



CAPÍTULO

BIORREMEDIACIÓN DE COMPUESTOS ORGANOFOSFORADOS



Gómez & Fajardo

4.1 COMPUESTOS ORGANOFOSFORADOS

Los compuestos organofosforados son ésteres (unión de un ácido y un alcohol) del ácido fosfórico y una variedad de alcoholes; generalmente liposolubles y volátiles (OMS, 2018), lo cual hace que su absorción sea rápida por las vías digestiva, cutánea y respiratoria, característica que genera fácilmente intoxicaciones en humanos, además de generar también afectaciones al medio ambiente. (Álvarez, Hernández & Ríos, 2017)

Se subdividen en 3 categorías, **ésteres fosfóricos**, que pueden ser: ortofosfatos de alquilo, ortofosfatos de arilo y pirofosfatos de alquilo; **carbamatos**: compuestos derivados del ácido carbámico actúan principalmente como insecticidas y cuando la estructura corresponde a N-fenilcarbamatos, su acción es fundamentalmente herbicida; y **naturales**: se obtienen básicamente de plantas, donde los subgrupos principales son la nicotina, la rotenona y la piretrina.

Según Navas (2017) los plaguicidas organofosforados de mayor uso en Colombia, clasificados por su principio activo son: Diclorvos, Mevinfos, Monocrotofos, Metilparation, Paration, tamidofos (clase I), Diazinon Fention Profenofos (clase II) y Malation (Clase III) y Álvarez, Hernández & Ríos (2017) citan que los organofosforados más estudiados en las investigaciones sobre su degradación por microorganismos son: clorpirifós, fenamifos, tribu-til fosfato, malatión, metil paratión y fenitrotión, coincidiendo con varios de los plaguicidas reportados por Navas (2017) y por la Superintendencia de Industria y Comercio (2013) en el estudio sobre plaguicidas en Colombia.

La Organización Mundial de la Salud (2018) indica que los organofosforados y carbamatos son inhibidores de la colinesterasa y los considera en el grupo de insecticidas de más uso a nivel mundial. La inhibición de la enzima (colinesterasa) provoca una disfunción del sistema nervioso simpático debido a que la colinesterasa es responsable de la degradación de la acetilcolina, neurotransmisor imprescindible para los procesos de sinapsis neuronal. La inhibición de la acetilcolinesterasa da como resultado la acumulación de acetilcolina y la sobreestimulación de los receptores de acetilcolina en las sinapsis del sistema nervioso autónomo.

La OMS (2018) especifica que los compuestos organofosforados y carbamatos constituyen cerca del 42% de los 28 ingredientes activos listados en la clase IA – extremadamente peligroso, y 13% de los 58 ingredientes activos listados en la clase IB – altamente tóxicos, de igual manera hay organofosforados también en la clase III – ligeramente peligrosos, como la atrazina, clorpirifos y malatión.

La contaminación de productos alimenticios con pequeñas cantidades de estos compuestos tóxicos se ha convertido en una preocupación creciente para la población general. Sin embargo, aún se presenta su uso de forma extensiva, hecho que puede resultar en su acumulación en productos agrícolas debido a la estabilidad biológica y sus características lipofílicas en productos alimenticios afectando significativamente la salud humana y animal.

Estos productos químicos persistentes se pueden magnificar a través de la cadena alimentaria y se han detectado en alimentos que van desde carne, pollo y pescado, hasta aceites vegetales, nueces y varias frutas y verduras.



La Organización Mundial de la Salud (2018) indica que los organofosforados y carbamatos son inhibidores de la colinesterasa y los considera en el grupo de insecticidas de más uso a nivel mundial

4.2 IMPACTOS AMBIENTALES ASOCIADOS A LOS COMPUESTOS ORGANOFOSFORADOS

Los plaguicidas agrícolas usados de manera inadecuada representan riesgo de contaminación del suelo, ya que generan desbalance de nutrientes en la litósfera (Ministerio de Ambiente, 2016), reduce la actividad microbiana del suelo, el crecimiento irregular, la pérdida de biomasa, o muerte de plantas sensibles a estas sustancias Arroyave & Correa (2009).

De acuerdo con el estudio sobre plaguicidas, realizado por la Superintendencia de Industria y Comercio (2013), Colombia ocupa el cuarto lugar a nivel mundial en el uso de plaguicidas, donde en promedio se estima su uso en el orden de 14.5 ton/1000 ha sembrada. El Ministerio de Medio Ambiente (2007) en el documento “Consolidación del Inventario de Plaguicidas” señala que la problemática de suelos contaminados es compleja, debido a que los Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP), como lo son los plaguicidas, son utilizados intensivamente en varios cultivos, presentándose incluso sobredosificaciones por su mal manejo.

Tras la suspensión del uso de varias de las formulaciones de pesticidas con base en moléculas organofosforadas, se empezó a observar una problemática ambiental con los residuos de los pesticidas que no se llegaron a usar. Un gran porcentaje de estos compuestos ha sido eliminado de manera controlada y sin generar impacto, sin embargo, se han reportado casos en los cuales se han mantenido almacenados en condiciones que pueden llegar a ser un problema sanitario por su contacto con aguas lluvias y por la deficiencia técnica en su almacenamiento; incluso se ha reportado su enterramiento, lo cual implica un mayor riesgo por la amenaza de ocurrencia de lixiviados que puedan contaminar los acuíferos.

El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) en el año 2016, estableció los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en los cuales establece como una de las metas del Objetivo 12 denominado *Producción y consumo responsable*, para el año 2020 “lograr la gestión ecológicamente racional de los productos químicos y de todos los desechos a lo largo de su ciclo de vida, de conformidad con los marcos internacionales convenidos, y reducir significativamente su liberación a la atmósfera, el agua y el suelo a fin de minimizar sus efectos adversos en la salud humana y el medio ambiente” PNUD (2016)

Debido a la toxicidad de los compuestos organofosforados y que durante su ciclo de vida pueden generar impactos negativos en la salud humana, en suelos, en agua, y en los diferentes ecosistemas; es un tema relevante a nivel mundial, por lo cual desde hace años se han generado diferentes estrategias para prevenir, vigilar, controlar y remediar estas afectaciones. Una de las más recientes es el *Código Internacional de Conducta para la Gestión de Plaguicidas* emitido por la FAO y la OMS en el año 2014, donde se establece que todos los países deben implementar un programa de vigilancia de los residuos de plaguicidas en alimentos, agua potable y las viviendas en las que hayan sido aplicados, además de proteger la biodiversidad y reducir al mínimo los efectos adversos del medio ambiente (agua, suelo y aire). De igual manera recomienda aumentar la capacitación a los usuarios respecto a la importancia de los posibles efectos adversos de los plaguicidas en la salud humana y el medio ambiente.



Una de las más recientes es el Código Internacional de Conducta para la Gestión de Plaguicidas emitido por la FAO y la OMS en el año 2014, donde se establece que todos los países deben implementar un programa de vigilancia de los residuos de plaguicidas en alimentos, agua potable y las viviendas en las que hayan sido aplicados

4.3 BIORREMEDIACIÓN PARA CONTAMINACIÓN DE COMPUESTOS ORGANOFOSFORADOS

Los tratamientos biológicos (biorremediación) surgen como una alternativa para transformar los plaguicidas en compuestos más simples y poco contaminantes mediante el uso del potencial metabólico de los microorganismos como los hongos y las bacterias (Álvarez, Hernández & Ríos, 2017). Estos organismos pueden ser muy efectivos en la degradación de los pesticidas y entre sus ventajas está que las condiciones en las que se cultivan se pueden controlar para estimular el crecimiento en busca de obtener biomasa viable y con actividad bioquímica específica para procesos de biodegradación de plaguicidas.

Las bacterias, incluidos los miembros de los géneros *Alcaligenes*, *Flavobacterium*, *Pseudomonas* y *Rhodococcus*, tienen capacidades impresionantes de degradación de pesticidas. De igual forma los actinomicetos también tienen un potencial considerable para la biotransformación y biodegradación de pesticidas. Schrijver y De Mot mostraron que los actinomicetos pertenecientes a los géneros *Arthrobacter*, *Clavibacter*, *Nocardia*, *Rhodococcus*, *Nocardioides* y *Streptomyces* tienen el potencial de degradación de los pesticidas. Aunque la vía metabólica para la degradación de pesticidas por actinomicetos no se ha estudiado ampliamente, se sabe que estos microorganismos pueden producir enzimas extracelulares que degradan una amplia gama de compuestos orgánicos complejos. Pocas investigaciones se han desarrollado en Colombia en las que se hayan implementado procesos de biorremediación de pesticidas organofosforados.

De acuerdo con la publicación de una investigación realizada en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia por Pino & Peñuela (2011), se obtuvieron muestras de suelo altamente contaminado, en un sitio utilizado para eliminar todo tipo de desechos (incluidos los desechos peligrosos) en el período comprendido de 1972 a 1984 en Moravia, Medellín, Colombia. De allí fue aislado un consorcio bacteriano donde lograron identificar y aislar cepas como *Acinetobacter sp.*, *Pseudomonas putida*, *Bacillus sp.*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Citrobacter freundii*, *Stenotrophomonas sp.*, *Flavobacterium sp.*, *Proteus vulgaris*, *Pseudomonas sp.*, *Klebsiella sp.* y *Flavobacterium sp.* Fue evaluada la capacidad del consorcio para degradar metilparation y clorpirifos en medio de cultivo y suelo y se encontró una eficiencia de degradación de 150 ppm en 120 h. Cuando el medio de cultivo fue incubado con un solo pesticida, el consorcio microbiano degradó el 100% de cada pesticida. Cuando fue incubado con una mezcla

de los dos pesticidas analizados, la tasa de degradación fue del 72% para metil paration y 39% para clorpirifos. El suministro de glucosa como fuente externa de carbono en el medio de cultivo aumentó la eficiencia de degradación del pesticida al 100% en suelo, lo que contribuye al mejoramiento por la adición de nutrientes, disminuyendo las concentraciones de los compuestos organoclorados y su toxicidad.

Uno de los problemas identificados por Pino & Peñuela, (2011) con la aplicación de microorganismos al suelo, fue su pérdida de capacidad en la degradación de sustancias tóxicas al ser aislados, por lo cual fue sugerido que el uso de microorganismos se haga con otros sustratos, lo cual permite el crecimiento de la población y así aumenta la tasa de degradación, hecho que garantizase la implementación exitosa de la biorremediación en el suelo.

En otro trabajo publicado por Marín y Jaramillo (2015) pertenecientes al Grupo de Investigaciones Agroquímicas de la Facultad de Química de la Universidad de Cartagena, se recolectaron muestras de suelos y leche de vaca cruda en una finca agrícola y ganadera del municipio de San Bernardo del Viento, departamento de Córdoba, Colombia. Para la extracción de pesticidas organofosforados en suelos de cultivo, se utilizó el método de extracción soxhlet y micro extracción en fase sólida en espacio de cabeza (HS-SPME) para la leche de ganado bovino, donde se determinó la presencia de demeton-Smetil-sulfón en concentraciones entre 272.9 ppm y 1793.3 ppm en los suelos de cultivo y 12.9 ppm en leche de vaca. Por otra parte, se aislaron bacterias nativas de suelo con capacidad degradadora de estos pesticidas, *Bacillus sp* y *Pantoea agglomerans*, obteniéndose resultados de degradación del compuesto organofosforado, clorpirifos de 73.5% y 68.67%, respectivamente. Estos microorganismos fueron capaces de desarrollarse en medios de cultivo con presencia de clorpirifos en concentraciones de 200 ppm, como única fuente de carbono y se verificó su crecimiento mediante espectrofotometría UV-VIS por un periodo de 120 horas. De igual manera en el caso de ambas bacterias utilizan en su proceso metabólico la enzima fosfotriesterasa, la cual puede influir de manera muy significativa en los procesos de biorremediación, como una posible solución para el mejoramiento de suelos contaminados por esta clase de pesticidas. Siendo un gran hallazgo debido a que se podría evitar riesgos potenciales a las especies que se encuentran expuestas a esta clase de contaminantes, especialmente porque estos suelos son usados como zona de pastoreo de ganado bovino y de futuras siembras se convierten en una posible amenaza desde el punto de vista de la dinámica ambiental de estos compuestos organofosforados ya que podrían encontrarse en las cosechas posteriores y en los productos derivados como carne y leche. Marín y Jaramillo (2015).

El otro trabajo realizado de manera experimental por Navas (2017) denominado *Valoración del crecimiento de las microalgas Chlorella sp. y Scenedesmus ssp. a diferentes concentraciones del insecticida organofosforado Clorpirifos (Lorsban®)*, en el marco de la

pasantía en investigación del Programa de Biología de la Universidad del Magdalena, Colombia. Las cepas de *Chlorella* y *Scenedesmus* fueron alimentadas cada tres días con BBM (Medium Bold Basal) y se oxigenaron a diario durante 15 minutos en agitador mecánico; posteriormente se hizo el aislamiento de las cepas, utilizando el método de las diluciones seriadas, en un Erlenmeyer de 100 mL los cuales contenían 30 ml de medio de cultivo, a los cuales se les adicionó una alícuota de 50 μ L de cultivo de microalgas previamente aisladas. Luego de esto, se montaron 6 cultivos a distintas concentraciones de Lorsban® de 0 μ g/L, 50 μ g/L, 100 μ g/L, 200 μ g/L, 300 μ g/L y 400 μ g/L, donde el crecimiento de las cepas se midió por espectrofotometría a 379 nm durante 17 días. Las mediciones se realizaron 5 días a la semana (lunes a viernes). En el día 17 se observó el aumento de la tonalidad verde en el cultivo en el cual se había agregado la concentración más alta del pesticida, donde como resultados de la investigación se observó que la prevalencia del género *Chlorella*, permite inferir la resistencia de este género al contaminante clorpirifos mientras que la cepa del género *Scenedesmus* muestra una alta sensibilidad al insecticida. En general esta última microalga mostró una baja tolerancia a las concentraciones del pesticida ensayadas en el experimento, por lo cual se concluyó que *Chlorella*, sería útil para procesos de biorremediación frente a este pesticida.

FIGURA 8. Ejemplos de biorremediación de compuestos organofosforados



Lo anterior muestra un panorama promisorio para el desarrollo de bioproductos, los cuales se refieren a los “insumos derivados de recursos biológicos, tales como animales, hongos, bacterias, enzimas, microorganismos, recursos maderables, entre otros, y que abarcan todos los procesos, desde la producción de materias primas hasta las distintas etapas de procesamiento para la fabricación de productos finales, teniendo en cuenta los procesos de investigación, desarrollo, innovación y comercialización” DNP (2018), en este caso para el proceso de remediación de los suelos contaminados por la presencia de compuestos organofosforados y otros compuestos contaminantes. Sin embargo, este tipo de desarrollos son incipientes en Colombia, porque no se evidencian avances posteriores a la parte experimental, que se encaminen en el desarrollo final del producto, como la realización de pruebas *ex situ e in situ* (como pruebas de eficacia), para finalmente hacer el registro de ICA, y poder comercializarlo. Tal como lo indica el DNP (2018) en el CONPES 3934 “Política de Crecimiento Verde”, pese a que Colombia es un país megadiverso, se han generado muy pocos negocios basados en el uso sostenible de la biodiversidad y no hay cifras oficiales en el marco de las cuentas nacionales que permitan medir el aporte de la bioeconomía al PIB, comparadas a las de nivel internacional que reflejan la bioeconomía como una fuente valiosa de ingresos, como es el caso de la Unión Europea, en donde este sector aportó el 9% del Producto Interno Bruto (PIB) en el 2014, generando 18.6 millones de empleos y 2.2 billones de euros en ventas.

Lo anterior deja un campo abierto para continuar con la investigación en procesos de biorremediación, impulsando el desarrollo de productos biotecnológicos, lo cual permitiría ofertar nuevas soluciones a problemáticas de contaminación que sean amigables con el medio ambiente, y además se contribuya al posicionamiento de la bioeconomía.

4.4 BIBLIOGRAFÍA

Álvarez. N, Hernández. G, & Ríos. L. (2017). Biorremediación de organofosforados por hongos y bacterias en suelos agrícolas: revisión sistemática. *Corpoica, Ciencia Tecnología Agropecuaria*, Mosquera, Colombia, 18(1):139-159 ISSN 0122-8706 ISSNe: 2500-5308. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/ccta/v18n1/v18n1a09.pdf>

Badii. M & . Varella. S (2008) Insecticidas Organofosforados: Efectos sobre la Salud y el Ambiente. *Cultura Científica y Tecnológica*; 28(5) 2007-0411. Septiembre - octubre, 2008. Recuperado de <http://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/375>

Camacho. R, Gerardo. J, Navarro. K & Sánchez. J, (2017). Producción de enzimas ligninolíticas durante la degradación del herbicida paraquat por hongos de la pudrición blanca. *Revista Argentina de Microbiología* (49), Issue 2, April–June 2017, Pages 189-196. Recuperado de <https://www-sciencedirect-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/science/article/pii/S0325754117300135?via%3Dihub>

Corredor, B (2013). *Biorremediación de suelo contaminado con el pesticida 1,1,1- Tricloro-2,2'BIS (P-Clorofenil) Etano (DDT) mediante protocolos de bioestimulación y adición de surfactante*. Tesis de grado presentada para optar al Título de Magíster en Ciencias – Biotecnología. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. Recuperado de <http://bdigital.unal.edu.co/9164/1/1088253581.2013.pdf.pdf>

Díaz, J (2011). Revisión: Degradación de Plaguicidas Mediante Hongos de la Pudrición Blanca de la Madera. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, Medellín, (64)1, enero-junio, 2011, pp. 5867-5882 Universidad Nacional de Colombia. (Medellín- Colombia). Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/1799/179922364012.pdf>

Departamento Nacional de Planeación. (2018). Consejo Nacional de Política Económica y Social, CONPES 3934. Política de Crecimiento Verde. República de Colombia Recuperado de <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3934.pdf>

Fernández. D, Mancipe. L, & Fernández D.C (2010). Intoxicación por organofosforados. *Revista Médica*. (18)1 enero-junio 2010. 84-92. ISSN 0121-5256. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-52562010000100009

FAO & OMS (2017). Manual sobre la elaboración y uso de las especificaciones de plaguicidas de la FAO. Estudio FAO. *Producción y Protección Vegetal* 228 ISSN 1.014-1.227. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i5713s.pdf>

FAO & OMS (2015). Norma General para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos. CODEX Alimentarius. *Normas internacionales de alimentos CODEX STAN 193-1.995*. Recuperado de http://www.fao.org/input/download/standards/17/CXS_193s_2015.pdf

Gil, M, etal (2014) . Artículo de Revisión. Contaminantes emergentes en aguas, efectos y posibles tratamientos. Revista *Producción + Limpia*, julio-diciembre de 2012. Vol.7, No.2 – 52-73. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v7n2/v7n2a05.pdf>

Instituto Nacional de Salud (2011). *Protocolo de vigilancia y control de intoxicaciones por plaguicidas*. Grupo de vigilancia y control de factores de riesgo ambiental Recuperado de https://www.minsalud.gov.co/comunicadosPrensa/Documents/INTOXICACION_POR_PLAGUICIDAS.pdf

Marín, L (2014). *Determinación de contaminantes organofosforados en leche de ganado bovino y suelos de cultivo provenientes del municipio de San Bernardo del Viento, Córdoba, y obtención de cepas bacterianas nativas del suelo con capacidad degradativa de este tipo de contaminantes*. Trabajo presentado para optar al título de Máster en Química. Universidad de Cartagena, Colombia. Recuperado de <http://repositorio.unicartagena.edu.co:8080/jspui/bitstream/11227/2153/1/TESIS%20FINAL%20LFML%20-.pdf>

Marín, L & Jaramillo B. (2015) Aislamiento de bacterias degradadoras de pesticidas organofosforados encontrados en suelos y en leche bovina. *Revista Chilena de Nutrición*. (42)2, junio 2015. Recuperado de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rchnut/v42n2/art10.pdf>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Banco Mundial & PNUD (2007), *Consolidación del inventario de plaguicidas COP*. Recuperado de http://quimicos.mimambiente.gov.co/images/COP/plaguicidas/colombia__consolidacion_inventario_plaguicidas_cop.pdf

Montoya M, Restrepo F, Moreno N & Mejía P. (2013). Impacto del manejo de agroquímicos, parte alta de la microcuenca Chorro Hondo, Marinilla, 2011. *Revista Fac. Nac. Salud Pública* 2013, 32(2): 26-35. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnsp/v32n2/v32n2a04.pdf>

Navas, M (2017) *Valoración del crecimiento de las microalgas Chlorella sp. y Scenedesmus sp. a diferentes concentraciones del insecticida organofosforado clorpirifos (Lorsban®)*. Informe final de pasantía de investigación. Facultad de Ciencias Básicas Programa de Biología. Universidad del Magdalena. Recuperado de <http://repositorio.unimagdalena.edu.co/jspui/handle/123456789/1719>

Organización Mundial de la Salud - OMS (2018). Curso Virtual: *Diagnóstico, tratamiento y prevención de intoxicaciones agudas causadas por plaguicidas* (4.a edición - 2018). Recuperado de <https://cursos.campusvirtualsp.org/course/view.php?id=224>

Organización Panamericana de la Salud, OPS (2018). *Curso tutorial con expertos/as regionales sobre diagnóstico, tratamiento y prevención de intoxicaciones agudas causadas por plaguicidas*, Edición 2018. Recuperado de <https://cursos.campusvirtualsp.org/course/view.php?id=224§ion=2>

Pérez. I, Rico. R. & Quintanar. J (2014) Reduced expression of exocytotic proteins caused by anticholinesterase pesticides in *Brachionus calyciflorus* (Rotifera: Monogononta). *Brazilian Journal of Biology*, 2015 (75)3, p. 759-765. Recuperado de <http://www.scielo.br/pdf/bjb/v75n3/1519-6984-bjb-1519-698401614.pdf>

Pino. N & Peñuela. G (2011). Simultaneous degradation of the pesticides methyl parathion and chlorpyrifos by an isolated bacterial consortium from a contaminated site. *International Biodeterioration & Biodegradation* (65), 2011). 827-831. Recuperado de <https://www-sciencedirect-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/science/article/pii/S0964830511001260?via%3Dihub>

Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo – PNUD (2016) *Los Objetivos de Desarrollo Sostenible* (ODS). Recuperado de <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>

Sánchez. E & Ortiz. L (2011). Riesgos y estrategias en el uso de plaguicidas. *Narraciones de la Ciencia. Inventio, la génesis de la cultura universitaria en Morelos*, 2011 (14) 21-27. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3747111>

Silva. S & Correa. F (2009). Análisis de la contaminación del suelo: revisión de la normativa y posibilidades de regulación económica. *Semestre Económico*. (12)23, 13-34, ISSN 0120-6346, enero-junio de 2009. Medellín, Colombia. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/seec/v12n23/v12n23a2.pdf>

Schrijver, A. D., & Mot, R. D. (1999). Degradation of pesticides by actinomycetes. *Critical reviews in microbiology*, 25(2), 85-119. Recuperado de <https://doi.org/10.1080/10408419991299194>

Superintendencia de Industria y Comercio (2013). Estudio sobre plaguicidas en Colombia. *Estudios económicos sectoriales* (7). Grupo de Estudios Económicos. Recuperado de http://www.sic.gov.co/recursos_user/documentos/Estudios-Academicos/Documentos-Elaborados-Grupo-Estudios-Economicos/7_Estudio_Sobre_Sector_Plaguicidas_Colombia_Diciembre_2013.pdf

REFLEXIONES FINALES: CONSCIENCIA AMBIENTAL



Delgado & Chiriví

La biorremediación se presenta como una alternativa amigable, interesante y llamativa para combatir y reducir la contaminación de suelos, cuerpos de agua o aire e igualmente puede ser útil con fines preventivos. Por su lado, la biorremediación en la actualidad solo cubre una pequeña fracción del tratamiento de residuos peligrosos; sin embargo, es un sector con gran crecimiento e interés en la gestión y recuperación medioambiental (Robles Vargas & Pinzón Quintero, 2013). Políticamente hablando, en Colombia, se basa en el principio “el que contamina paga” lo cual expresa que una persona natural o jurídica responsable de una contaminación debe pagar los gastos de las medidas necesarias para evitarla o reducirla con el fin de cumplir las normas y medidas equivalentes (Gómez et al, 2009). Este principio trae consigo implicaciones poco efectivas, ya que se trata de un mecanismo puramente económico para un problema más social y ético, por lo que en realidad no se reduce o mitiga la contaminación, sino que el problema está siendo camuflado y no solucionado. Por ejemplo, cuando una empresa responde por la contaminación de suelos o de cuerpos de agua a través de pagos, este realmente no está evitando la contaminación. Al contrario, este solo le está dando recursos a la administración pública para así poder tomar los mecanismos para su recuperación y remediación. Esto significa que la contaminación está siendo únicamente regularizada y normalizada, más no mitigada o prevenida (Gómez et al, 2009).

Con base en esto, Valenzuela (2006) dice: “la sola adopción del principio el que contamina paga resulta insuficiente como respuesta social al problema de la contaminación ambiental y que debe, en consecuencia, ser complementada por otras medidas” por ejemplo, por medio de la biorremediación. Este nuevo principio recibe el nombre de “el que contamina remedia”. Sin embargo, ninguno de los dos principios mencionados anteriormente es satisfactorio y exitoso si se aplica o ejecuta individualmente, razón por la cual se propone que ambos tienen que ser desarrollados conjuntamente para que así se complementen entre ellos y se logre realizar así una medida contundente y efectiva contra la contaminación de suelos y cuerpos de agua en Colombia (Gómez et al, 2009).

Adicional a esto, es necesario implementar medidas amplias y específicas que permitan la ejecución de la biorremediación o biotecnología frente a problemáticas medioambientales y consecuentemente de contaminación, no solo para ser una gran alternativa como solución sino también fomentar su investigación e interés que conlleve a una oportunidad de empresa o de emprendimiento generadora de empleo como ocurre actualmente en gran parte de Europa. Con relación a esto, en Colombia existen laboratorios tales como Laboratorios Prodycon SA y Simple Green Colombia que ofrecen programas de biorremediación en básicamente borras de tanque, sedimentos separadores API, sobrenadantes aceitosos de piscina y materiales contaminados por derrames, con el fin de mejorar la recuperación

básica y la preservación de los recursos naturales del país (Robles Vargas & Pinzón Quintero, 2013). Por último, se requiere también la participación y concientización del pueblo colombiano con actividades o ideas emprendedoras que busquen mitigar el daño que ha causado la contaminación por parte de la actividad empresarial del país, dado que a toda persona le incumbe la conservación del medio ambiente, ya que su contaminación, deterioro y destrucción nos afecta a todos tanto directa como indirectamente.



Se requiere también la participación y concientización del pueblo colombiano con actividades o ideas emprendedoras que busquen mitigar el daño que ha causado la contaminación por parte de la actividad empresarial del país

REFERENCIAS UTILIZADAS EN ESTA SECCIÓN

Aristizábal González, G., & Gómez Torres, M. del R. (2009). *¿Es viable la biorremediación como alternativa de descontaminación en Colombia?* Pontificia Universidad Javeriana. Recuperado de <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/16905>

Robles Vargas, S. C., & Pinzón Quintero, O. (2013). El futuro de los tratamientos ambientales: biotecnología vs políticas. En: Torres Olaya, M. L., Ramírez Cárdenas, J. A., & Mejía Argüello, J. E. *Gerencia de instituciones de salud y Gestión Ambiental*. Bogotá: Fundación Universitaria del Área Andina. Recuperado de http://digitk.areandina.edu.co/repositorio/bitstream/123456789/525/1/Investigacion_posgrados_VOL1__cerrado.pdf#page=138