

LAGUNA FACULTATIVA PARA LA REMOCIÓN DE LA CARGA CONTAMINANTE DE LAS AGUAS MIELES DEL CAFÉ

Bianca Ileana Alas Fajardo¹

RESUMEN. Este artículo presenta los resultados de la evaluación, a escala de laboratorio, de un modelo experimental de laguna facultativa diseñada a partir del método de radiación solar y carga orgánica máxima superficial para la remoción de la carga contaminante de las aguas residuales del procesamiento del café en un beneficio húmedo tecnificado. Los resultados obtenidos oscilan entre 47.17% y 78.92% de remoción de DBO₅, lo cual representa un porcentaje promedio de 61.60% de remoción de la carga contaminante de los efluentes agroindustriales tratados mediante la metodología propuesta; por lo que se valida su implementación como unidad de tratamiento primario para la depuración de las aguas mieles.

PALABRAS CLAVE. Aguas mieles del café, Carga orgánica, Lagunas facultativas, Monitoreo, Plantas de Tratamiento primario, Procesos biológicos.

ABSTRACT. This article presents the results of the evaluation, at a laboratory scale, of an experimental model of a facultative pond designed by the solar radiation and maximum organic loading surface method for the removal of the pollution load of wastewater from coffee processing in a wet tech coffee brokerage. The results obtained range between 47.17% and 78.92% of BOD₅ removal, which represents an average percentage of 61.60% removal of the pollutant load from the agroindustrial effluents treated by the proposed methodology; therefore its implementation is validated as a primary treatment unit for the purification of the honey water.

KEY WORDS. Honey water, Organic load, Facultative pond, Monitoring, Primary treatment plant, Biological processes

INTRODUCCIÓN

Las aguas residuales del proceso de despulpado y lavado del café, comúnmente conocidas como aguas mieles se consideran como una de las mayores contaminaciones orgánicas debido a su alto contenido de materia orgánica y su condición ácida.

Este artículo describe la evaluación de la eficiencia de un modelo experimental de laguna facultativa, a escala de laboratorio, como alternativa de tratamiento primario para la remoción de la carga contaminante, expresada en términos de la DBO₅ soluble, de los efluentes agroindustriales generados en el beneficio húmedo tecnificado de la cooperativa Nuevo Sendero ubicada en la aldea Chapas del municipio Nueva Santa Rosa del departamento de Santa Rosa, Guatemala.

El modelo se ubicó en el área de pruebas del Laboratorio de Química y Microbiología Sanitaria de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria (ERIS).

METODOLOGÍA

La metodología empleada consistió en el diseño y construcción de un modelo biológico lagunar a escala laboratorio, en el cual se realizaron descargas de agua miel cruda, de volumen y carga contaminante previamente conocidos, monitoreando los cambios de DBO₅ en mezcla (agua miel y agua de la laguna) hasta alcanzar una retención hidráulica de 6 días continuos.

El modelo a escala laboratorio propuesto se basa en el mecanismo de degradación de la DBO promovida por la simbiosis entre las algas y las bacterias en un medio que supla las necesidades de nutrientes y condiciones adecuadas para su crecimiento. La radiación solar favorece el crecimiento de algas, las que por su actividad favorecen

el aumento del pH, el cual es un elemento muy importante para la sobrevivencia de la vida microbiana requerida para la transformación de la materia orgánica soluble.

La figura 1 muestra el esquema del canal empleado como modelo experimental:

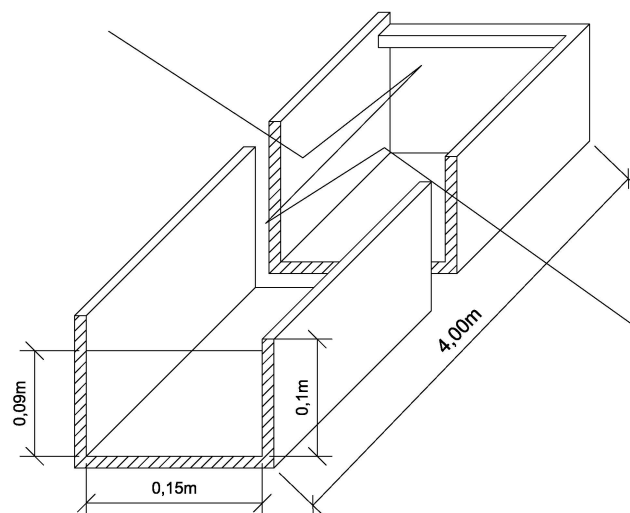


Figura 1 Esquema del modelo lagunar a escala laboratorio

El modelo de laguna facultativa se diseñó empleando el método de radiación solar y carga orgánica máxima superficial del agua miel, medida en términos de DBO₅ soluble (mg/l); el cual está basado en la relación que existe entre la radiación solar, algas y el oxígeno producido por éstas.

- Proceso de diseño del modelo

- a) Se determinó la carga orgánica (DBO₅) del agua miel procedente del beneficio Nuevo Sendero mediante la obtención de la DQO y la aplicación del índice de biodegradabilidad (IB) característico de la misma.

$$\text{Carga orgánica DBO}_5 = IB \times DQO \quad (1)$$

- b) Se fijaron las dimensiones de largo (4.00 metros), ancho (0.15 metros) y altura (0.08 metros) de agua en el modelo biológico, al inicio de cada una de las corridas, con el objeto de tener un área superficial y un volumen de agua conocidos (0.60 m² y 48 litros respectivamente). La altura del agua varió, en el transcurso del monitoreo, debido a la evaporación de la misma, a un ritmo aproximado de un centímetro diario.

- c) Se calculó la carga diaria máxima admisible (kg de DBO₅/día) utilizando los datos de insolación promedio de 10 años¹, correspondientes a la zona donde se ubicó el modelo experimental, la eficiencia de producción de oxígeno de las algas (3%) y el área superficial del modelo. La ecuación para determinar la carga máxima es la siguiente:

$$CS_m = \frac{RS \times EC \times (1.55 \text{ kg O}_2 / \text{kg algas})}{24,000 \text{ kJ/kg algas producidas}} \times A \quad (2)$$

Donde:

CS_m = Carga diaria máxima admisible

RS = Radiación solar (kJ/ha-día)

EC = Eficiencia de conversión (%)

A = Área superficial del modelo biológico (ha)

- d) Se determinó el volumen total de la descarga mediante la división del valor de la carga orgánica DBO₅ entre la carga diaria máxima admisible, según la siguiente ecuación:

$$V_{\text{Total}} = \frac{\text{Carga orgánica DBO}_5 (\text{kg DBO}_5 / \text{l})}{CS_m (\text{kg de DBO}_5 / \text{día})} \quad (3)$$

- Inoculación del modelo

Previo al inicio de operación del modelo (descarga del agua miel) se realizó la inoculación del mismo por medio del agua de una de las lagunas de estabilización de aguas residuales domésticas que está en operación en la planta de tratamiento de aguas residuales Ing. Arturo Pazos de ERIS/USAC. El objetivo de esta fase fue reducir el tiempo de estabilización del modelo que estaba siendo evaluado.

- Operación del modelo

La descarga del agua miel al modelo se realizó de tal forma que se aseguró una distribución homogénea en toda la superficie del mismo, procurando realizar una mezcla completa del agua miel y el agua del modelo, previamente inoculado.

Cada día de operación se realizó un muestreo compuesto del agua del modelo, colectando un promedio de 200 ml de agua como muestra representativa, la cual fue mezclada y homogenizada por un tiempo de diez (10) minutos en un

agitador mecánico. Posteriormente la muestra se filtró, previo a la realización de los análisis pertinentes, con el objeto de remover las algas contenidas en la misma.

La figura 2 muestra el diagrama de flujo de las actividades desarrolladas para la operación y evaluación del modelo biológico experimental:

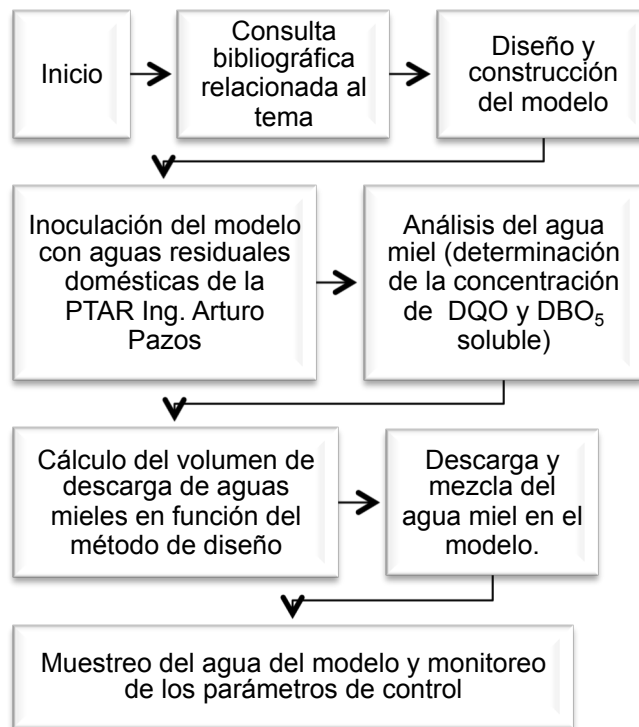


Figura 2 Diagrama de flujo de las actividades del modelo experimental

RESULTADOS EXPERIMENTALES

Los resultados de la eficiencia de remoción de la carga orgánica en las corridas del modelo de laguna facultativa analizado se muestran en la tabla I:

Tabla I Eficiencia de remoción de carga orgánica en el modelo

N°	DBO ₅ inicial (mg/l)	DBO ₅ final (mg/l)	Degradación diaria de DBO ₅ soluble (mg/l-día)	Eficiencia experimental del sistema (remoción de DBO ₅ soluble)
1	949.03	501.39	74.61	47.1%
2	1,178.50	248.45	155.01	78.9%
3	605.62	250.00	59.27	58.7%

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

De los resultados de la eficiencia de remoción de DBO₅ de las corridas del modelo evaluado se puede destacar que la

¹ Administración de Aeronáutica y Espacio (NASA) EE.UU.

mayor degradación diaria de DBO₅ soluble, en mg/l-día, es igual a 155.01 mg/l mientras que el valor mínimo de degradación diaria de DBO₅ soluble es igual a 59.27 mg/l; asimismo se observa que la eficiencia experimental promedio correspondiente al análisis de los datos obtenidos a partir de dichas corridas es igual a 61.60% para un tiempo de retención hidráulica de seis (6) días.

CONCLUSIONES

- La evaluación del modelo de laguna facultativa, a escala laboratorio, permitió determinar que es factible su implementación como unidad de tratamiento primario para las aguas residuales del procesamiento del fruto del café en un beneficio húmedo tecnificado.
- El modelo evaluado permitió obtener la remoción de hasta un 61.60% de la carga contaminante DBO₅, con un tiempo de retención hidráulica de seis (6) días.
- Se requiere su implementación a escala de planta piloto con el objeto de aumentar la base de datos experimentales que puedan servir de soporte para el desarrollo de modelos matemáticos para el dimensionamiento de dichas unidades de tratamiento.

BIBLIOGRAFÍA

- OAKLEY, Stewart M., Dr. Lagunas de estabilización en Honduras. Manual de diseño, construcción, operación y mantenimiento, monitoreo y sostenibilidad. 2005. 247 p.
- YÁÑEZ COSSÍO, Fabián, Ph.D. Lagunas de estabilización. Teoría, diseño, evaluación y mantenimiento, 1993.
- METCALF & EDDY, INC. Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento, vertido y reutilización. Tomo I. 1^a ed. en español. México, D.F.: McGraw-Hill/Interamericana Editores, 1996. 752 p. ISBN: 970-10-1005-1
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION & WATER ENVIRONMENTAL FEDERATION. Standard methods for the examination of water and wastewater. 18Th ed. Washington,DC: American Public Health Association, 1992. ISBN: 0-87553-207-1.