizadas para remover alta carga orgánica (mayor a 3000 kg/ha/d), como la procedente de procesadoras avícolas. Las lagunas de estabilización es el tratamiento más apropiado, cuando se va a re-usar agua tratada en la irrigación; Mara y Pearson (1998); Ensink et al. (2007). Este tipo de tratamiento requiere de disponibilidad de área, sin embargo Bracho et al. (2006) demostró que los requerimientos de terreno para el uso de lagunas, pueden ser reducidos optimizando la configuración geométrica.

CRIAZUCA, tiene experiencia positiva en el tratamiento de descargas líquidas avícolas en lagunas de estabilización y de su re-uso en la irrigación de pasto para ganado, cuyo efluente cumplió con el decreto 883 de la Gaceta Oficial de la Republica de Venezuela (1995) y WHO (2006), durante el procesado de 2000 aves. En la actualidad la empresa aumentó su capacidad al procesado promedio a 20.000 aves/d, conduciendo a la reducción de la capacidad de tratamiento de la planta. Los propietarios de la citada procesadora solicitaron la evaluación del sistema con la finalidad de que se ofrezcan las alternativas para su ampliación, generando una calidad de efluente que cumpla con la normativa vigente para re-usarla en el riego de pasto para ganado.

METODOLOGIA

- Se efectuaron visitas de campo, con la finalidad de verificar el manejo de la operación del sistema. Se observó la técnica utilizada para la separación de los desechos sólidos (plumas en el líquido), el número y diseño de las trampas de retención de grasas y sólidos, la geometría de las lagunas, la localización de la descarga final del efluente.
- El sistema se encuentra constituido por dos lagunas en serie, cuyas dimensiones son de 60mx30m para la primera laguna y de 60mx20m para la segunda, ambas con una profundidad de diseño de 2 m.

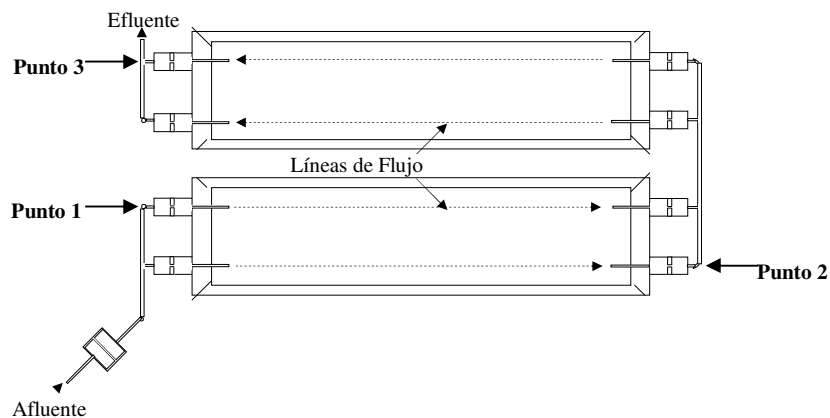


Figura 1. Lagunas de estabilización de CRIAZUCA.

Los

puntos de

monitoreos se definieron como: Punto 1 y 2, afluente y efluente de la primera laguna, y punto 3, efluente del sistema (Figura 1).

- Se captaron muestras., una (1) vez por semana por un período de siete (7) semanas, del afluente y efluente de las dos (2) lagunas. A cada muestra se le determinó DBO. DQO. nitrógeno total. fósforo total, aceites y grasas, SST, temperatura siguiendo la metodología descrita en el Standard Methods. (1995) y coliformes totales (CT) de acuerdo a Ayres y Mara (1996),
- La batimetría, se realizará, construyendo cuadrículas imaginarias de 3 m x 3 m (Figura 2). En el punto de intercepción de las cuadrículas, se introdujo una vara graduada, con la finalidad de registrar la altura de lodo y de agua. Este método se llama tubo blanco (Malán, 1964). Los datos fueron introducidos en un programa de computación, para obtener el volumen útil de la laguna, el volumen muerto, la profundidad promedio de lodo y agua.



Figura 2. Vista de las cuadrículas imaginarias de 3 m x 3 m en la segunda laguna

- Se construyó un vertedero rectangular de pared gruesa, con la finalidad de registrar el caudal, cuya formula es:

$$Q_m = 1.84LH^{1.5}$$

- Se estudió la alternativa de ampliación del sistema.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Las características del afluente son: Coliformes totales = 2×10^7 ufc/10 ml., DBO₅₋₂₀ = 1.056,20 mg/l, DQO = 2.501,40 mg/l, la temperatura 30,18 °C (Tabla1), oxígeno disuelto (OD) 2,50 mg/l y un pH de 7,30.

Tabla 1. Valores promedios de DBO, DQO y Temperatura del afluente y efluente a la entrada y salidas de cada una de las lagunas.

| Punto de Monitoreo | DBO | | | DQO | | | Temperatura | |
|--------------------|--------------|-----------|--------|--------------|-----------|--------|-------------|------|
| | Prom. (mg/l) | Efic. (%) | SD | Prom. (mg/l) | Efic. (%) | SD | Prom. °C | SD |
| E _{L1} | 1.056,20 | ----- | 175,43 | 2.501,40 | ----- | 497,79 | 30,18 | 0,04 |
| S _{L1} | 356,60 | 66,23 | 144,62 | 1.093,40 | 56,29 | 481,45 | 28,38 | 0,53 |
| S _{L2} | 240,00 | 32,70 | 39,89 | 690,40 | 36,86 | 120,97 | 27,40 | 0,28 |

DBO. Demanda Bioquímica de Oxígeno. DQO. Demanda Química de Oxígeno. E_{L1}. Entrada primera laguna. S_{L1}. Salida primera laguna. S_{L2}. Salida segunda laguna. Prom. Promedio. Efic. (%) Porcentaje de eficiencia. SD. Desviación estándar.

El caudal promedio para los días de máxima procesado de aves fue de 489600 l/d, lo cual equivale a de 20 l/ave (Tabla 2).

Tabla 2. Calculo de caudal actual y de diseño.

| Máximo procesado de pollos | Altura registrada (cm) | Q (l/día) | Q (l/seg) | Agua por pollo (l) |
|----------------------------|------------------------|-----------|-----------|--------------------|
| 25.000 | 4,43 | 489.600 | 5,67 | 19,58 |

Por lo general, las lagunas anaeróbicas tienen una profundidad que varía entre 2 m a 5 m y reciben cargas orgánicas volumétricas mayores a 100 g DBO₅/m³-d. Estas altas cargas orgánicas producen condiciones anaerobias estrictas (oxígeno disuelto ausente) en todo el volumen de la laguna, (Mara y Pearson, 1998). En el caso en estudio, la primera laguna se encuentra operando como laguna anaeróbica, debido a que su carga orgánica volumétrica, medida como DBO es de 347,52 g/m³.d y también al incremento promedio del nitrógeno total de 84,12 mg/l a 124,88 mg/l y del fósforo total de 21 mg/l a 26 mg/l (Figura 3). Este aumento, se debe como lo explica (Mara y Pearson, 1998), a que en una laguna anaeróbica el nitrógeno total es hidrolizado a nitrógeno amoniacal por bacterias hidrolíticas presentes en la primera etapa de la digestión.

Esta laguna tiene áreas totalmente sedimentadas, no solo por la deposición de lodos productos del tratamiento, sino también por la gran cantidad de plumas que entran al sistema, como consecuencia de la inoperatividad del desbaste.

La eficiencia de remoción para la DBO₅₋₂₀ fue de 66,23 % y un 56,29 % para la DQO. De acuerdo con (Mara y Person, 1998; Yáñez, 1993), las lagunas anaeróbicas remueven entre 60 % y 70 % de DBO a temperaturas promedios de 30 °C, tal como ocurrió en este sistema.

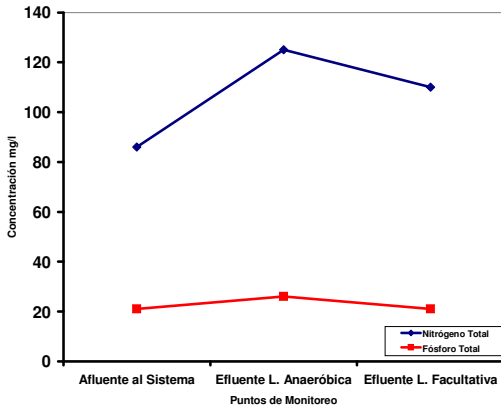


Fig. 3. Concentración de Nitrógeno Total y Fósforo total en el afluente y efluente de cada laguna

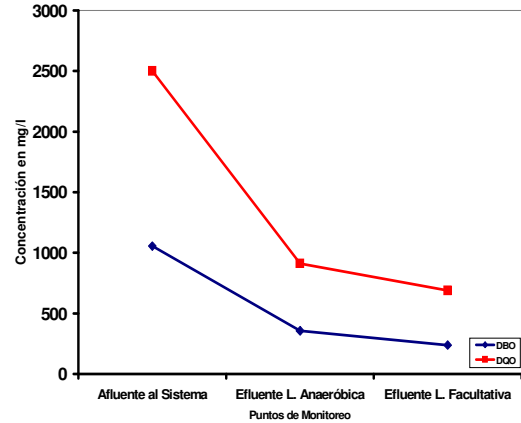


Fig. 4. Concentración de DBO y DQO en el afluente y efluente de cada laguna

Esta laguna tiene áreas totalmente sedimentadas, no solo por la deposición de lodos productos del tratamiento, sino también por la gran cantidad de plumas que entran al sistema, como consecuencia de la inoperatividad del desbaste.

La segunda laguna funciona como una laguna facultativa, presentándose una concentración aproximada de coliformes totales de 106 ufc/100ml. La eficiencia de remoción de DBO₅₋₂₀ es de 33% y la de DQO 36% (Tabla 1), resultando la concentración final del efluente de 240 y 690 mg/l para la DBO y DQO respectivamente (Figura 4), es decir una concentración alta, típica para aguas medias crudas de origen domestico (Metcalf y Eddy, 1991).Adicionalmente, se observa una disminución en la concentración del nitrógeno total de 124,88 mg/l a 110,00 mg/l. Esta disminución viene dada por los procesos de nitrificación y desnitrificación que ocurren en los procesos naturales de las lagunas.

En referencia a la batimetría, las curvas de nivel indican que la altura del lodo varió entre 10 cm., y 20 cm., siendo el promedio 10,45 cm (Figura 5), por lo cual su período de retención teórico no se ve afectado. Se estima entonces, que la rata de deposición es de alrededor de 1 cm/año, es decir que aún, no requieren de su limpieza.

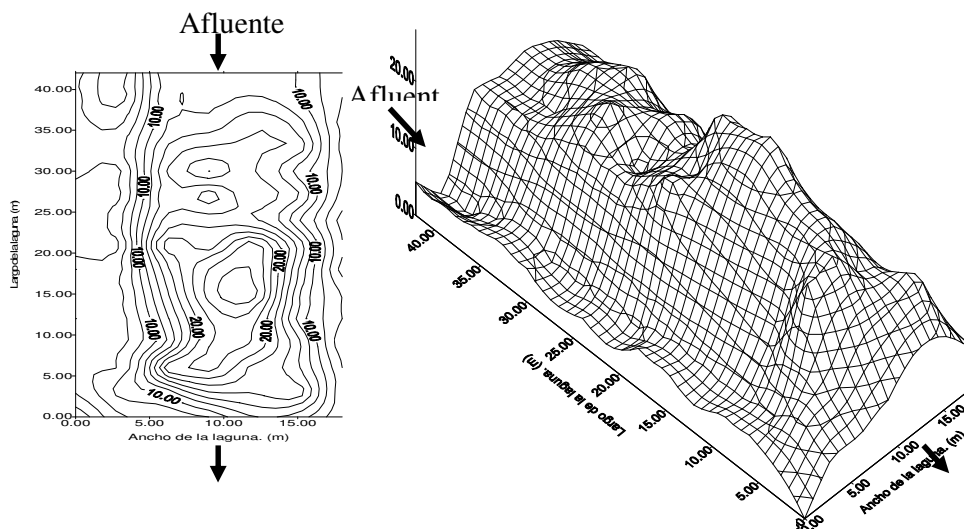


Figura 5. Batimetría de la laguna

La procesadora de aves, no dispone de los planos de las lagunas, el desbaste y el sistema de recolección, por lo cual se procedió a contratar a una empresa especializada para la recolección de los datos y elaboración de los planos, en donde se observó que las lagunas no disponen de válvulas de paso que permitan la limpieza de lodo de la laguna anaeróbica. Por otra parte la laguna facultativa tiene mal diseñado el perfil hidráulico, ocurriendo la salida por rebose.

CONCLUSIONES.

El sistema se encuentra operando con una laguna anaeróbica, con una gruesa capa de nata, además de la presencia de áreas totalmente sedimentadas. Esta laguna presentó una eficiencia de 66% de remoción para la DBO, mientras que la segunda opera como facultativa con un 33% de remoción de DBO, siendo la concentración de su efluente de 240 mg/l y para los CT fue 10^6 ufc/100ml, lo cual corresponde a la concentración de agua cruda de agua domestica. Por lo tanto, se requiere del diseño de un nuevo sistema de tratamiento de laguna anaeróbica-facultativa-maduración, cuyo efluente cumpla con las normativas para re-usar el efluente en la irrigación de pasto para ganado.

El nuevo sistema debe incluir las válvulas de paso, que permitan desviar el efluente cuando se vaya a efectuar la limpieza de los lodos de las lagunas anaeróbicas. Por otra parte, se debe mejorar el sistema interno de recolección de plumas de la procesadora y el desbaste de la planta de tratamiento, con la finalidad de reducir el volumen de sólidos sedimentables en la laguna anaeróbica, lo cual permitirá la reducción de lodo en esta laguna.

REFERENCIAS.

Alexiou G.E and Mara D.D. (2003). Anaerobic Waste Stabilization ponds. *Aplied Biochemistry and Biotechnology*. Vol. 109, No. 1-3, pp 241-252.

APHA. (1995). Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater. 15th Edition. 1995 Broadway, New York, N.Y. 10019. USA.

Ayres, R. and Mara, D.D. (1996). Analysis of wastewater for use in agriculture: A laboratory manual of parasitological and bacteriological techniques. Geneva, Switzerland: WHO.

Bracho Nibis, Aldana Gerardo, Lloyd Barry (2006). Optimisation of hydraulic performance to maximise fecal coliform removal in maturation ponds. *Water Research*. Vol. 3. pp 1677-1685.

Ensink J.H, Van Der Hoek W, Mara D.D; Cairncross S. (2007). Waste Stabilization ponds performance in Pakistan and its implications for wastewater use in agricultura. *Urban Waste Journal*, Vol. 4. No. 4. pp. 261-262.

Gaceta Oficial de la República de Venezuela. (1995). Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquidos, No. 5.021 Decreto # 883. Artículo 10.

López Carlos (2007). 2do Seminario Internacional, Un enfoque hacia la industria de la cadena de valor Bovino. Engormix, Argentina.

Malán, W.M. (1964). A guide to the use of septic tank systems in South Africa. CSIR Report No. 219. Pretoria, South Africa: National Institute for Water Research.

Mara, D.D. and Pearson H.W (1998). Design Manual for Waste stabilisation Ponds in Mediterranean Countries. Lagoon Technology International Ltd. Leeds, England.

Metcalf-Eddy. (1991). Ingeniería de aguas residuales tratamiento, vertidos y reutilización. Editorial, Madrid, Caracas.

Rolim, M (2000). Sistemas de lagunas de estabilización: Como utilizar aguas residuales tratadas en sistemas de regadío. 1^{ra} Edición. Editorial Nomos S. A Santa fe de Bogota, Colombia.

WHO (2006). Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater.

Yáñez, C. (1993). Lagunas de estabilización teoría, Diseño. Evaluación y mantenimiento. Ecuador.

Zamora, Sergio (2001). Análisis de factibilidad técnica para la utilización de un reactor anaeróbico UASB en las purgas de equipos de sedimentación utilizados en el tratamiento aguas residuales avícolas. www.gaiacr.com/images/reactor.pdf.