

Castillo Araya, José Gabriel. *El uso del lirio acuático (Eichhornia crassipes) en el tratamiento de aguas residuales. Tecnología en marcha*. Vol. 10, no. 3, 1990, p. 23-28.

EL USO DEL LIRIO ACUATICO (*Eichhornia crassipes*) EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

José Gabriel Castillo Araya*

RESUMEN

En este artículo se describe un sistema de tratamiento de aguas residuales que consiste en dos pasos: depuración de un estanque cubierto de jacintos y tratamiento de un estanque de oxigenación. Se describen las características del lirio acuático y sus usos potenciales como sustrato para producir biogás.

INTRODUCCION

El tratamiento de aguas residuales utilizando procesos naturales se basa en la acción de organismos microbiológicos y fotosintéticos que actúan sobre los desechos y producen una nueva biomasa. Gracias a la acción de dichos organismos se obtienen productos y subproductos que al ser reincorporados al ambiente no causan daño alguno. Es un tema de interés cuyo estudio se expande rápidamente en todo el mundo.

Considerando la importancia de experimentar en esta materia, el Instituto Tecnológico de Costa Rica decidió implantar un sistema de tratamiento de aguas negras, que consiste en depurar inicialmente el agua en un estanque cubierto de jacintos y luego someterla a un segundo tratamiento, mediante el paso a un estanque de oxigenación.

El proyecto ha demostrado el valor del jacinto como purificador de aguas residuales, así como su potencial para la obtención de productos de fibra,

carbón negro y su posible aplicación como aditivo para alimento animal.

Este sistema ha causado impacto en ámbito latinoamericano, tanto por el bajo costo de construcción y operación, como por el beneficio ecológico al disminuir las descargas de aguas contaminadas en arroyos, ríos y lagos.

EL JACINTO DE AGUA

El jacinto de agua o lirio acuático (*Eichhornia crassipes*), uno de los vegetales más prolíferos de la Tierra, es una planta acuática, con vásculas flotantes de rápido crecimiento que se desarrolla en agua dulce (Figura 1).

Castillo H.³ proporciona la clasificación taxonómica de la planta:

- Reino: Vegetal
- Subreino: Fanerógama
- Tipo: Angiosperma
- Clase: Monocotiledónea
- Subclase: Super ovárica
- Serie: Periantanas
- Familia: Pontederiaceae
- Género: *Eichhornia*
- Especie: *crassipes*

El Cuadro 1 muestra la composición general y por elemento del lirio acuático. En el Cuadro 2 se compara la composición de proteínas y aminoácidos de la harina de semilla de algodón, de soya y de jacinto de agua.

En el Cuadro 2 se aprecia que el contenido de proteína en la harina de jacinto es inferior a los otros

* Profesor-investigador del Departamento de Diseño Industrial del Instituto Tecnológico de Costa Rica.



FIGURA 1. El jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*).

dos productos considerados, lo mismo que la presencia de algunos de los aminoácidos. Sin embargo, cuando las aguas residuales municipales o industriales no contienen materiales tóxicos ni venenosos, los jacintos de agua cosechados pueden ser secados y cortados para obtener un pienso adicional de alta proteína y bajo costo.

PRINCIPALES ESTUDIOS EFECTUADOS EN EL USO DEL JACINTO DE AGUA

En 1971, Miner⁹ estudió el uso del lirio acuático para tratamiento de desechos de porcinos en lagunas anaeróbicas. En el año de 1972 Rogers y Davis¹⁰ estimaron que el nitrógeno y el fósforo del desecho diario de 800 personas puede ser absorbido por una hectárea de jacintos.

CUADRO 1. Composición general y por elemento del jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*).

Composición general

Proteína	17-22%
Fibra cruda	15-18%
Contenido de cenizas	16-18%

Composición por elemento

Fósforo	0,7	-	1,0%
Magnesio	0,20	-	0,30%
Carbono	32,0	-	34,5%
Potasio	2,0	-	3,5%
Manganeso	0,005	-	0,008%
Hidrógeno	5,4	-	5,8%
Sodio	1,5	-	2,5%
Hierro	0,025	-	0,058%
Nitrógeno	2,72	-	3,52%
Calcio	0,6	-	1,25%
Zinc	0,005	-	0,05%
Azufre	0,30	-	0,42%

CUADRO 2. Comparación de la composición de proteínas y aminoácidos de dos harinas y la del jacinto de agua.

Proteínas y aminoácidos	Harina de semilla de algodón	Harina de soya	Harina de jacinto de agua
Análisis químico	%		
Proteína cruda	39,1	44,1	17,1
Fibra cruda	13,7	6,2	15,5
Calcio	1,18	0,70	1,40
Fósforo	0,22	0,45	0,36
Análisis de aminoácidos*	5,40	6,49	4,19
Lisina	2,16	2,63	2,94
Histidina**	5,17	6,98	11,52
Argínina	19,22	12,18	10,24
Aspártico	4,86	4,26	3,77
Treonina**	4,94	5,51	4,94
Serina	13,66	19,36	22,80
Glutámico	5,02	5,29	4,06
Prolina	5,56	4,48	4,84
Glicina	6,33	4,58	4,32
Alanina	5,48	4,80	4,89
Valina**	1,31	1,37	1,59
Metionina**	4,40	4,90	3,69
Isoleucina**	7,80	7,98	6,58
Leucina**	3,55	3,94	3,51
Tirosina	5,10	5,37	6,01
Fenilalanina	5,10	5,37	6,01

* Gramos de aminoácidos por 100 g de proteína

** Aminoácidos esenciales

Fuente: tomado de la Revista **Desarrollo Nacional**. Volumen 23 Nº 8, 1976.

La mayoría de los investigadores concuerdan en la importancia del lirio acuático para el tratamiento de aguas municipales con las siguientes ventajas:

1. El lirio es una planta que se reproduce muy bien en los países tropicales y subtropicales
2. El sistema con lirio acuático tiene un costo menor que el sistema tradicional
3. El tratamiento con lirio es eficaz
4. Es factible el uso del lirio como materia prima para la producción de energía, alimento animal y abono orgánico.

DESCRIPCION DEL PROYECTO

A finales de 1981 e inicios de 1982 se encomendó el diseño de una planta de tratamiento de aguas negras utilizando jacinto de agua al Programa de Investigación en Energía del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

En mayo de 1984 se entregó terminada la construcción y en junio de ese mismo año inició el proyecto su operación y mantenimiento. El sistema está constituido por:

- Una laguna sembrada de jacintos de agua

- Una laguna de oxigenación que en la actualidad está siendo utilizada para el cultivo de peces (tilapias y guapotes)
- Una casa de máquinas
- Un biodigestor para la producción de biogás que es parcialmente alimentado con el lirio triturado.

Localización

El proyecto se estableció en el Instituto Tecnológico de Costa Rica, en su sede central localizada en Cartago, Costa Rica. La altitud del lugar es de 1400 metros sobre el nivel del mar, su temperatura promedio anual es de 22°C y su precipitación de 1579 mm anuales.

No se fijaron limitaciones de espacio físico al sistema de tratamiento de aguas residuales. Se aprovechó un declive natural en el sector este de la Institución, lo que facilitó la disposición de las aguas residuales para la ubicación y el buen funcionamiento de la planta.

Caudal de aguas residuales

La carencia de un sistema centralizado de recolección de aguas residuales imposibilita la medición directa de los caudales y la variabilidad de los mismos durante el día.

Se efectuó la estimación con base en la literatura existente respecto al consumo de agua en instituciones educacionales. Se estimaron valores de 180 a 200 m³ por día. Como cifra de diseño se utilizó una producción de 60 litros por persona por día¹⁰.

Características de las aguas residuales

En el Instituto Tecnológico de Costa Rica, por sus actividades docentes y de investigación, se generan desechos de laboratorios, de revelado, de imprenta y talleres. El resto de las aguas residuales se clasifican como aguas negras municipales.

Con la red de recolección actual es difícil separar los componentes tóxicos de los orgánicos, por lo que se hace necesario aprovechar las

propiedades del jacinto de agua para la purificación de aguas residuales.

Selección del sistema

La selección del sistema de tratamiento se efectúa con base en las características de las aguas residuales, por lo que se consideró recomendable el uso de lagunas de jacintos como un tratamiento barato de aguas servidas, obteniéndose por este sistema una reducción del 90% del DBO₅. El sistema de tratamiento se diseñó con los siguientes elementos:

- a. Tratamiento anaeróbico fotosintético con jacinto de agua
- b. Bioconversión anaeróbica del jacinto de agua
- c. Laguna de oxigenación y cría de peces
- ch. Canal de aireación del efluente de la laguna para su descarga directa en el Río Toyogres.

El diagrama de flujo del sistema de tratamiento de aguas residuales se presenta como Figura 2.

El sistema de tratamiento no es sensible a cambios de caudal con lo que el efecto no se ve afectado por las horas pico.

La operación del sistema

La red colectora descarga en la laguna anaeróbica cubierta de jacinto acuático. El efluente de esta laguna fluye por gravedad hacia un sistema de aireación, el cual es un canal abierto que desemboca a la segunda laguna de oxigenación por un período de ocho días. En esta el efluente contiene un 90% menos de DBO₅ que el influente⁵.

El jacinto acuático que se cosecha, se recoge cada día y se hace pasar por un molino de martillo. El lirio triturado fluye por gravedad hacia el biodigestor. El efluente del biodigestor es utilizado como alimento para la cría de peces en la laguna de oxigenación, o la producción de abono orgánico. Esta tarea se hace una vez al día.

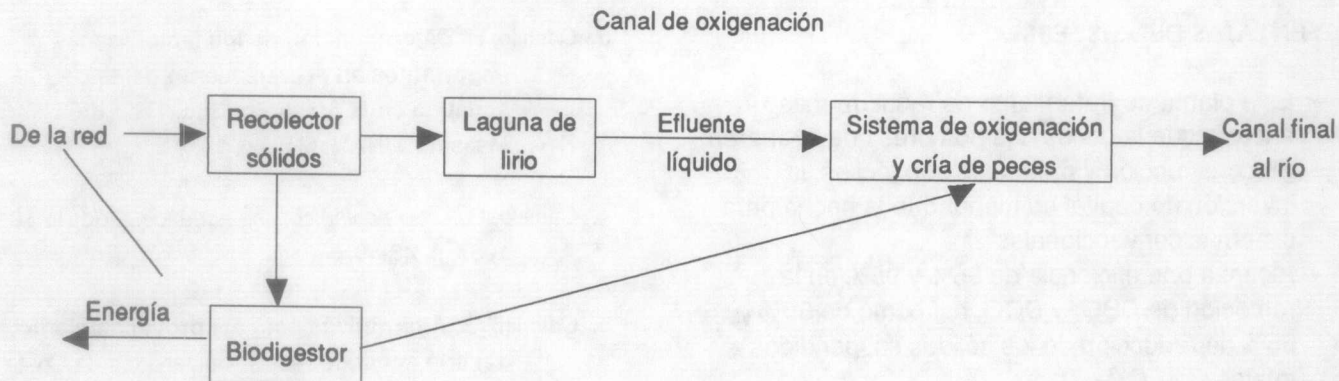


FIGURA 2. Diagrama de flujo del sistema de tratamiento de aguas residuales.

CONFIGURACION DEL SISTEMA

1. Características de la red colectora

La red de aguas residuales recoge las aguas provenientes de laboratorios, talleres, edificios y las hace desembocar en la laguna por un canal cerrado de 600 metros de largo, con el fin de evitar olores desagradables.

Las características de la red son:

- Diámetro de tubería: 20 cm tubería central de la red, 9 cm recolector de sólidos directos al biodigestor.
- Velocidad: 0,6 - 1,0 m/s para evitar deposición de sólidos
- Cajas: existen varias cajas de registro a lo largo de la red.

2. Laguna anaeróbica

Con un flujo promedio de 180 m³/día de aguas residuales, la laguna opera con un tiempo de retención hidráulico de ocho días; el volumen de la laguna es de 1500 m³, garantizándose un nivel de tratamiento de 90% de reducción del DBO₅.

Las dimensiones de la laguna son: 1,0 m de profundidad, 10 m de ancho y 75 m de largo.

3. Molino

Cada día deben molerse 1000 kg de lirio en un molino de martillo. La operación de molienda y carga al biodigestor demanda cuatro horas hombre/día.

4. Biodigestor

El modelo de biodigestor que está operando es horizontal continuo, con capacidad de 50 m³ (modelo media bolsa con canal de agua ITCR).

La producción de biogás es de 15 m³/día. Su uso para demostraciones prácticas en seminarios y visitas incluyen generación de electricidad, calefacción, alumbrado y cocción.

5. Sistema de aireación

Este sistema mejora la calidad del agua, pues permite incorporar oxígeno disuelto en el agua.

APRECIACIONES RELEVANTES DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO

El líquido que ha terminado el proceso manifiesta un pH 7 en forma constante. Las mediciones se han efectuado en diferentes horas del día y épocas del año y en distintas secciones, tanto de la pila de oxigenación como del canal de aireación. No hay turbiedad en el líquido, ni se percibe ningún mal olor.

Otro aspecto relevante es que en la actualidad la pileta de oxigenación se ha utilizado para la cría de peces. El desarrollo de éstos es satisfactorio y su reproducción excelente; no se ha detectado mortalidad.

Este sistema de depuración es promisorio para el control de la contaminación y es viable su instalación en diferentes comunidades.

VENTAJAS DEL SISTEMA

- Esta planta de tratamiento no requiere más energía que la de los dos hombres que la operan
- Su construcción y operación son fáciles, la inversión de capital es menor que la hecha para sistemas convencionales⁶
- Alcanza una eficiencia de 85% y 95% en la remoción de DBO₅ y DQO, así como de 89% y 95% de reducción de los sólidos suspendidos totales (TSSO)³
- Este sistema no requiere tratamientos posteriores y con él se controla la producción de malos olores
- La alta producción de biomasa permite generar mediante el proceso de fermentación anaeróbica, energía barata que es utilizada en la misma planta
- Alguna falla accidental del biodigestor no tiene consecuencias ambientales
- Un sistema con estos elementos puede ser incorporado directamente al sistema actual de recolección de aguas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. American Public Health Association. **Standard methods for the examination of water and wastewater.** 13th edition. Washington, D.C. 1971.
2. Camacho, M. **Utilización del lirio acuático (*Eichhoria crassipes*) para el tratamiento de aguas residuales.** Tesis, Universidad de Costa Rica, 1981.
3. Castillo, H. **Determinación de los factores más importantes en el crecimiento del lirio acuático en la presa Enddho.** Tesis de Maestría, UNAM. México, 1979.
4. Castillo, G. **Ciclo ecológico: lirio acuático. Módulo 18,** 1987, p. 43-49.
5. Cavalini, G. **Alternativas para el aprovechamiento del lirio acuático.** Tesis. Universidad de Costa Rica, 1980.
6. Doffer, W.R. and Moyer, J.E. **Municipal wastewater aquaculture.** EPA Publication Nº B00/2-78-110 U.S.E.P.A. Ada, Oklahoma. 1978.
7. Dinges, R. **Water hyacinth culture for waste water treatment.** Health Department Report, Texas, 1976.
8. Miner, R. **Water hyacinths to further treat anaerobic lagoon effment. Livestock waste management and pollution abatement.** Sr. Joseph, Michigan. ASAE (1971). 170-173.
9. Process desing manual. **Wastewater treatment facilities for several small communities.** USEPA, 1987.
10. Rogers y Davis. **Nutrient removal by water hyacints.** *Weed Science.* 20 (5), 1972, p. 423-428.



DISEÑO Y CONSTRUCCION DE BIODIGESTORES

Por: Varios autores
Segunda edición 204 páginas, ilus.
Rústica, ISBN 9977-66-009-3

Nueva edición a la que se ha incorporado información actualizada sobre el potencial de utilización de los biodigestores en Costa Rica para la producción de biogás y bioabono así como las unidades de conversión al Sistema Internacional de Pesos y Medidad (SI).

