

BIOFERTILIZANTES A PARTIR DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS

IVÁN MORENO ANDRADE,
ALEJANDRO VARGAS CASILLAS
Y JULIÁN CARRILLO REYES

Los residuos orgánicos representan una parte significativa de los desechos que se generan en los hogares, en las industrias y en las actividades agrícolas. Los residuos de comida, de mercados y la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos son generados en gran cantidad en nuestro país (Figura 1). Estos residuos, originalmente percibidos como una problemática ambiental, ahora, se vislumbran como una valiosa materia prima para la producción de biocombustibles gaseosos y la obtención de subproductos beneficiosos para lograr un equilibrio en el eje agua-energía-ambiente-seguridad alimentaria. Esta transformación de la materia orgánica se puede llevar a cabo mediante el proceso que se conoce como *digestión anaerobia*, donde microorganismos, en ausencia de oxígeno, descomponen los residuos orgánicos y pueden generar productos de alto valor, como biogás, ácidos orgánicos, proteína celular, biofertilizantes y hasta bioplásticos. Para ello, es necesario el monitoreo y control de las variables de proceso, como son: la temperatura, la cantidad de residuos, el tiempo de proceso o la selección de microorganismos especializados, entre otros. Este método genera productos en fase gaseosa, como hidrógeno o metano, también, en fase líquida, donde se acumulan productos valiosos que pueden ser extraídos y purificados para su posterior comercialización. El resultado final, conocido como digestato, constituye un efluente rico en nutrientes esenciales para el crecimiento vegetal, incluyendo nitrógeno, fósforo, potasio, micronutrientes y materia orgánica parcialmente degradada que puede aumentar el contenido de humus en el suelo.

Tomando en cuenta las características de los digestatos, éstos pueden ser empleados como: a) biofertilizantes, que aportan nutrientes y los liberan gradualmente a lo largo del tiempo, mejorando así, su disponibilidad para las plantas y reduciendo el riesgo de lixiviación hacia los cuerpos de agua; b) mejoradores de suelos, que incorporan materia orgánica al suelo, mejorando su estructura y aumentando la retención de agua y nutrientes, haciéndolos más saludables y productivos; c) prebióticos agrícolas, que favorecen el crecimiento de microorganismos benéficos para la salud del suelo y el crecimiento de las plantas. Lo anterior contribuye a la agricultura sostenible, pues evita el uso de fertilizantes químicos, conserva recursos y mejora la salud del suelo.

El uso de los digestatos puede jugar un papel fundamental para la agricultura sostenible, ya que reducen la dependencia



Figura 1. Ejemplo de residuos sólidos orgánicos para producción de biofertilizantes

de los fertilizantes químicos, preservan los recursos naturales y mejoran la calidad del suelo. Tiene beneficios económicos a largo plazo en términos de costos de producción y sostenibilidad ambiental, demostrando mejora en la fertilidad del suelo, al igual que en la disponibilidad de nutrientes, que se encuentran de manera más equilibrada que en los fertilizantes químicos convencionales. Además, se ha observado que estimulan la actividad de bacterias y hongos beneficiosos en el suelo, lo que ayuda a proteger a las plantas contra organismos patógenos y mejora la salud general del ecosistema agrícola.

La presencia de materia orgánica en los digestatos desempeña un papel crucial en la mejora de la estructura del suelo al incrementar su capacidad para retener agua y aire. Este fenómeno conduce a la formación de un suelo rico en nutrientes, con una textura adecuada y bien drenado, proporcionando un ambiente óptimo para el desarrollo de raíces saludables y el crecimiento vigoroso de las plantas. Además, esta mejora en la estructura del suelo contribuye significativamente a mitigar problemas asociados con la erosión, como la pérdida de nutrientes. Al fomentar el crecimiento de microorganismos benéficos gracias a sus propiedades prebióticas, los digestatos promueven una liberación gradual de nutrientes en el suelo. Esta actividad biológica también genera compuestos bioactivos que estimulan el crecimiento y desarrollo de las plantas, lo cual, puede traducirse en cultivos más robustos con mayor rendimiento. En conjunto, estos beneficios resaltan el valor de los digestatos como un recurso valioso en la mejora de la salud del suelo y la productividad agrícola.

Tomando en cuenta lo anterior, se ha buscado evaluar el uso de digestatos y efluentes derivados del tratamiento de residuos sólidos orgánicos y aguas residuales como biofertilizantes,

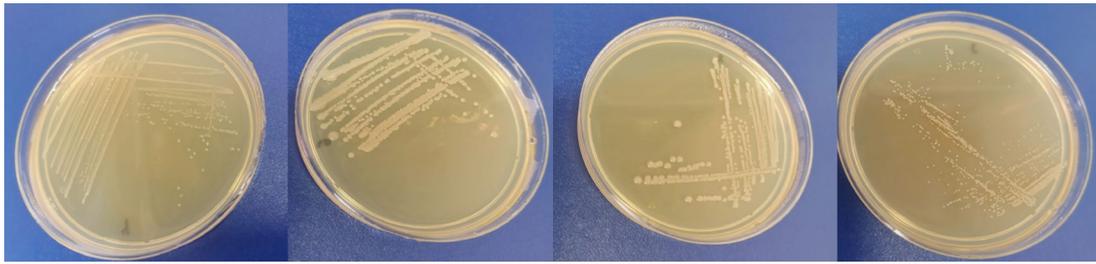


Figura 2. Crecimiento de bacterias del suelo empleando digestatos como prebiótico

prebióticos y mejoradores de suelo, dentro del proyecto “Cambio de paradigma: residuos como materia prima para conciliar el eje agua-energía-ambiente-seguridad alimentaria” de los Grupos Interdisciplinarios de Investigación del Instituto de Ingeniería (<https://www.iingen.unam.mx/es-mx/Investigacion/GII/Paginas/rt/Proyecto-4.aspx>). En este proyecto se busca evaluar digestatos provenientes de procesos anaerobios de distintos residuos sólidos orgánicos (de cafetería, de la central de abastos, de nejayote*, de nopal, de alimentos y de agroindustriales) para determinar la factibilidad del uso del digestato como prebiótico en suelos (evaluación del crecimiento microbiano), su efecto para incrementar la germinación de semillas y la posible fitotoxicidad de plantas. Así mismo, se busca la producción de biofertilizantes a partir de florecimientos macroalgales masivos ocurriendo en lagunas costeras del estado de Sinaloa.

Entre los resultados que se han obtenido se puede mencionar la determinación de dosis óptimas de germinación y de concentraciones que puedan producir posibles efectos fitotóxicos. Además, el uso de digestatos de residuos de alimentos y de la fracción orgánica de residuos municipales fueron empleados como medio de cultivo para bacterias aisladas de una muestra de suelo, promoviendo su crecimiento y aumentando la actividad microbiana del suelo (Figura 2). Actualmente, digestatos derivados de diferentes residuos orgánicos se están evaluando en campo, comparándolos con lixiviados de vermicomposta y fertilizantes comerciales.

Dentro del proyecto, se busca la optimización de la producción de los digestatos y la recuperación de biocombustibles gaseosos, para lo cual, se busca el desarrollo de un sistema integral automatizado para producción de prebiótico agrícola. El sistema toma como base la automatización del proceso que se realizó en un proyecto previo, donde se instaló un sistema de monitoreo y control en una empresa que produce biofertilizante comercial por medio de digestión anaerobia de residuos orgánicos (Figura 3). El sistema contará con una interfaz gráfica que permita al usuario visualizar y programar todos los elementos del proceso, un biorreactor termostático automatizado o digestor anaerobio; un contenedor para recibir los residuos a utilizar y ajustar su pH; bombas de llenado, recirculación y vaciado; electroválvulas y un sistema de medición de biogás. En este sistema el usuario sólo se encarga de alimentar los residuos agrícolas y de obtener el digestato o prebiótico. De manera automática el sistema controla el pH, alimenta al digestor anaerobio, activa la recirculación periódicamente, mantiene la temperatura, monitorea continuamente el

biogás generado e indica al usuario con una alerta visual cuándo es prudente terminar la biorreacción. La principal característica del sistema será la capacidad de adaptarse a variaciones en la composición y concentraciones del residuo alimentado, generando una mejora progresiva en la calidad del digestato producido, así como una adaptación positiva y sinérgica de los microorganismos que llevan a cabo la digestión anaerobia. Finalmente, se prevé la posibilidad de agregar módulos antes o después del proceso, para satisfacer las necesidades de los posibles usuarios, como fases de pre-tratamiento de los residuos, un módulo de acondicionamiento y almacenamiento de biogás, u otros.

Finalmente, cabe remarcar que la producción de biofertilizantes es sólo una parte del proyecto de Grupos Interdisciplinarios de Investigación del Instituto de Ingeniería de la UNAM. Se están conjuntando esfuerzos para desarrollar procesos eficientes mediante los cuales se aprovechen los residuos orgánicos para la generación de biocombustibles y productos de valor agregado, buscando que sean eficientes y económicamente viables. En este sentido, se plantean soluciones sostenibles de producción de bioenergéticos y bioproductos a partir de residuos considerando el contexto mexicano, en el marco de la economía circular y para el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.



Figura 3. Instalación de un sistema de monitoreo y control en una empresa que produce biofertilizante a partir de residuos sólidos orgánicos