

# Lodos activados para el tratamiento del agua residual

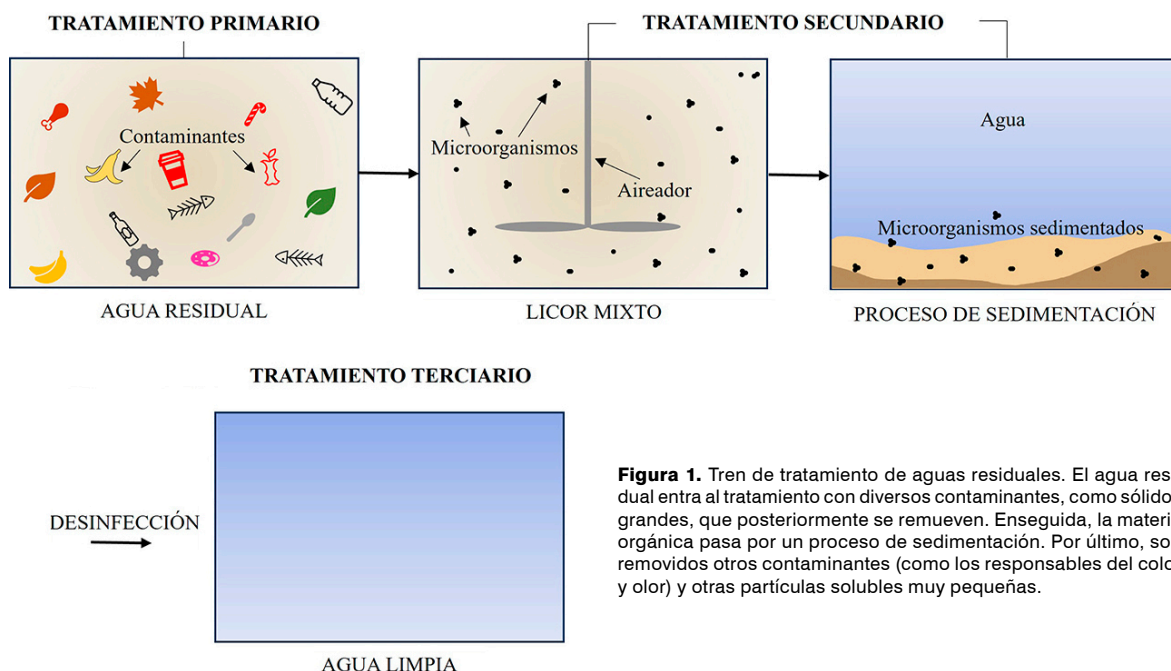
**Montserrat Suárez García**  
**David García Mondragón**

Las aguas residuales producidas en los hogares, la agricultura y la industria repercuten negativamente en los recursos hídricos del planeta, debido a la falta de tratamiento o a procesos ineficientes, lo que provoca que sean devueltas al ambiente sin haber pasado por un proceso de purificación adecuado (Khan *et al.*, 2022).

El agua tratada debe tener la menor concentración de materiales contaminantes para regresarla al ambiente o, de ser posible, ser reutilizada y aprovechada en otras actividades. Para que esto ocurra, debe seguirse una serie de procesos tanto mecánicos como biológicos que convierten el agua residual en agua reutilizable, sin contaminantes orgánicos o inorgánicos (Kim *et al.*, 2019; Khan *et al.*, 2022).

Para abordar esta problemática se han desarrollado diversos métodos para el tratamiento de aguas residuales; la utilización de los lodos activados es uno de los procesos más sencillos y ampliamente aplicados.

Su uso tiene como beneficio la reducción de contaminantes en el agua, lo cual previene la propagación de microorganismos patógenos y bacterias que son focos de enfermedades en la población, además de conservar la vida acuática, pues los nutrientes ayudan a proliferar algas y eutrofizan el ambiente causando la muerte de los peces (Rodríguez *et al.*, 2016).



**Figura 1.** Tren de tratamiento de aguas residuales. El agua residual entra al tratamiento con diversos contaminantes, como sólidos grandes, que posteriormente se remueven. Enseguida, la materia orgánica pasa por un proceso de sedimentación. Por último, son removidos otros contaminantes (como los responsables del color y olor) y otras partículas solubles muy pequeñas.

## TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

El proceso incluye al menos tres etapas. La primera incluye métodos físicos de depuración mediante los cuales se realiza la separación de partículas grandes y no disueltas en el agua, así como de aceites y grasas. La segunda es un tratamiento químico o biológico en biorreactores con lodos activados, donde se utilizan microorganismos en un proceso aeróbico para reducir la carga de materia orgánica presente. Finalmente, en la tercera, el objetivo es limpiar el agua de componentes disueltos como metales pesados, minerales, nitrógeno y fósforo, por mencionar algunos, así como la eliminación de patógenos (Figura 1) (Begmatov *et al.*, 2022).

La segunda etapa tiene como función principal la eliminación de nutrientes y materia orgánica presentes, causantes en gran medida del color y olor del agua residual.

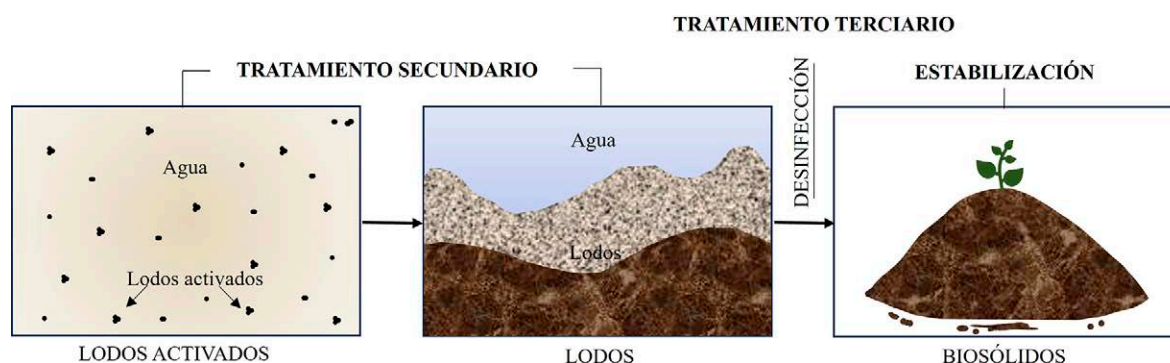
Este tratamiento se lleva a cabo mediante una mezcla en un sistema conocido como reactor biológico, al cual llega el agua residual que se encuentra en constante agitación con los lodos activados durante un tiempo determinado, lo que garantiza un ambiente rico en oxígeno y con las condiciones

necesarias para el establecimiento de colonias de bacterias, hongos y protozoos encargadas de reducir la carga de materia orgánica. Después, mediante sedimentación, la mezcla se separa; una parte de las colonias sedimentadas retornan al reactor biológico, y otra parte se retira del sistema como biosólidos o lodos estabilizados (Rezai y Allahkarami, 2021).

## EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

La primera planta de tratamiento de agua fue construida en 1923, a partir del trabajo publicado por Arden y Locket sobre lodos activados. Desde esa fecha, numerosos procedimientos fueron desarrollados en países de Europa como Alemania (tanques Imhoff; biodiscos), Francia (la compañía OTV desarrolla los filtros biológicos aireados y patenta Biostyr) y Holanda (la compañía STOWA patenta el proceso SHARON), entre otras (González, 2011).

No obstante, existen diversos desarrollos y métodos propuestos con versatilidad para el tratamiento de aguas residuales, entre los que podemos mencionar el uso de energía solar mediante la transferencia de calor a un fluido; sin embargo, se requiere de sistemas de captación grandes, así como mayor tiempo



**Figura 2.** Cambios físicos de los lodos en los diferentes tratamientos. Los lodos en su fase activa necesitan de una buena mezcla y de oxígeno para poder encontrar la materia orgánica contaminante, se alimentan de esta y, después de un tiempo, se separan por sedimentación; entonces, el subproducto, que es un lodo, pasa por otro tratamiento de estabilización para generar un biosólido amigable con el ambiente.

de retención del agua. Otro método que, además, es económico, emplea plantas acuáticas que actúan como filtros naturales, aunque el proceso es largo y se limita a la profundidad de penetración de las raíces, por lo que las plantas retienen contaminantes (como metales pesados) que posteriormente las enferman.

#### ¿QUÉ SON LOS LODOS ACTIVADOS Y CÓMO ACTÚAN?

Los lodos son producidos en aguas residuales sedimentadas en tanques de aireación; el término “activo” implica que están repletos de bacterias, hongos y protozoos que se alimentan de la materia orgánica presente en las aguas residuales. Este producto es mejor conocido como licor mixto, y acelera la descomposición de los residuos en las aguas residuales en tratamiento. Después de algún tiempo se permite que el lodo, por efecto de su densidad, sedimente, y se desecha o se reutiliza según se necesite y de acuerdo con el tiempo que lleven recirculándose; el agua restante continúa su tratamiento (Kerri, 1998). Cabe mencionar que su composición biológica está determinada por condiciones operativas, tales como las características de los afluentes, el desempeño de las instalaciones, la demanda química de oxígeno y el tiempo de suspensión de la materia, entre otros (Kim *et al.*, 2019).

Los lodos activados favorecen la desnitrificación del agua mediante la oxidación del amoníaco a nitrato y, finalmente, a nitrato; el tratamiento depende de las concentraciones absolutas de microorganismos de acuerdo con la materia orgánica presente

(Begmatov *et al.*, 2022). Se remueve materia orgánica de aguas residuales de distintas procedencias, como las industriales, municipales y de la agricultura, y lo hace con una alta eficiencia de purificación y robustez para asegurar la inocuidad de la materia orgánica (Lambert *et al.*, 2022).

Sin embargo, es importante mantener al margen algunos parámetros, como el pH, para el manejo seguro de los lodos, pues pueden interferir en la solubilidad de algunos metales como zinc, plomo, arsénico y mercurio, lo cual causa efectos negativos en el suelo y repercusiones en la salud de la población (Chicón, 2003).

#### ¿QUÉ PASA DESPUÉS CON LOS LODOS ACTIVADOS?

Como subproducto del tratamiento de aguas residuales se generan lodos y biosólidos; los primeros contienen materia orgánica e inorgánica, así como compuestos tóxicos y patógenos; para su manejo adecuado, se someten a procesos de deshidratación y estabilización que permiten la reducción de patógenos y la eliminación de olores, lo que minimiza los riesgos para su disposición final como biosólidos que cumplen con estándares de seguridad y calidad.

Los biosólidos, debido a que son producidos en gran cantidad en todo el mundo, pueden ser aprovechados como fertilizante natural o mejoradores del suelo, y ayudar así al crecimiento de plantas,

árboles y cultivos. Este doble uso lo vuelve un sistema sostenible y generoso con el ambiente, pues equilibra la economía, la preservación del ambiente y el bienestar social.

## LOS LODOS COMO UN PROCESO DE METAMORFOSIS

Los lodos son un elemento clave en el tratamiento de aguas residuales, aunque su consistencia es diferente en cada proceso (Figura 2).

En su fase activa, los lodos tienen consistencia líquida y se componen de 93 a 97 % de agua, siendo el resto materia orgánica e inorgánica; forman parte del tratamiento secundario y su función es la eliminación de la materia orgánica del agua residual. El lodo obtenido como subproducto del tratamiento secundario es de consistencia viscosa, ya que el volumen de agua es menor; de él, una parte se reincorpora al tratamiento y el resto es llevado a un proceso de depuración para su estabilización, cuyo producto es un biosólido rico en nutrientes y libre de agua.

La reutilización de materiales orgánicos, ricos en nutrientes como nitrógeno y fósforo contenidos en los biosólidos, tiene un gran impacto por su aplicación en suelos agrícolas y forestales para su restauración, y como fertilizante representa una alternativa importante y de menor efecto ambiental que puede ser aprovechada para el desarrollo de las plantas (Salcedo *et al.*, 2007).

## REFERENCIAS

- Begmatov S, Dorofeev A, Kadnikov V, Beletsky A, Pimenov N, Ravin N and Mardanov A (2022). The structure of microbial communities of activated sludge of large-scale wastewater treatment plants in the city of Moscow. *Scientific Reports* 12:1-3458.
- Chicón L (2003). Especiación de metales pesados en lodos de aguas residuales de origen urbano y aplicación de lodos digeridos como mejoradores de suelos. *Spin Cero* 98:57-78.
- González S (2011). *Desarrollos tecnológicos para el tratamiento y reúso eficiente de aguas residuales*. Coordinación de Ingeniería Ambiental, Instituto de Ingeniería, UNAM.
- Kerri K (2004). *Operation of wastewater treatment plants: a field study training program*. Sacramento: California State University.

Khan T (2022). Environmental technology and wastewater treatment: strategies to achieve environmental sustainability. *Chemosphere* 286:1-131532.

Kim YK, Yoo K, Kim MS, Han I, Lee M, Kang BR, Lee TK and Park J (2019). The capacity of wastewater treatment plants drives bacterial community structure and its assembly. *Scientific Reports* 9:1-14809.

Lambert N, Van AP, Smets I, Appels L and Dewil R (2022). Performance assessment of ultrasonic sludge disintegration in activated sludge wastewater treatment plants under nutrient-deficient conditions. *Chemical Engineering Journal* 431:2-133979.

Rezaei B and Allahkarami E (2021). Chapter 2-Wastewater Treatment Processes Techniques, Technologies, Challenges Faced, and Alternative Solutions. En Karri RR, Ravindran G and Dehghani MH (Eds.), *Soft Computing Techniques in Solid Waste and Wastewater Management* (pp. 35-53). Elsevier.

Rodríguez M, García-Ubaque JP, Augusto C, Mejía Z y Alfonso C (2016). El análisis del ciclo de vida aplicado a las plantas de tratamiento de aguas residuales. *Ciencia y Sociedad* 41:616-636.

Salcedo PE, Vázquez AA, Krishnamurthy L, Zamora NF, Hernández ÁE y Rodríguez MR (2007). Evaluación de lodos residuales como abono orgánico en suelos volcánicos de uso agrícola y forestal en Jalisco, México. *INCI* 32:2.

**Montserrat Suárez García**  
**David García Mondragón**  
**Instituto Interamericano en Tecnología**  
**y Ciencias del Agua**  
**Universidad Autónoma del Estado de México**  
**Campus Toluca**  
[msuarezg413@alumno.uaemex.mx](mailto:msuarezg413@alumno.uaemex.mx)



© José Kuri Breña. Homero. Fibra de vidrio, 1990.