

Proceso MBP en la calidad de los lodos activados

Miguel Salinas¹, Manuel González² y Álvaro Jiménez³

¹ Asesor Experto en Sistemas de Tratamientos de Efluentes, en la Gerencia de Operaciones de Celulosa, Celulosa Arauco y Constitución S.A.

² Ingeniero Civil Químico, Superintendente de Licor, Planta Valdivia, Celulosa Arauco y Constitución S.A.

³ Ingeniero Civil Químico, Subgerente de Producción, Planta Licancel, Celulosa Arauco y Constitución S.A.

Palabras Clave: lodos activados, MBP, Minimal Biosludge Production, Biorreactor, Efluentes, Tratamientos

Introducción

Uno de los objetivos más importantes en el proceso de lodos activados es mantener la calidad de los mismos. Los parámetros cualitativos y cuantitativos que caracterizan a un lodo de buena calidad y “sano” son varios, entre ellos podemos contar:

Cualitativos:

- estructura del flóculos
- forma de los flóculos
- Índice de filamentosas

Cuantitativos:

- Variedad y porcentaje relativos de organismos bioindicadores del lodo
- Sedimentabilidad del lodo (decantación V30)
- Concentración de sólidos suspendidos totales que escapan del clarificador secundario

En centros productivos de Celulosa Arauco y Constitución S.A., se encuentran en operación plantas de Tratamientos de Efluentes que poseen tratamientos secundarios biológicos con mínima producción de biolodo; estos biorreactores comprenden una etapa de llamada MBP (**M**inimal **B**iosludge **P**roduction) que funcionan como parte del proceso de lodos activados.

El diseño y concepto y patentes de ingeniería pertenece a la Empresa finesa Aquaflow; empresa con una vasta experiencia en el tratamiento de sistemas de tratamientos de efluentes producidos por la industria de celulosa.

Un reactor con etapa MBP, es un proceso biológico que ayuda a aumentar la calidad de los lodos activados, y que conlleva otros beneficios asociados al proceso de tratamientos de efluentes, entre los cuales se encuentra:

- Disminuye la producción de lodo biológico
- Disminuye el impacto de las bacterias filamentosas,
- Estabiliza variaciones del efluente de entrada al biorreactor
- Disminuye el arrastre de sólidos suspendidos por el vertedero del clarificador secundario,
- aumenta la calidad de los lodos, pues mejora estructura, forma y calidad de los flóculos
- Mejora la decantación en el clarificador secundario
- aumenta el contenido de sólidos suspendidos en el lodo, pues mejora la estructura de los flóculos.
- Ayuda a mejorar los residuales de N y P

Indudablemente, la principal preocupación es la cantidad de biolodo producido en los tratamientos secundarios, como material de deshecho, tanto para ser dispuesto en vertederos como para ser utilizado en calderas como biomasa. Problemas asociados a este proceso de producción de sólidos biológicos se encuentran los costos de transporte al vertedero o al sistema de alimentación a la caldera, eficiencia de desaguado de los lodos activados y la humedad de estos, uso de polímeros.

Descripción del Proceso MBP

La etapa MBP es un estanque con un tiempo de retención más corto que el de aireación, tiene entre 0,5 y 0,7 hrs., aireado y que recibe los efluentes crudos desde el proceso de producción de celulosa. La etapa MBP actúa como tanque

amortiguador en la variación de los afluentes de entrada (principalmente DQO, las variaciones de pH), además de ayudar a ajustar el pH biológicamente (producción de ácidos orgánicos).

Los efluentes de entrada, además de traer las materias orgánicas contaminantes, sólidas e inorgánicas, también traen las bacterias y microorganismos desde las áreas de producción que pueden aportar biomasa nueva al sistema de tratamientos (efluentes de las canchas de madera y retrolavados desde planta de agua).

En esta Cámara al efluente se le adicionan nutrientes inorgánicos como urea (Nitrógeno) y ácido fosfórico (Fósforo). El efluente en la Cámara MBP, recibe una aireación en exceso. Este ambiente rico en oxígeno (1.5 - 2.0 mg/l), más la adición de los nutrientes propician el aumento de los microorganismos y lográndose la máxima degradación de la carga orgánica del Efluente (fuerte disminución de la DBO₅).

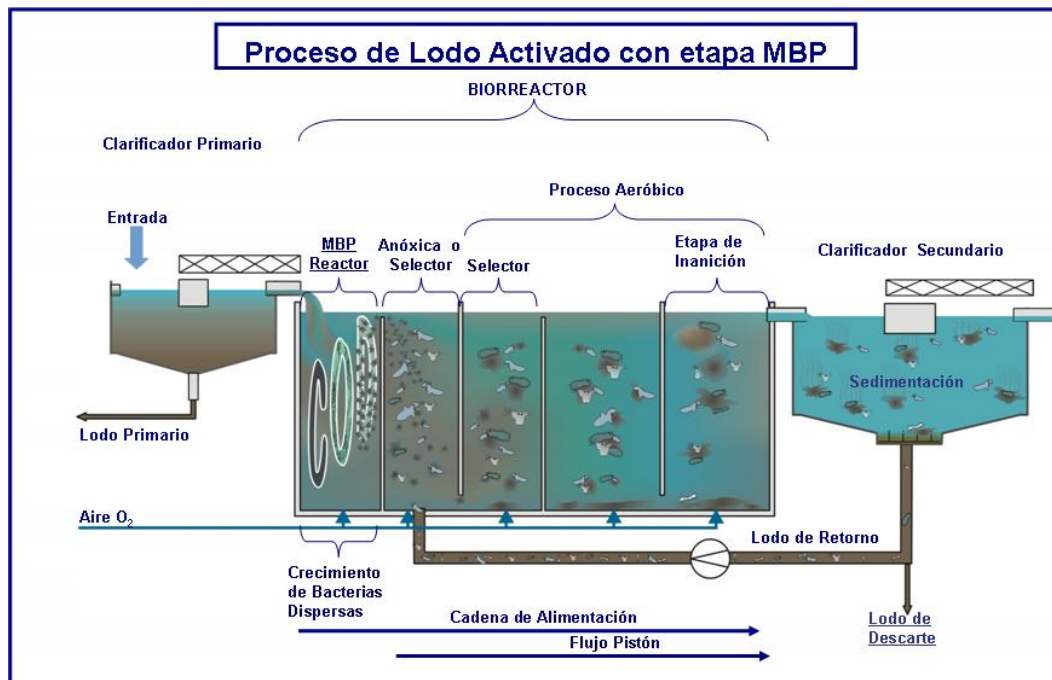


Figura 1.: Proceso de Lodos activados con etapa MBP.

La etapa MBP se diferencia en las etapas de equalización en dos aspectos: tiempo de retención hidráulica y la oxigenación.

Fundamentalmente, debido a la selección que sufre la biomasa, es un selector biológico. La función principal del **MBP** es transformar la DQO fácilmente biodegradable en biomasa (bacterias libres). Las bacterias libres son sustrato de los protozoos y metazoos (ciliados fijos, libres, flagelados, etc.) en etapas posteriores del biorreactor. La dosificación de aire en esta etapa permite que bacterias aeróbicas crezcan y sean aporte de biomasa joven en las próximas etapas. Esta biomasa joven tiene dos caminos: o se incorpora al flóculos nuevos del lodo activado o, aquellas células libres son alimento de organismo mayores (protozoos y metazoos).

Las altas tasas o variaciones de DQO fácilmente biodegradable, pueden alterar la relación alimento/kg microorganismos (también conocida como F/M, en inglés, **Food/Microorganisms**), y causar el crecimiento de organismos filamentosos en los lodos activados, produciendo problemas de esponjamiento del lodo, arrastre de sólidos suspendidos por el vertedero del clarificador secundario, y disminución de la eficiencia de desaguado de los lodos de descarte. La gran eficiencia de remoción de la DQO en esta etapa, entre 40%-65%, estabiliza el proceso de lodos activados y evita la formación de bacterias del tipo filamentosas, las cuales en los espacios interfilamentos retienen mas agua, produciendo de esta forma un lodo mas esponjoso.

Cabe, mencionar que la DQO removida transformada principalmente en bacterias libres, llevan una DQO, que podríamos llamar “fija”, y que puede ser usada por organismos mayores (protozoos y metazoos), como por las propias bacterias cuando entran en metabolismo endógeno. Debido a que la DQO transformada en Biomasa disminuye la producción de lodo, resultando en una menor cantidad de lodos de descarte y por ende disminuye el uso de vertedero, por disposición final de lodos o el quemado de lodos húmedos en la Caldera de Poder, es un proceso atractivo en interesante de estudiar. Según los antecedentes de la empresa

Aquaflow, la productividad de lodos en biorreactores con MBP es menor en un 35%.

Datos de Operación

A continuación se entregarán análisis de algunos de los parámetros estudiados, en condiciones operativas de algunas de las plantas de tratamiento de celulosa Arauco y Constitución S. A.

Degradación de la DQO en la MBP

La MBP consume entre 40 y 60% de la DQO soluble de llegada de la planta. Las condiciones de remoción en la etapa MBP dependen de las condiciones de operación (fundamentalmente oxigenación y de flujo). Variaciones al alza de DQO son absorbidas en esta etapa con mucha facilidad.

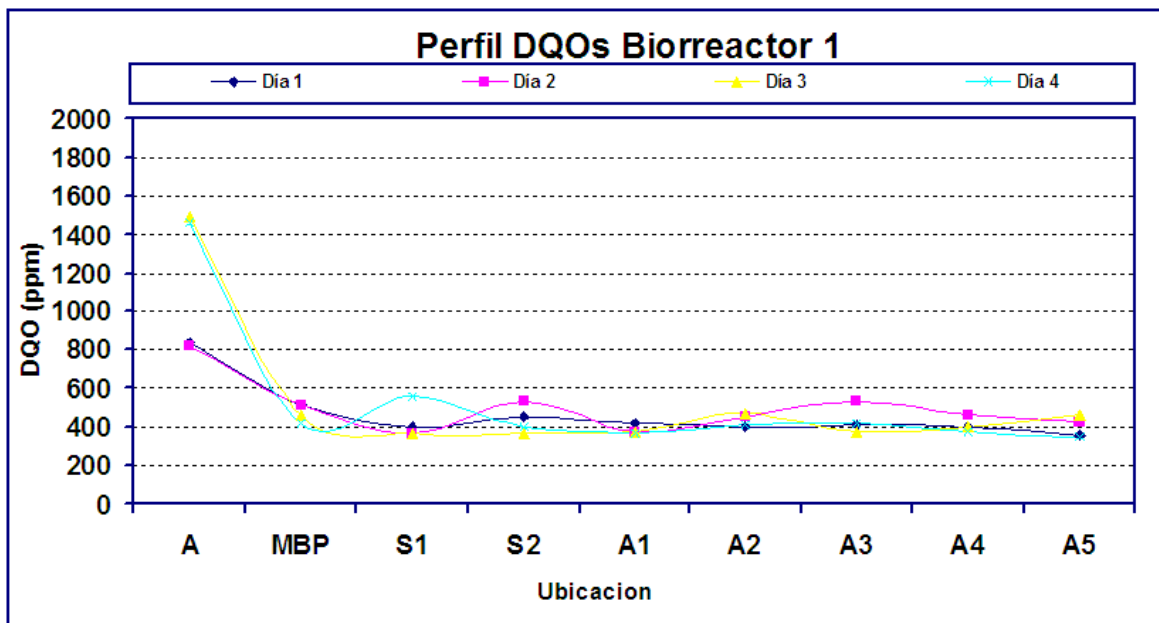


Figura 2: Perfil de DQO en Biorreactor 1 con Etapa MBP. A: Alimentación al Biorreactor; MBP: etapa MBP; S1: Selector 1; S2: Selector 2; A1: Inicio de la aireación; A5: Final de la Aireación; A2, A3, y A4 puntos intermedios entre A1| y A5.

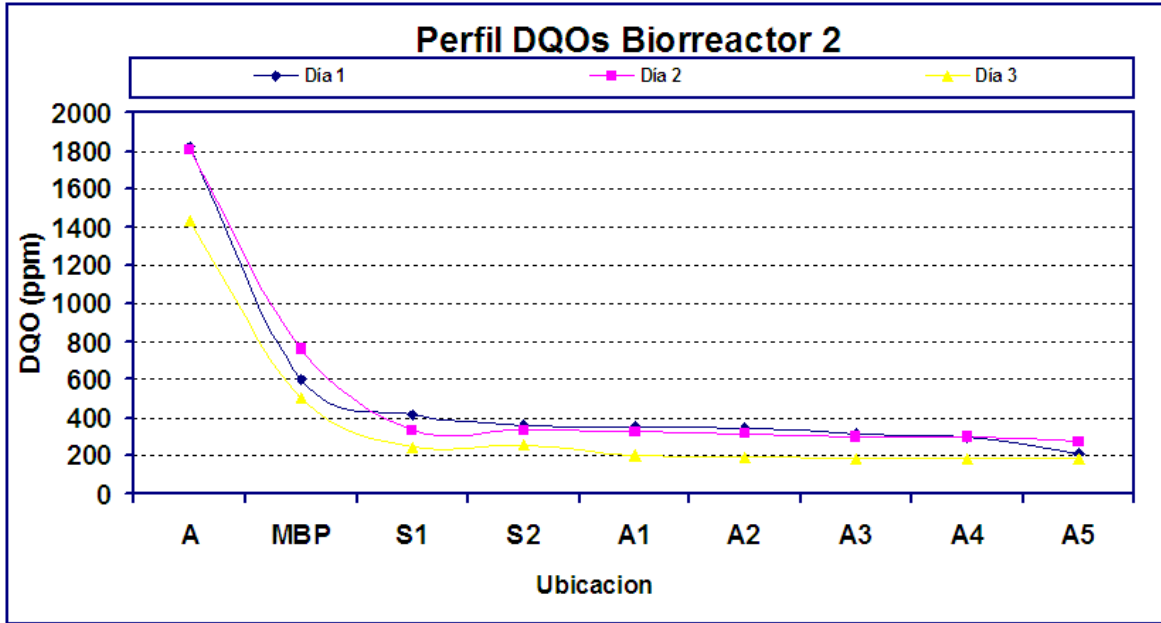


Figura 3: Perfil de DQO en Biorreactor 2 con Etapa MBP. Leyenda idem figura 3.

Productividad de Lodo Secundario

Como ya se mencionó, uno de las preocupaciones en la operación del tratamiento secundario es la productividad de lodo secundario. La producción de lodo es un efecto directo de la cantidad de materia orgánica a tratar. Biorreactores con etapa MBP y que estén operados con un residual de oxígeno disuelto de 1,5 ppm, presentarán una menor productividad de lodo con respecto a biorreactores convencionales de lodos activados.

Presentamos en la figura 4 los datos de la producción de lodo como promedio mensual en un periodo de operación **Sin MBP** comparados con un periodo **Con MBP**. Los datos presentados presentan una reducción del 77%. Cabe mencionar que en los periodos estudiados el efluente tratado presentó diferentes cargas orgánicas en el efluente tratado por el biorreactor. Durante el Periodo de operación sin MBP se recibió un promedio diario de 11813 kg de DQO/d, y durante el periodo de operación con MBP un promedio de 6713 kg de DQO/d. que corresponden a

una reducción del 43,1%. En la figura 5 se presenta la gráfica de la cantidad de lodo producido con respecto a la cantidad de DQO tratado en el biorreactor. Se puede observar que la diferencia efectiva entre los periodos se mantiene.

La productividad de lodo depende de la operación del biorreactor, uno de los aspectos más importantes es el oxígeno residual, pero también se encuentran en relacionados la cantidad de nutrientes disponibles, tipo temperatura, estacionalidad, entre otros.

Es necesario realizar más estudios y en lo posible en una planta piloto, para determinar modelos y procedimientos, para optimizar la operación y los resultados.

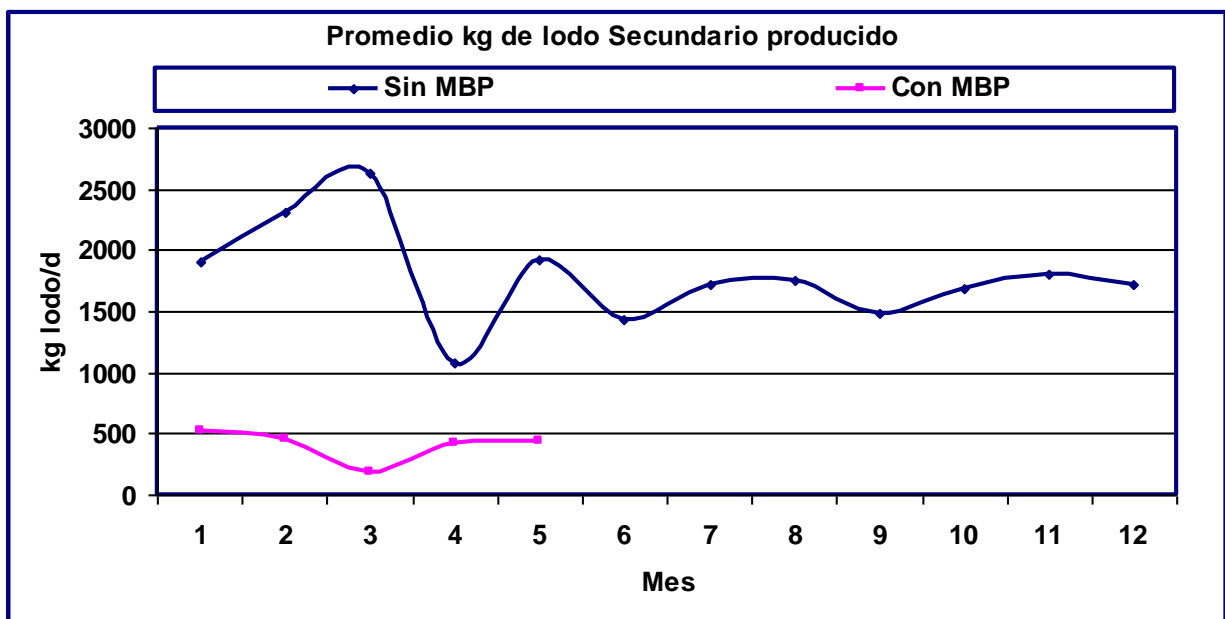


Figura 4: Se observa una drástica disminución de la productividad de lodo secundario en periodos de operación con MBP. El promedio mensual de lodo en el periodo de operación Sin MBP fue de 1788 kg/d y en el periodo con MBP fue de 404 kg/d. La disminución de producción de lodo corresponde a un 77%, comparando los promedios de los periodos presentados. Cabe mencionar e

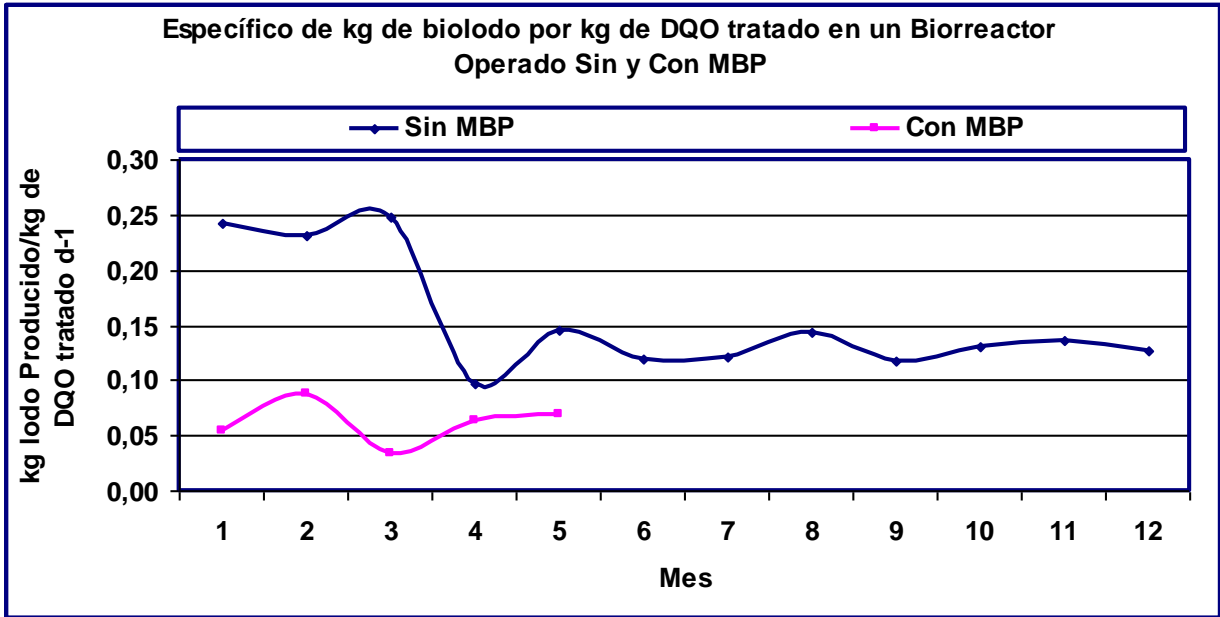


Figura 5: La gráfica de productividad de lodo secundario con respecto a la carga orgánica tratada en el biorreactor, como específico de comparación en periodos de operación sin y con MBP. El promedio mensual de carga orgánica disminuyó en el periodo de operación de con MBP, aún así se observa que la productividad de lodo es menor en este periodo que durante la operación Sin MBP.

Estabilidad del Lodo Activado

Se ha mencionado que los lodos activados con etapa MBP son más estables, poseen mejor decantación en el clarificador secundario (medido como V30) y sus estructuras y formas floculares son mejores, así como los microorganismos mayores, asociados al lodo activado y que sirven de bioindicadores de la calidad de este, presentan una mejor la distribución relativa.

Las bacterias dispersas se unen fácilmente a las sustancias degradables al principio del proceso, lo que implica menos comida para las bacterias filamentosas.

SST a la salida del Clarificador Secundario

El escape de sólidos suspendidos totales (SST) a través del clarificador secundario es menor en un biorreactor operado con MBP. El escape de SST depende de muchas variables, tanto de operación como de calidad de los efluentes tratados. Todas las variables afectan la calidad de los lodos activados, su estabilidad e integridad.

Variables que afectan la calidad de los lodos son:

- Concentración de Oxígeno Disuelto
- Relación F/M
- Relación de nutrientes con carga orgánica (C:N:P)
- Tiempos de inanición
- Filamentosas
- Otros

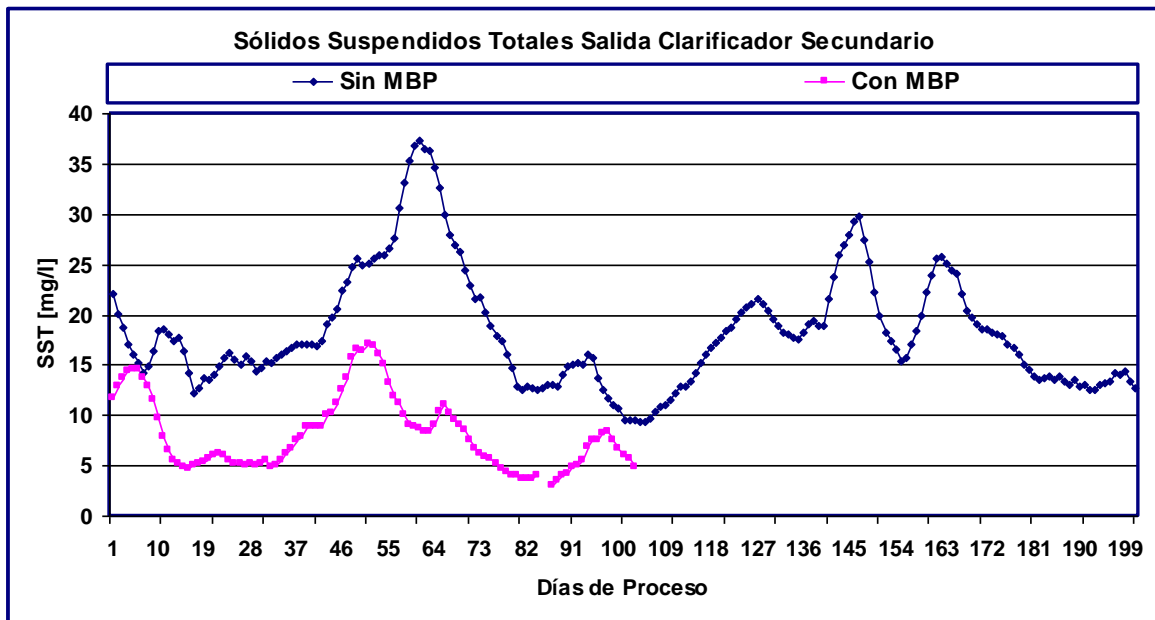


Figura 6: La concentración de SST a la salida del Clarificador secundario es menor en biorreactores operados con MBP que sin MBP.

Calidad del Lodo Activado y Microorganismos Bioindicadores

La puesta en marcha de la etapa MBP mejora las características del lodo activado, en estructura, forma y de microorganismos del lodo activado. Debido a la generación de bacterias libres en etapas posteriores aumentan los depredadores de bacterias y concomitantemente aumentan en número las siguientes especies de la cadena alimenticia, ciliados libres, ciliados fijos, reptantes. La actividad de los microorganismos mejora la estructura y los flóculos.

Uno de los mayores efectos de la operación de biorreactores sin MBP es el crecimiento de bacterias filamentosas en el lodo activado. En los análisis de microscópicos del lodo activado, fue común encontrar Índices de Filamentosas de 4 y 5, según Eikelboom. Se hicieron purgas de lodo continuas disminuyendo la edad el lodo; esta acción mejoró sustancialmente la decantación, disminuyó el esponjamiento, pero no disminuyó el Índice de Filamentosas en el Lodo Activado.

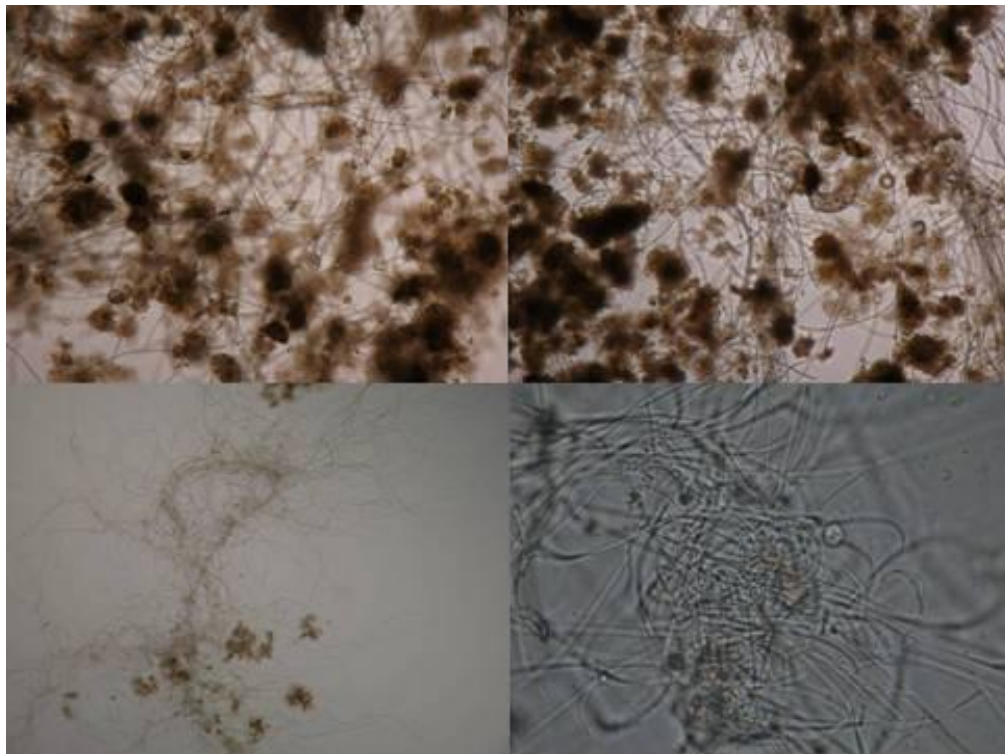


Figura 7: Se presentan fotografías del crecimiento de bacterias filamentosas durante el periodo de operación sin MBP. Durante este periodo el biorreactor presentó Índices de Filamentosas según Eikelboom de 4 y 5.

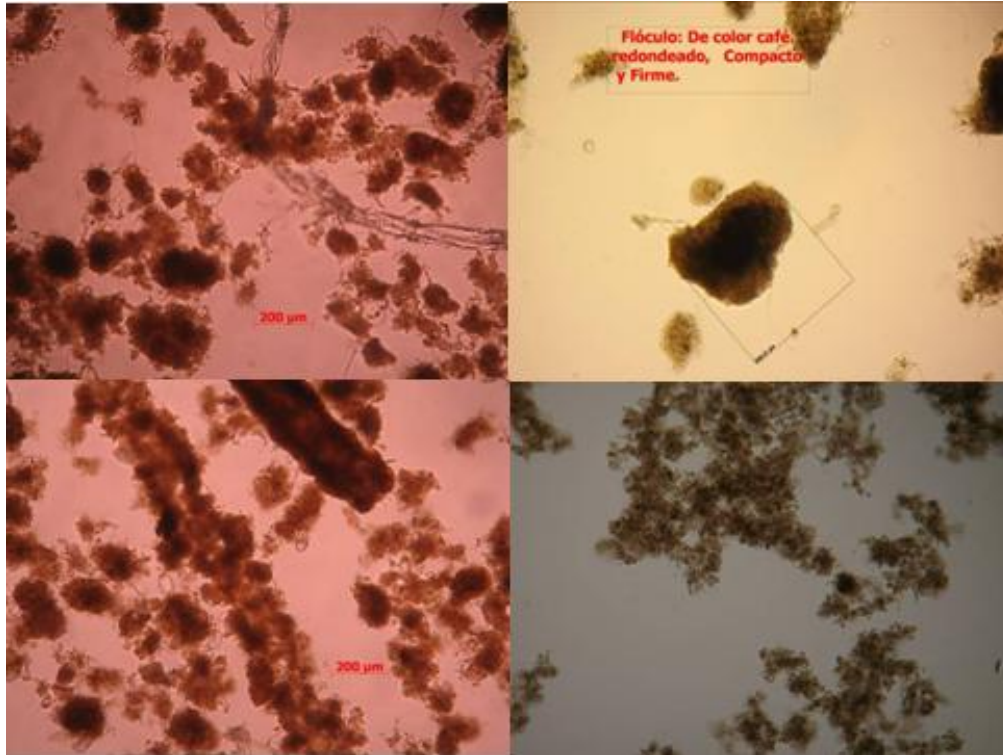


Figura 8: Después de la puesta en servicio de la MBP la estructura, forma e invasividad de las bacterias filamentosas sobre los flóculos del lodo activado cambió. Se observa la disminución del Índice Filamentosas, según Eikelboom; además los flóculos adquirieron formas redondeadas, aumentaron de tamaño y la estructura fue más compacta.

Los microorganismos bioindicadores del lodo activado lentamente cambiaron las relaciones porcentuales en el lodo activado (Figura 9). Cuando la MBP entra en servicio aumenta la generación de bacterias libres

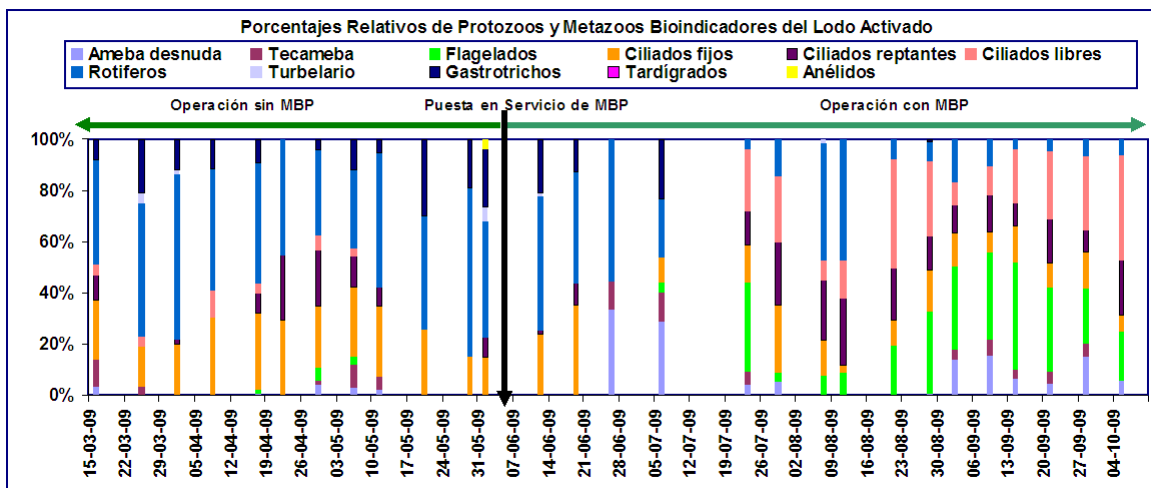


Figura 9: Gráfica de porcentajes relativos de microorganismos bioindicadores del lodo activado. Se observa un aumento de flagelados (verde), ciliados libres (rosado), ciliados fijos (naranja) y ciliados reptantes (café); por otro lado, hubo una disminución de rotíferos (celeste) y gastrotrichos (azul).

Comentarios y Conclusiones Finales

La información presentada en el artículo se basa principalmente en las experiencias de los Sistemas de Tratamientos de Efluentes de Celulosa Arauco y Constitución S.A. y de análisis de procesos. Los balances muestran que los sistemas biológicos operados con etapas MBP presentan grandes ventajas con respecto a sistemas de lodos activados convencionales o sin etapa MBP.

Los biorreactores de sistemas de tratamientos de efluentes que operan con MBP afectan positivamente la calidad de los lodos activados, su biología, parámetros de operación, parámetros del efluente y los costos de operación de una planta de tratamientos.

Hemos demostrado que la operación de Plantas de Tratamiento con MBP, presentan ventajas, pero indudablemente nos resta aprender mucho más al

respecto de realizar gestión a través de otras variables operativas que puedan aumentar la eficiencia de los sistemas de tratamientos con MBP.

Por ejemplo no hemos incluido en este análisis: el efecto de los nutrientes en la operatividad de los biorreactores con y sin MBP; efecto de diferentes concentraciones de oxígeno residual (para disminuir costos por aireación y mantener la baja productividad de lodo) sobre la productividad de lodo; el efecto de la MBP sobre aquellas especies de fósforo no-biodegradables (pirofosfatos, polifosfatos, fosfato de calcio, y otros); efecto de diferentes tiempo de retención hidráulica de la MBP sobre la operación de los sistemas secundarios; entre otras muchas preguntas que se deben responder. Definitivamente, más estudios deben ser llevados a cabo para optimizar la operación de los biorreactores y comprender su efecto sobre la operación global y sobre los parámetros específicos. La implementación de plantas pilotos, estudios acotados, la búsqueda de herramientas analíticas adecuadas y la integración de equipos multidisciplinarios son la vía para una mejora continua en nuestro trabajo.