

# Recuperación de nutrientes mediante la mineralización de efluentes de biofloc del cultivo de tilapia

Garza-Torres, Rodolfo<sup>1</sup>; Fimbres-Acedo, Yenitze E.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste-Unidad Nayarit. Cd. del Conocimiento No. 23, Col. Cd. Industrial, Tepic, Nayarit, México, C.P. 63173.

\* Autor para correspondencia: yfimbres@cibnor.mx

## Problema

La acuicultura es un sector primario de rápido crecimiento, actualmente produce más del 50% del pescado que se consume a nivel global, gracias a la diversificación de sus cultivos, la tecnificación de los sistemas y a la intensificación de las producciones. Sin embargo, genera residuos con alta carga de componentes nitrogenados (amonio, nitritos, nitratos), que provocan eutrofización, contaminación de las zonas aledañas y florecimientos algales, lo que limita su sostenibilidad. Se han diseñado sistemas productivos como la Tecnología de Biofloc (TBF), que permite la formación de flóculos microbianos, conformados por bacterias, fitoplancton, materia orgánica e inorgánica, que promueven el reciclaje de nutrientes *in situ*, reducen el intercambio de agua y mejoran la eficiencia en el uso de los recursos. Una limitación es el monocultivo que suele presentarse en este tipo de sistemas; para solucionarlo, se han desarrollado los sistemas de Floponia, que son la unificación de sistemas de TBF con hidroponía. Su integración requiere bioprocesos como la mineralización; que permitan trabajar con los efluentes, transformarlos y formular soluciones nutritivas para su uso en el cultivo de plantas.

## Solución planteada

Con el objetivo de evaluar la recuperación de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) mediante los procesos de mineralización, se llevó a cabo un experimento que comparó dos modalidades: a) mineralización aeróbica y b) mineralización mixta anaeróbica-aeróbica. Los efluentes se recolectaron de un sistema TBF heterotrófico de tilapia (3 m<sup>3</sup>, n=3), con una relación C/N de 13:1; las extracciones se realizaron cada tres días durante un mes, sumando un total de diez colectas por medio de un sedimentador cilindro-cónico (100 L por cosecha). Los materiales obtenidos fueron depositados en los distintos mineralizadores (1,000 L cada uno), donde permanecieron bajo condiciones de aireación o mixta, y oscuridad durante 40 días (véase Figura 1).

**Cómo citar:** Fimbres-Acedo, Y. E., & Garza Torres, R. Recuperación de nutrientes mediante la mineralización de efluentes de biofloc del cultivo de tilapia. *Agro-Divulgación*, 5(6). <https://doi.org/10.54767/ad.v5i6.543>

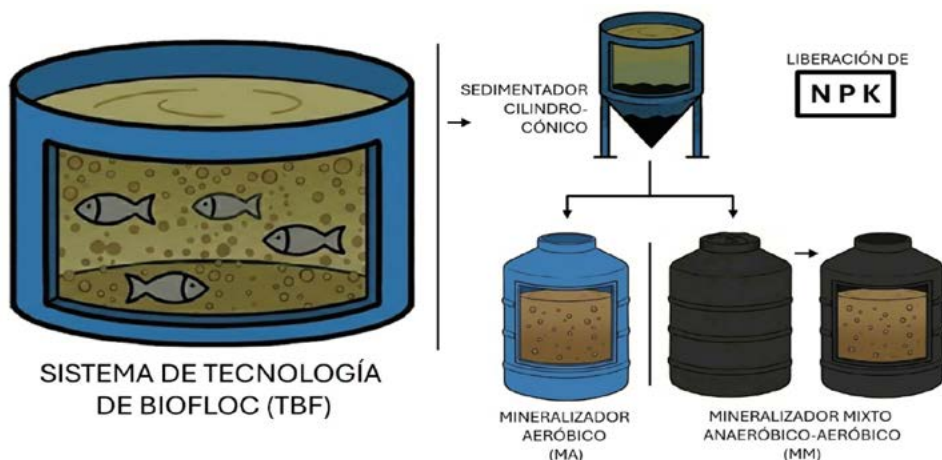
**Editores académicos:** Dra. Ma. de Lourdes C. Arévalo Galarza y Dr. Jorge Cadena Iñiguez.

Publicado en línea: Marzo 2026.

*Agro-Divulgación*, 5(6). Noviembre-Diciembre. 2025. pp: 33-36.

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International

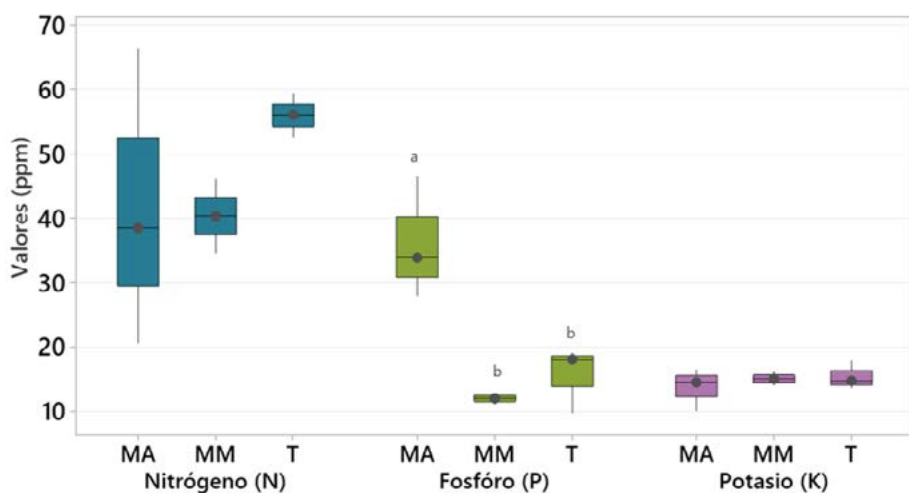




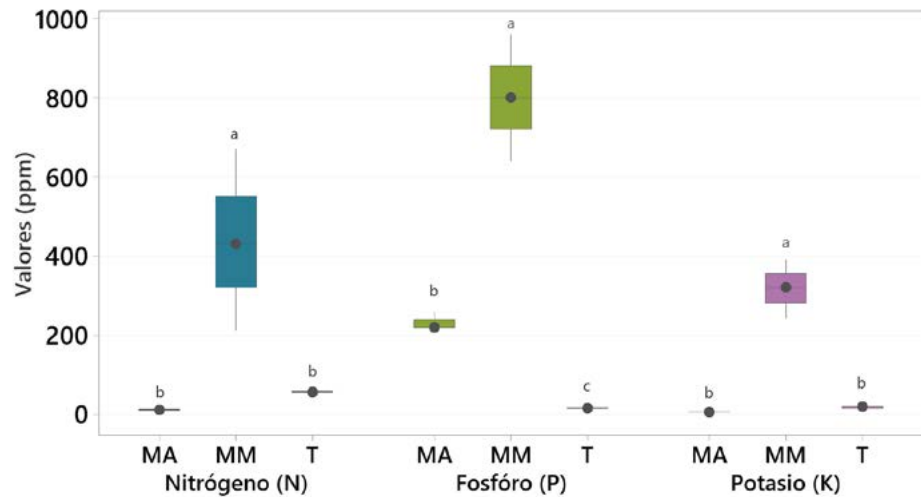
**Figura 1.** Metodología implementada para la colecta y mineralización de los efluentes de un sistema de Tecnología de Biofloc (TBF), provenientes del cultivo de tilapia.

Al terminar el experimento, se obtuvieron muestras de 50 mL de la fracción líquida y 2.5 g del material sólido de cada mineralizador. Se analizó el nitrógeno mediante el método Kjeldahl; el fósforo y potasio por espectrofotometría óptica (ICP-AES VARIAN®). En la fracción líquida, la mineralización aeróbica (MA) recuperó más fósforo ( $p \leq 0.5$ ) que la mineralización mixta (MM) y los tanques, sin diferencias significativas entre tratamientos para nitrógeno o potasio ( $p > 0.5$ ) (Figura 2).

En el caso de la fracción sólida, la mineralización mixta (MM) facilitó la recuperación de cantidades superiores de nitrógeno, fósforo y potasio ( $p \leq 0.5$ ), en comparación con la mineralización aeróbica (MA) y los valores registrados en los tanques. Por su parte, la mineralización aeróbica también permitió obtener concentraciones de fósforo mayores que las observadas en el tanque (Figura 3).



**Figura 2.** Recuperación de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) a partir de la fracción líquida sometida a mineralización aeróbica (MA) y mineralización mixta (MM), en comparación con los valores obtenidos en el efluente de los tanques (T).



**Figura 3.** Recuperación de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) a partir de la fracción sólida sometida a mineralización aeróbica (MA) y mineralización mixta (MM), en comparación con los valores obtenidos en el efluente de los tanques (T).

La mineralización convierte compuestos orgánicos complejos de los efluentes en compuestos simples, facilitando la recuperación de nutrientes valiosos, a veces en concentraciones superiores a las de soluciones hidropónicas comerciales (Cuadro 1).

La mineralización del biofloc representa una estrategia eficiente para fomentar la circularidad en sistemas agroacuícolas, al transformar los efluentes en nutrientes aprovechables, lo que contribuye a la sostenibilidad, disminuye el consumo de insumos y permite la reutilización total de dichos residuos. Estos resultados facilitan la evaluación de la viabilidad de la mineralización como complemento en la transformación de los efluentes generados por los sistemas biofloc, incluyendo su integración en sistemas de flopponia. Es necesario continuar investigando el potencial del biofloc como fuente de nutrientes y desarrollar formulaciones específicas adaptadas a distintos cultivos.

**Cuadro 1.** Valores nutrimentales de las soluciones hidropónicas comerciales: Hoagland y Steiner en comparación con los resultados obtenidos de la fracción líquida y sólida de la mineralización aeróbica (MA) y mineralización mixta (MM).

	N (ppm)	P (ppm)	K (ppm)	CE (dS/m)	pH
Hoagland	220.0-242.0	24.0-31.0	230.0-232.0	2.0-2.5	5.5 - 6.5
Steiner	170.0	50.0	320.0	2.0-2.5	5.0 - 6.0
Mineralización aeróbica (MA) fracción líquida	41.8±23.1 <sup>b</sup>	36.1±9.6 <sup>c</sup>	13.7±3.4 <sup>b</sup>	0.95±0.3	6.2±0.3
Mineralización aeróbica (MA) fracción sólida	10.5±3.5 <sup>c</sup>	231.5±22.8 <sup>b</sup>	4.6±0.9 <sup>c</sup>	----	----
Mineralización mixta (MM), fracción líquida	40.3±5.8 <sup>b</sup>	12.0±0.9 <sup>d</sup>	15.1±1.1 <sup>b</sup>	1.3±0.9	6.0±0.2
Mineralización mixta (MM), fracción sólida	436.7±230.0 <sup>a</sup>	800.0±160.0 <sup>a</sup>	316.7±75.1 <sup>a</sup>	----	----

### Innovación, impactos e indicadores

Nivel de Innovación	Descripción	Transferido	Impacto		Indicador General de Políticas Públicas	Indicadores Específicos	Subindicador
			Sector	Ámbito			
Incremental	Busca mejorar los sistemas que ya existen haciéndolos mejores, más rápidos, más baratos, etc.	Asociaciones de Productores Gobierno de los Estados Productores independientes	Primario: Agricultura, Ganadería, Pesca, Explotación forestal, Minería	Social Económico Ambiental Conocimiento	Ciencia y Tecnología Económico Responsabilidad Ambiental Salud Pública	Competitividad Recursos Humanos Comercio Generación de empleos Capacitación	Número de tesis Número de egresados (Lic. M.C., D.C.) Número de publicaciones Transferencias tecnológicas Aplicación de técnicas y conocimientos tecnológicos para el desarrollo social y económico
Procesos	Implementación de una nueva o significativa mejora de un método de producción o de suministro.	Comunidades Agrarias	Procesos de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i)				
Innovación sostenible	Desarrollo de productos y procesos que contribuyen al desarrollo sostenible						
Innovación frugal	Hacer más con menos. Idear estrategias de bajo costo para sortear las complejidades institucionales o limitaciones de recursos, conseguir innovar, desarrollar y entregar productos y servicios a los usuarios de bajos ingresos con poco poder adquisitivo						