

Evaluación de un Sistema de Lagunas para el Tratamiento y Reuso de Aguas Residuales en el Riego de Hortalizas

Evaluation of a System of Lagoons for the Treatment and Reuse of Wastewater in the Irrigation of Crops of Vegetables

DURAN, Zulma L. Universidad Nacional de Colombia, zlduranh@unal.edu.co; ARGUELLO, Heliodoro. Universidad Nacional de Colombia, bituima56@yahoo.com; COLLAZOS, Carlos J. Universidad Nacional de Colombia, cjcollazos@unal.edu.co.

Resumen

En el presente trabajo se evaluó fundamentalmente la remoción de organismos coliformes aprovechando un sistema piloto de lagunas de estabilización (3 lagunas en serie) que se construyó en el año 2006, en inmediaciones del municipio de Soacha, Colombia. Todo ello, con miras a ofrecer alternativas para el mejoramiento de la calidad del agua que se emplea actualmente en el riego de los cultivos agrícolas de la zona (hortalizas), dada su importancia desde el punto de vista de la salud pública. El proyecto evaluó el rendimiento del sistema operando con alimentación semicontinua y tiempos de retención hidráulica total (TRH) de 17, 11 y 7 días aproximadamente. Se evaluaron parámetros físico-químicos y microbiológicos tanto en el agua cruda como en los efluentes de las lagunas, por un periodo continuo de siete meses. Los resultados indican que la condición más favorable desde el punto de vista de calidad y cantidad se obtiene para un TRH de 11 días. Los costos de construcción del sistema de tratamiento son de aproximadamente US\$43/m³ de volumen y los costos de operación y mantenimiento se estiman en US\$0,36/m³ de agua tratada.

Palabras claves: Salud pública, Hortalizas, organismos coliformes, tratamiento y reuso de aguas residuales.

Abstract

This work evaluated the removal of coliform organisms taking advantage of a system pilot of stabilization ponds (3 ponds in series) this system was built in the year 2006, in the suburbs of the municipality of Soacha, Colombia. The aim of this research was to provide better water quality to the current irrigation of vegetable crops, given their importance from the standpoint of public health. The study assesses the performance of the operating system and powered semi hydraulic retention times of 17, 11 and 6 days. We evaluated physical, chemical and microbiological contaminants found in the effluent from the ponds for a continuous period of seven months. . The results indicate that the most favorable condition in terms of quality and quantity was obtained for an HRT of 11 days. The cost of building the treatment system was approximately US\$43/m³, and the cost of operation and maintenance are estimated at US\$0,36 /m³ of treated water.

Keywords: Public Health, vegetables, coliform organisms, wastewater reuse and treatment.

Introducción

El reuso de agua residual en riego representa una oportunidad económica, técnica y ambientalmente sostenible en zonas con baja disponibilidad del recurso hídrico. En la vereda Bosatama, municipio de Soacha, en el Departamento de Cundinamarca - Colombia, el agua utilizada en el riego de hortalizas proviene de vallados derivados del Canal Tibanica y Río Bogotá, cuyo análisis de coliformes totales arrojan valores alrededor de 1x10⁶ NMP/100mL (RAMIREZ, 2007), niveles sumamente riesgosos tanto para quienes manipulan el agua como para quienes consumen las hortalizas regadas con ésta. Por esta razón, en la Finca La Pradera ubicada en la Vereda Bosatama del municipio de Soacha, se construyó un sistema de tratamiento piloto con lagunas de estabilización para tratar el agua del vallado proveniente del Canal Tibanica con fines

de reuso en riego de hortalizas. Este sistema ha logrado mejorar notablemente la calidad del agua en términos microbiológicos y de sólidos totales y en suspensión. Sin embargo, el tiempo de retención constituye la principal limitante para su proceso de implementación, debido a la cantidad de agua que se requiere para riego, aproximadamente de 10 a 15 L/m².evento¹, con sistemas de riego poco eficientes. El objetivo principal de esta investigación fue evaluar la eficiencia de remoción de contaminantes con el sistema de lagunas operadas con diferentes tiempos de retención hidráulica. Para tal efecto se contemplaron tiempos totales de 17, 11 y 7 días aproximadamente.

Metodología

Descripción de las instalaciones: La planta piloto está constituida por tres lagunas de estabilización en serie que pueden ser operadas bajo diferentes condiciones de carga. El sistema se alimenta por bombeo desde un vallado que transporta las aguas residuales diluídas provenientes del Canal Tibanica y el Río Bogotá. Para variar las condiciones de operación se contó con una bomba a Diesel de capacidad aproximada de 6,4 L/s. La figura 1 muestra el sistema:

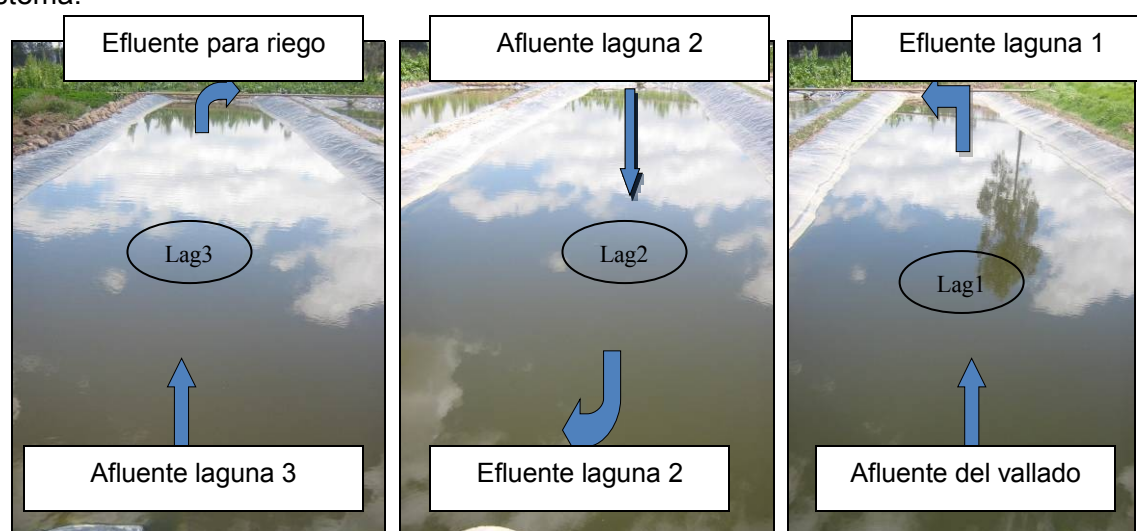


FIGURA 1. Sistema de lagunas de estabilización

Operación y seguimiento de la calidad del agua en la planta: previamente a la puesta en marcha el sistema debió ser reconstruido por el deterioro que ocasionó un prolongado período de inactividad. Una vez solucionado este inconveniente se procedió al llenado y operación de las lagunas, con alimentación intermitente. Se aplicaron 3 tiempos de retención hidráulicos diferentes. Inicialmente con un tiempo de retención hidráulico total (TRH) de 7 días y posteriormente se operó el sistema con tiempos de retención hidráulicos de 17 y 11 días, respectivamente.

Muestreo y análisis en laboratorio: Para la evaluación del sistema se estableció un programa de muestreo físicoquímico y bacteriológico de la calidad del agua en el afluente (agua cruda) y en cada uno de los efluentes parciales (lagunas 1 a 3). La actividad de seguimiento comenzó en el mes de Agosto del año 2008 y se extendió hasta el mes de febrero de 2009. La recolección, preservación y análisis de las muestras se hizo de acuerdo con las técnicas y procedimientos establecidos en el Standard Methods for Examination of Water and Waste Water (APHA, 2005) y en el protocolo del Ideam (1997). Se analizaron básicamente los siguientes parámetros: pH, temperatura, oxígeno disuelto, conductividad, DQO, DBO₅, Nitrógeno, Fósforo, Relación de

¹Se refiere al evento de riego que dura aproximadamente de 1 a 2 horas al día

Absorción de Sodio - RAS, Coliformes totales y Coliformes Fecales.

Procesamiento de datos: Para las diferentes condiciones de operación se establecieron valores promedios de calidad y eficiencia. Igualmente se aplicó un análisis multivariado de la calidad del agua cruda para correlacionar conjuntos de variables en el período muestreado.

Resultados y discusiones

El agua de riego usada en la vereda Bosatama proviene de vallados derivados del Canal Tibanica y Río Bogota, en el punto de captación en la Finca La Pradera se determinó que es de composición principalmente inorgánica, poco biodegradable con una relación DQO/DBO₅ cercana a 13, valores de DBO₅ entre 20 y 45mg O₂/L y con la relación N/P del orden de 4:1. La eficiencia en remoción de materia orgánica contaminante fue poco importante, casi insignificante en el sistema de tratamiento. Esta baja concentración de materia orgánica biodegradable se explica por el alto tiempo de retención hidráulica en los vallados que hace que se consuma la materia orgánica rápidamente durante el recorrido del agua por vallados donde hay fuerte presencia de macrófitas acuáticas; y los vertimientos difusos de fertilizantes, plaguicidas y herbicidas por el agua de escorrentía proveniente de zonas de cultivos hacen el residuo poco biodegradable.

La relación de absorción de sodio – RAS se eleva con el tratamiento por evaporación del agua y probablemente por acumulación de sales por parte de las algas, lo cual podría ser perjudicial para el suelo y las plantas, en un suelo con mal drenaje y cultivos muy sensibles a la salinidad. Sin embargo los valores del afluente y efluente se encuentran en rangos bajo y medio de riesgo de sodificación, pero en alto riesgo por salinización (RAS entre 2 – 16).

El agua del vallado (cruda) no cumple los estándares para reuso directo en riego restringido y no restringido por la alta presencia de organismos coliformes totales y fecales (aproximadamente 10⁶ y 10⁵ respectivamente). Con este sistema se logra una reducción significativa de los coliformes totales (98,45% - 99,82%) y prácticamente la eliminación de los coliformes fecales (99,7% – 99,99%). Aun así un pequeño porcentaje de las muestras sobrepasa los límites establecidos en la normatividad vigente. El decaimiento de los coliformes fecales se asocia a diferentes factores, la alta radiación solar en la zona de estudio (396 cal/cm²), en conjunto con las altas concentraciones de oxígeno disuelto encontrados en las lagunas (>4mgO₂ /L) y el pH alcalino (>9) provocado por la actividad de las algas, originan formas tóxicas de oxígeno (radicales de oxígeno libre, peróxido de hidrógeno y probablemente superóxido y radicales hidroxilo). Estas formas de oxígeno dañan y destruyen a las bacterias en las lagunas (CURTIS, MARA, e SILVA, 1992). Adicionalmente el agotamiento de los nutrientes y el antagonismo de los coliformes con protozoarios, rotíferos y otros depredadores de la cadena trófica pudieron contribuir a la muerte de los coliformes fecales.

La figura 2 muestra la remoción de coliformes fecales en unidades logarítmicas con diferentes TRH.

Resumos do VI CBA e II CLAA

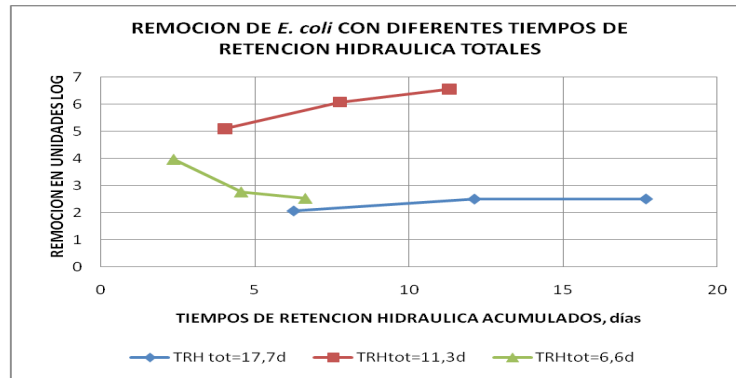


FIGURA 2. Remoción de *E. coli* vs TRH

Las eficiencias de remoción obtenidas para otros parámetros se presentan en la tabla 1:

TABLA 1. Eficiencias de remoción obtenidas con diferentes TRH.

TRH	Coliformes Totales %	<i>E. coli</i> %	SST %	DQO %	DBO ₅ %	NTK %	PT %
6,6	98,45	99,71	38,86	55,70	53,00	53,74	60,08
11,3	99,83	100,00	30,43	9,23	83,90	6,08	42,97
17,7	99,24	99,74	68,34	26,80	65,60	42,78	N.R.

N.R. No Representativo

Conclusiones

Se determinó que el TRH de 7 días sirvió principalmente para arranque y aclimatación y el establecimiento de las poblaciones de microorganismos necesarios para el proceso; no removi6 los indicadores microbiol6gicos hasta niveles seguros para la salud p6blica. Con el TRH de 11 d6as y el de 17 d6as se presentaron una remoci6n efectiva de microorganismo fecales como *E. coli* hasta valores inferiores a los requeridos por la norma (100% en el 84% de las muestras), esto debido a los efectos sin6rgicos de la acci6n de las algas, la radiaci6n solar de la zona y la misma calidad del agua del afluente. Sin embargo para coliformes totales pocas muestras alcanzaron el l6mite exigido. El tiempo de retenci6n hidr6ulico recomendado para operar las lagunas fue de 10 a 11 d6as, con 6ste se tendr6a un caudal disponible de 100 a 110m³/semana (14 – 15m³/d), lo cual es suficiente para regar 1200m²/d6a de cultivos de hortalizas.

El costo de tratamiento por m³ construido del sistema est6 en aproximadamente US\$43/m³ y US\$0,36/m³ de agua tratada. Estos costos var6an dependiendo el lugar, el costo del terreno y las caracter6sticas del dise6o espec6fico del sistema.

Referencias

APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21. ed. Washington: American Public Health Association, 2005.

CURTIS, T.P.; MARA, D.D.; SILVA, S.A. The effect of sunlight of faecal coliforms in ponds: implications for research and design. *Water Science and Technology*, Oxford, v. 26, n. 7-8, p. 1729-1738, 1992.

DURÁN, Z. *Evaluaci6n de la eficiencia de un conjunto de lagunas para tratamiento de aguas residuales del canal Tibanica*. (Tesis de Maestr6a) - Universidad Nacional de Colombia, Bogot6.

2009.

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES - IDEAM. *Protocolo de Toma y Preservación de muestras*, Bogotá: Ministerio Del Medio Ambiente, 1997, 20 p.

RAMÍREZ, A. *Tratamiento y reuso de las aguas residuales del canal Tibanica para el riego de cultivos mediante un sistema de lagunas*. (Tesis de Maestría) - Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 2007.