

Pantanos de flujo subsuperficial para tratamiento de efluentes en plantas de proceso de palma de aceite

Subsurface Flow Wetlands for Treatment of Palm Oil Mill Effluents



Iván Panchi

Director Industrial de Palmeras del Ecuador (Ecuador)
ipanchi@danec.com

Palabras CLAVE

Sistema de Pantanos Artificiales de Flujo Subsúperficial, aguas residuales, degradación de la materia orgánica, sistema microbiológico, vegetación emergente.

Subsurface Flow Artificial Wetlands System, wastewaters, degradation of organic matter, microbiological system, emergent vegetation



Resumen

Palmeras del Ecuador para efectos de tratar sus aguas residuales, producto del proceso de fruta de palma de aceite, dispone de un Sistema de Pantanos Artificiales de Flujo Subsúperficial, diseñado con el objetivo de proporcionar tratamiento secundario y avanzado de las aguas residuales del proceso, una vez que han sido tratadas de manera primaria en florentinos y en las piscinas de tratamiento físico-químico, estos sistemas se conocen también con el nombre de “zonas de raíces”, o “filtros de raíces”, permitiendo el crecimiento de vegetación emergente para el proceso de degradación de la materia orgánica (aceite rojo residual, lignina, celulosa, poli y monosacáridos contiene además nitrógeno, fósforo y azufre), existente en el efluente a través de un sistema microbiológico, en forma aerobia y anaerobia.

Las consideraciones técnicas se basan en el hecho de la existencia de materia orgánica en solución o suspensión presente en las aguas residuales proveniente de los procesos de una planta extractora, las cuales al ser puestas en contacto con una población de microorganismos estos la degradan, debido a que a través de ellos derivan de la materia orgánica la energía necesaria para sus procesos vitales.

Consisten en fondos relativamente impermeables y que permiten el desarrollo y crecimiento de vegetación emergente, en el caso de Palmeras del Ecuador, la especie vegetal utilizada es el pasto alemán (*echinocloa polistacha*).



Abstract

Palmeras del Ecuador, for the purpose of treating its wastewaters produced from the milling process of African oil palm fruit, makes use of a Subsuperficial Flow Artificial Wetlands System, designed with the aim of providing advanced secondary treatment of wastewaters from the process after undergoing primary treatment in Florentines and in pools for physicochemical treatment.

These systems, also known as "root zones" or "root filters," allow the growth of emergent vegetation for the degradation process of the organic material (residual red oil, lignin, cellulose, poly- and monosaccharides in addition contain nitrogen, phosphorous, and sulfur), existing in the effluent through a microbiological system, in aerobic and anaerobic form.

The technical considerations are based on the fact of the existence of organic matter, in solution or suspension, present in wastewaters coming from an oil mill, which, when being put in contact with a population of microorganisms, these degrade it because they derive from the organic matter the necessary energy for their vital processes.

Constructed wetlands consist of relatively impermeable bottoms that allow the development and growth of emergent vegetation; in the case of Palmeras del Ecuador, the plant species utilized is the German grass (*Echinochloa polystachya*).



Implantación

Este sistema fue diseñado y desarrollado en 1998, como resultado de la necesidad urgente de cumplir con la reglamentación ambiental vigente en ese entonces y como consecuencia de que la zona de Shushufindi, ubicada en la provincia de Sucumbíos, se convierte en un foco de atención debido a la actividad petrolera especialmente con el problema ocurrido con los derrames de crudo, para lo cual el Estado a través del Proyecto Patra (Proyecto de Asistencia Técnica a la Región Amazónica), empieza a apoyar las iniciativas para mejorar la calidad ambiental de la zona.

Este sistema tiene la función de proporcionar un tratamiento secundario y avanzado al agua del efluente de la extractora, también se lo conoce con el nombre de zona de raíz (*Root Zone*).

Cuando el sistema fue diseñado en 1998 se hizo con cuatro pantanos en un área total de 5 hectáreas para una planta de 30 t/h, tomando en cuenta una generación de agua residual de 1,07 m³ por tonelada de fruta procesada (RFF), proyectando un aumento en su capacidad de producción en los próximos seis años a 40 t/h.

En 2003, la planta se amplía a 40 t/h, para lo cual se construye un pantano adicional de

0,5 hectáreas, en 2010 se construyen tres pantanos con una área de 1,2 hectáreas, incorporándose al circuito de tratamiento, además para cumplir con los parámetros de control de manera adecuada. Los pantanos proveen sumideros efectivos de nutrientes y sitios amortiguadores para contaminantes orgánicos e inorgánicos. Esta capacidad es el mecanismo detrás de los humedales artificiales, para simular un humedal natural con el propósito de tratar las aguas residuales de empresas y municipios, en este caso aguas residuales de una planta extractora de aceite rojo.

Esta solución biotecnológica aplicada en Palmeras del Ecuador, consiste en la instalación de pantanos artificiales que actúan como filtros naturales. Ubicados entre la planta y los recursos acuáticos (ríos, lagos, lagunas), estos sistemas además de no necesitar mantenimiento ni consumir energía eléctrica, cuestan menos que la cuarta parte de un sistema de tratamiento tradicional. Los humedales se construyen utilizando diferentes especies de plantas que abundan en la zona: pasto alemán, totoras, lechuguines, etcétera, son además de un gran atractivo paisajístico, favoreciendo el

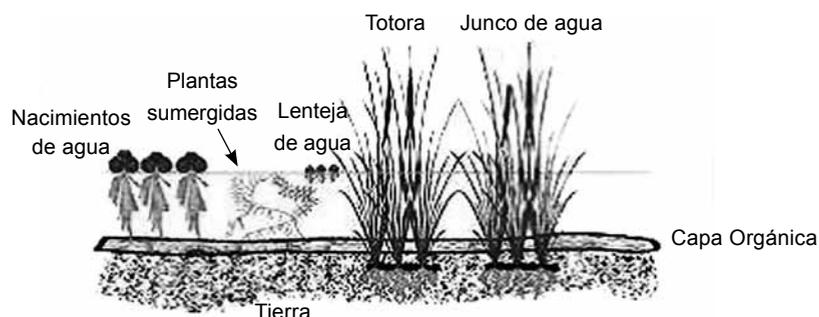


Figura 1. Plantas acuáticas (Tchobanoglous, G. *Aquatic plants systems for wastewater treatment*).

mantenimiento y cuidado de ecosistemas frágiles, en zonas de actividad palmera.

Los sistemas de plantas acuáticas están en pantanos poco profundos como plantas acuáticas flotantes o sumergidas. Estos sistemas incluyen plantas dominantes que se distinguen por la habilidad para derivar el dióxido carbono. Las plantas reciben sus nutrientes minerales desde el agua (Figura 1).

Pantanos artificiales en PDE. Un pantano artificial es un sistema de tratamiento de agua

residual (estanque o cauce) poco profundo, no más de 1,20 m, en el que se ha sembrado pasto alemán. Los humedales artificiales o *wetlands*, requieren poca o ninguna energía para funcionar. Por existir suficiente tierra disponible cerca de la extractora, la instalación de los pantanos fue una alternativa de costo efectivo, además proporcionan el hábitat para la vida silvestre y estéticamente son agradables a la vista (Tabla 1).

Tabla 1. Características del tratamiento.

| Tipo | Proceso involucrado | Contaminación tratada |
|--------------------|---|---|
| Fitoextracción | Las plantas se usan para concentrar metales en las partes cosechables (hojas y raíces). | Cadmio, cobalto, cromo, níquel, mercurio, plomo, plomo selenio, zinc. |
| Rizofiltración | Las raíces de las plantas se usan para absorber, precipitar y concentrar metales pesados a partir de efluentes líquidos contaminados y degradar compuestos orgánicos. | Cadmio, cobalto, cromo, níquel, mercurio, plomo, plomo selenio, zinc, isótopos radioactivos, compuestos fenólicos. |
| Fitoestabilización | Las plantas tolerantes a metales se usan para reducir la movilidad de los mismos y evitar el pasaje a napas subterráneas o al aire. | Lagunas de deshecho de yacimientos mineros. Propuesto para fenólicos y compuestos clorados. |
| Fitoestimulación | Se usan los exudados radiculares para promover el desarrollo de microorganismos degradativos (bacterias y hongos). | Hidrocarburos derivados del petróleo y poliaromáticos, benceno, tolueno, atrazina, etcétera. |
| Fitovolatilización | Las plantas captan y modifican metales pesados o compuestos orgánicos y los liberan a la atmósfera con la transpiración. | Mercurio, selenio y solventes clorados (tetraclorometano y triclorometano). |
| Fitodegradación | Las plantas acuáticas y terrestres captan, almacenan y degradan compuestos orgánicos para dar subproductos menos tóxicos o no tóxicos. | Municiones (TNT, DNT, RDX, nitrobenzeno, nitrotolueno), atrazina, solventes clorados, DDT, pesticidas fosfatados, fenoles y nitrilos, etcétera. |



Ventajas. Las plantas pueden ser utilizadas como bombas extractoras de bajo costo para depurar aguas contaminadas.

Algunos procesos de degradación ocurren en forma más rápida con plantas que con microorganismos.

Es un método apropiado para descontaminar superficies grandes o para finalizar la descontaminación de áreas restringidas en plazos largos.

Limitaciones. El proceso se limita a la profundidad de penetración de las raíces o aguas poco profundas.

Los tiempos de proceso pueden ser largos.

La biodisponibilidad de los compuestos o metales es un factor limitante en la captación.

Procesos de remoción físicos. Los pantanos artificiales son capaces de proporcionar una alta eficiencia física en la remoción de contaminantes asociado con material particulado.

Procesos de remoción biológicos. La remoción biológica es quizá el camino más importante para la remoción de contaminantes en los pantanos artificiales.

Muy reconocida para la remoción de contaminantes en estos pantanos es la capacidad de asimilación de la planta. Los contaminantes que son también formas de nutrientes esenciales para las plantas, tales como nitrato, amonio y fosfato, son tomados fácilmente por las plantas de estos pantanos.

Procesos de remoción químicos. El proceso químico más importante de la remoción de suelos de los pantanos artificiales es la absorción, que da lugar a la retención a corto plazo o a la inmovilización a largo plazo de varias clases de contaminantes.

Cálculos relacionados en el diseño de pantanos artificiales

K_T = Constante de velocidad de primer orden dependiente de la temperatura, d^{-1} .

El tiempo de detención hidráulica se puede expresar, en función del caudal de diseño y de la geometría del sistema, mediante la siguiente ecuación (1) Metcalf & Eddy.

$$t = \frac{LWnd}{Q}$$

$$K_T = K_{20} (1,1)^{(T-20)}$$

$$A_c = \frac{Q}{K_s S}$$

Donde:

W: Ancho del pantano

L: Longitud del pantano

n: Área transversal ocupada por las plantas

Q: Caudal medio

d: profundidad del pantano

$$W = \frac{A_c}{d}$$

Donde

A_c : Fracción de DBO no eliminada

Determinar la longitud del estanque (L) utilizando la ecuación

$$L = \frac{t Q}{W d x}$$

Superficie necesaria del pantano A_s .

$$A_s = L x w$$

Las superficie necesaria para mantener el valor de demanda bioquímica de oxígeno, en las aguas residuales, fueron consideradas de tal manera de cumplir bajo la norma de la Tabla 12 del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria

Tal como lo demuestra el historial de los análisis desde 1998, este sistema ha respondido de manera adecuada, a los monitoreos efectuados por el Ministerio del Ambiente del Ecuador.

Importante destacar que este sistema de tratamiento es pionero en el país y en este tipo de industrias, y es una de las propuestas exitosas del Proyecto Patra a través del Banco Mundial, aplicado y solventado por la empresa privada y que ha sido constantemente visitado por varias instituciones y organismos públicos y privados nacionales e internacionales, los cuales han emitido excelentes comentarios de este sistema de tratamiento desde su implementación hasta la fecha.

Tabla 2. Análisis de aguas residuales – Palmas del Ecuador.

| Parámetro | Unidades | Norma Tulas | Entrada al sistema | | | Salida del sistema | | |
|-----------------------|----------|-------------|--------------------|-----------|-----------|--------------------|----------|--------|
| | | | 2009 | 2010 | 2011 | 2009 | 2010 | 2011 |
| PH | UNID Ph | 6 – 9 | 3,60 | 3,80 | 4,17 | 7,10 | 5,50 | 7,44 |
| Sólidos suspendidos | mg/l | 100 | 30.053,00 | 22.033,00 | 15.320,00 | 620,00 | 450,00 | 23,00 |
| Sólidos sedimentables | mg/l | 1,0 | 1.000,00 | 800,00 | 800,00 | 1,00 | 2,00 | 0,70 |
| Temperatura | °C | < 35 | 41,00 | 45,00 | 40,00 | 27,90 | 26,80 | 27,70 |
| Sólidos totales | mg/l | 1.600 | 25.800,00 | 24.600,00 | 27.792,00 | 1.500,00 | 1.100,00 | 988,00 |
| Aceites y grasas | mg/l | 0,3 | 138,80 | 200,20 | 828,00 | 20,00 | 3,20 | 0,40 |
| DBO5 | mg/l | 100 | 4.556,79 | 9.886,74 | 8.720,00 | 599,32 | 850,86 | 44,30 |
| DQO | mg/l | 250 | 10.810,00 | 33.946,00 | 38.400,00 | 2.539,00 | 1.460 | 196,00 |

**Figuras 2 y 3.** Pantanos artificiales en Palmas del Ecuador con pasto alemán.

Las comunidades directamente relacionadas con PDE, durante estos años han bajado su nivel de conflictividad con respecto a los efluentes de la extractora, debido a su vinculación

con los procesos de difusión de políticas ambientales, y los resultados evidentes en el tratamiento de los problemas relacionados con los recursos agua, aire y suelo.