

CONSORCIOS MICROBIANOS: AVANCES Y DESAFÍOS EN LA BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS IMPACTADOS CON CONTAMINANTES EMERGENTES

Diana V. Cortés-Espinosa, Instituto Politécnico Nacional, Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada, Tlaxcala, México 90700, dcortes@ipn.mx

Palabras clave: biorremediación, consorcios microbianos, contaminantes emergentes

Introducción. Los contaminantes emergentes (CEs) son compuestos químicos altamente peligrosos, recientemente monitoreados por su impacto ambiental, y en la salud humana. Los CEs incluyen a los disruptores endócrinos, antibióticos, microplásticos, pesticidas, perfluoralquilados, productos y subproductos provenientes de procesos industriales y aguas residuales. Liberados principalmente a cuerpos de agua, teniendo como destino final los sedimentos y suelos, siendo que a través de estas matrices que se incorporan a las cadenas tróficas. Por ello se buscan estrategias para la eliminación de CEs de matrices ambientales para mitigar el daño que están ocasionando a la salud pública. La biorremediación es una alternativa, donde los microorganismos son encargados de la degradación de los CEs. Los consorcios microbianos han tomado relevancia para la degradación de CEs, ya que se conforman por microorganismos con diferentes capacidades metabólicas y trabajan de manera sinérgica para lograr la mineralización de una amplia variedad de CEs^(1,2).

En el grupo de investigación trabajamos en la construcción de diferentes consorcios microbianos para la degradación de CEs presentes en agua y suelo.

Metodología. Se realizaron muestreo de diferentes sitios contaminados con CEs para el aislamiento y selección de microorganismos capaces de tolerar y degradar CEs. Se realizaron pruebas antagónicas para la construcción de los consorcios microbianos y pruebas de tratabilidad en cultivo sólido a nivel microcosmos para la estandarización de condiciones de cultivo del consorcio y evaluación de la degradación de compuestos xenobióticos. Los consorcios microbianos fueron estudiados usando herramientas moleculares e inmovilizados en residuos agroindustriales para su aplicación *in situ*.

Resultados. Se cuenta con un cepario con más de 400 aislados microbianos (hongos filamentosos, levaduras, bacterias y actinomicetos) provenientes de diferentes sitios impactados por actividades antropogénicas en Veracruz, Puebla y Tlaxcala, los cuales han sido seleccionados por su capacidad para tolerar y degradar CEs. Estos aislados han sido usados para la construcción de consorcios microbianos a través de pruebas antagónicas en placa, seleccionando aquellos

que tengan la capacidad de crecer juntos y de manera sinérgica favorecer la mineralización de los CEs (fig. 1).



Fig. 1. Pruebas antagónicas para construcción de consorcios: A) bacteria-bacteria: *O. pituitosum* C5R sembrada en la placa de forma masiva confrontada con 10 bacterias. B) Hongo-hongo: *A. nomius* sembrado al centro y confrontado con 6 hongos filamentosos. C) Hongo-Bacteria: *A. flavus* inoculado al centro y confrontado con 10 bacterias.

Esta técnica ha servido para la conformación de consorcios bacterianos, fúngicos (filamentosos o levaduriformes) o mixtos, dependiendo de la estructura química del contaminante y la matriz ambiental en que se aplicará (tabla 1).

Tabla 1. Consorcios microbianos para la degradación de CEs

| Consortio microbiano | Fuente de aislamiento | Degradación de CEs | Referencia |
|---|---|--|---|
| Mixto: <i>A. flavus</i> H6, <i>A. nomius</i> H7, <i>R. variabilis</i> H9, and <i>T. asperellum</i> H15, <i>K. pneumoniae</i> B1, <i>B. cereus</i> B4, <i>P. aeruginosa</i> B5, and <i>Klebsiella</i> sp. B10, <i>S. maltophilia</i> B14 | Suelo contaminado por derrame de petróleo crudo | PAHs, petróleo crudo y creosota en suelo | Zafra et al. 2014 Moreno Montaña, 2016 Pacheco Cabezas, 2018 y 2023 |
| Fúngico no ligninolítico: <i>Aspergillus niger</i> SCB2, <i>T. spectabilis</i> SSC12, <i>T. asperellum</i> H15 | Suelos contaminados con hidrocarburos | PAHs y diésel | Moreno-Montaña, 2015 |
| Fúngico: <i>T. asperellum</i> H15, <i>T. spectabilis</i> , <i>F. verticillioides</i> , <i>A. niger</i> , <i>A. terreus</i> , <i>P. ostreatus</i> , <i>Phanerochaete chrysosporium</i> | Suelos contaminados con hidrocarburos y nafta | Pireno y Fenantreno | Hernández, 2018 |
| Bacteriano: <i>Cellulomicrobium cellulans</i> , <i>Arthrobacter luteolus</i> , <i>Bacillus pumilus</i> , <i>Lysinibacillus</i> sp., <i>Sphingomonas</i> sp. | Suelo agrícola contaminado con DDT | Plaguicidas: DDT en suelo | Calva et al., 2023 |
| Bacteriano: <i>Ochrobactrum</i> sp. OM3, <i>Ochrobactrum</i> sp. TM2, <i>Ochrobactrum</i> sp. AM5, <i>Ochrobactrum pituitosum</i> TM19, <i>P. geniculata</i> TMS, <i>P. tuberosa</i> IM1, <i>Serratia marcescens</i> malpholia KM10, <i>Serratia marcescens</i> OM1 | Suelos agrícolas de Puebla y Tlaxcala contaminados con mezcla de plaguicidas | Carbofuran, paraquat, endosulfan, paraquat metílico en suelo | Arenas, 2019 Aczarraga, 2021 |
| Fúngico filamentosos: <i>A. niger</i> SCB2, <i>A. flavus</i> H6, <i>A. nomius</i> H7, <i>A. niger</i> H20R y <i>A. tubingenis</i> H13K | Aislados de diferentes sitios contaminados con plaguicidas, hidrocarburos, diésel | Bisfenol A en suelo y agua Colorantes azo en agua Colorantes azo en efluentes textiles | López-Garrido, 2020 Agulla, 2023 |
| Consortio bacteriano | | | |
| Mixto fúngico: <i>A. flavus</i> B25C1, <i>T. yunnanense</i> M32C1, <i>A. tubingenis</i> B22C1, <i>P. expansum</i> B12C3, <i>F. Ajkurai</i> Z15C2, <i>F. temperata</i> M35C1, <i>M. circinellides</i> M12C2, <i>A. pseudoionis</i> M33C3 y <i>A. fumigatus</i> B22C3, Levadura 1 LZ12C3, Levadura 2 LM15C1, Levadura 3 LB15C1, Levadura 4 LZ15C1 y Levadura 5 LZ25C1 | Aislados de diferentes puntos del río Zahuapan, Tlaxcala | Bisfenol A en suelo y agua Colorantes azo en agua Glifosato en suelo | Turnes-García, 2023 Bermon, 2023 |

Conclusiones. La aplicación de consorcios microbianos por bioaumentación en suelos contaminados favorece la eficiente degradación de CEs en menor tiempo y trabajan en sinergia con los microorganismos nativos del suelo.

Agradecimiento. Instituto Politécnico Nacional por el financiamiento de los proyectos SIP20230878 e innovación SIP20212038.

Bibliografía.

- Zafra G., Absalón A., Anducho, M., Fernández F. and Cortés-Espinosa D. (2017). *Chemosphere*. 172:120-126.
- Zafra G., Taylor T., Absalón A. and Cortés-Espinosa D. (2016). *J. Hazard. Mater.* Vol. 318(15):702-710.