

The background is a dark blue field filled with a complex network of glowing, multi-colored lines and dots. The lines are primarily blue and purple, with some red and yellow highlights. The dots are small, multi-colored spheres in shades of blue, green, yellow, and red. The overall effect is that of a dynamic, interconnected network or data flow.

Redes

científicas

# Lacasas

## La estrategia que usa la Red de Investigación LIDA para evitar/combate los contaminantes emergentes en aguas residuales

La contaminación ambiental causa cambios drásticos en ecosistemas, afectando a la flora y fauna, además de causar enfermedades en humanos como cáncer de pulmón, asma, trastornos del desarrollo neuronal, entre otros, provocando alrededor de 4 millones de muertes por año [1-3]. Esta contaminación descontrolada y masiva de los ecosistemas, ha sido consecuencia del aumento de la población y la industrialización [3].

Entre la diversidad de contaminantes existen los contaminantes emergentes (CEs), los cuales se encuentran en productos químicos comunes, aditivos industriales, cosméticos y artículos para el cuidado personal, pesticidas, medicamentos y disruptores endócrinos, subproductos de desinfección, compuestos fluorados, colorantes y medios de contraste, entre otros [4].

El efecto negativo de los CEs los ha convertido en una preocupación para científicos, ingenieros y el público en general, por lo que su estudio se ha convertido en el tema de investigación principal de la Red nombrada LIDA (Lacasas Inmovilizadas para la Degradación de compuestos Aromáticos en Aguas Residuales). Esta red de investigación está conformada por 20 líderes de grupos de investigación alrededor del mundo, especializados en la mejora de los cuerpos de agua y que ha sido incluida en las Redes Temáticas del CYTED (Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo).

Algunos ejemplos de CEs y sus efectos nocivos son el bisfenol A, que se ha asociado con el desarrollo de cáncer de mama [6], y conservadores como los parabenos y el triclosán, cuyo uso en la industria cosmética, se ha asociado con la aceleración de la pubertad en jóvenes [7]. Por su parte, la acumulación de compuestos orgánicos

Norma A. Valdez-Cruz<sup>1</sup>

Roberto Parra<sup>2,3</sup>

Mauricio A. Trujillo-Roldán<sup>1\*</sup>

1. Departamento de Biología Molecular y Biotecnología, Instituto de Investigaciones Biomédicas, Universidad Nacional Autónoma de México, AP. 70228, Ciudad de México CP. 04510, México.

2. Tecnológico de Monterrey, School of Engineering and Sciences, Monterrey 64849, México.

3. Tecnológico de Monterrey, Institute of Advanced Materials for Sustainable Manufacturing, Monterrey 64849, México.

\*maurotru@biomedicas.unam.mx

persistentes se ha relacionado con genotoxicidad en reptiles en ríos de nuestro país [8]. Mientras, la exposición de hembras de peces cebrá a carbamazepina, acetaminofeno, gemfibrozil y venlafaxina, contenidos en efluentes de plantas de tratamiento de agua, causan una disminución en el desarrollo de sus embriones [9].

Las principales estrategias para mitigar la contaminación consisten en la transformación de contaminantes mediante procesos fisicoquímicos y biológicos [10]. Las estrategias fisicoquímicas incluyen la oxidación química, la incineración, la modificación con luz ultravioleta y vitrificación, entre otras. Mientras que las estrategias biológicas usando plantas como las algas y microorganismos como bacterias y hongos, y/o partes de ellos, como sus enzimas, proceso conocido como biorremediación [11,12].

Las principales proteínas con capacidad enzimática que se han usado para la transformación de CEs incluyen a las lacasas [11], las cuales se han empleado para la biodegradación de fenoles, fenoles clorados, herbicidas, pesticidas, colorantes textiles sintéticos, medicamentos y productos para el cuidado personal, entre otros [11]. Las lacasas se encuentran en plantas, hongos, e inclusive insectos y bacterias con funciones muy diversas como, por ejemplo, en la degradación de lignina y en la eliminación de fenoles tóxicos derivados de este proceso [11].

Así, extractos de cultivos de bacterias u hongos que contienen lacasas han mostrado potencial en la biotransformación de CEs. Por ejemplo, una lacasa del hongo *Trametes versicolor* ha logrado reducir las concentraciones

de estrógeno de aguas residuales en plantas de tratamiento [13]. Además, lacasas industriales (Novozymes, EE. UU.) pueden eliminar el fenol de muestras acuosas de una refinería [14]. La lacasa inmovilizada del hongo *Corioloopsis gallica* eliminó contaminantes conocidos como bisfenol-A, diclofenaco y etinilestradiol (EE2), en muestras de aguas residuales [15]. Mientras que la lacasa de una especie del hongo *Phoma sp.* pudo biotransformar paracetamol, bezafibrato, indometacina, ketoprofeno y naproxeno en muestras de aguas residuales [16]. Las lacasas de la bacteria *Klebsiella pneumoniae* presenta grandes ventajas como la de resistir altas temperaturas, excelente característica para ser usada en la degradación de colorantes industriales, como aquellos azules usados en la industria textil.

Actualmente en la industria textil, alimentaria y papelera ya se utilizan productos a base de estas enzimas lacasas, reflejando la

viabilidad de su uso industrial [17], aunque aún faltan avances para lograr éxito comercial. De ahí que la Red LIDA se aplique en generar conocimiento sobre las características de los cuerpos de agua, así como el aislamiento, identificación, caracterización y desarrollo de nuevas lacasas, considerando además el diseño de nuevas formas de presentación de estas enzimas que las ayuden a hacer eficientes y duraderas. El enfoque principal de la Red LIDA es desarrollar estrategias sostenibles para la degradación de CEs en aguas residuales en Iberoamérica con nuevas lacasas. Hasta ahora se han desarrollado y aplicado nuevas estrategias usando lacasas en procesos de biorremediación de aguas residuales de la industria textil. Aunque aún falta sumar y concientizar a más industrias, hospitales y público en general para lograr remediar la contaminación que se acumula de forma persistente dañando los cuerpos de agua. 



## Glosario

**Disruptor endocrino:** Compuesto químico que al ser expuesto a un organismo es capaz de alterar el equilibrio hormonal. Tal es el caso que puede afectar y en algunos casos detener procesos fisiológicos controlados por hormonas. Normalmente, son sustancias contaminantes, que por ejemplo pueden provocar infertilidad o incluso cambios de sexo en peces e invertebrados. En los seres humanos pueden llegar a afectar la fertilidad.

**Lacasas:** proteínas con actividad enzimática catalizando la oxidación de una molécula que puede llegar a ser contaminante. Estas fueron descubiertas en los árboles de laca chinos en 1883 y nombradas lacasas unos 10 años después al ser aisladas.

**Bisfenol A (BPA):** es una molécula orgánica reportada disruptor endocrino que es ampliamente usada en plásticos y aditivos plásticos. Su uso en México no está regulado, pero países como España y Francia ya lo prohíben en cualquier recipiente en contacto con alimentos.

**Genotoxicidad:** Capacidad de una molécula para dañar directa o indirectamente al ADN.

**Estrógenos:** hormonas sexuales esteroideas producidas por los ovarios, la placenta durante el embarazo y, en menores cantidades, por las glándulas suprarrenales.

**Etinilestradiol (EE2):** Es un esteroide sintético usado como anticonceptivo y para disminuir los síntomas de la menopausia.

## Referencias

[1] Frye RE, Cakir J, Rose S, Delhey L, Bennuri SC, Tippet M, Melnyk S, James SJ, Palmer RF, Austin C, Curtin P, Arora M (2020) Prenatal air pollution influences neurodevelopment and behavior in autism spectrum disorder by modulating mitochondrial physiology. *Molecular Psychiatry* 26(5), 1561-77. <https://doi.org/10.1038/s41380-020-00885-2>

[2] Holst GJ, Pedersen CB, Thygesen M, Brandt J, Geels C, Bønløkke JH, Sigsgaard T (2020) Air pollution and family related determinants of asthma onset and persistent wheezing in children: Nationwide case-control study. *The BMJ* 370, 1-9. <https://doi.org/10.1136/bmj.m2791>

[3] Ukaogo PO, Ewuzie U, Onwuka CV (2020) Environmental pollution: causes, effects, and the remedies. In *Microorganisms for Sustainable Environment and Health*. INC. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819001-2.00021-8>

[4] Kumar A, Yadav AN, Mondal R, Kour D, Subrahmanyam G, Shabnam AA, Khan SA, Yadav KK, Sharma GK, Cabral-Pinto M, Fagodiya RK, Gupta DK, Hota S, Malyan SK (2021) Myco-remediation: A mechanistic understanding of contaminants alleviation from natural environment and future prospect. *Chemosphere* 284:131325. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131325>

[6] Merzoug-Larabi M, Youssef I, Bui AT, Legay C, Loiodice S, Lognon S, Babajko S, Ricort JM (2020) Protein Kinase D1 (PKD1) is a new functional non-genomic target of bisphenol a in breast cancer cells. *Frontiers in Pharmacology* 10, 1-14. <https://doi.org/10.3389/fphar.2019.01683>

[7] Harley KG, Berger KP, Kogut K, Parra K, Lustig RH, Greenspan LC, Calafat AM, Ye X, Eskenazi B (2019) Association of phthalates, parabens and phenols found in personal care products with pubertal timing in girls and boys. *Human Reproduction* 34(1), 109-117. <https://doi.org/10.1093/humrep/dey337>

[8] González-Mille DJ, Ilizaliturri-Hernández CA, Espinosa-Reyes G, Cruz-Santiago O, Cuevas-Díaz MDC, Martín Del Campo CC, Flores-Ramírez R (2019) DNA damage in different wildlife species exposed to persistent organic pollutants (POPs) from the delta of the Coatzacoalcos river, Mexico. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 180, 403-11. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.05.030>

[9] Galus M, Jeyaranjan J, Smith E, Li H, Metcalfe C, Wilson JY (2013) Chronic effects of exposure to a pharmaceutical mixture and municipal wastewater in zebrafish. *Aquatic Toxicology* 132, 212-22. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2012.12.016>

[10] Wang J, Shih Y, Wang PY, Yu YH, Su, JF, Huang C (2019) Hazardous waste treatment technologies. *Water Environment Research* 91(10), 1177-98. <https://doi.org/10.1002/wer.1213>

[11] Arregui L, Ayala M, Gómez-Gil X, Gutiérrez-Soto G, Hernández-Luna CE, Herrera de los Santos M, Levin L, Rojo-Domínguez A, Romero-Martínez D, Saparrat MCN, Trujillo-Roldán MA, Valdez-Cruz NA (2019) Laccases: structure, function, and potential application in water bioremediation. *Microbial Cell Factories* 18(1), 1-33. <https://doi.org/10.1186/s12934-019-1248-0>

[12] Giardina P, Faraco V, Pezzella C, Piscitelli A, Vanhulle S, Sanna G (2010) Laccases: A never-ending story. *Cellular and Molecular Life Sciences* 67(3), 369-85. <https://doi.org/10.1007/s00018-009-0169-1>

[13] Auriol M, Filali-Meknassi Y, Adams CD, Tyagi RD, Noguero TN, Pina B (2008) Removal of estrogenic activity of natural and synthetic hormones from a municipal wastewater: efficiency of horseradish peroxidase and laccase from *Trametes versicolor*. *Chemosphere* 70(3):445-52. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2007.06.064>