

Tabla 1. *Aplicaciones biotecnológicas de utilidad ambiental de los aislados bacterianos identificados a nivel de especie.*

Microorganismos	Aplicaciones
<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Activa la vía de síntesis de las giberelinas (GA) principalmente las bioactivas, promoviendo el crecimiento de la planta de pepino al ser utilizada como PGPR ecológico. Kang <i>et al.</i> (2012)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tiene potencial aplicación en la degradación de plaguicidas y en la promoción del crecimiento de la planta, ya que actúa en la solubilización de fosfato, ácido indol-3-acético y en la producción de sideróforo. Zhao <i>et al.</i> (2012)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Actúa en la purificación de la peroxidasa de lignina para la oxidación de sustratos incluyendo; Mn<sup>2+</sup>, triptófano, mimosina, L-Dopa, hidroquinona, xilidina, n-propanol, alcohol veratryl y diez tintes textiles de diversos grupos. Ghodake <i>et al.</i> (2008)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sintetiza sustancias con propiedades emulsionantes y de superficie (SAS y emulgentes) mientras crece tanto en hidrófilos (etanol) como en sustratos hidrófobos (hexadecano). Pirog <i>et al.</i> (2009)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Presenta características de utilidad para el diseño de estrategias para la biorremediación de sitios contaminados con hidrocarburos. Marín <i>et al.</i> (1995)</li> </ul>
<i>Aeromonas hydrophila</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>A nivel de laboratorio fue reportada como solubilizadora de fosfato. Lara <i>et al.</i> (2011)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Produce energía en celdas de combustible microbianas y reduce el cromo hexavalente, Cr (VI). Mora y Bravo (2017)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Posee una alta eficiencia en la remoción de plomo en aguas residuales sintéticas. Ramírez <i>et al.</i> (2016)</li> </ul>

Microorganismos	Aplicaciones
<i>Bacillus cereus</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biorremediación de sitios contaminados con cromo hexavalente (Cr<sup>+6</sup>) con capacidad de tolerar hasta 8000 ppm y remover el 100% del contaminante. Ramírez y Benítez (2013)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Degradación de petróleo Diesel-2 debido a la interacción de <i>Pseudomonas aeruginosa</i> y el consorcio microbiano propio del ambiente marino (<i>Rhodococcus erythropolis</i>, <i>Bacillus cereus</i> y <i>Pseudomonas fluorescens</i>). Mendoza y Guerrero (2015)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biorremediación de metales pesados como plomo (II), cobre (II), níquel (II) o zinc (II), plata (I), cromo (VI) o cadmio (II). Muñoz-Silva <i>et al.</i> (2019)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potencial de electrogenicidad y generación de bioelectricidad. Ajunwa <i>et al.</i>, (2018)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biosorción de estroncio (II) a partir de soluciones acuosas. Long <i>et al.</i> (2017)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Producción de dos polihidroxicanoatos, ácido poli metil-3-hidroxitetradecanoico (P-3HTD) y ácido metil-3-hidroxi octadecanoico (P3-HOD), de <i>Bacillus cereus</i> para la obtención de bioplásticos. Zribi-Maaloul <i>et al.</i> (2013)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biosorción de mercurio Hg de un medio acuoso a partir de las células inmovilizadas de <i>Bacillus cereus</i>. Sinha <i>et al.</i> (2012)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produce dos antibióticos Zwittermicina A y Kanosamina. El primero inhibe a diversos protistas, Oomicetos, hongos y bacterias, además cuando se combina con Kanosamina actúa sinérgicamente contra <i>E. coli</i> y <i>Phytophthora medicaginis</i>, un Oomiceto. El amplio rango de acción de Zwittermicina A, sugiere que las bacterias que lo producen podrían ser útiles para el control de una amplia gama de enfermedades de plantas foliares y transmitidas por el suelo. Suh <i>et al.</i> (1998)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Además, zwittermicina A potencia la acción insecticida de las toxinas proteicas producidas por <i>B. thuringiensis</i>. Emmert <i>et al.</i> (2004)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• También se reporta un comportamiento antagonista contra patógenos de plantas como <i>Pseudomonas syringae</i> y <i>Agrobacterium tumefaciens</i>. Para probar la aplicación práctica, la cepa se utilizó directamente en el campo agrícola presentando un aumento en la producción en maní y sésamo. Banerjee <i>et al.</i> (2017)</li> </ul>	
<i>Bacillus marisflavi</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produce carotenoides con niveles máximos de absorción de 455 nm, por lo tanto, forma parte de un consorcio de microbios que degrada los lubricantes. Wang <i>et al.</i> (2015)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicada en biosorción de cromo, ya que es tolerante a concentraciones de hasta 700 mg/L. Mishra y Doble (2008)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Productora de biofloculante a partir del hidrolizado del efluente generado en la molienda del aceite de palma (POME). Nurul-Adela <i>et al.</i> 2016</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sintetiza nanopartículas de oro que pueden ser utilizadas como nanocatalizador para la degradación del rojo Congo y el azul de metileno. Nadaf y Kanase (2016)</li> </ul>

Microorganismos	Aplicaciones
<i>Enterobacter cloacae</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Muestra una alta actividad solubilizadora de fosfato <i>in vitro</i>. Posee propiedades provechosas para la agricultura sostenible al incidir favorablemente en el crecimiento y desarrollo de plantas de rábano (<i>R. sativus L.</i>). Lara y Oviedo (2013)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biorremediación de metales pesados (Pb, Cd y Ni), producción de floculante y expresión de proteínas en presencia de estos metales. Banerjee <i>et al.</i> (2015)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Degrada el glifosato a componentes no tóxicos (sarcosina y glicina), promueve el crecimiento de las plantas y es prometedor para su uso como bioinoculante en la fitorremediación de suelos contaminados con compuestos organofosforados difíciles de hidrolizar. Kryuchkova <i>et al.</i> (2014)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduce efectivamente el selenito a Se<sup>0</sup> usando fumarato reductasa y forma SeNPs; esta capacidad se puede emplear para desarrollar un biorreactor para tratar la contaminación por Se y para la biosíntesis de los SeNPs en el futuro. Song <i>et al.</i> (2017)</li> </ul>
<i>Escherichia coli</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Actúa en la biosíntesis de nanopartículas de oro para su aplicación en la electroquímica directa de la hemoglobina. Du <i>et al.</i> (2007)</li> </ul>
<i>Exiguobacterium aurantiacum</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produce ácido 3-indol acético (AIA) que contribuye al crecimiento vegetal. Gómez <i>et al.</i> (2012)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es utilizada en biorremediación de ambientes contaminados con petróleo por su capacidad de degradar alcanos de largas cadenas (C9-C26, diésel). Mohanty y Mukherji (2008)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produce un pigmento naranja, cuyo análisis reveló la presencia de carotenoides. Estos carotenoides demostraron actividad antifúngica contra <i>Fusarium sp</i>, <i>Penicilium sp</i> y <i>Alternaria sp</i>. Shatila <i>et al.</i> (2013)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiene la capacidad de crecer en pH alcalino en presencia de metales pesados y condiciones salinas. Strahsburger <i>et al.</i> (2017)</li> </ul>
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fijadora de nitrógeno; considerada por tanto como una rizobacteria promotora del crecimiento de plantas. Babalola (2010)</li> </ul>

Microorganismos	Aplicaciones
<i>Planococcus maritimus</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Actúa en consorcio con otras cepas en la degradación de más del 70% del colorante Malachite Green, debido a las actividades enzimáticas hidrolíticas extracelulares y a sus propiedades de biorremediación. Farha <i>et al.</i> (2018)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Puede degradar los compuestos BTX (Benceno, Tolueno, Xileno) al utilizarlos como única fuente de carbono para su crecimiento en condiciones aerobias por lo que puede desempeñar un papel importante para la biodegradación de BTX en diferentes sitios marinos contaminados. Desouky <i>et al.</i> (2015)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reduce el cromato incluso en presencia de diferentes iones metálicos divalentes y en condiciones salinas, por lo que puede contribuir de manera prometedora para el tratamiento de cromo hexavalente tóxico presente en aguas residuales industriales salinas. Subramanian <i>et al.</i> (2012)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se utiliza para la producción de biosurfactante (BS) para la captación de petróleo en ambientes contaminados. La producción de estas moléculas bioactivas (BS) juegan un papel fundamental en su adaptación a ambientes adversos ya que tolera concentraciones de hasta 2.7 M NaCl. Waghmode <i>et al.</i> (2019)</li> </ul>

Microorganismos	Aplicaciones
<i>Pantoea dispersa</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bacteria promotora de crecimiento de plantas en sorgo dulce. Actúa como Diazótrofo y produce ácido indol-3-acético. Mareque <i>et al.</i> (2015)</li> </ul>
<i>Proteus penneri</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Es una bacteria productora de lipasas que catalizan la hidrólisis del triaglicérol y se usan ampliamente como biocatalizadores para la producción de biodiesel. Korman y Bowie (2012)</li> </ul>
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los metabolitos activos de esta bacteria se utilizaron para la formulación de un bioproducto aplicado en un cultivo de tomate favoreciendo el crecimiento, desarrollo y rendimiento global del cultivo. Terry <i>et al.</i> (2010)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Degrada eficientemente diferentes tipos de grasas y aceites, incluidos los residuos de aceites comestibles. Hasanuzzaman <i>et al.</i> (2004)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Posee una alta capacidad para degradar petróleo Diesel-2 en agua de mar. Mendoza y Guerrero (2015)</li> </ul>
<i>Psychrobacter alimentarius</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Presenta actividad solubilizadora de fosfato relacionado con la liberación de ácidos orgánicos, glucónicos, tartáricos, acéticos y cítricos, aumentando el rendimiento en las plantas de tabaco. Gao <i>et al.</i> (2016)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Resistente a iones de metales pesados divalentes (Pb<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup> y Cd<sup>2+</sup>), por lo que es ampliamente aplicada en biorremediación. Abd-Elnaby <i>et al.</i> (2016)</li> </ul>
<i>Serratia marcescens</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Presenta propiedades antagónicas contra patógenos fúngicos en el suelo; <i>Fusarium oxysporum</i>, <i>Phytophthora cinnamomi</i> y <i>Rhizoctonia solani</i>. Kavroulakis <i>et al.</i> (2010)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Produce un pigmento rojo biodegradable que puede ser usado en la industria textil, cosmética, farmacéutica, etc. Gulani <i>et al.</i> (2012)</li> </ul>
<i>Terribacillus saccharophilus</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Promueve el crecimiento de las plantas estimulando su desarrollo al inducir la biosíntesis de metabolitos secundarios, como los terpenos, que reducen la incidencia de estrés vegetal. Salomon <i>et al.</i> (2016)</li> </ul>
<i>Alcaligenes faecalis subsp faecalis</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ejerce actividad de biocontrol contra patógenos del ciclamen y produce hidroxilamina como un compuesto de control biológico (Biopesticida). Yokoyama <i>et al.</i> (2013)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Biorremediación de lodos petroquímicos ricos en hidrocarburos aromáticos y saturados mediante el uso de bacterias del género <i>Alcaligenes</i> y <i>Pseudomonas</i>. Chirinos <i>et al.</i> (2010)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Biosorción de cadmio alcanzando concentraciones superiores a 168 mg /L y potencial biotecnológico para la promoción del crecimiento y desarrollo de plantas en sitios con alto grado de contaminación por Elementos potencialmente tóxicos. Noguez-Iniesta <i>et al.</i> (2017)</li> </ul>

Microorganismos	Aplicaciones
<i>Bacillus flexus</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biodegradación mejorada de 3-nitrobenzoato por medio de células inmovilizadas de <i>Bacillus flexus</i> con espuma de poliuretano. Mulla <i>et al.</i> (2012)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biodegradación del polímero poliacrilamida (PAM) y sus derivados. Joshi <i>et al.</i> (2017)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es caracterizado como un microorganismo endófito halotolerante aislado del halófito <i>Limonium sinense</i>. Esta cepa puede mejorar el crecimiento de las plántulas huésped en condiciones de estrés salino, debido a que posee genes relacionados con la promoción del crecimiento de las plantas (PGP). Wang <i>et al.</i> (2017)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Otra aplicación reportada es la biorremediación de aguas residuales alcalinas, al presentar una alta tasa de eliminación de DQO. Wang &amp; Zhao (2013)</li> </ul>
<i>Bacillus megaterium</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Producción de ácido indol acético (AIA) y promoción del crecimiento en plantas. Grunennvaldt <i>et al.</i> (2018)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Promotor de crecimiento vegetal. Zou <i>et al.</i>, (2010)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biosorbente de metales pesados como cadmio y cinc. Carballo <i>et al.</i> (2012)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presenta dos propiedades importantes asociadas con el crecimiento de las plantas, la solubilización de fosfato tricálcico y la producción de ácido indol acético (IAA). Otra característica es la producción de compuestos difusibles y volátiles que inhiben el crecimiento de dos fitopatógenos, <i>Alternaria alternata</i> y <i>Fusarium oxysporum</i>. Trivedi &amp; Pandey (2008)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• También se ha reportado que es capaz de fijar nitrógeno, la cepa en estudio se aisló originalmente de la rizósfera del maíz, probando que posee actividad de la enzima nitrogenasa y que el gen <i>nifH</i> amplifica por la reacción en cadena de la polimerasa. Ding <i>et al.</i> (2005)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Producción de polihidroxicanoato tolerando altas concentraciones de NaCl. Salgaonkar <i>et al.</i> (2013)</li> </ul>
<i>Exiguobacterium profundum</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biosorción y biotransformación de As, ambos en forma de cultivos planctónicos y biopelículas. Sabri <i>et al.</i> (2018)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biodegradación de hidrocarburos de petróleo por su capacidad metabólica y adaptativa de crecimiento. Lustosa <i>et al.</i> (2018)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biorremediación de efluentes de industrias que manipulan metales pesados. Pandit <i>et al.</i> (2013)</li> </ul>

Microorganismos	Aplicaciones
<i>Pseudomona mendocina</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Biosorbente de metales pesados como cadmio y cinc hasta alcanzar niveles de 22,56 mg x g-1 y de 25,36 mg x g-1, respectivamente. Carballo <i>et al.</i> (2012)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistema de biorremediación aceptable y rentable utilizando <i>Pseudomonas mendocina</i> como inoculo en suelos contaminados con furano. LIN <i>et al.</i> (2017)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Biotratamiento de efluentes contaminados con As, Cr y Pb. Mendoza <i>et al.</i> (2010)</li> </ul>
<i>Staphylococcus sciuri</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Potencial biorremediador: reducción de Cr (VI) en plantas de arroz cultivadas en macetas. Dutta <i>et al.</i> (2017)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Biofertilización: solubilización sustancial de fosfato, producción de ácido indol-3-acético, presenta actividad de la desaminasa del ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico y es tolerante a altas concentraciones de sal lo que le confiere propiedades que promueven el crecimiento de las plantas. Akram <i>et al.</i> (2016)</li> </ul>
<i>Bacillus thuringiensis</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Durante el proceso de esporulación produce una inclusión parasporal formada por uno o más cuerpos cristalinos de naturaleza proteica que son tóxicos para distintos invertebrados, especialmente larvas de insectos. Estas proteínas se llaman Cry y constituyen la base del insecticida biológico más difundido a nivel mundial. Sauka y Benintende (2008)</li> </ul>
<i>Bacillus Pumilus</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Promueve el crecimiento de las plantas al aumentar la absorción de nutrientes, la fijación de nitrógeno, la interacción con microorganismos simbióticos y la producción de agentes antimicrobianos contra bacterias y hongos patógenos, así como mediante la reducción de la toxicidad de los metales. Yuan &amp; Gao (2015)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inhibe del crecimiento micelial de <i>Mycosphaerella Fijiensis</i>, patógeno del banano y cultivos de plátano. Cruz <i>et al.</i> (2015)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Produce metilbenceno como metabolito secundario que podría suprimir el crecimiento de patógenos (<i>Cytospora chrysosperma</i>, <i>Phomopsis macrospora</i> y <i>Fusicoccum aesculi</i>) de manera efectiva. Ren <i>et al.</i> (2013)</li> </ul>

Microorganismos	Aplicaciones
<i>Bacillus subtilis</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Promotor de crecimiento en cultivos de maíz (<i>zea mays</i>) y tomate (<i>solanum lycopersicum</i>). Pulido (2016)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fijador nitrógeno y fosforo. Orberá <i>et al.</i> (2005)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Actividad antagónica contra <i>Fusarium oxysporum</i>, <i>Rhizoctonia solani</i>, producción de enzimas hidrolíticas y lipopéptidos. También presenta antagonismo contra <i>Fusarium stilboides</i>, <i>F. xylarioides</i>, producción de lipasas, proteasas, <math>\beta</math>-1,3-glucanasa. Tejera <i>et al.</i> (2011)</li> </ul>
<i>Lysinibacillus macroides</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se reporta como un candidato para la biodegradación sinérgica y la biorremediación de ambientes contaminados especialmente los sitios ricos en metales pesados, debido a que presentó una notable tendencia de tolerancia de múltiples metales. Oladipo <i>et al.</i> (2018)</li> </ul>
<i>Staphylococcus succinus</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se reporta como una bacteria halófila, este tipo de microorganismo se caracteriza por prosperar en condiciones de alta concentración de sal y estrés osmótico. Debido a estas razones, los microorganismos halófilos con capacidad para fijar nitrógeno o movilizar fosfato representan un potencial como biofertilizante para aumentar el crecimiento y el rendimiento de los cultivos en suelos salinos. Delgado <i>et al.</i> (2013)</li> </ul>

Tabla 2. Aplicaciones biotecnológicas de utilidad ambientales de los aislados bacterianos identificados a nivel de género.

Microorganismos	Aplicaciones
<i>Acinetobacter sp</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biodegradación de fenol: capaz de eliminar fenol / L en medio líquido y metabolizar el fenol en concentraciones en el tratamiento de aguas residuales que contienen fenol. Wang <i>et al.</i> (2007)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biodegradación de n- alcanos con longitudes de cadena que van desde el decano (C<sub>10</sub> H<sub>22</sub>) al del tetracontano (C<sub>40</sub> H<sub>82</sub>). Throne <i>et al.</i> (2007)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biodegradación de fenol: se utilizó alcohol polivinílico como matriz de gel para inmovilizar células mixtas de dos cepas mediante congelación y descongelación repetidas. Liu <i>et al.</i> (2009)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biodegradación y biorremediación: posee una excelente resistencia al frío, es capaz de eliminar amonio, nitrito y nitrato y eliminación eficiente de DQO y TN de las aguas residuales sintéticas. Yao <i>et al.</i> (2013)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biodegradación: degradan las n- parafinas de cadena larga del aceite de motor de automóvil y también reduce el peso del aceite residual por metabolizaron a través de la vía de oxidación terminal den-canano. Koma <i>et al.</i> (2001)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biosorción: eliminación de cromato [Cr (VI)] en consorcio con <i>Serratia mercascens</i>, fluorescencia de <i>Pseudomonas</i>, <i>Escherichia coli</i> y <i>Pseudomonas aeruginosa</i>. Srivastava y Thakur (2007)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Remoción de Pb a concentraciones de 20 y 100 ppm en aguas residuales sintéticas. Ramírez <i>et al.</i> (2016)</li> </ul>
<i>Bacillus sp</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biorremediación: decoloración de los colorantes azoicos por enzima azorreductasa. Maier <i>et al.</i> (2004).</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biodegradación de Cr (VI) por la célula y actividad enzimática. Elangovan <i>et al.</i> (2006)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biodegradación: degradación de plumas de pollo y su residuo y el caldo fermentado se convertirían en un alimento proteico para los animales. Suntornsuk y Suntornsuk (2003)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biodegradación de hidrocarburos de petróleo por su capacidad metabólica y adaptativa de crecimiento Lustosa <i>et al.</i> (2018).</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tratamientos de residuos radioactivos y Biorremediación. Li <i>et al.</i>(2014)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se caracteriza por ser controlador biológico de microorganismos fitopatógenos, por la participación en la nutrición mineral y la fijación biológica de nitrógeno. También produce sustancias con actividad funguicida y bactericida, entre las que figuran la subtilisina y la iturina. Otra propiedad es la mineralización de componentes nutricionales entre los que predominan el nitrógeno, fósforo, hierro y potasio, procedentes de fuentes orgánicas e inorgánicas, transformándolos a formas asimilables por las plantas. Orberá <i>et al.</i> (2005)</li> </ul>

Microorganismos	Aplicaciones
<i>Enterobacter sp</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biosorción de plomo (Pb), cobre (Cu) y cadmio (Cd) utilizando la biomasa. Lu <i>et al.</i> (2006)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bioprotector: inoculación de <i>Burkholderia phytofirmans</i> y <i>Enterobacter sp.</i> en plantas de maíz para protegerse de los efectos inhibitorios del estrés por sequía. Naveed <i>et al.</i> (2014)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biodegradación: decoloración del colorante reactivo reactivo Negro 5, también mostró una gran capacidad para decolorar varios tintes textiles reactivos, incluidos los tintes azo y antraquinona. Wang <i>et al.</i> (2009)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biodegradación y biorremediación: degrada el ftalato de dibutilo (DBP) como fuente de carbono y remediación de ftálico ácido de diéster en residuos sólidos municipales en un biorreactor de vertedero. Fang <i>et al.</i> (2010)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bioacumulación de mercurio y biosíntesis simultánea de nanopartículas de mercurio. Sinha y Khare (2011)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biosíntesis de quitinasa antifúngica usando como sustratos la quitina en escamas, la quitina de concha de cangrejo, el tallo de la seta, la pared celular fúngica, el salvado de trigo y el salvado de arroz. Dahiya <i>et al.</i> (2005)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capaz de absorber los metales pesados Cd, Cu, Co, Zn y Pb a 2,69, 1,87, 3,56, 4,3 y 5,6 mg / g de peso seco, respectivamente. El-Shanshoury <i>et al.</i> (2013)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potencial para promover el crecimiento de las plantas de la bacteria <i>Enterobacter sp</i> aislada de la rizosfera de palmeras de cocos (<i>Cocos nucifera</i> L.). George <i>et al.</i> (2013)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Producción de biosurfactante que tiene actividad antifúngica y también inhibe la germinación de esporas de hongos. Esto puede ser útil para aplicaciones en las industrias farmacéutica y alimentaria. Jadhav <i>et al.</i> (2011)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biorremediación de efluentes de fábricas de pulpa y papel por la bacteria degradadora de ácido tánico <i>Enterobacter sp.</i> Singh <i>et al.</i> (2011)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Generación de electricidad por <i>Enterobacter sp</i> usando celdas de combustible microbianas de una sola cámara a diferentes temperaturas. Tkach <i>et al.</i> (2016)</li> </ul>	
<i>Klebsiella sp</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biodegradados en un tratamiento microaerofílico-aeróbico secuencial y biodecoloración de tintes azoicos textiles reducción del enlace azo y un proceso oxidativo. Franciscon <i>et al.</i> (2009)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biorremediación de suelos y aguas contaminados con atrazina: usa la atrazina como única fuente de carbono y nitrógeno con alta eficiencia de mineralización. Yang <i>et al.</i> (2010)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducción de molibdato óptimamente a azul de molibdeno usando fosfato 4,5 mM, molibdato 80 mM y usando fructosa al 1% (p / v) como fuente de carbono. Lim <i>et al.</i> (2011)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Generación de electricidad: bacteria electroquímicamente activa emplead en un MFC de tipo “H” para la electrogénesis, con glucosa como donador de electrones. Xia <i>et al.</i> (2010)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biopromotor: protege a las plantas de los efectos nocivos de los estresantes abióticos. Singh <i>et al.</i> (2015)</li> </ul>

Microorganismos	Aplicaciones
<i>Pantoea sp</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biosorción de la biomasa bacteriana para el cromo (VI), cadmio (II) y cobre (II): absorción de metal para biomasa seca. Ozdemir <i>et al.</i> (2004)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Producción de biosurfactantes durante el crecimiento en medio de sales minerales con un 2% de n-parafinas o queroseno como única fuente de carbono. Tonkova y Gesheva (2007)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cumplen un rol importante en el biocontrol, por su amplia diversidad de compuestos bioactivos hacia el control de patógenos de plantas. Canchignia <i>et al.</i> (2015)</li> </ul>
<i>Pseudomonas sp</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizada en degradación de lodos petroquímicos ricos en hidrocarburos tanto aromáticos como saturados o alifáticos. Chirinos <i>et al.</i> (2010)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiene efecto antagonico frente a los hongos xilófagos causantes del biodeterioro de la madera. García <i>et al.</i> (2018)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es capaz de solubilizar fuentes de fósforo de baja solubilidad como la roca fosfórica (de gran importancia en la agricultura sostenible), incrementando de manera significativa la biomasa y el desarrollo de las plantas. Sánchez <i>et al.</i> (2014)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cumplen un rol importante en el biocontrol, por su amplia diversidad de compuestos bioactivos hacia el control de patógenos de plantas. Canchignia <i>et al.</i> (2015)</li> </ul>
<i>Serratia sp</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiene gran influencia en la salud de la planta al mejorar la adquisición de nutrientes y la estimulación hormonal. Berg (2009)</li> </ul>
<i>Erwinia sp</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capaces de solubilizar fosfato: aislados de <i>Erwinia sp</i> mostraron una alta tolerancia a la excreción de ácidos orgánicos en el medio, lo que los hace posibles bioinoculantes candidatos para suelos ácidos Muleta <i>et al.</i> (2013).</li> </ul>
<i>Micrococcus sp</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biodegradación del colorante verde malaquita. Du <i>et al.</i> (2013)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biorremediación de sitios contaminados con petróleo crudo. Kumar <i>et al.</i> (2013)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agente de biorremediación en tecnología de tratamiento de efluentes tóxicos de curtiembre: Degradación de Cr, Cd y Pb. Marzan <i>et al.</i> (2017)</li> </ul>
<i>Stenotrophomonas sp.</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se ha reportado que puede degradar eficientemente ocho pesticidas organofosforados (OP) y es un candidato muy excelente para aplicaciones en la remediación de la contaminación de OP. Deng <i>et al.</i> (2015)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produce un biosurfactante, el cual es de interés debido a la capacidad para emulsionar petróleo crudo y este puede ser útil en la biorremediación para reducir el derrame de petróleo en las fases acuosa y de suelo. Además, este biosurfactante exhibió propiedades antimicrobianas y antioxidantes, por lo que podría ser de interés en la industria de alimentos, cosméticos y detergentes. Gargouri <i>et al.</i> (2016)</li> </ul>

Tabla 3. Aplicaciones biotecnológicas de utilidad ambiental de aislados de hongos filamentosos y levaduriformes identificados a nivel de especie y/o género.

Microorganismos	Aplicaciones
<i>Cyberlindnera jadinii</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducción <i>in vitro</i> del cromo hexavalente utilizando cromato reductasa cruda (CChR) de <i>Pichia jadinii</i>. Martorell <i>et al.</i> (2012)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biocontrolador: inhibe el crecimiento y la morfogénesis de <i>Candida albicans</i>. Buerth <i>et al.</i> (2016)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obtención de proteína 26-KDa a partir de los nucleosidos mitocondriales. Miyakawa y Yawata (2007)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biocatálisis de 4-hidroxi-2-butanona a (R) -1,3-butanodiol. Yang <i>et al.</i> (2014)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Biolixiviación: síntesis de nanopartículas de oro en exposición a ácido cloroáurico (HAuCl<sub>4</sub>). Gericke y Pinches (2006)</li> </ul>
<i>Pichia kudriavzevii</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biorremediación in situ de ambientes contaminados con el herbicida atrazina. Abigail <i>et al.</i> (2013)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biodegradación y detoxificación del colorante azo reactivo anaranjado 16 utilizado en la industria textil. Rosu <i>et al.</i> (2018)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biorremoción de Zn en ambientes complejos. Li <i>et al.</i> (2016)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biorremediación de ambientes contaminados por colorantes azoicos: degrada el rojo ácido B halotolerante alcanzando una tasa de degradación de 94.29%. Feng <i>et al.</i> (2014)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Decoloración, biodegradación y desintoxicación del colorante C.I. Azul básico 41. Roşu <i>et al.</i> (2019)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistencia y absorción de metales (Pb, Cu, As y Cd) de aguas residuales industriales en el ambiente. Ilyas and Rehman (2018)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potencial de electrogenicidad y generación de bioelectricidad. Ajunwa <i>et al.</i> (2018)</li> </ul>

Microorganismos	Aplicaciones
<i>Candida orthopsilosis</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biodegradación del colorante reactivo verde y el efluente textil de manera efectiva en compuestos no tóxicos. Sinha <i>et al.</i> (2018)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Producción de ácido indol-3-acético. Limtong <i>et al.</i> (2014)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Producción de lipasa activada por tiol y desarrollo de una formulación de prelavado para eliminar el aceite de la tela sucia a temperatura ambiente. Kumar <i>et al.</i> (2009)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biorremediación: capacidad para asimilar y degradar los fenilalcanos. Además, los componentes de aceite aromático sustituido con alquilo pueden usarse para la síntesis microbiana de cumarinas. Awe <i>et al.</i> (2009)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Producción de lipasa extracelular menor de 27 kDa para producción eficiente de biodiesel a partir de aceite de coco con una tasa de conversión de 87.6 %. Kumari y Gupta (2012)</li> </ul>
<i>Penicillium janthinellum</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Producción de celulasa iónica y líquidas que son capaces de hidrolizar la celulosa en material lignocelulósico como celulosa o vapor explotó bagazo en combinación con salvado de trigo, se estudió en fermentación en estado sólido. Adsul <i>et al.</i> (2009)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Producción de celulasa para la aplicación en procesos separados de hidrólisis y fermentación y de sacarificación y fermentación simultáneas para la producción de bioetanol a partir de paja de trigo pretratada. Rani <i>et al.</i> (2014)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pellets de micelio preparados aplicados como biosorbentes para eliminar tintes de soluciones acuosas. Wang <i>et al.</i> (2015)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preparación de filtrado de cultivo para mejorar el crecimiento y resistencia al estrés de salinidad de las plantas huésped y de Sitiens al producir giberelinas y activar los mecanismos defensivos Khan <i>et al.</i> (2013).</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Producción de enzimas celulolíticas a través de diversas secreciones usando como fuente la paja de trigo. Sharma <i>et al.</i> (2015) Bharathidasan y Panneerselvam (2012)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biosíntesis de nanopartículas de plata (AgNO<sub>3</sub>) usando <i>Aspergillus conicus</i>, <i>Penicillium janthinellum</i> y <i>Phomosis sp.</i> con potencial antimicrobiano.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biorremediación: degradación de petróleo crudo en los efluentes del río Kaduna por <i>Pseudomonas aeruginosa</i> y <i>Penicillium janthinellum</i>. Bako <i>et al.</i> (2008)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biosíntesis de celulasa por mutantes de <i>Penicillium janthinellum</i> utilizando fermentación sumergida como la fermentación en estado sólido y su aplicación en la hidrólisis de Avicel y celulosa. Singhvi <i>et al.</i> (2011)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bioprotector: mejorar la toxicidad inducida por aluminio (Al) en plantas tolerantes de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>). Latif <i>et al.</i> (2015)</li> <li>• Biorremediación: la reducción y la metilación de As (V) se formaron como As (III), MMA y DMA como productos de primacía. Sua <i>et al.</i> (2012)</li> </ul>

Microorganismos	Aplicaciones
<i>Penicillium simplicissimum</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biosorción endotérmica y espontánea de Cd (II), Zn (II) y Pb (II), en un sistema de lotes. Fan <i>et al.</i> (2008)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biodegradación de polietileno por cultivo líquido con hifas del hongo. Yamada <i>et al.</i> (2001)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biosíntesis de lipasa en la fermentación de estado sólido de la torta de babassu, residuo de la industria petrolera. Gutarra <i>et al.</i> (2009)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biolixiviación del medio gastado de una etapa, dos pasos y medio gastado del catalizador gastado, se examinó en cultivos discontinuos con los iones metálicos únicos Ni, Mo, Fe y W. Amiri <i>et al.</i> (2011)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biopromotor: activación directa de los genes relacionados con resistencia sistémica inducida en las plantas de <i>Arabidopsis thaliana</i>. Hossain <i>et al.</i> (2007).</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Optimización en la biolixiviación de metales Ni, Mo y Al de un catalizador de hidrocraqueo gastado. Amiri <i>et al.</i> (2011)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biocontrolador: inducción de resistencia sistémica contra el virus del mosaico del pepino en las plantas de <i>Arabidopsis thaliana</i> y tabaco. Elsharkawy <i>et al.</i> (2012)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biosorción: Inmovilizado dentro de esponja loofa (PSILS) para metales pesado, Pb (II) y Cu (II) de medios acuosos. Li <i>et al.</i> (2008)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biorremediación: de decoloración y desintoxicación de los tintes textiles Reactivo Rojo 198 (RR198), Azul reactivo 214 (RB214), Azul reactivo 21 (RB21) y la mezcla de los tres tintes (MXD). Bergsten <i>et al.</i> (2009)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biosíntesis: utilización de residuos de ricino del proceso de producción de biodiesel como medio de cultivo para el crecimiento de hongos y la producción de lipasa. Godoy <i>et al.</i> (2011).</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Producción de biomasa y la biodegradación de aguas residuales de la almazara, llevando a cabo una reducción sobresaliente de la demanda química de oxígeno y del contenido fenólico, así como un aumento del pH. Robles <i>et al.</i> (2000)</li> </ul>	
<i>Trichoderma sp</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biosíntesis de celulasa con el uso de orujo de manzana por fermentación en estado sólido. Sun <i>et al.</i> (2010)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biosorción: para la eliminación de Orange G de soluciones acuosas de efluentes. Sivasamy y Sundarabal (2010)</li> </ul>
<i>Aspergillus sp</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biodegradación de polietileno de baja densidad. Paul and Kumar (2014)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biorremediación de petróleo. Thatheyus <i>et al.</i> (2014)</li> </ul>
<i>Lenzites sp</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biosorción de ciertos metales pesados (Cu y Zn) de los efluentes de industrias de galvanoplastia. Divia <i>et al.</i> (2015)</li> </ul>

Microorganismos	Aplicaciones
<i>Trichoderma harzianum</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biocontrolador contra el marchitamiento del tomate causado por <i>Fusarium oxysporum f. sp. Lycopersici</i>. Sundaramoorthy and Balabaskar (2013)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Producción de la enzima lacasa (utilizando salvado de trigo en fermentación en estado sólido) la cual se aplica en la decoloración de tintes sintéticos. Bagewadi <i>et al.</i> (2017)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potencial para estudios de biorremediación, ya que fue capaz de biodegradarse no solo Pentaclorofenol a 20 mgL<sup>-1</sup>, sino también sus principales metabolitos Pentacloroanisol y 2,3,4,6-TeCA. Vacondio <i>et al.</i> (2015)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biorrecuperación de suelos agrícolas altamente salinos a través de la adición de compost de viñedos complementado con <i>Trichoderma harzianum</i>. Mbarki <i>et al.</i> (2016)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agente potencial de control biológico contra <i>Fusarium graminearum</i>, un agente causal de la pudrición del tallo del maíz. Saravanakumar <i>et al.</i> (2017)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Producción de celulasa en bruto y xilanasas para su aplicación en el destintado de residuos de papeles de fotocopiadoras. Pathak <i>et al.</i> (2014)</li> </ul>
<i>Trichoderma longibrachiatum</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biocontrolador contra el marchitamiento del tomate causado por <i>Fusarium oxysporum f. sp. Lycopersici</i>. Sundaramoorthy and Balabaskar (2013)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potencial hidrocarbonoclástico: candidato ideal para los protocolos de bioaumentación del suelo en procedimientos de biorremediación a gran escala que tratan con sitios contaminados con combustible diésel. Andreolli <i>et al.</i> (2016)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biocontrolador en función de su capacidad para producir las enzimas hidrolíticas N-acetilglucosaminidasa (NAGasa), endoquitinasa, glucanasa, <math>\beta</math>-1,3-glucanasa y xilanasas que atacan los hongos patógenos de las plantas. Guigon-López <i>et al.</i> (2014)</li> </ul>
<i>Chaetomium brasiliense</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inhibidora de <i>Phytophthora palmivora</i> que causa la enfermedad de pudrición de la raíz de Durian var Montong a partir de las nanopartículas derivadas de <i>Chaetomium brasiliense</i>. Tongon <i>et al.</i> (2018)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inhibidora de <i>Pythium spp</i> que causa la enfermedad de la pudrición de la raíz de la mandarina utilizando bi - cultivo, extractos crudos y pruebas de nanopartículas de <i>Chaetomium brasiliense</i>. Udompongsuk <i>et al.</i> (2018)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biodegradación de la paja de arroz y el bagazo de caña de azúcar utilizando un consorcio entre hongos ligninolíticos y celulolíticos (<i>Chaetomium brasiliense</i>, <i>Inonotus tropicalis</i> y <i>Cerrena unicolor</i>). Ramarajan and Manohar (2017)</li> </ul>

Microorganismos	Aplicaciones
<i>Penicillium citrinum</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biodegradación del petróleo crudo, reduciendo el contenido total de petróleo crudo en un 77% y la fracción de n-alcano individual en un promedio de 95.37%, lo que indica que es un candidato potencial para su desarrollo en un agente de biorremediación. Barnes <i>et al.</i> (2018) Síntesis verde de nanopartículas de plata inducidas por el hongo <i>Penicillium citrinum</i>. Honary <i>et al.</i> (2013)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biosorción de iones Pb (II) y Cu (II) usando biomasa muerta de las cepas <i>Penicillium citrinum</i> y <i>Fusarium equiseti</i> con la ayuda de grupos carbonilo, hidroxilo y amida. Akinkunmi <i>et al.</i> (2016)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biocontrol en la enfermedad por moho gris de Botrytis (BGM) y promueve el crecimiento de las plantas en el garbanzo. Gopalakrishnan <i>et al.</i> (2015)</li> </ul>
<i>Chaetomium aureum</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biorremediación de sitios contaminados por metales como el Pb. Da Silva Júnior <i>et al.</i> (2018)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biocontrolador: potencial fungicida contra la explosión del arroz y los patógenos del tizón de la vaina. Wang <i>et al.</i> (2013)</li> </ul>