

## POSTER

**Eje Temático:** e-Tecnología e Ingeniería Ambiental.

### **Título del trabajo:**

**Análisis comparativo de la sedimentabilidad de barros activados mediante distintas técnicas**

**Velocidad de sedimentación de barros: análisis del efecto del recipiente.**

**Datos del/os autor/es:** Luciana Valle<sup>1,4</sup> Daniela González<sup>1</sup>; Jimena Avalos<sup>2</sup>; Sergio Hanela<sup>2</sup>; Daniel Calvo<sup>3</sup>; Gustavo Affranchino<sup>4</sup>; Ariana Rossen<sup>1</sup>

### **Institución a la que pertenecen:**

<sup>1</sup>Laboratorio Experimental de Tecnologías Sustentables. Instituto Nacional del Agua. Buenos Aires, Argentina.

<sup>2</sup>Programa Tecnologías de Tratamiento. Instituto Nacional del Agua. Buenos Aires. Argentina.

<sup>3</sup>Dirección de Servicios Hidrológicos. Instituto Nacional del Agua. Buenos Aires. Argentina.

<sup>4</sup>Instituto Tecnológico de Buenos Aires

**Nombre del/os director/es de la tesis:** Directores de trabajo: Dra. Ariana Rossen e Ing. Gustavo Affranchino

**Palabras Clave:** *bulking*; *foaming*; V30; IVL

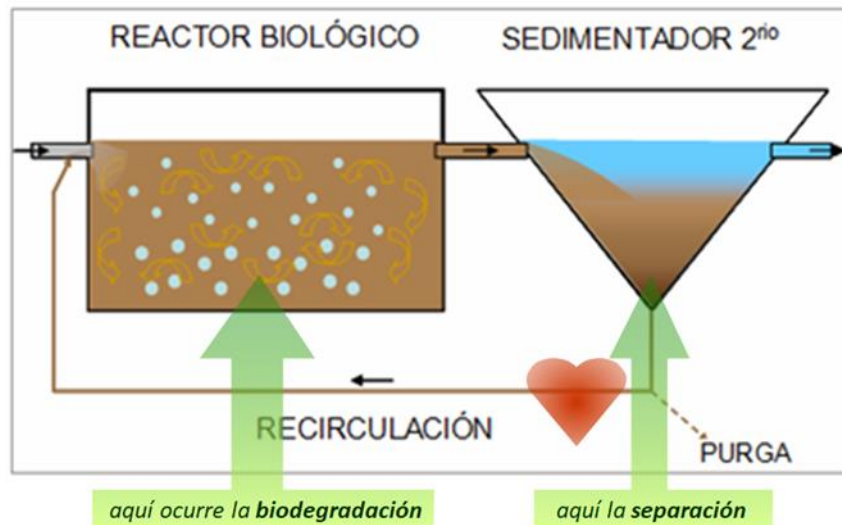
### **Resumen**

La tecnología de tratamiento más empleada para efluentes líquidos industriales es la de barros activados, que usa biomasa aerobia en suspensión para degradar los contaminantes orgánicos. La biomasa debe separarse fácilmente del agua tratada por sedimentación. Si no lo hace, puede deberse a *bulking*, *foaming* o *turbidez*. El *bulking* o hinchamiento está asociado al exceso de microorganismos filamentosos o a la presencia de secreciones viscosas. Para detectar *bulking*, se analiza la sedimentación V30 (volumen sedimentado en 30min), los SST (sólidos suspendidos totales) y se calcula el indicador IVL (índice volumétrico de lodos). Si  $IVL > 150$  mL/g hay *bulking* y si  $IVL > 150$  mL/g hay posible *bulking*. En la práctica industrial, el V30 se realiza usando distintos recipientes (probetas, conos, jarras) a veces diluyendo la biomasa y otras no. Esta investigación se enfocó en revisar cuán comparables son los valores de V30 e IVL obtenidos con distintas técnicas. Para ello, se utilizó biomasa de cuatro establecimientos industriales de diversos rubros, sobre la que también se midió SSV (sólidos suspendidos volátiles) y se observó al microscopio. El V30 se efectuó con dilución en probetas de vidrio y plásticas de 1L y sin diluir en cono Imhoff plástico, jarra plástica de 2L y vaso de precipitado de vidrio. Los IVL calculados variaron desde -50% a +85% frente a la técnica

diluida con probetas de vidrio. Se hallaron indicios de correlaciones entre los métodos. Sin embargo, se encontró que no siempre el IVL > 150 mL/g estaba asociado a exceso de filamentos o viscosidad, sino que también podía ser causado por la existencia de bioflocs abiertos o disgregados. Si bien el resultado es preliminar, sugiere la necesidad de unificar el método de medición de V30 para detectar la presencia o no de *bulking* y la necesidad de complementar con análisis microbiológicos.

## Introducción

Las plantas de tratamiento de efluentes líquidos industriales y/o cloacales emplean un conjunto de operaciones físicas, biológicas y químicas, que persiguen eliminar la mayor cantidad posible de materia orgánica y contaminantes antes de su vertido, de forma que los compuestos que queden en los efluentes tratados cumplan los límites legales existentes y puedan ser asimilados de forma natural por los cauces receptores. Los tratamientos pueden ser primarios, secundarios y terciarios (Doble, & Kumar, 2005; Rodríguez et al., 2006), siendo el reactor biológico aeróbico de lodos activados un tratamiento secundario basado en la actividad de biomasa formada principalmente por bacterias responsables de degradar la materia orgánica presente en los efluentes. Para que el proceso de depuración pueda llevarse a cabo en forma eficiente, la biomasa debe encontrarse en condiciones metabólicas adecuadas, debe conservarse una adecuada concentración de oxígeno disuelto y se deben formar los *microflocs*, producto de la adhesión de las bacterias entre sí que favorecerán la sedimentación (Zornoza et al., 2010). Este tipo de sistemas depurativos requiere regular la concentración de biomasa existente en el reactor biológico para permitir un adecuado abatimiento de la carga orgánica y una correcta separación por decantación. La secuencia de este proceso es la siguiente: el efluente contaminado se va dosificando al reactor biológico, donde se encuentra el lodo activado que ya contiene gran cantidad de microorganismos aerobios y floculentos, suministrada con aireación a fin de mantener los niveles de oxígeno disuelto y agitación adecuados para favorecer la biodegradación. La mezcla sale del reactor biológico y pasa al sedimentador secundario; allí se detiene la agitación permitiendo que la biomasa floculenta decante. Una adecuada calidad del lodo suele verse como un barro marrón rojizo a marrón. Luego de la decantación, se obtiene un sobrenadante (el agua tratada/clarificada) y un barro en el fondo, parte del cual se recircula hacia el reactor biológico. Debido a que la tasa de crecimiento de las bacterias aeróbicas es alta y generan un gran aumento de la biomasa, otra pequeña porción de esos barros se purga y se envían a equipos digestores de lodos, donde se deshidratan para posteriores usos como lombricompostaje, incineración u otras tecnologías alternativas (Silva, 2003). Finalmente, el agua tratada se desinfecta y se vuelca al cuerpo receptor, o bien se acondiciona para su reutilización. En el Figura 1 se presenta un esquema de tratamiento biológico aeróbico.



**Figura 1.** Esquema del funcionamiento de proceso de lodos activados

El reactor biológico puede desarrollar tres problemas que dificultan la separación de los lodos: *bulking*, *foaming* y turbidez. El lodo cuando tiene *bulking* no sedimenta adecuadamente y posee un aspecto esponjoso o hinchado; este fenómeno puede darse por exceso de microorganismos filamentosos o por exceso de sustancias viscosas segregadas por algunas bacterias y protozoos. El fenómeno de *foaming* se lo identifica por la formación de espuma y la presencia de biomasa flotante, que puede ser filamentosa o no filamentosa. Por último, la turbidez del líquido tratado/clarificado suele relacionarse con la ausencia de microorganismos filamentosos y/o exceso de biomasa dispersa, entre otras causas. Todos estos problemas conllevan a una mala separación del barro en el sedimentador, lo que implica una mala depuración del agua responsable de contaminar los cuerpos de agua receptores (Silva, 2013).

Algunas variables que se suelen usar para evaluar la calidad del proceso del tratamiento de efluentes son: los Sólidos Suspendidos Totales (SST), los Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV) y la Sedimentabilidad de los lodos activados a los 30 minutos (V30). Con estos parámetros se construye el Índice Volumétrico de Lodos (IVL) el cual es un indicador de las características de sedimentabilidad del lodo activado y puede usarse para detectar problemas de *bulking*. Para el cálculo del IVL se realiza la división entre el V30 y los SST (1) y se espera que haya *bulking* cuando el índice resulta mayor que 150.

$$IVL = \frac{V30}{SST} \quad (1)$$

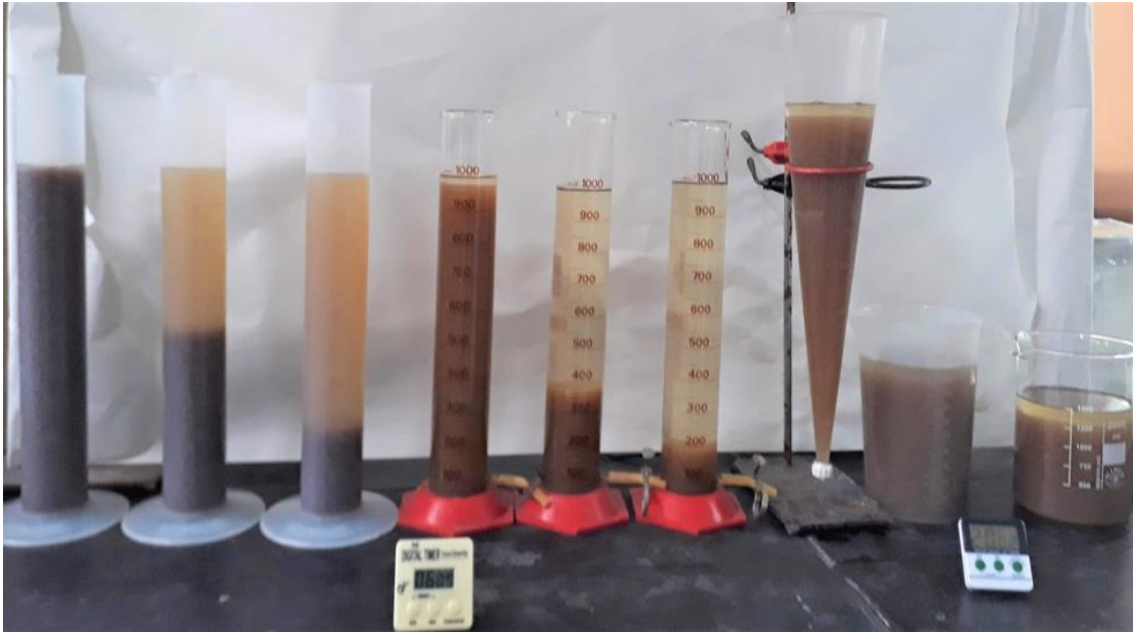
Sin embargo, las diversas plantas de tratamiento no suelen seguir el mismo protocolo para la realización del ensayo de V30, al reemplazar la probeta de

vidrio por distintos recipientes, como jarras, probetas de plástico, vasos de precipitados o conos Imhoff. Este cambio en el material y en el protocolo conlleva diferencias en la interpretación de la sedimentación. Por lo expuesto, es que se ha propuesto en este trabajo evaluar el efecto de utilizar distintos recipientes en la medición del V30 y el cálculo de IVL, así como buscar una relación matemática entre ellos a fin de unificar el análisis.

### **Materiales y Métodos**

Se realizaron ensayos partiendo de tres (3) lodos activados provistos por establecimientos industriales de los rubros: alimenticio, textil y bebidas alcohólicas. Los mismos se operaron en forma semicontinua con inyección de aire en régimen de mezcla completa en reactores a escala piloto (12 L). Los mismos fueron alimentados diariamente con efluente crudo correspondiente a cada sistema. En forma semanal se muestreó el licor mezcla cuantificando: Sólidos Suspendidos Totales (SST) y Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV), y el volumen sedimentado de lodos activados a los 30 minutos (V30) (Lee et al., 1983). Además, en cada ensayo se observó al microscopio las características del lodo. El total de ensayos realizados fue de 10.

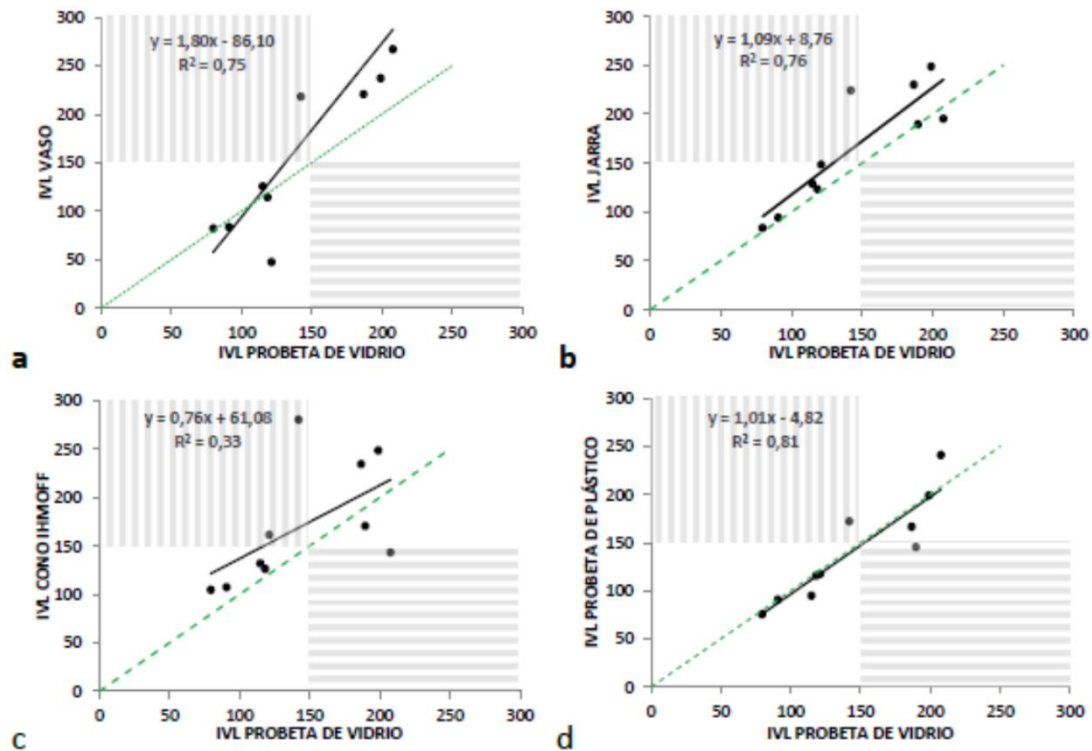
Para determinar los SST y SSV se filtró la muestra mediante membranas de fibra de vidrio y se siguió en procedimiento propuesto por el *Standard Methods* (SM 2540) (APHA, 2017). El análisis de V30 se realizó comparativamente empleando distintos recipientes: vaso de precipitado de vidrio (1,5L), jarra de plástico (2L), cono Imhoff de plástico (1L) y probeta de plástico (1L). El análisis con probeta de vidrio empleado como base de comparación consistió en llenar tres probetas de vidrio de un (1) litro con licor mezcla (efluente líquido con lodo activado) a distintas diluciones. En la primera probeta se colocaron 250 mL, en la segunda 500 mL y en la tercera 1000 mL de licor mezcla. Se llevó a volumen de un (1) litro con el clarificado del proceso sin clorar. Luego de 30 min se midió el barro sedimentado separado del clarificado. Para obtener el valor de V30 se eligió aquella probeta menos diluida tal que el volumen compactado de lodo fuera inferior a 400 mL y que no presentara flotación. Los valores informados de V30 correspondieron al volumen corregido por la dilución. Sólo se realizaron las diluciones empleando probetas, para los demás recipientes se enrazaron a su volumen máximo y se registró el volumen del barro decantado a los 30 min. A partir de los valores de V30, calculados con las distintas técnicas, y del valor de SST se calculó el IVL para cada muestra y se compararon los resultados. En la Figura 2 se ilustra los diferentes recipientes utilizados para la práctica.



**Figura 2.** Distintos recipientes empleados para el ensayo V30. De izquierda a derecha: Probetas plásticas, probetas de vidrio, cono Imhoff, Jarra, Vaso.

### Resultados y Discusión

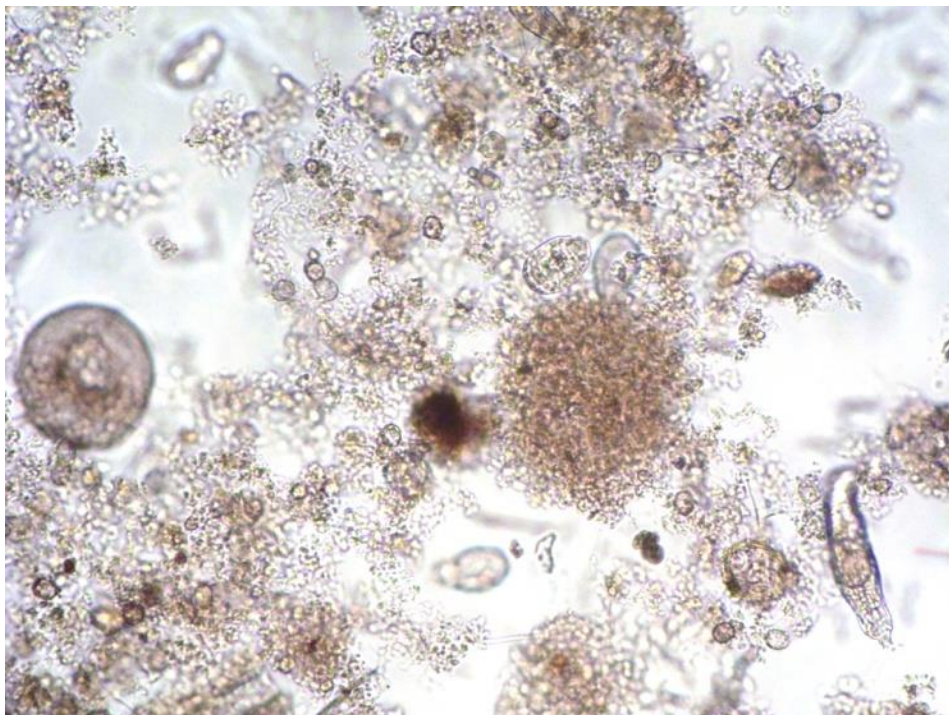
En la Figura 3 se muestra la relación obtenida entre el IVL medido con distintos métodos en función del medido con la probeta de vidrio. Las zonas grises indican los casos en donde las conclusiones obtenidas con ambos métodos fueron distintas, es decir, donde un método indica *bulking* ( $IVL > 150 \text{ mL/g}$ ) y el otro método no. Además, con el fin de encontrar una relación matemática entre el IVL obtenido con los distintos métodos y el obtenido con la probeta de vidrio, se realizaron ajustes lineales cuya ecuación se muestra en la misma figura. El mejor ajuste se obtuvo entre el IVL con probeta de plástico y con probeta de vidrio (Figura 3d). Esto se observa mediante la pendiente del ajuste (similar a 1), la ordenada al origen (cercana a cero), el  $R^2$  alto (cercano a 1) excepto en dos puntos correspondientes a diferentes lodos donde no se observó el *bulking* (zona gris). La relación obtenida con la jarra (Figura 3b) también fue relativamente buena, aunque en la mayoría de los casos se sobreestimó el valor del IVL, lo que se evidencia en una ordenada al origen mayor. Con el método del vaso se sobreestimó el IVL cuando con probeta de vidrio fue mayor a 150  $\text{mL/g}$ , y se subestimó cuando fue menor a 150, dando una pendiente mayor a 1 (1,8) y una ordenada al origen de  $-86,1 \text{ mL/g}$  (Figura 3a). El peor ajuste se obtuvo con el cono Imhoff con un  $R^2$  de 0,33 (Figura 3c). En este caso no parece haber una relación entre el IVL calculado con los dos métodos, sobre todo para valores altos de este índice. Teniendo en cuenta que la forma del cono es marcadamente distinta al resto de los recipientes, es posible que esta forma condicione el proceso de sedimentación.



**Figura 3:** Comparación entre el IVL (mg/L) obtenido usando la probeta de vidrio vs. el IVL utilizando: a) vaso; b) jarra; c) Cono Imhoff; d) probeta de plástico. La línea cortada indica la función identidad. La línea negra es el ajuste líneal. Fórmula y  $R^2$  se presentan en cada gráfico. Cuadrante gris con rayas verticales indica valores de IVL donde no habría *bulking* con probeta de vidrio, pero sí con el otro método. Cuadrante gris con rayas horizontales señala valores de IVL que presenta *bulking* con probeta de vidrio, pero no con el otro método.

Sin embargo, si bien en algunos casos se obtuvo un buen ajuste, en otro no, obteniendo que el cálculo del IVL, utilizando distintos recipientes para medir el V30, sugirió diferencias en el proceso de sedimentación de los lodos. Es decir, cuando el IVL fue mayor a 150 usando probeta de vidrio (indicando *bulking*), también lo fue para los otros métodos. Así también, en aquellos casos que el IVL fue mayor a 150, no se observó ninguna característica microscópica que se asocie a *bulking* (más de 20 filamentos por floc o presencia de sustancias viscosas). En cambio, se observó que el lodo presentaba materia dispersa, con flocs poco formados y con pocos filamentos (Figura 4). Esto implicaría que un IVL alto podría indicar también dificultades para sedimentar por la presencia de materia de baja densidad, lo que normalmente se detecta controlando la

velocidad de sedimentación (análisis de sólidos volátiles) y falta de formación de flocs. Otro aspecto destacado en este trabajo está relacionado a las características físicas del lodo. Se observó que, en aquellas muestras obtenidas con el mismo lodo en el tiempo, cuando se calculó el V30 utilizando los diferentes recipientes, la sedimentación procedió de manera similar, lo que sugiere que el tipo y características propias del lodo influyen en los procesos de sedimentación.



**Figura 4.** Foto del aspecto microscópico de un lodo activado disgregado (aumento 400X).

### **Conclusiones**

Este trabajo encontró que existiría una relación matemática sencilla entre las distintas técnicas analíticas de sedimentación, en especial entre aquellas que emplean probetas, aunque no entre todos los tipos de recipiente. Es decir, los distintos recipientes utilizados para medir el V30 llevan a diferentes volúmenes de sedimentación siendo el cono Imhoff el que presentó resultados muy dispares en comparación con las probetas. Por lo tanto, el IVL calculado con diferentes métodos de V30 puede informar erróneamente un problema de *bulking*. Aun cuando se use el método tradicional de V30, que emplea probetas de vidrio, se ha observado que en algunos casos el valor de IVL alto, que sugeriría *bulking*, en realidad no ocurre este proceso, sino que podría vincularse a otros fenómenos como una disgregación del lodo, tal vez debido al envejecimiento. Estas conclusiones sugerirían que tanto el tipo de recipiente y

su volumen influyen fuertemente en el proceso de sedimentación. Así también, los datos obtenidos indicarían una dependencia de las características físicas y biológicas del lodo en el proceso de sedimentación. Si bien estos resultados son preliminares, constituyen un punto de partida para profundizar en el estudio de los métodos empleados para determinar la sedimentación y la posible manifestación de *bulking*. Se destaca también la importancia de realizar la observación microscópica del lodo para identificar la presencia de bacterias responsables del *bulking* y/o *foaming*. Teniendo en cuenta que la sedimentabilidad de los barros es una característica fundamental para que el proceso de degradación sea eficiente, resulta fundamental unificar el método de esta medición.

### **Bibliografía**

- APHA. (2017). *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (23th ed.).
- Doble, M., & Kumar, A. (2005). *Biotreatment of industrial effluents*. Elsevier.
- Lee, S.-E., Koopman, B., Bode, H., & Jenkins, D. (1983). *Evaluation of alternative sludge settleability indices*. *Water Research*, 17(10), 1421–1426.
- Rodríguez, A., Letón, P., Rosal, R., Dorado, M., Villar, S., & Sanz, J. (2006). Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales. *Universidad de Alcalá. Círculo de Innovación en Tecnologías Medioambientales y Energía (CITME), Madrid, España*, 2, 30-46.
- Silva, G. S. (2013). *Control preventivo y correctivo del bulking filamentoso y espumas superficiales en el tratamiento biológico de aguas servidas*. Doctoral dissertation, PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO, Chile.
- Zornoza, A., Alonso, J. L., Serrano, S., Fajardo, V., Zorrilla, F., Bernácer, I., & Morenilla, J. J. (2010). Estudio integrado del proceso de fangos activos I. análisis descriptivo de factores fisicoquímicos y biológicos implicados en su dinámica.