



Uso de microalgas en un modelo de economía circular para la remoción de contaminantes de los efluentes como tratamiento terciario y reciclo de nutrientes al suelo

David Arturo Munar-Flórez¹, Iván Sandoval-Salazar², Diana Catalina Chaparro-Triana¹, Nidia Elizabeth Ramírez-Contreras¹, Jesús Alberto García-Núñez¹, Mayra Alejandra Rojas-Vergara¹

¹Programa de Procesamiento, Cenipalma; ²Tecnoparque-SENA. Correo: dmunar@cenipalma.org

1. Introducción

El efluente de las plantas de beneficio de aceite de palma es la biomasa que más se genera durante el proceso de extracción del aceite de palma crudo. El efluente está compuesto por sustancias orgánicas/inorgánicas como nitrógeno (N), fósforo (P), azufre (S), cloruros entre otros, que pueden generar impactos ambientales negativos a las fuentes de disposición final como aguas superficiales o suelos.

Actualmente, para el tratamiento de los efluentes se cuenta con lagunas de estabilización (anaeróbicas y facultativas), donde a través de la actividad microbiana se realiza la remoción de la materia orgánica (DQO) [1,2]. En Colombia, algunas plantas de beneficio cuentan con biodigestores para la captura del biogás, que se usa en la generación de energía [3]. Aunque este proceso disminuye el impacto ambiental por emisiones de gases de efecto invernadero (quema del metano), aún se requiere de un tratamiento efectivo del efluente para dar cumplimiento a la normativa ambiental colombiana.

Un tratamiento terciario, que contribuye a la reducción de contaminantes en aguas residuales (80-100 % de remoción de nitrógeno y fósforo) junto con la fijación de carbono atmosférico, es el uso de microalgas (fitorremediación). Estas son favorables para el tratamiento de aguas residuales debido a su capacidad para absorber nutrientes y convertirlos en biomasa [1,2]. Además, tienen un ciclo de crecimiento corto en comparación con otros cultivos gracias a su alta eficiencia fotosintética (40-50 % mayor que las plantas terrestres), mayor productividad de biomasa (40-50 % más alta que los cultivos terrestres), mayor índice de cosecha y mayor tasa de fijación (secuestro) de carbono (1,83 kg CO₂/kg de biomasa) que las plantas terrestres (10-50 veces mayor) [5].

Considerando el concepto de bioeconomía circular, el uso de microalgas contribuye al desarrollo de sistemas de circuito cerrado mediante el reciclaje de nutrientes, la reducción de la contaminación y la captura de carbono al disponer la biomasa de microalgas al suelo [4,5]. Sin embargo, se requiere estudios detallados sobre su uso en interacción con bacterias para el tratamiento de aguas residuales de las plantas de beneficio de aceite de palma. Además de identificar el impacto de los factores bióticos y abióticos para alcanzar el potencial completo de las microalgas y de su disposición como bioestimulante de suelos en las plantaciones de palma de aceite.

2. Objetivos

Remediar las aguas residuales de la agroindustria de aceite de palma con el uso de microalgas en un modelo de economía circular para la remoción de contaminantes de los efluentes y reciclo de nutrientes al suelo.

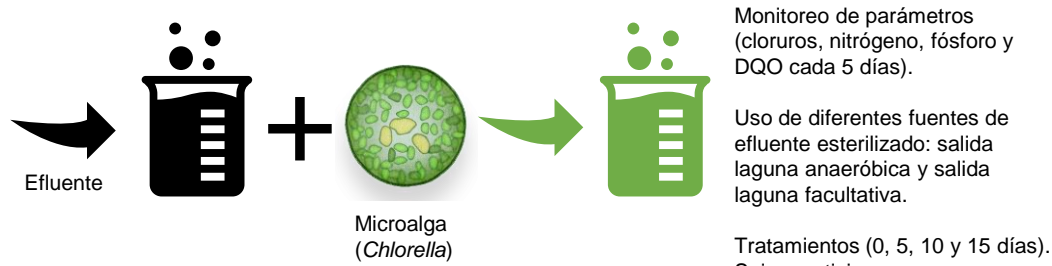
Fase 1 (actual)

- Evaluar el cultivo de microalgas en aguas residuales de plantas de beneficio para la remoción de contaminantes (nitrógeno, fósforo, DQO, cloruros).

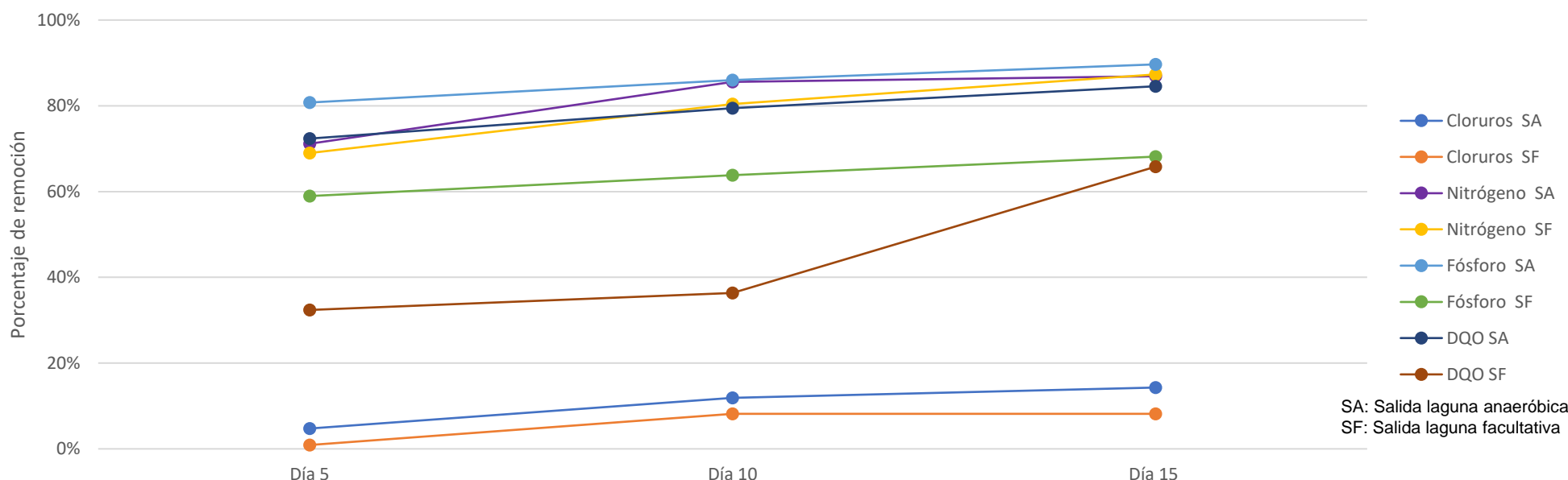
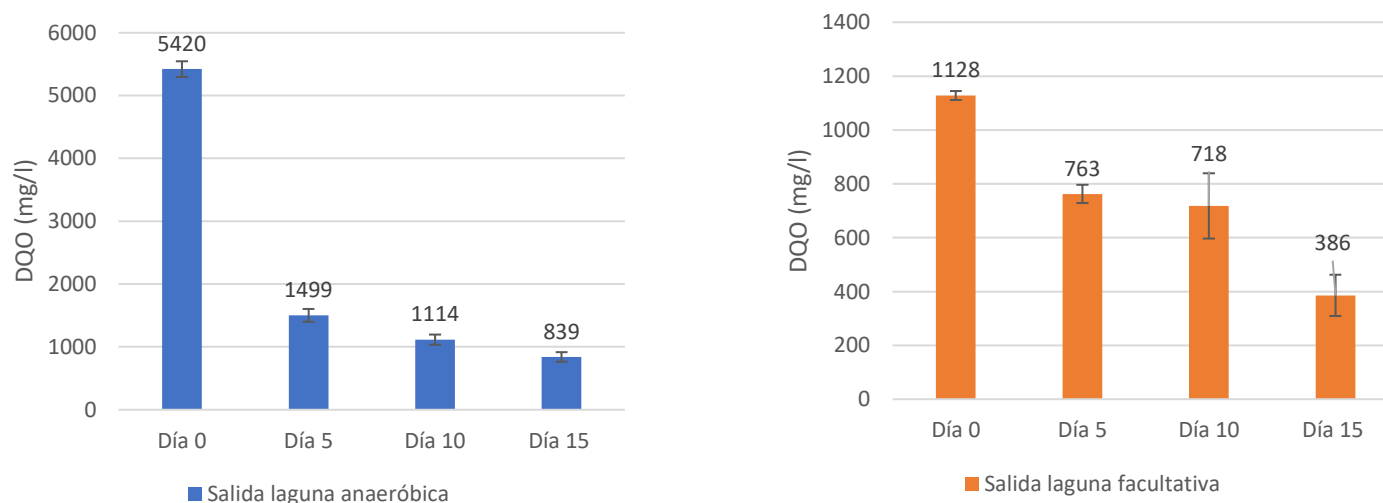
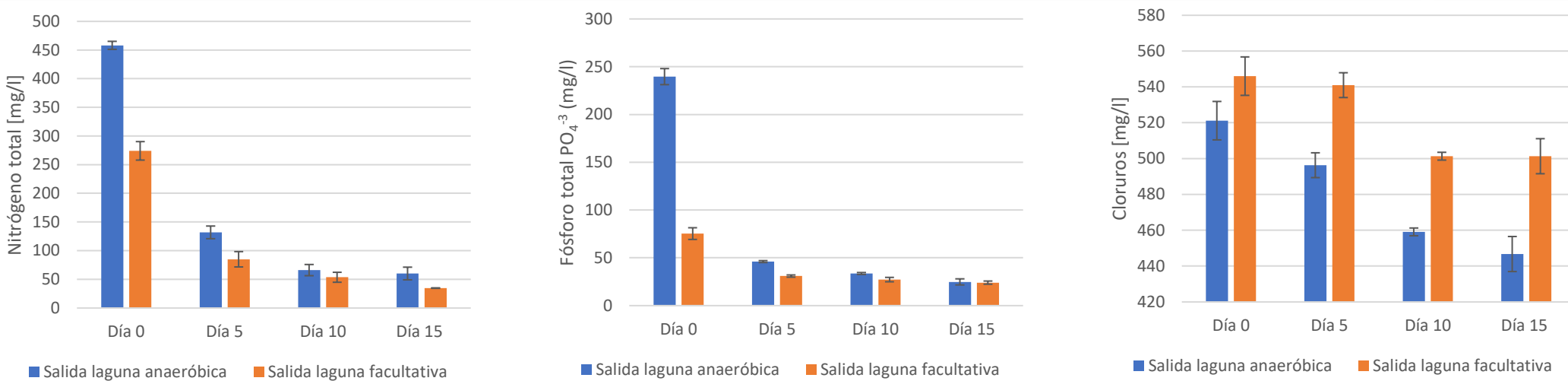
Fase 2 (trabajos futuros)

- Desarrollar un prototipo a escala piloto para el cultivo de microalgas.
- Evaluar procesos de cultivo de microalgas (separación/centrifugación).
- Caracterizar la biomasa de microalgas previo a su disposición al suelo.
- Evaluar el reúso de las microalgas cultivadas como bioestimulantes del suelo para cultivos.

3. Metodología



4. Resultados (remoción de contaminantes logrados por este estudio)



5. Conclusiones

- El uso de microalgas permite remociones superiores a 60 % de nitrógeno, fósforo y DQO, al cabo de 5 días. Pasados 15 días, se logran remociones de estos compuestos, cercanas a 90 %.
- Las microalgas muestran un alto potencial como tratamiento terciario de los vertimientos de la agroindustria de aceite de palma. Sin embargo, es necesario realizar pruebas en campo donde se tengan en cuenta los efectos causados por la variación de las condiciones ambientales y la tasa de generación de efluentes debido al ciclo productivo de la fruta.
- Las microalgas son capaces de absorber nutrientes como nitrógeno y fósforo que al ser almacenados pueden ser retornados al cultivo para su aprovechamiento.
- La aplicación de esta tecnología en las plantas de beneficio permite la adopción de modelos de economía circular (biorrefinerías) y soluciones basadas en la naturaleza para la obtención de productos de valor agregado a partir de la biomasa.

6. Agradecimientos

Al Fondo de Fomento Palmero (FFP), administrado por Fedepalma, por la financiación del proyecto y a Unipalma S. A. por el apoyo brindado.

7. Referencias

- A.F. Mohd Udaiyappan, H. Abu Hasan, M.S. Takriff, S.R. Sheikh Abdullah, A review of the potentials, challenges and current status of microalgae biomass applications in industrial wastewater treatment, *J. Water Process Eng.* 20(2017) 8-21. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2017.09.006>.
- A.F. Mohd Udaiyappan, H.A. Hasan, M.S. Takriff, S.R.S. Abdullah, T. Maeda, N.A. Mustapha, N.H. Mohd Yasin, N.I. Nazashida Mohd Hakimi, Microalgae-bacteria interaction in palm oil mill effluent treatment, *J. Water Process Eng.* 35(2020). <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101203>.
- N.E. Ramírez-Contreras, D.A. Munar-Florez, J.A. García-Núñez, M. Mosquera-Montoya, A.P.C. Faaij, The GHG emissions and economic performance of the Colombian palm oil sector; current status and long-term perspectives, *J. Clean. Prod.* 258(2020). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120757>.
- S.S. Low, K.X. Bong, M. Mubashir, C.K. Cheng, M.K. Lam, J.W. Lim, Y.C. Ho, K.T. Lee, H.S.H. Munawaroh, P.L. Show, Microalgae cultivation in palm oil mill effluent (POME) treatment and biofuel production, *Sustain.* 13(2021). <https://doi.org/10.3390/su13063247>.
- A. Shahid, S. Malik, H. Zhu, J. Xu, M.Z. Nawaz, S. Nawaz, M. Asrafal Alam, M.A. Mehmood, Cultivating microalgae in wastewater for biomass production, pollutant removal, and atmospheric carbon mitigation; a review, *Sci. Total Environ.* 704(2020) 135303. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135303>.