

UTILIZACION DE MICROALGAS PARA EL TRATAMIENTO Y REUSO DE RESIDUOS PORCINOS LIQUIDOS

L. Travieso, F. Benítez, E. Sánchez, M. León y R. Dupeyrón.

Departamento de Estudios sobre Contaminación Ambiental, Centro Nacional de Investigaciones Científicas, Avenida 25 y 158, Playa, Apartado Postal 6990, Ciudad de La Habana, Cuba.

Recibido: 3 de marzo de 1997.

RESUMEN. La disminución de líquidos residuales pecuarios representa uno de los problemas más acuciantes en Cuba y en general, en toda el área de Latinoamérica. En este estudio, se utilizó una laguna de microalgas para el tratamiento terciario de residuo porcino líquido, de 3 000 m³ y 3 m de profundidad, de manera tal de disminuir sustancialmente su carga orgánica y al mismo tiempo, obtener una biomasa de alto valor proteico para la alimentación animal. En los experimentos a escala de laboratorio se utilizaron reactores de 16 L de volumen a flujo continuo. La cepa de microalga utilizada fue *Chlorella vulgaris* SR/2 y se midieron los parámetros característicos requeridos tanto químicos como hidrobiológicos. La biomasa obtenida se adicionó a la alimentación de una masa porcina de un cebadero. No se encontraron diferencias entre el grupo control alimentado normalmente y el grupo experimental alimentado con las microalgas. Los resultados mostraron una reducción de la DQO de más del 50 % en términos de carga orgánica de entrada. Para un intervalo de tiempo de residencia entre 3 y 4 días se obtuvo una productividad de 0,12-0,20 g/h de biomasa algal.

ABSTRACT. Piggery waste represents one of the most important pollution problems in Cuba and in Latin America. In this paper a microalgae pond was used for piggery waste tertiary treatment to diminish the organic loading and at the same time to obtain a proteic biomass for animal feeding. Laboratory continuous reactors of 16 liters effective volume were used for *Chlorella vulgaris* SR/2 growth. The proteic biomass was supplied to a group of pigs in a piggery farm. No significant differences were found between the control group and the animals that were fed with the proteic biomass. The results showed a substantial reduction of the COD (more than 50 %, using retention times between 3 and 4 d).

INTRODUCCION

Teniendo en cuenta las características del residuo porcino, se han realizado muchos estudios a fin de encontrar las soluciones más económicas y factibles para su tratamiento y reúso.¹⁻⁴

Se ha encontrado en algunos estudios preliminares que es posible alcanzar una reducción significativa del contenido de carga contaminante mediante la utilización de sistemas de microalgas.⁵⁻⁸ Existe además la posibilidad de obtener biomasa proteica para adicionar en la dieta de los animales.⁹⁻¹³

MATERIALES Y METODOS

Se utilizaron reactores a dos escalas diferentes:

- Escala de laboratorio: laguna de medio plástico de 16 L de volumen efectivo (0,3 m profundidad).
- Escala industrial: laguna terciaria de volumen efectivo 30 000 m³ y 3 m de profundidad.

El residuo utilizado para las experiencias a escala de laboratorio fue residuo porcino líquido, diluido 1:4 con agua corriente y previamente sedimentado. En el caso de las experiencias a escala industrial fue utilizado residuo porcino líquido proveniente de la laguna secundaria de un sistema de tres lagunas utilizado para el tratamiento de los residuos líquidos de una granja de cerdos. Las corridas experimentales tuvieron una duración de 6 meses y el tiempo de retención hidráulico fue de 4 días.

La temperatura durante toda la etapa experimental fue (28 ± 4) °C. La iluminación fue la habitual en regiones subtropicales.

La cepa de *Chlorella vulgaris* SR/2 utilizada en ambos reactores fue obtenida de la Colección de Cultivos Autotróficos del Jardín Botánico de Cienfuegos, Cuba.

Todas las determinaciones analíticas se realizaron según los métodos normalizados al efecto.¹⁴

Adicionalmente, se realizaron estudios del efecto biológico del consumo de la biomasa algal en el agua que tomaba un grupo de animales seleccionados. Se llevaron a cabo los análisis bromatológicos adecuados.

RESULTADOS Y DISCUSION

Escala de Laboratorio

Se observó que un aumento del tiempo de residencia implica una reducción de la DQO, así como un aumento de la concentración de clorofila, lo que corroboró que parte de la materia orgánica era utilizada por las microalgas y otros organismos presentes para sus funciones metabólicas (Tabla I).

Del análisis de estos resultados es posible confirmar la biodegradabilidad del líquido residual porcino mediante la actividad metabólica de la cepa de microalga utilizada.

Se comprobó la existencia de una relación entre el tiempo de retención hidráulico y el crecimiento de las microalgas, medido como sólidos suspendidos totales (SST) y como clorofila a (Ca). En este caso, se asumió que los sólidos suspendidos daban una medida indirecta del crecimiento de las microalgas, ya que se consideró como microorganismos el 80% de los sólidos suspendidos. La purificación del residuo se alcanzó hasta un 50 % de la DQO, lo cual fue suficiente para su

disposición final, teniendo en cuenta que esto constituía un tratamiento terciario de este y que además, se obtenían con-

siderables cantidades de biomasa microalgal con elevado contenido proteico.

TABLA I

Resultados de los análisis químicos para diferentes tiempos de residencia hidráulicos durante la etapa experimental

Parámetro	Tiempo de residencia hidráulico (d)								
	Inicial	1,6	2,02,	2	2,4	2,8	3,2	3,6	3,8
DQO	56 34	48 44	45 09	4 180	39 42	35 12	28 01	2 447	2 443
SST		610	685	734	802	860	936	1 056	1 176
Clorofila (mg/L)		25,4	30,2	33,2	38,9	45,3	51,0	56,0	61,0
Eliminación DQO (%)		14,0	20,0	27,0	30,0	38,0	50,0	57,0	57,0

DQO Demanda Química de oxígeno. SST Sólidos suspendidos totales.

Escala industrial

Las Tablas II, III y IV muestran las variaciones de las demandas bioquímica y química de oxígeno y de las concentraciones de nitrógeno, fósforo y clorofila durante el estudio.

El comportamiento de las demandas química y bioquímica de oxígeno, reveló la existencia de una tendencia a la disminución de la carga orgánica contaminante. El crecimiento de microalgas fue confirmado por el incremento de la concentración del nitrógeno orgánico y de la clorofila (Tabla III y IV).

TABLA II

Demandas químicas y bioquímicas de oxígeno y pH correspondientes a las experiencias a escala industrial

Tiempo experimental (d)	DQO		DBO		pH	
	(mg/L)					
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
	—	—	200	100	7,6	8,6
25	3 954	3 235	28	07,	4	7,7
50	46046	0	—	—	7,0	7,7
80	—	—	114	57	7,07,	0
11046	3	154	—	—	7,5	7,5
1508	51	596	51	51	8,08,	0

DQO; DBO Demandas química y bioquímica de oxígeno.

TABLA III

Concentración de nitrógeno orgánico y amoniacal, ortofosfatos y fosforo total

Tiempo experimental (d)	Entrada el al aguna				Salida el al aguna			
	N orgánico		N amoniacal		N orgánico		N amoniacal	
	(mg/L)							
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
0	—	—	—	—	—	—	40,5	55,0
25	5,6	8,4	58,8	26,6	27,0	24,0	36,6	58,0
50	18,2	22,4	63,0	50,4	20,5	15,4	23,5	28,2
80	—	—	28,0	7,0	—	—	—	—
110	—	—	—	—	21,4	20,5	56,5	56,1
130	8,4	11,2	7,0	11,2	13,9	31,7	26,5	42,4

TABLA IV
Concentración de clorofila durante los experimentos

Tiempo experimental (d)	Clorofila a (mg/L)	
	Afluente	Efluente
0	0,138	0,160
25	6,789	8,850
503,	587	4,573
801,	551	4,398
110	1,042	1,477

Efecto del consumo de la biomasa algal

Para estudiar el efecto biológico de la biomasa microalgal, se seleccionaron dos grupos de 15 cerdos cada uno los cuales fueron sometidos a los exámenes diarios usuales.

Al grupo experimental se le dio a beber solamente el agua proveniente del efluente de la laguna terciaria en vez

de agua común. El grupo control sólo consumió agua corriente.

Para estudiar el comportamiento, se utilizaron tres grupos de cerdos, los cuales sólo bebieron el agua efluente de la laguna y su dieta fue limitada a tres contenidos diferentes de proteína (9,6; 11 y 13 % con respecto al grupo control que recibió n1 8%d ep roteínae ns ud ieta).

Todos los estudios bromatológicos fueron realizados según las normas y regulaciones internacionales.¹⁵

La tabla V muestra los resultados de las experiencias con diferentes grupos de cerdos.

Desde el punto de vista biológico y de comportamiento de los grupos no hubo diferencias significativas con respecto a la ganancia en peso.

En la tabla VI, se muestran los resultados para los experimentos realizados cambiando el contenido de proteína de la dieta diaria suministrada a los cerdos. De los exámenes biológicos realizados se detectó que sólo el grupo cuya dieta proteica fue menor de 11 % no mostró un buen estado físico.

TABLA V
Peso de los animales durante la etapa experimental

Parámetro	Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3	
	Control	Experimental	Control	Experimental	Control	Experimental
	(kg)					
\bar{X}	11,5	11,4	26,9	26,6	35,6	34,5
S	0,97	1,16	3,08	3,50	3,6	4,25
S ²	0,94	1,35	9,49	12,25	9,9	18,06
t _{0,5}	0,96		0,93		0,607	

TABLA VI
Incremento en peso de los animales alimentados con dieta reducida en proteína

Grupo	Dieta (%)	Peso total (kg)	Ganancia en peso (g)
1	9,6	17,035	4
2	11,0	19,25	401
3	13,0	20,4	425
Control	18,02	2,0	458

BIBLIOGRAFIA

1. Travieso L. Microalgae culture on Pretreated Piggery waste. M.Sc. Thesis, Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría"-British Columbia Agreement, La Habana, 1979.
2. Finlayson M., Chick A., von Oertzen I. and Mitchel D. Treatment of piggery effluents by an aquatic plant filter. **Biological Wastes**, **19**, 179, 1987.
3. Hashimoto S. and Furukawa K. Nutrient removal from secondary effluent by filamentous algae. **J. Ferment. Bioeng.**, **67**, 62, 1989.
4. Dor I and Svi B. Effect of heterotrophic bacteria on the green algae growing in wastewater. In Algal Biomass, G. Shelef and C.J. Soeder (Eds.) Elsevier/North Holland Biomedical Press, Amsterdam, 421-429, 1980.
5. Richmond A. A prerequisite for industrial microalgaculture: efficient utilization of solar irradiance. In Algal Biotechnology. Elsevier App. Science Eds. Barking, 237-244, 1988.
6. Phang S.M. The use of microalgae to treat agro-industrial waste waters. In: Waste Treatment by algal cultivation. Proceedings of the Seminar held at Murdoch University, Western Australia, 1991.
7. De la Noüe J. and Prouix D. Biological Tertiary treatment of urban waste with chitosan-immobilized Phormidium. **Appl. Microbiology Biotechnology**, **29**, 292, 1988.
8. Lavoie A. and de la Noue J. Hyperconcentrate culture of *Scenedesmus obliquus* a new approach for waste water tertiary treatment. **Water Research**, **19**, 1437, 1985.
9. Travieso L. and Benítez F. Unicelular microalgae growth on Swine Waste. **Ciencia y Técnica en la Agricultura, Ganado Porcino**, **5**, 89, 1982.
10. Travieso L. *et al.* Microalgae ponds for piggery waste treatment. **Ciencia y Técnica en la Agricultura, Veterinaria**, **9**, 7, 1988.
11. Borowitzka M. and Borowitzka L. Microalgal Biotechnology. Borowitzka and Borowitzka Eds. Cambridge University Press, 1988.

CONCLUSIONES

El crecimiento de *Chlorella vulgaris* SR/2 en residuo porcino líquido ofrece una alternativa para el suplemento proteico de la dieta del ganado porcino en engorde.

Con la utilización de lagunas de microalgas, es posible obtener más del 50% de eliminación de contaminantes (basado en DQO) de las aguas residuales porcinas.

Por primera vez, desde el punto de vista teórico y práctico se demuestra la posibilidad de reusar el agua residual efluente de un sistema de tratamiento, utilizando en el proceso final una laguna de microalgas. La utilización de estas aguas tratadas mediante laguna de microalgas constituye una alternativa muy económica.

RECONOCIMIENTOS

A la Fundación Alejandro de Humboldt, de Alemania por su apoyo para la realización de este trabajo.

12. Oswald W.J. The role of microalgae in liquid waste treatment experimental and reclamation. In: *Algae and Human Affairs*, C.A. Lembi and J.R. Waaland (Eds.) Cambridge University Press, 255-281, 1988.
13. Grobbelaar J.U. , Soeder C.J. and Stengel E. Modeling algal productivity in large outdoor cultures and wastewater systems. **Biomass**, **21**, 297, 1990.
14. APHA, WCPF, AWWA Standard Methods for the Examination of Waters and Wastewaters. 15th Ed., Washington D.C., 1985.
15. FAO International Regulations. Cuban Agriculture Ministry Ed., 1985.