
FICORREMEDIACION DE PURIN VACUNO Y SUERO DE QUESERIA COMO ALTERNATIVA SIMPLE DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES PARA PEQUEÑOS PRODUCTORES QUESEROS

Phycoremediation of liquid cow manure and cheese whey as simple alternative of wastewater treatment for small cheese producers

Cuello, María Carolina¹; Pila, Andrea Natalia¹; Chamorro, Ester¹

¹Centro de Investigación en Química Orgánica Biológica QUIMOBÍ (Universidad Tecnológica Nacional) – IMIT (CONICET)
carolinacuello@gmail.com

Palabras clave: *microalgas, purín vacuno, suero de queso, ficorremediación.*

Eje temático*: 5. Problemáticas ambientales en el ámbito rural

Modalidad*: ponencia

Resumen

El tratamiento de efluentes agroindustriales a base de microalgas puede potencialmente lograr más eficiencia con menores costos de gestión que los procesos convencionales en las industrias lácteas pequeñas y medianas, donde no se encuentran implementados tratamientos de aguas residuales.

El presente estudio analizó el desempeño en mesocosmos de *Scenedesmus dimorphus* y *Chlorella pyrenoidosa* en mezclas de Purín Vacuno (PV) y el Suero Ácido de Queso (SAQ). Los resultados reportados aquí indican no solamente que es posible tratarlos con microalgas sino que la combinación de ambos efluentes permite superar los principales obstáculos reportados para el tratamiento de cada uno de estos dos efluentes por separado. El mejor resultado lo obtuvo *Scenedesmus dimorphus* en una mezcla del 50% de cada uno de los efluentes mencionados, eliminando el 90% de P-PO₄, el 96% de N-NO₃ y el 70% de N-NH₄, dominando el cultivo en todo momento.

Abstract

The microalgae based wastewater treatment of agroindustrial effluents can potentially achieve more efficiency than conventional treatment reducing wastewater management costs, especially in small and medium-sized dairy industries, where no sewage treatments are implemented.

The present study analyzed the performance in mesocosm of two species of microalgae in mixtures of two dairy industry effluents. Results indicate that it is possible to treat Liquid Cow Manure and Second Cheese Whey with microalgae. Furthermore, the combination of both effluents overcomes the main obstacles reported for the treatment of each of these two effluents. *Scenedesmus dimorphus* was able to grow in a mixture of 50% of each of these two wastewaters and eliminate 90% of P-PO₄, 96% of N-NO₃ and 70% of N-NH₄, dominating the culture at all times.

Introducción

A nivel mundial, el agua, la energía y los alimentos se consideran un nexo (Walsh, Murray et al. 2015). Nuestra dependencia del agua dulce y el volumen de agua dulce que es hoy utilizada en el mundo, a la luz de nuestros comportamientos, parecen estar subestimados. Contribuir al desarrollo de estrategias sistémicas para la gestión de los recursos hídricos debe ser una prioridad de investigación para situar al país y al mundo en un camino más sostenible y equitativo (UNESCO 2012).

Un aspecto importante de la conservación del agua dulce es la gestión de las aguas residuales. La descarga desmedida de desechos humanos, la expansión de las redes de agua en ciudades sin construcción paralela de nuevos sistemas de tratamiento de efluentes, y el crecimiento de la población en un contexto de recursos finitos de agua dulce, plantean graves amenazas

cuantitativas y cualitativas con respecto al futuro suministro de agua dulce (Abdel-Raouf, Al-Homaidan et al. 2012).

Lo mismo sucede en el ámbito rural donde las prácticas de descartar directamente al ambiente las aguas residuales sin previo tratamiento es habitual, y esto plantea un problema de contaminación que se agrava en el caso de granjas lecheras, no solo por la cada vez mayor demanda de producción de leche, sino también por el aumento de las prácticas de confinamiento de los animales y la centralización de las plantas de producción (Sienkiewicz and Riedel, 1990).

Una granja lechera produce una cantidad significativa de efluentes que contienen estiércol de ganado. En Argentina se generan 50 L de aguas residuales por vaca por día, según informa el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) en un tambo comercial (Otero, 2014) y más de 113 L de efluentes por vaca, según reporta Prajapati, Choudhary et al. (2014) a nivel mundial.

La producción de queso es otro ejemplo dentro de esta industria, que genera una gran cantidad de aguas residuales. Sólo el 10% de la leche se convierte realmente en queso y el 90% restante se convierte en suero de queso (Siso, 1996).

Estas dos corrientes de aguas residuales agroindustriales pueden servir como fuente de nutrientes para cultivos de microalgas (Kothari, Pathak et al. 2012) pero es preciso encontrar el modo de superar los inconvenientes que aparecen reportados para su uso, como el color oscuro o falta de transparencia del purín vacuno (Figura 1), que dificulta la transmisión adecuada de la luz para la fotosíntesis microalgal, y el bajo pH de algunas corrientes residuales de la industria láctea, principalmente de la industrialización de la leche para producir queso.



Figura 1. Muestras de Purín Vacuno (izquierda) y Suero Ácido de Queso (derecha)

El modo más habitual de equalizar estos medios para el cultivo de microalgas es la dilución, ya que la mayoría de los estudios informan sobre el uso de microalgas para el tratamiento de, específicamente, un solo tipo de efluente (Vidyashankar and Ravishankar 2016). Un método alternativo a la dilución con agua dulce, y prácticamente no reportado en la bibliografía, podría ser mezclar efluentes con diferentes cargas de nutrientes y turbidez para lograr medios de cultivo optimizados.

En este trabajo se evaluaron cultivos de las microalgas *Scenedesmus dimorphus* y *Chlorella pyrenoidosa*, en mezclas de Suero Ácido de Queso y Purín Vacuno para hallar la proporción de estas dos corrientes de aguas residuales en las que se logran las mejores tasas de remoción de nutrientes en condiciones al exterior en mesocosmos.

Materiales y Métodos

Los microorganismos utilizados en este estudio fueron las microalgas *Scenedesmus dimorphus* y *Chlorella pyrenoidosa*. La densidad celular inicial de microalgas para cada condición de cultivo se estableció en 1×10^6 cel.mL⁻¹. Los inóculos de *Scenedesmus dimorphus* y *Chlorella pyrenoidosa* se encontraban en la fase logarítmica de crecimiento al momento de su inoculación.

Sobre la base de los resultados obtenidos en un estudio de *screening* no reportado aquí, en el que se evaluaron 15 condiciones, se seleccionaron las tres condiciones que maximizaron dos parámetros de crecimiento (productividad volumétrica y tasa específica de crecimiento) para ser cultivadas posteriormente al exterior, y estas fueron *C. pyrenoidosa* y *S. dimorphus* cultivadas en una mezcla de 25% PV-75% SAQ y *S. dimorphus* cultivada en 50% PV-50% SAQ. Todos los porcentajes indican la proporción de los mismos en la mezcla, volumen/volumen, de ambos efluentes crudos, cuya composición se detalla en la Tabla 1,. Tres réplicas de cada condición

fueron cultivadas simultáneamente en mesocosmos, es decir, sistemas reducidos que se exponen sin control a las condiciones medioambientales (temperatura, radiación solar, calidad del aire, etc), para relevar la variación de algunos parámetros, simulando lo que sucedería en un cultivo a gran escala al exterior. Cada uno de los cultivos estaba contenido en un recipiente de 5L, la agitación y mezcla era provista mecánicamente por la corriente de aire generada, en cada caso, por un aireador de acuario (9 W), el aire era distribuido desde el fondo del recipiente y a través de un material poroso para reducir el tamaño de las burbujas. El experimento se realizó en modo batch durante 6 días. La profundidad de los cultivos se ajustó a 15 cm (que sería la profundidad utilizada en el futuro escalado a estanques al exterior), los mismos se incubaron a la temperatura exterior y el fotoperíodo respondió a los ciclos de luz/oscuridad natural (Moheimani 2013) del mes de noviembre en Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

Las muestras de efluentes y cultivos fueron analizadas para obtener los siguientes parámetros por los siguientes métodos Nitrógeno amoniacal (N-NH₄): "APHA 2012, SM 4500-NH₃-C"; Nitrógeno de nitratos (N-NO₃): "APHA 2012, SM 4500-NO₃-B"; Fósforo de fosfatos (P-PO₄): "APHA 2012, SM 4500-P-C"; Demanda química de oxígeno (DQO): "APHA 2012, SM 5220 -B".

Resultados

La Tabla 1 resume el perfil fisicoquímico de las aguas residuales por separado, donde se puede apreciar, principalmente el bajo pH y altísima DQO del suero de quesería, en comparación con el purín vacuno, cuyo contenido de sólidos lo hace opaco y dificulta el cultivo de microalgas.

Tabla 1. Perfil fisicoquímico de los dos efluentes usados en este estudio

Efluentes	pH	mg.L ⁻¹					SST
		P-PO ₄	N-NO ₃	N-NH ₄	DBO ₅	DQO	
Purín Vacuno (PV)	7,5	357,1	111,2	539,6	341,0	6.936,0	213,0
Suero Ácido de Queso (SAQ)	5,5	264,3	154,6	47,6	285,0	100.558,2	60,0

La Tabla 2 resume las tasas de remoción de nutrientes después de 6 días de cultivo de las tres condiciones experimentales.

Tabla 2. Remoción de nutrientes en los tres mesocosmos (promedio±DS, n=5)

Medios de cultivo	Microalgas	Remoción de nutrientes		
		P-PO ₄	N-NO ₃	N-NH ₄
%				
25% PV - 75% SAQ	<i>Chlorella pyrenoidosa</i>	99 ^a ±1	10±1	55±2
25% PV - 75% SAQ	<i>Scenedesmus dimorphus</i>	99 ^a ±1	71±1	32±3
50% PV - 50% SAQ	<i>Scenedesmus dimorphus</i>	99 ^a ±1	96±2	70±3

PV: Purín Vacuno

SAQ: Suero Ácido de Queso

La diferencia es significativa entre los promedios salvo que se indique lo contrario (ANOVA con medidas repetidas p<0,05)

^a No hay diferencia significativa entre los promedios

La eliminación de fósforo (P-PO₄) en todos los cultivos alcanzó valores superiores al 99%. Sin embargo, *Scenedesmus dimorphus* cultivada en 50% PV-50% SAQ logró la mayor remoción de compuestos nitrogenados.

La mayor reducción de DQO se evidenció en el cultivo de *S. dimorphus* cultivada en 50% PV-50% SAQ que logró reducir 98,1% la DQO inicial de la mezcla, que fue de 53.747,1mg.Lt⁻¹.

Conclusiones

Los dos efluentes utilizados en este estudio pueden valorizarse a través de tecnologías que existen y están disponibles (por ej. digestión anaeróbica, hidrólisis, fermentación controlada, etc.), sin embargo, los costos asociados las hacen inalcanzables para las pequeñas y medianas industrias lácteas no sólo localmente sino a nivel global (Prajapati, Choudhary et al. 2014). Por otro lado, son estas pequeñas y medianas empresas las que enfrentan dificultades financieras para cumplir con los requisitos legales ambientales cada vez más estrictos (Sienkiewicz and Riedel 1990). En este contexto, el tratamiento de efluentes mediante el uso de microalgas ofrece una serie de ventajas sobre las tecnologías convencionales, dado que la biomasa producida puede ser materia prima de diversas biorrefinerías. La escasez de estudios de cultivos de microalgas en efluentes crudos, sin usar agua dulce para la dilución, refuerza aún más la necesidad de los experimentos reportados aquí. El agua dulce es un recurso finito y no debe utilizarse para diluir los efluentes o aguas residuales.

Los resultados obtenidos de los estudios presentados aquí indican que es posible cultivar microalgas en Purín Vacuno y Suero Ácido de Queso y, además, que la mezcla de estas dos corrientes permite, hasta cierto punto, superar los principales obstáculos reportados para el tratamiento de cada uno de ambos efluentes, cuando se realiza por separado.

Bibliografía

Abdel-Raouf, N., A. A. Al-Homaidan and I. B. Ibraheem (2012). "Microalgae and wastewater treatment." *Saudi Journal of Biological Sciences* 19(3): 257-275.

APHA (2012). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. American Public Health Association, 22 edition.

Kothari, R., V. V. Pathak, V. Kumar and D. P. Singh (2012). "Experimental study for growth potential of unicellular alga *Chlorella pyrenoidosa* on dairy waste water: An integrated approach for treatment and biofuel production." *Bioresource Technology* 116(0): 466-470.

Moheimani, N. (2013). "Long-term outdoor growth and lipid productivity of *Tetraselmis suecica*, *Dunaliella tertiolecta* and *Chlorella* sp. (Chlorophyta) in bag photobioreactors." *Journal of Applied Phycology* 25(1): 167-176.

Otero, A. (2014). *Tratamiento de efluentes en un tambo comercial*. EEA. General Villegas, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).

Prajapati, S. K., P. Choudhary, A. Malik and V. K. Vijay (2014). "Algae mediated treatment and bioenergy generation process for handling liquid and solid waste from dairy cattle farm." *Bioresource Technology* 167(0): 260-268.

Sienkiewicz, T. and C.-L. Riedel (1990). *Whey and whey utilization*. Germany, Verlag Th. Mann.

Siso, M. I. G. (1996). "The biotechnological utilization of cheese whey: A review." *Bioresource Technology* 57(1): 1-11.

UNESCO (2012). *Managing water under uncertainty and risk*. . The United Nations World Water Development Report 4. Paris, France. 1

Vidyashankar, S. and G. A. Ravishankar (2016). *Algae-based bioremediation: bioproducts and biofuels for biobusiness*. Bioremediation and Bioeconomy. M. N. V. Prasad, Elsevier: 457-493.

Walsh, B. P., S. N. Murray and D. T. J. O'Sullivan (2015). "The water energy nexus, an ISO50001 water case study and the need for a water value system." *Water Resources and Industry* 10(0): 15-28