# El arrendajo escarlata

Edición No. 6

ISSN: 2322 - 7001

Año: 4

Enero - julio 2018

Revista del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, para la trasferencia social del conocimiento





#### REPÚBLICA DE COLOMBIA

Presidente de la República Juan Manuel Santos Calderón

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Ministro Luis Gilberto Murillo Urrutia

Subdirectora de Educación y Participación Kandya Obezo Casseres

#### Comité Editorial

Maritza Eliana Aldana Ramírez Oscar Dario Tosse Luna Luz Stella Rodríguez Jara Mauricio Molano Cruz María Margarita Gnecco Ortiz Pablo Manuel Hurtado Rincón Ricardo Peñuela Pava Consuelo Gauta Gómez

Corrección de estilo Stefany P. Escandón Bernal Subdirección de Educación y Participación

#### **Fotografías**

José Roberto Arango R. Jhon Alberto Díaz Cuadro Minambiente Pixabay Stockvault

Diseño y Diagramación José Roberto Arango R. Grupo de Comunicaciones MinAmbiente

## Contenido

¿Por que el petroleo podrá hacernos pobres?: análisis socio-ecológico de los derramamientos de hidrocarburos	4
Variación espacial de la intensidad de los olores ofensivos en las diferentes zonas del área de influencia de la Estación de Bombeo de Aguas Residuales (EBAR) ubicada en el corregimiento de Punta Canoa, en Cartagena de Indias D.T. y C.	10
Movilidad eléctrica: los vehículos eléctricos y sus desafíos	26
Aproximación al diálogo sobre desarrollo sostenible a nivel territorial en Colombia	38
Hongos filamentosos como biorremediadores de suelos contaminados con hidrocarburos: una revisión	48
Actualidad normativa en ambiente y desarrollo sostenible ENERO - MAYO 2018	58
Nuestros Autores	66
Cómo publicar en El Arrendajo Escarlata	68

El Arrendajo Escarlata es editada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Las opiniones e ideas expresadas en los artículos provienen directamente de sus autores y no comprometen la posición oficial del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible ni del Gobierno Nacional o de gobiernos u organizaciones mencionados en ellos.

© Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018 Todos los derechos reservados. centrodoc@minambiente.gov.co

ISSN: 2322-7001





### **Editorial**

Estimados lectores,

En este sexto número les presentaremos una diversa selección de artículos presentados por investigadores del sector ambiental, estudiantes de educación superior en proceso de formación en áreas afines y profesionales especializados de este Ministerio. Los artículos de esta edición hacen contribuciones significativas al diálogo sobre desarrollo sostenible, al análisis ecológico y social de los derramamientos de hidrocarburos en Colombia, al estudio sobre los olores ofensivos y su variación espacial y a los desafíos a los que nos enfrentamos como país en temas de movilidad eléctrica.

Quiero agradecer la dedicación especial del Grupo de Divulgación del Conocimiento y Cultura Ambiental y del equipo técnico interdisciplinario que hizo parte del Comité Editorial, que nos permitió construir un amplio abanico de perspectivas, contando con la participación de múltiples actores y visiones con notable calidad.

Desde la Subdirección de Educación y Participación saludamos también al ministro Luis Gilberto Murillo por reconocer la importancia de retomar los espacios de promoción, sensibilización y divulgación del conocimiento científico ambiental, de los que hace parte El Arrendajo Escarlata, y por creer en este producto editorial comprometido con la presentación y divulgación de estudios, normativas y propuestas en temas de ambiente y desarrollo sostenible; y con retomar de la ciudadanía la multiplicidad de miradas en torno a estos temas.

Finalmente, enviamos a nuestros lectores un fraternal saludo invitándolos a que sigan enviando sus artículos sobre ambiente y desarrollo sostenible a centrodoc@minambiente.gov.co, desde la Subdirección de Educación y Participación seguimos convencidos de que El Arrendajo Escarlata es un significativo y poderoso vehículo para seguir fomentando la cultura del conocimiento ambiental y la investigación científica, así como el intercambio de conocimientos, saberes y experiencias, orientando, reactivando y oxigenando los procesos de participación y educación ambiental entre la ciudadanía.

#### KANDYA OBEZO CASSERES

Subdirectora de Educación y Participación Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible



Natalia Andrea Puerto Sanabria

uando ocurren derramamientos de petróleo en Colombia, las consecuencias ambientales saltan a la vista, le sobrevienen las económicas, las sociales e incluso las políticas. De las anteriores, la que menos atención recibe es la ambiental; paradójicamente, suele menospreciarse el bienestar de los ecosistemas para prestarle más atención a las pérdidas económicas, como si los ciclos económicos fuesen independientes de los ecológicos. Por ello, este artículo se propone hacer una valoración integral del impacto de este tipo de tragedias, haciendo mayor énfasis en las consecuencias socio-ecológicas que en las socio-económicas. El objetivo es obtener una visión holística del problema que sirva como denuncia pública y como insumo para la lucha por la justicia ambiental en Colombia.

Para ello en primer lugar, se hace un recuento de dos de las principales tragedias ocurridas en la historia por cuenta de derrames de petróleo; analizando los mecanismos estipulados para compensar los daños y los resultados obtenidos. En segundo lugar, se estudia el impacto de los derrames de hidrocarburos en Colombia desde una perspectiva social, es decir, analizando los conflictos socio-ecológicos relacionados con la industria petrolera. En tercer lugar, se presenta un análisis espacial del derramamiento de petróleo en el pozo La Lizama identificando: zonas geográficas comprometidas, ecosistemas, flora, fauna y actividades económicas. Finalmente, se hace un recuento de aquellas experiencias que demuestran la inconveniencia, inviabilidad e incluso ineficiencia de un modelo económico extractivista para Colombia.

#### Impactos y medidas de los derrames a mar abierto: caso Exxon e Ixtoc I

Los derramamientos de petróleo son tan frecuentes que llamarlos 'accidentes' resulta contradictorio. La industria petrolera puede esperar con cierta certeza que estos hechos se repitan una y otra vez; no obstante, mientras las comunidades protestan indignadas, a muchos magnates del petróleo poco les importa pagar una buena cuantía para expiar sus penas, o como han resuelto llamar 'compensar' el daño perpetuado a las comunidades y a los ecosistemas. Esta compensación suele expresarse en términos monetarios, como si por alguna suerte, el capital económico pudiese ser parte del ciclo natural de resiliencia de los ecosistemas. I

<sup>1</sup> Existe una teoría económica que le da sustento al modelo de desarrollo sostenible vigente y a los modelos de compensación. Esta se denomina sostenibilidad por sustitución. Robert Solow afirma que se puede concebir un mundo sin recursos naturales, y que su eventual agotamiento es solo un acontecimiento; pues supone que el capital natural es solo un factor más dentro de la función de producción y que puede ser reemplazado por capital económico o trabajo. De ahí se sigue que, la generación actual está en el derecho de hacer uso de los recursos naturales si al mismo tiempo invierte en tecnologías de desarrollo sostenible que puedan heredar las próximas generaciones.

Uno de los casos más graves de derramamiento de petróleo a mar abierto, es el de lxtoc I en el Golfo de México. Los impactos ambientales fueron elevados y este caso puso de manifiesto la inoperancia e inefectividad de los métodos de prevención y supuestos buenos procedimientos de estas compañías para refrenar un derrame masivo a mar abierto. (Garmon, 1980).

"Sin duda, el mayor derrame accidental de la historia es el que causó una explosión el 3 de junio de 1979 en el pozo lxtoc I, a unos 80 kilómetros del estado mexicano de Campeche. Tomó nueve meses frenar el vertido de crudo. En total, 461 mil toneladas del petróleo mancharon el agua del mar en esa ocasión." (BBC MUNDO, 2010).

Otro caso icónico es el de Exxon en el ártico, que produjo una ola de indignación mundial; no obstante, las medidas políticas se redujeron a una proclamación sobre buenas prácticas hecha por el gobierno de Estados Unidos. Este grave incidente ocurrido en 1989 aún deja su huella en dicho territorio, así que la mencionada proclamación conocida como Oil pollution act 1990, poco o nada ha conseguido resolver ambientalmente hablando.

En cuanto a la compensación económica que la empresa de exploración petrolera debía pagar, se estableció una suma de 287 millones de dólares en daños compensatorios y 5 billones de multa punitiva, la multa más grande que se ha impuesto a una compañía. (Nelson, 2018).

No obstante, proliferaron debates sobre la manera en que se valoró económicamente el daño causado por Exxon; algunos críticos defendían la idea que los métodos de valoración de los impactos ambientales son imprecisos en tanto el sistema de precios no podría nunca reflejar el verdadero valor de los ecosistemas. Mercantilizar los recursos naturales y hacerlos parte de las dinámicas clásicas de la economía trae consigo un dilema moral y ético, como el que explica Michael Sandel en su libro Lo que el dinero no puede comprar. Y es porque los servicios y recursos ambientales no tienen sustituto y su 'valor natural' no obedece a criterios simplistas de transacciones de mercado.

Además, la valoración económica de impactos ambientales se vuelve algo más compleja si se tiene en cuenta que tanto los sistemas ecológicos como los económicos se encuentran regidos por las leyes de la termodinámica. Nicholas Georgescu-Roegen,



Limpieza de tortuga cubierta de petróleo en La Lizama, Santander. Fotografía: Minambiente

el gran teórico de la bioeconomía, en su libro La ley de la entropía y el proceso económico ilustra la relación inevitable entre los ciclos económicos y los ecológicos. Si los ecosistemas fluyen de un estado de baja entropía a uno de alta entropía, también lo harán las economías. Pues resultaría iluso suponer que las economías se puedan sostener sin recursos. Así las cosas, la sostenibilidad económica y ecológica se encuentran en una relación de dependencia.

# El caso atípico de Colombia y los derrames de hidrocarburos

Las catástrofes ambientales por derramamientos de hidrocarburos en Colombia han ocurrido con preocupante frecuencia. Se calcula que la cantidad de galones de petróleo derramados históricamente en el país puede ser incluso mayor que la de las grandes tragedias citadas. Y el último caso, ocurrido en Santander y que afectó a importantes fuentes hídricas como el río Sogamoso, es muy ilustrativo en cuanto al escaso poder punitivo del Estado frente a estos hechos y sobre todo frente a grandes empresas como Ecopetrol. Sólo después de que la tragedia alcanzó niveles mayores, la Agencia Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) resolvió investigar la responsabilidad de Ecopetrol en la emergencia. Aun cuando las comunidades venían anunciando los primeros atisbos de contaminación con meses de antelación. (Paz, 2018).

Otro hecho aterrador, es que algunos de los derrames de hidrocarburos en Colombia han sido planeados por grupos al margen de la ley.

"En Colombia hasta noviembre de 1998 se presentaron 920 ataques contra la infraestructura petrolera, 575 de ellos en el oleoducto Caño Limón-Coveñas, que mediante roturas y abolladuras han perjudicado ecosistemas, fuentes de producción y abastecimiento de las comunidades aledañas al oleoducto. Las áreas perjudicadas por los derrames de petróleo se ubican principalmente en

la zona alta de la llanura araucana, en la región de la cuenca del río Catatumbo, en la llanura del valle medio y medio bajo del río Magdalena; departamentos de Santander, Cesar y Sucre, principalmente, y en los departamentos de Putumayo y Nariño. (Benavides et al., 2006)" citado en (Velasquez, 2017).

Aun con esta cantidad incalculable de daños generados al ambiente y a las comunidades, el sector petrolero en Colombia mantiene su influjo debido a la cuota que esta actividad económica añade a los indicadores de crecimiento económico del país. No obstante, un buen observador argumentaría que si se incluyera el deterioro y agotamiento de los recursos naturales, como una variable dentro de indicadores económicos, no existiría tal crecimiento, sino al contrario, el balance sería negativo. Pues la variable consumo contra recuperación de los ecosistemas es deficitaria. En Colombia, aún lejos de reconocerse este déficit, se sigue creyendo -a veces con ferviente fanatismo- en las bondades del petróleo para correr esa carrera sin principio ni fin, esa carrera frenética hacia un desarrollo económico mal entendido.

Incluso, algunos políticos colombianos- motivados por este discurso desarrollista- defienden un modelo de economía extractivista y de incentivo ciego al petróleo que trae consigo la incorporación de nuevas prácticas tristemente célebres, como lo es el fracking.

# Una mirada a los conflictos socio-ecológicos relacionados con la industria petrolera

Una buena manera de rastrear el impacto de los derramamientos de hidrocarburos es dar un vistazo a los conflictos socio-ecológicos que han sido documentados en la herramienta Atlas de justicia ambiental. Allí se encuentran 20 casos distintos que comparten la resistencia a proyectos petroleros y que se encuentran señalados en las imágenes con un punto negro:



Gráfica I- Mapa de los conflictos socio-ecológicos en Colombia asociados a combustibles fósiles y cambio climático

Fuente: Environmental Justice Atlas, (2015)

Las razones por las que las comunidades protestan en contra de proyectos petroleros no distan mucho entre sí, en general, se trata de una denuncia pública en contra de las actividades contaminantes de la industria petrolera y de combustibles fósiles. La cadena productiva del petróleo es contaminante de principio a fin, a decir verdad, los derrames accidentales sólo son uno de los tantos impactos ambientales que esta industria genera y multiplica. estos conflictos socio-ecológicos encuentra sus raíces en la construcción de un oleoducto por OCENSA, un consorcio de British Petroleum, que causó inclementes daños ambientales. Los campesinos protestaban porque el oleoducto se construyó sobre importantes fuentes de agua, lo que resultó en erosión del suelo, cosechas estropeadas y una gran cantidad

de peces muriendo de hambre. Otro caso que ilustra la resistencia civil a las actividades de exploración petrolera, es el de Turamena, Casanare. El 15 de diciembre de 2013 en este municipio se realizó una consulta popular para decidir si aprobar o no el desarrollo petrolero en la zona norte de la región. Aunque los resultados de la consulta se volcaron hacia un contundente no, el gobierno nacional desconoció la soberanía del pueblo argumentado que el subsuelo es propiedad del Estado. Hecho que generó una ola de indignación por parte de las comunidades y las ONG's ambientalistas, entre ellas Censat Agua Viva que exigía respeto por las decisiones autónomas y democráticas de las comunidades: clamaban justicia, en particular, justicia ambiental. (Environmental justice atlas, 2014)

El extractivismo como modelo económico es inviable e inconveniente en el corto e incluso más en el largo plazo. Los impactos socio-ecológicos y los conflictos derivados lo comprueban.



#### ¿Ecocidio en el río Sogamoso? Ubicando la espacialidad del problema

Para llegar a comprender, al menos parcialmente, el impacto del accidente que afectó las aguas del río Sogamoso; es necesario empezar por una caracterización geográfica del lugar con el objetivo de determinar cuáles son los municipios que dependen de este recurso hídrico para el desarrollo de sus actividades económicas; entre ellas, ganadería, pesca y cultivo. Asimismo, para identificar las especies afectadas y la manera en que se vio impactado el normal funcionamiento del ecosistema, así como el acceso al agua dulce en la región.

Es importante reconocer que el río Sogamoso es un afluente principal del río magdalena, el más importante del país que nace en la confluencia del río Suárez y Chicamocha y recorre los municipios de Los Santos, Zapatoca, Betulia, San Juan de Girón, San Vicente de Chucurí, Sabana de Torres, Puerto Wilches y Barrancabermeja.

En estos ocho municipios habitan alrededor de 487 mil personas²; y en general, las zonas rurales del departamento de Santander tienen una marcada vocación agrícola, de modo que dependen del acceso al agua dulce para el cultivo y el riego. El río Sogamoso y el río Chicamocha son las principales fuentes de agua, esta dependencia hacia

estos recursos hídricos hace a las comunidades altamente vulnerables respecto a accidentes como el ocurrido en marzo de 2018 por cuenta del derrame de petróleo que nació en la quebrada La Limaza y se extendió a lo largo del río.

En cuanto a la fauna, los habitantes denuncian que las cifras oficiales subestiman la magnitud del problema, pues según los reportes fueron 2442 los animales muertos, no obstante, ellos afirman que el número fue superior si se tiene en cuenta "los alevinos y la microfauna que habita en la arena o debajo de las raíces de los árboles. Esa microfauna es invisible e incuantificable. Las cifras de Ecopetrol son totalmente alejadas de la realidad afirma Carlos Moreno, vocero del Comité Pro defensa La Lizama." (Paz, 2018).

"La indignación de la comunidad y en general del pueblo colombiano ha sido enorme. La contaminación de la quebrada La Lizama, caño Muerto y el río Sogamoso, tributario del Magdalena, el río más importante de Colombia, ha generado plantones pidiendo la renuncia de diversos funcionarios públicos, entre ellos el ministro de Ambiente Luis Gilberto Murillo. Además de protestas en contra de la petrolera colombiana a la que acusan de un "ecocidio" y de afectar la vida y el sustento económico de cientos de agricultores, ganaderos y pescadores". (Paz, 2018)

#### Conclusión

Ecocidio: destrucción extensiva, daño o perdida de los ecosistemas de un territorio dado, sea por agencia humana o por otras causas, hasta un punto que el disfrute pacifico de los habitantes del territorio ha sido severamente disminuido. (Higgins, 2010)3

El derramamiento de petróleo que afectó el río Sogamoso cabe dentro de la definición de ecocidio dada por Higgins, también los otros casos citados en este artículo. Los de Exxon e Ixtoc I son particulares porque dado que ocurrieron a mar abierto, tienen un carácter trasnacional; esto significa que estos impactos no reconocen fronteras políticas o geográficas. Es por ello, que ambientalistas como Higgins, han argumentado ante la Comisión de Derecho Internacional de las Naciones Unidas, que el ecocidio debería ser considerado un crimen internacional.

Se podría llegar incluso a afirmar que los modelos económicos extractivistas son ecocidas en tanto se privilegia el beneficio económico a corto plazo a costa de la explotación exacerbada de los recursos naturales, así como del agotamiento de los paisajes y de la capacidad de resiliencia de los ecosistemas. Además, hay prácticas agravantes como el fracking, que a grandes rasgos lo que supone es la utilización de agua pura con fines extractivos. Lo que supondría un mayor riesgo para las comunidades que dependan de las fuentes hídricas para su propia subsistencia.

Con base en lo anterior, es que en este texto se defiende la idea de que el extractivismo como modelo económico es inviable e inconveniente en el corto e incluso más en el largo plazo. Los impactos socio-ecológicos y los conflictos derivados lo comprueban.

De nada valen las indemnizaciones económicas cuando se asiste a la muerte de un río, tampoco sirve la reubicación de las comunidades si no se garantiza sus condiciones mínimas de subsistencia; mucho menos valioso es el crecimiento porcentual del PIB si en unos años habremos acabado con nuestros recursos. Hay que desmitificar los discursos de desarrollo sostenible que promueven la idea de sostenibilidad por sustitución. No existe suma económica o proyecto de compensación que pueda remediar el deterioro o pérdida de un ecosistema.

#### Bibliografía

- I. BBC MUNDO. (18 de Junio de 2010). Los 10 peores derrames de la historia. Obtenido de http://www.bbc.com/mundo/internacional/2010/06/100616\_derrame\_especial\_extension\_il
- 2. Environmental justice atlas. (2014). Environmental justice atlas. Obtenido de BP Exploration company: https://ejatlas.org/conflict/ bp-exploration-company-colombia
- **3.** Environmental Justice Atlas. (s.f). Environmental conflicts in Colombia. Obtenido de https://ejatlas.org/country/colombia
- **4.** Garmon, L. (1980). Autopsy of an Oil Spill. Science News.
- **5.** Georgescu-Roegen, N (1970). La ley de la entropía y el proceso económico. Fundación Argentaria.
- 6. Nelson, S. (2018). Containing Environmentalism: Risk, Rationality, and Value in the Wake of the Exxon Valdez, Capitalism Nature Socialism.

  Capitalism Nature Socialism, 18.
- 7. Paz, A. (2018). Derrame de petróleo en Santander: el pozo está cerrado, pero las causas siguen siendo un misterío. Semana Sostenible.
- **8.** Sandel, M (2012). Lo que el dinero no puede comprar. Random House Mondadory.ed.
- 9. Velasquez, J. (2017). Contaminación de suelos y aguas por hidrocarburos en Colombia. Análisis de la fitorremediación como estrategia biotecnológica de recuperación. Revista de investigación agraria y ambiental, 81.



Anny Lucelly Sierra Negrete, Juan Miguel Ayala Jiménez y César Augusto Arciniegas Suárez

esumen: La Estación de Bombeo de Aguas Residuales (EBAR) ubicada a dos kilómetros de Punta Canoa, corregimiento de Cartagena de Indias, fue diseñada con el propósito de realizar el proceso de pre-tratamiento de estas aguas e impulsarlas al emisario submarino. No obstante, dado que las alcantarillas transportan aguas residuales ricas en materia orgánica, con el paso del tiempo y en función de la acción de los microorganismos presentes se producen gases, como el sulfuro de hidrógeno, que liberan olores ofensivos. Por estar ubicada en una zona de alta proyección urbanística con proyectos de alta estratificación según la Secretaría de Planeación de la Alcaldía Mayor de Cartagena de Indias, se han generado quejas e inconformidades por parte de las personas que viven cerca de la EBAR, es por esto que se presentó el proyecto apoyado por la empresa de acueducto y alcantarillado, Aguas de Cartagena S.A. E.S.P. (ACUACAR). Para determinar la variación espacial de la intensidad de olores ofensivos se utilizará un olfatómetro de campo SM-100i; el comportamiento de los vientos se analizará históricamente y se procesará a través de la herramienta WRPLOT; y se construirán diagramas de contorno por el método de interpolación de Kriging con el software Surfer. Los resultados de las concentraciones de los olores serán comparados con los valores establecidos por la normatividad ambiental colombiana establecida al tema de olores.

Palabras clave: Olores ofensivos; Sulfuro de hidrógeno; EBAR.

#### Introducción

A continuación se detalla el monitoreo del H<sub>2</sub>S, realizado en la Estación de Bombeo de Aguas Residuales (EBAR) en Punta Canoa. Las mediciones fueron realizadas durante dos semanas: del 04 al 08 de septiembre de 2017 y del 11 al 15 de septiembre de 2017, en dos jornadas, una en la tarde y otra en la mañana, respectivamente.

Dicho monitoreo fue llevado a cabo por los panelistas y estuvo enfocado a la medición de la concentración y variación del sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S) a las afueras de la EBAR, realizado mediante el olfatómetro de campo SM-100i.

SM-100i es un olfatómetro autónomo automatizado que utiliza aire comprimido de un tanque de alta presión de fibra de carbono para diluir el aire de muestra y presentarlo a un panelista (evaluador sensorial). La muestra se extrae utilizando el vacío generado por el flujo de aire de dilución comprimido a través de una bomba Venturi. La relación de dilución del aire limpio al aire de la muestra se controla mediante la válvula de regulador de flujo patentada de Scentroid, utilizando un servomotor. El panelista puede seleccionar 15 relaciones discretas de dilución que se presentan automáticamente por placa. El rango total de la unidad se puede seleccionar a través de placas de restricción cambiables que tienen una forma de dilución variable de 2 a 30000 (Scentroid, 2015).

#### **Antecedentes**

Los olores pueden causar una variedad de reacciones indeseables en las personas que van desde molestias a efectos documentados sobre la salud. En las comunidades expuestas a las emisiones, a pesar de que puede no haber enfermedades inmediatas, su exposición prolongada puede generar reacciones indeseables, trayendo consigo problemas no solo ecológicos, sino también sociales.

Los olores que resultan directa o indirectamente de las actividades humanas y que causan un efecto adverso se clasifican a menudo como contaminantes y están sujetos a regulación. En el contexto más amplio de los contaminantes, los efectos adversos pueden constituir uno o más de los siguientes: a) deterioro de la calidad del medio natural para cualquier uso que pueda hacerse de ellos; b) lesiones o daños a la propiedad, a la vida animal o vegetal; c) daño o molestia a cualquier persona; d) un efecto adverso sobre la salud de cualquier persona; e) la pérdida de goce del uso normal de la propiedad (Nicell, 2009).

Las emisiones de olores de las plantas de tratamiento de aguas residuales se han convertido en un problema importante para la industria de aguas residuales (WEF, 1995; Stuetz y Franz-Bernd, 2001), problemática que ha aumentado en las últimas décadas (Karageorgos et al., 2010 y Choi et al., 2012). Los temas asociados a las emisiones de olores ofensivos han ocasionado controversia en razón a la ubicación y construcción de nuevas instalaciones de tratamiento (Tian et al., 2013, Zou et al., 2003, de Fang et al. 2012 y Ying et al., 2012). La principal preocupación que una planta de aguas residuales puede enfrentar es la naturaleza irritante de los olores, y la controversia generada por la comunidad que la rodea, ya que pueden percibir las molestias como algo perjudicial, así lo afirman Cheng, Peterkin y Burlingame, (2001).

Vicente y Hobson, (1998) dicen que estos problemas de olor pueden tener un origen en componentes volátiles contenidos en disolventes, derivados del petróleo y otros residuos, también pueden ser causados indirectamente por efluentes con materiales altamente degradables o con contenido de azufre. Las emisiones de olores por tanto, pueden afectar la calidad de vida causando no sólo estrés psicológico, sino también síntomas psicosomáticos, como por ejemplo, insomnio, pérdida de apetito, y el comportamiento irracional (Devai y DeLaune, 1999).

La exposición a olores también puede dar lugar a una alta prevalencia de síntomas gastrointestinales, relacionados con la cabeza, cardíacos, cognitivos, neuromusculares y síntomas musculo-esqueléticos (Andersson et al., 2009) e incluso, los gases olorosos emitidos pueden ejercer una influencia negativa en el medio ambiente circundante y disminuir significativamente la calidad de vida como lo ratifican Wenjing et al., (2015).

Por lo anterior, es importante conocer la cantidad de emisión de olor, monitorizándolos continuamente, para controlar los compuestos que causan malos olores en las plantas de tratamiento de aguas residuales (Hyunook Kim et al, 2014).

Entre los elementos que influyen en la generación de impactos por los olores ofensivos, Nicell (2009) sostiene que estos resultan de la interacción de diversos factores conocida como *FIDOL*, y que

hace referencia a la frecuencia, intensidad, duración, carácter ofensivo y ubicación respectivamente.

En este sentido, es esencial tener conocimiento de las fuentes de olores ofensivos y aún más de las tecnologías existentes para su control a fin de proponer soluciones y facilitar la instalación de sistemas de tratamiento (Morgan, Revah, et al., 2001).

En países como China, en donde la industrialización y urbanización es acelerada, así como su grave problema de contaminación; se ha determinado que las plantas de tratamiento de aguas residuales son generadoras de cantidades significativas de amoníaco bajo ciertas condiciones, ocupando esta la posición número cinco en cuanto a las fuentes de amoníaco de este país (C. Zhang, Geng, Wang, Zhou, & Wang, 2016). La mayoría de los estudios de estas emisiones se han centrado en las provenientes de la ganadería, uso de fertilizantes y fuentes agrícolas (J. Zhang et al., 2007) y pocos estudios en otro tipo de fuentes como es el caso de las plantas de tratamiento (Liu, Wang, Ding, & Deng, 2014).

En la Unión Europea, utilizan técnicas como la olfatometría dinámica, que es una técnica de medición normalizada para determinar la concentración de sustancias olorosas emitidas al

medio ambiente de diferentes fuentes, incluyendo las plantas de tratamiento de aguas residuales municipales. Estos análisis se basan en la mezcla de un gas que contiene compuestos olfativos con gas neutro inodoro y son evaluados por un grupo de personas con previas capacitaciones y una sensibilidad olfativa. (Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, 2017). En la mayoría de estos países se comprometen con el problema de los olores ofensivos, creando, cambiando y mejorando continuamente los reglamentos.

Otro caso es el de Francia, que está empezando a adoptar instrumentos como las "narices electrónicas", para controlar los olores de los procesos de neutralización de las aguas residuales. Este dispositivo puede complementar con éxito técnicas de medición e incluso, es posible con el uso de una o varias narices electrónicas realizar monitorización en línea (Gebicki, Byliński, & Namieśnik, 2015).

Por su parte en Colombia, en la costa Caribe no existen muchas plantas de tratamiento de aguas residuales, afirma Vásquez Núñez (2015). La mayoría de los municipios cuentan con lagunas de estabilización y los sistemas anaerobios son realmente pocos; pero es destacable



los utilizados en sectores de la industria de refrescos y cervecerías, como es el caso de las ciudades de Cartagena, Barranquilla y Santa Marta. Es de reconocer que se ha incrementado considerablemente en Colombia la inversión en el sector de agua potable y saneamiento, pero existe un atraso en materia de tratamiento de aguas residuales, estando el sector industrial un paso adelante.

Cabe resaltar que en el país existen avances en materia de normatividad para el monitoreo de olores ofensivos, como es el caso de la Resolución 1541 de 2013 expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, la cual es una herramienta para la gestión de la contaminación por olores ofensivos y que establece métodos de medición y especificaciones mínimas para la medición. También se puede mencionar la NTC 5880:2011 – Determinación de la concentración de olor por olfatometría dinámica, como un método para la determinación objetiva de la concentración de olor de una muestra gaseosa usando olfatometría con evaluadores humanos.

Esta creciente preocupación del público ha estimulado a las autoridades locales y los gobiernos a buscar una solución de compromiso entre el desarrollo económico y la seguridad del medio ambiente y la sociedad, teniendo en cuenta que no existe un conocimiento preciso de los niveles de olores que son aceptables por el público (Agrafiotis, et al., 2013), mientras que Tso, Liao et al., (2006) descubren y revelan que es posible que las personas se adapten a patrones de percepción general con respecto a olor, el ruido y el impacto visual, pero que las plagas originadas en las plantas de tratamiento constituyen una molestia grave, a la que la adaptación no era posible.

Pascua et al., (2004) afirman que la mayoría de olores generados en las plantas de tratamiento de aguas residuales son compuestos a base de azufre, el compuesto predominante a menudo es el sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S), aunque también hay otros compuestos que se encuentran en concentraciones más bajas.

#### Metodología

#### Selección de panelistas

Los panelistas fueron seleccionados según el procedimiento establecido en el Kit de Sensibilidad Scentroid, SK5, el cual está diseñado para proporcionar mezclas precisas de N-butanol de 5 a 50 ppm de una fuente de N-butanol líquido. La mezcla de N-butanol se puede utilizar para seleccionar panelistas utilizando el Scentroid SM100i o cualquier otro olfatómetro Scentroid conforme a la norma EN13725 (homologada en la NTC 5880). La mezcla es precisa y repetible gracias al volumen fijo de la cámara de evaporación, la jeringa micro-litros y la bolsa Tedlar pre-purgada.

Se debe realizar un mínimo de 10 estimaciones de umbral individual (esto es una sesión), durante al menos tres sesiones en días diferentes, con al menos un día de pausa entre cada sesión.

Según la norma EN I 3725, los panelistas deben ser capaces de detectar N-Butanol entre 20 a 80 ppb para convertirse en panelistas y calificar para la prueba olfatométrica.

#### Visita previa al corregimiento de Punta Canoa

Durante esta primera etapa se visitó el lugar de monitoreo para, además de verificar los parámetros de seguridad, identificar la ubicación de los principales puntos de generación y emisión de olores en la planta de tratamiento de aguas residuales. Esto último se realizó mediante un esquema de la planta donde se señalan las posibles fuentes de generación y/o emisión de olores.

#### Materiales y métodos

El monitoreo está basado a partir de la norma alemana VDI 3940/2006: "medida del impacto del olor por inspección de campo", esto se debe a que permite determinar, de forma directa, la frecuencia del olor en el tiempo, así como el tono hedónico

de un olor existente. Además, esta guía describe las condiciones de los guías y los panelistas, muestra cómo efectuar las mediciones individuales, cómo se calcula el porcentaje de tiempo de olor y la escala de grado de intensidad con la que se deben medir los olores. También muestra los métodos de cómo se deben recopilar los datos, resultados y cómo calcular el porcentaje del tiempo de olor. En su parte final describe los aspectos generales a cumplir para realizar los métodos de medición mediante una grilla o mediante la pluma. (Universidad de Desarrollo Tecnológico, 2008)

Sin embargo, esta guía fue adaptada a las condiciones

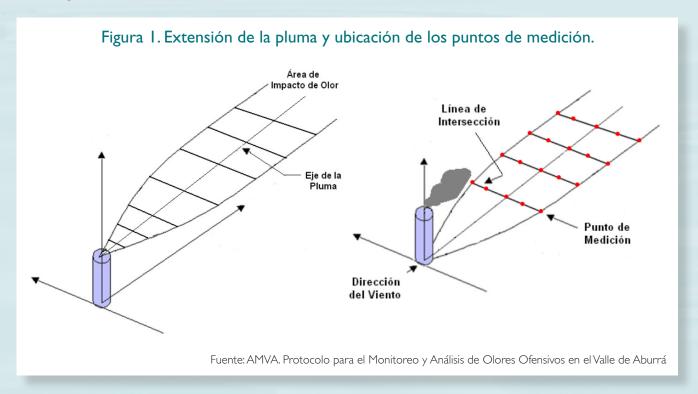
presentes durante el desarrollo del proyecto,

por tratarse de una metodología costosa y de largo plazo, ya que necesita mediciones durante un periodo de seis meses a un año. (Generalitat Valenciana, 2017)

Para el uso de la metodología se acopló con el olfatómetro de campo SM-100i, la medición en línea de la intensidad olfativa en los lindes de las fuentes olorosas. Esto por la medida objetiva de la afectación que este tipo de contaminación causa en sus alrededores, facilitando en buena forma realizar control sobre los olores ofensivos. Las mediciones se realizaron durante dos semanas, una durante la jornada de la mañana y otra en la tarde.

Para llevar a esta medición de la inmisión del olor se siguen los siguientes pasos:

- I. Una vez se llega al campo de monitoreo se debe caracterizar el olor. Es decir, los panelistas y el coordinador se colocan de acuerdo sobre cómo llamarán el olor que desean evaluar. Esto se hace con el fin de diferenciarlo de otros olores que puedan estar en el campo y que puedan interferir con las mediciones.
- 2. Seguidamente se halla la extensión de la pluma, es decir el área donde posiblemente se pueda percibir el olor. En el sitio más alejado de la fuente, donde aún es percibido, se ubican los puntos de medición de forma tal que formen una línea perpendicular al eje de la pluma, como se observa en la figura 1.



- 3. Una vez que los olfateadores estén ubicados en los puntos de medición sobre la línea de intercepción empiezan a realizar las mediciones del olor, siguiendo el procedimiento descrito en la figura 1. Durante este tiempo inicial, el panelista aspira el aire durante 10 segundos, evaluando cada inhalación de olor.
- **4.** Al finalizar las mediciones se habrá evaluado el olor 15 veces con el olfatómetro dentro de la hora de medición.
- **5.** Por último el olor es evaluado por su tono hedónico, es decir, caracterizar la muestra por la escala de intensidad especificada en la tabla 1.

Tabla 1. Escala de intensidades para la evaluación del tono hedónico.

Grado	Intensidad
0	Sin olor
1	Muy leve
2	Débil
3	Fácilmente notable
4	Fuerte
5	Muy fuerte

Fuente: AMVA. Protocolo para el Monitoreo y Análisis de Olores Ofensivos en el Valle de Aburrá

6. En total durante un día se deben medir 4 líneas, para completar los 15 puntos de emisión de olor. En ocasiones estos tiempos no se cumplen por la presencia de lluvias en el sector de medición.

#### Análisis de los resultados

Una vez recogidos los datos, se deben agrupar y analizar de forma organizada para obtener el mayor potencial de la medición de la inmisión del olor. Se espera determinar que en la etapa 3.2 durante la visita previa al lugar del monitoreo de forma general los principales puntos de generación y emisión de olores en las estaciones de tratamiento de agua residuales, son los mismos.

#### Evaluación de las afectaciones a los trabajadores y los vecinos

Para evaluar las afectaciones que pueden tener la generación y emisión de olores sobre los trabajadores se toma como referencia los límites de exposición profesional por agentes químicos adoptados por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene del Trabajo (INSHT).

Estos límites permiten evaluar y controlar los riesgos inherentes a la exposición, principalmente por inhalación, a los agentes químicos presentes en el lugar de trabajo, y por tanto, proteger la salud de los trabajadores. Partiendo de los límites de exposición establecidos por la ley para el sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S) se realizan medidas de concentración de este gas, en las distintas zonas de trabajo de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales

#### **RESULTADOS**

El monitoreo del H2S se llevó a cabo durante dos semanas, del 04 al 08 de septiembre de 2017 sin incluir el 07 de septiembre por presencia de lluvias durante el día, y del 11 al 15 de septiembre de 2017. Se estableció una pluma de 4 líneas, una de ellas con tres puntos y las demás con cuatro puntos, esto debido a lo forma del área de estudio (Figura 2). La distancia entre cada punto por línea fue de 50 m, dicha distancia fue hallada y basada en el Protocolo para el Monitoreo, Control y Vigilancia de Olores Ofensivos del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014).



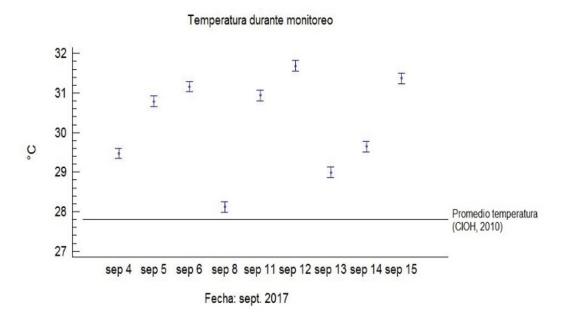
Fuente: Google Earth, modificada por autores

Durante el monitoreo de la primera semana, llevado a cabo en la jornada de la tarde, se realizaban trabajos de contención y soldadura en la Estación, puesto que se habían presentado fugas los meses julio y agosto, por tanto la planta estuvo apagada el día 04 de septiembre. El cuarto día (07 de septiembre de 2017) hubo presencia de lluvias y por esto no se logró realizar el monitoreo por la posibilidad de alteración de los resultados debido a la alta humedad en el ambiente. La segunda semana el monitoreo se realizó en la jornada de la mañana.

Los parámetros estudiados para el análisis de sus correlaciones fueron: temperatura, presión, humedad y velocidad del viento. La figura 3 evidencia la variación de cada parámetro durante los días en que se desarrolló el muestreo y el promedio anual en la ciudad de Cartagena:

Figura 3. Temperatura durante del monitoreo.

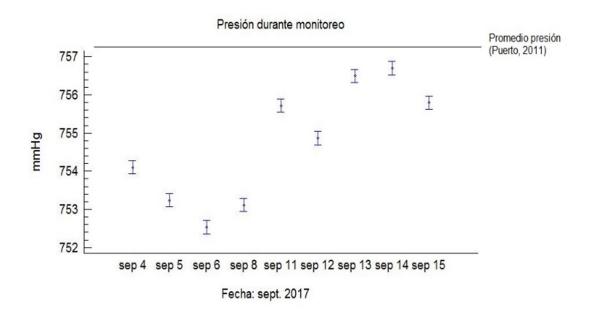
Temperatura (°C)



Fuente: CIOH

Figura 4. Presión durante el monitoreo.

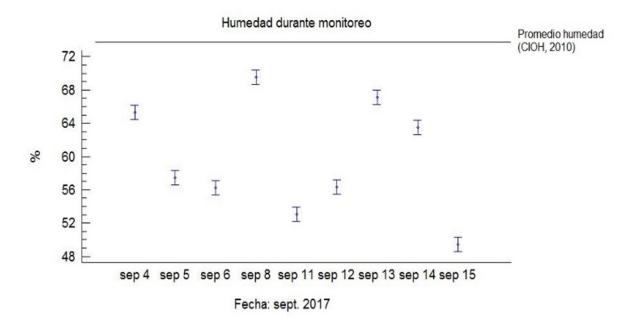
Presión (mmHg)



Fuente: Puerto de Cartagena



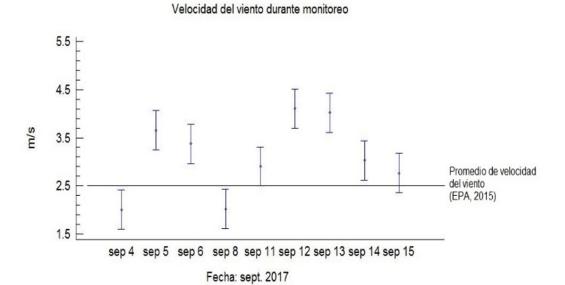
Humedad (%)



Fuente: Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas, CIOH

Figura 6. Velocidad del viento durante el monitoreo.

Velocidad del viento (m/s)



Fuente: Establecimiento Público Ambiental de Cartagena

#### Velocidad y dirección del viento

En la rosa de vientos correspondiente a los meses de mayo a octubre de 2017 (figura 7) se observan direcciones predominantes en sentido SE, se presenta en la gráfica de frecuencias de velocidad del viento (figura 8) que el 46.4% del tiempo se presentó una velocidad de 0.5 a 2.1 m/s; el 28.3% de los meses se presentó una velocidad del viento entre 2.1 y 3.6 m/s. De esta forma se observa que aproximadamente para estos meses en Punta Canoa, las velocidades con mayores frecuencias oscilaron entre 0.5 y 3.6 m/s.

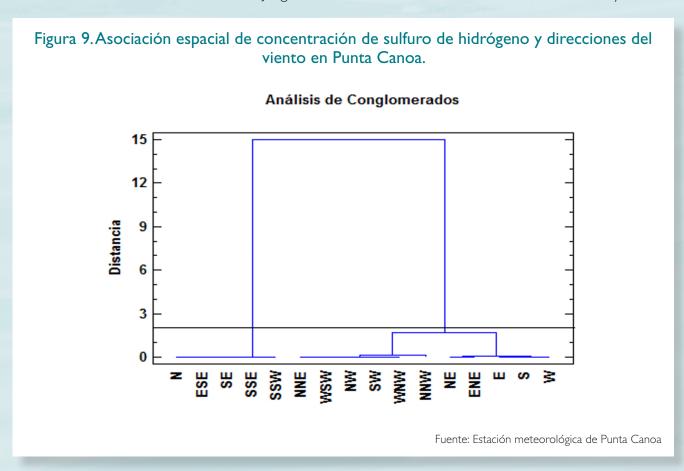
Figura 7: Rosa de vientos registrada en la EBAR de Punta Canoa. Rosa de vientos 1160000 1158000 Punta de Canoa 1154000 1152000 WIND SPEED 1146000 1142000 1140000 1138000 440000 442000 444000 446000 448000 450000 452000 454000 UTM E 6000 8000 Fuente: Estación meteorológica de Punta Canoa

Figura 8: Frecuencia de la velocidad del viento en Punta Canoa. Distribución de frecuencia de velocidad del viento 50 46.4 40 28.3 20.4 20 10 4.3 0,5 0,0  $0^{1}$ 0.5 - 2.1 3.6 - 5.7 2.1 - 3.6 5.7 - 8.8 8.8 - 11.1 >= 11.1 Calms Wind Class (m/s) Fuente: Estación meteorológica de Punta Canoa

#### Variación espacial de la relación concentración del contaminante/dirección del viento

Al usar el análisis cluster (figura 9) para determinar la asociación con criterio espacial para la relación concentración del H<sub>2</sub>S /dirección del viento se observa un grupo que contiene varios subgrupos de menor distancia, y que por ende, tienen mayor relación. Estos corresponden como primer subgrupo, a las variaciones de N, SE y SSW; un segundo subgrupo se forma principalmente en las variaciones de NW y SW; el tercer conglomerado de similitud entre NE y ENE; y otra relación se forma en la dirección E, S y W.

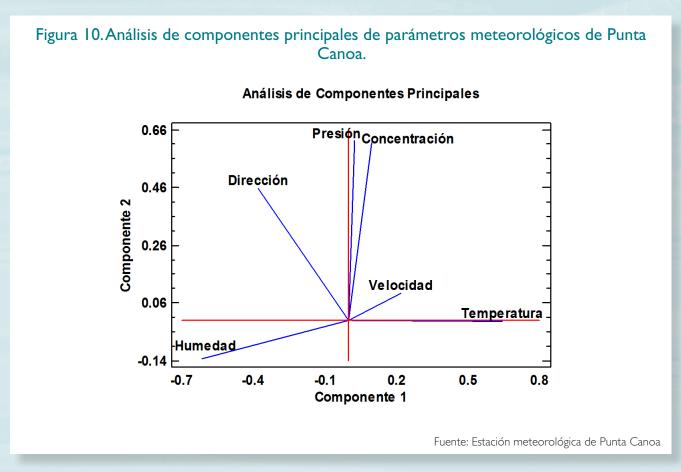
El primer grupo o conglomerado de dirección del viento con mayor relación (N, ESE, SE, SSE y SSW), tiene concentraciones del contaminante de 338 OU<sub>E</sub>/m³, lo cual tiene incidencia directa sobre la población que se ubica sobre esa dirección; hacia el SSW con distancia de 1.15 km y con vientos predominantes entre 2.1 y 3.6 m/s, se encuentra Karibana Golf Club Resort y Conrad Cartagena, hacia WNW, a una distancia de 1.47 km y con vientos entre 3.6 y 5.7 m/s está el corregimiento de Punta Canoa y hacia el E a 2.77 km, se encuentra la Universidad Jorge Tadeo Lozano con velocidad del viento entre 2.1 y 5.7 m/s.



#### Influencia de parámetros meteorológicos

Para estudiar las posibles causas de variación del contaminante, se sometieron las concentraciones del  $H_2S$  obtenidas durante el monitoreo, conjuntamente con las variables meteorológicas, a un análisis de componentes principales (ACP). El análisis ACP para las concentraciones del contaminante en Punta Canoa mostró que el 76.575% de la variación de los datos puede explicarse mediante el uso dos componentes principales.

Las mayores concentraciones de H<sub>2</sub>S se presentan cuando la temperatura, la presión y la velocidad del viento son altas, presentándose como directamente proporcional con la concentración del contaminante, mientras que a medida que la humedad aumenta, la concentración disminuye, siendo inversamente proporcional la relación entre estos dos parámetros (figura 10).

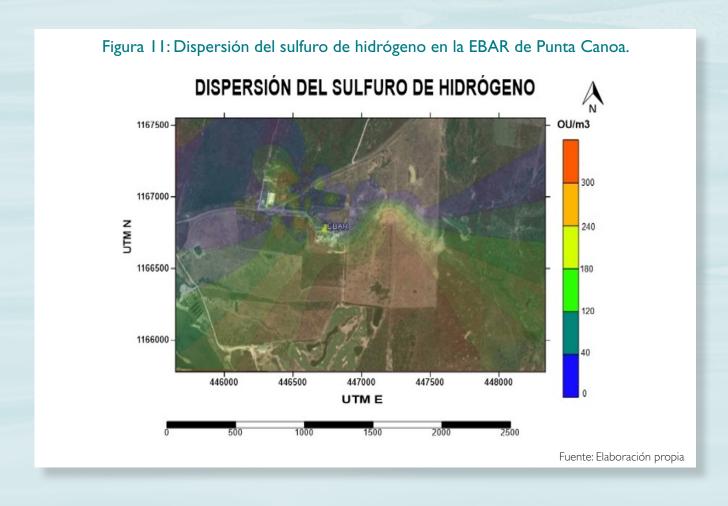


#### Simulación de dispersión del H<sub>2</sub>S

En la figura II se presenta la variación espacial del H<sub>2</sub>S durante las dos semanas del monitoreo en la EBAR. Las mayores concentraciones de H<sub>2</sub>S (338 OU/m³), se evidencian principalmente hacia el NW, donde se encuentran filtros verticales y horizontales, los cuales en los meses de julio y agosto estaban en reparación y en proceso de cambios del carbón activado; y al SE de la EBAR, sobrepasando el límite permisible por la Resolución 1541 de 2013.

Según la rosa de vientos presentada en la figura 7, el viento tiene una dirección predominante del SE con velocidades ente 0.5 y 2.1 m/s, sin embargo se evidencian altas concentraciones del H<sub>2</sub>S en esta dirección, lo cual se le atribuye a que se presentan ráfagas de viento provenientes del NW y NE con velocidades superiores a 5.7 m/s, en consecuencia a esto el contaminante es transportado hacia el sur de la EBAR.

Estas altas concentraciones se deben a que el H<sub>2</sub>S es un producto natural de la descomposición anaerobia de la materia orgánica y por ser más pesado que el aire, se puede acumular en partes bajas de la estación de bombeo (Arriagada, 2008). Además que la dispersión del H<sub>2</sub>S concuerda con la dirección del viento, al momento de encontrar mayores concentraciones hacia el NW de la EBAR, en la zona donde se encuentran los filtros horizontales y verticales.



Las concentraciones halladas en la EBAR son comparadas con el nivel permisible de calidad de aire o de inmisión de sustancias o mezclas de sustancias de olores ofensivos, el cual para la actividad correspondiente es de 3 OU<sub>E</sub>/m³, descrito por la Resolución 1541 de 2013, según lo muestra la tabla 2.

Tabla 2: Niveles permisibles de calidad de aire o de inmisión de mezclas de sustancias de olores ofensivos

Actividad	Nivel permisible
Procesamiento y conservación de carne, pescado, crustáceos y moluscos	
Fabricación de productos de la refinación del petróleo	
Fabricación de pulpas (pastas) celulósicas; papel y cartón	
Curtido y recurtido de cueros; recurtido y teñido de pieles	
Tratamiento y disposición de desechos no peligrosos y estaciones de transferencia	3OU <sub>E</sub> /m³
Planta de tratamiento de aguas residuales	
Actividades que capten agua de cuerpos de agua receptores de vertimientos	
Fabricación de sustancias y productos químicos básicos	
Tratamiento térmico de subproductos de animales	

#### Discusión

Las concentraciones establecidas por la Resolución 1541 de 2013 son sobrepasadas al compararla con la gráfica de dispersión del H<sub>2</sub>S. Ahora bien, el contaminante es transportado hacia el sur de la EBAR por la predominancia de la dirección y la velocidad del viento en los meses de mayo a octubre, de esta manera el H<sub>2</sub>S es dirigido en su mayoría a las poblaciones cercanas.

El H<sub>2</sub>S puede ser percibido desde muy bajas concentraciones y puede generar diferentes afectaciones en las personas relacionadas con reacciones indeseables, que pueden ir desde molestias a efectos documentados sobre la salud. La exposición a olores ofensivos puede generar diferentes síntomas relacionados con lo cognitivo, malestares gastrointestinales, e incluso neuromusculares como afirman algunos autores (Andersson, 2009).

Según la rosa de viento, el H<sub>2</sub>S debería ser transportado hacia NW debido a que el viento proviene mayoritariamente del SE, sin embargo se presentan mayores velocidades del viento provenientes del NW y NE, por lo que es transportado a la dirección contraria, es decir, hacia el SE donde se encuentran fincas y hoteles, afectando así la calidad de vida de estas personas.

#### Conclusión

Se realizó el monitoreo en la Estación de Bombeo de Aguas Residuales de Punta Canoa y se obtuvo en primera instancia que la concentración del H<sub>2</sub>S logra alcanzar valores de 338 OU/m³ sobrepasando lo establecido por la Resolución 1541 del 2013, que establece que para actividades de tratamiento de agua no deben presentarse concentraciones superiores a las 3 OU/m³.

Se elaboró la dispersión del H<sub>2</sub>S en la zona de estudio y sus alrededores donde se evidencian las mayores concentraciones en la zona donde se ubican los filtros de la EBAR. Además se realizó el esquema cluster entre la concentración del contaminante y la dirección del viento, para determinar los grupo asociados, es decir, qué valores de la concentración se relacionan o son similares en las distintas direcciones, encontrando que las mayores concentraciones están en direcciones dirigidas a zonas como el corregimiento Punta Canoa, Karibana Golf Club Resort, Conrad Cartagena y la universidad Jorge Tadeo Lozano.

La gráfica de ACP muestra la relación directa que existe entre la temperatura, la presión y la velocidad del viento con la concentración del contaminante, de igual manera evidencia que la concentración del contaminante es inversa al porcentaje de humedad de la zona.

Por otra parte durante los meses de mayo a octubre, la dirección predominante del viento proviene del SE con velocidades que logran alcanzar los 8.8 m/s, con un porcentaje de predominancia inferior al 4.3 %, mientras que la mayor frecuencia de velocidades estuvo entre los 0.5 y 2-1 m/s.



Planta de pre tratamiento de aguas residuales en Punta Canoas. Fotografía: Jhon Albeiro Diaz Cuadro

#### **Bibliografía**

- 1. Agrafiotis, A. Baumerder, J. Brenot, F. de Lavergne. (2013). Social Perception of Industrial Odors. Environmental Assessment of Socioeconomic Systems, 3, pp 535-549.
- 2. Arriagada, A. (2008). Universidad de Chile. Recuperado el 24 de 10 de 2017, de Departamento de Ingeniería Civil: http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2008/arriagada\_am/sources/arriagada\_am.pdf.
- 3. CIOH. (2010). Climatología de los principales puertos del Caribe Colombiano, Cartagena de Indias, D.T.y C. Recuperado el 23 de 10 de 2017, de https://www.cioh.org.co/meteorologia/Climatologia/Climatologia/Climatologia/20Cartagena.pdf.
- **4.** Choi, H. Lee, J. Shin, H. Kim. (2012). Evaluation of the effectiveness of five odor reducing agents for sewer system odors using an on-line total reduced sulfur analyzer. Sensors, 12, pp. 16892–16906.
- 5. Devai, R.D. DeLaune (1999). Emission of reduced malodorous sulfur gases from wastewater treatment plants. Water Environ. Res., 71, pp. 203–208.
- 6. EPA. (2015). Velocidad promedio del viento. Recuperado el 23 de 10 de 2017, de Observatorio Ambiental de Cartagena de Indias: http://observatorio.epacartagena.gov.co/gestion-ambiental/calidad-ambiental/sistema-urbano/velocidad-promedio-del-viento/.
- 7. Gebicki, J., Byliński, H., & Namieśnik, J. (2015). Measurement techniques for assessing the olfactory impact of municipal sewage treatment plants. Environmental Monitoring and Assessment, 188 (1), 32. Article. http://doi.org/10.1007/s10661-015-5024-2.
- 8. Generalitat Valenciana, (2017). Conselleria de medi ambient, aigua, urbanisme i habitatge. Guía Técnica para la gestión de las emisiones odoríferas generadas por las explotaciones ganaderas intensivas. España. pp. 23. Recuperado el 14 de 09 de 2017, de: http://portal.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2017/06/Guia-tecnica-para-la-gestion-de-las-emisiones-odoriferas.pdf.

- 9. H. Tian, J. Gao, J. Hao, L. Lu, C. Zhu, P. Qiu. (2013). Atmospheric pollution problems and control proposals associated with solid waste management in China: a review. J. Hazard. Mater. 252–253, pp. 142–154.
- 10. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZA-CIÓN Y CERTIFICACIÓN. (2011). Calidad del aire: Determinación de la concentración de olor por olfatometría dinámica. NTC-5880. Bogotá D.C.
- II. J.J. Fang, N. Yang, D.Y. Cen, L.M. Shao, P.J. He. (2012). Odor compounds from different sources of landfill: characterization and source identification. Waste Manage, 32, pp. 1401–1410.
- 12. J.M. Morgan, R.S. Moiseev, A.N. Robles. (2001). Malos olores en plantas de tratamiento de aguas residuales: su control a través de procesos biotecnológicos. Disponible en: http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/impactos/mexicona/R-0032.pdf.
- 13. K. Hyunook, H. Lee, E. Choi, T. Shin, H. Im, S. Ahn. (2014). Characterization of odor emission from alternating aerobic and anoxic activated sludge systems using real-time total reduced sulfur analyzer. Chemosphere, 117, pp 394–401.
- 14. L. Wenjing, D. Zhenhan, L. Dong, L.M. Caicedo, L. Yanjun, G Hanwen, W. Hongtao. (2015). Characterization of odor emission on the working face of landfill and establishing of odorous compounds index. Waste Management, 42, pp 74–81.
- 15. Liu, T., Wang, X., Wang, B., Ding, X., & Deng, W. (2014). Emission factor of ammonia (NH3) from on- road vehicles in China: tunnel tests in urban Guangzhou. Environmental Research Letters. http://doi.org/10.1088/1748-9326/9/6/064027.
- 16. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. (2017). Guía de las mejores técnicas disponibles para reducir el impacto ambiental de la ganadería. Gobierno de España. Recuperado en: 12 de 06 de 2017, de: http://www.agro-alimentarias.coop/ficheros/doc/05547.pdf.

- 17. Ministerio De Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014). Protocolo para el monitoreo, control y vigilancia de olores ofensivos. Resolución 1541 de 2014. Bogotá D.C.
- 18. M.J.E. Andersson, L. Andersson, M. Bende, E. Millqvist, S. Nordin. (2009). The idiopathic environmental intolerance symptom inventory: development, evaluation, and application. J. Occup. Environ. Med., 51 (7), pp. 838–847.
- 19. Nicell, J. A. (2009). Assessment and regulation of odour impacts. Atmospheric Environment, 43 (1), 196–206. Recuperado en 14 de 05 de 2017, de: https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2008.09.033.
- **20.** P. Karageorgos, M. Latos, C. Kotsifaki, M. Lazaridis, N. Kalogerakis. (2010). Treatment of unpleasant odors in municipal wastewater treatment plants. Water Sci. Technol., 61, pp. 2635–2644.
- 21. P.TSO, K. Lento, G. Balamurugan. Public perception towards sewage treatment plants in selected areas in Selangor and Kuala lumpur, Malaysia. Environmentalist, No. 10, pp 85-93.
- 22. Pascua, C. Quigley, P. Burrowes, J. Witherspoon, D. Apgar. (2005). Odor and air emissions control using biotechnology for both collection and wastewater treatment systems. Chemical Engineering Journal, pp 93–104.
- 23. R. Stuetz, F. Franz-Bernd. (2001). Odors in Wastewater Treatment, IWA Publishing, Casa Alianza, 12 Caxton Street, Londres SW1H0QS, Reino Unido.
- 24. Scentroid. (2015). SM100i, Intelligent Personal Olfactometer. Recuperado el 21 de 08 de 2017, de http://scentroid.com/intelligent-personal-olfactometer/.
- 25. I.Tso, C. Liao, R. Huang, E.Yang. (2006). Function of being colorful in web spiders: attracting prey or camouflaging oneself?. Behavioral Ecology, Volume 17, Issue 4, I July 2006, Pages 606–613. Recuperado el 14 de 06 de 2017, de https://academic.oup.com/beheco/article/17/4/606/215816
- **26.** Universidad de Desarrollo Tecnológico. (2008). Propuesta y recomendaciones de metodologías

- de medición de olores. Chile. pp 22. Recuperado el 21 de 08 de 2017, de http://portal.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2017/06/Propuesta-y-Recomendaciones-de-Metodologias-de-Medicion-de-Olores.pdf.
- 27. Vásquez Núñez, G. D. C. E. Panorama del tratamiento de aguas residuales con tecnología anaerobia en la Costa Atlántica Colombiana. Universidad Nacional de Colombia (2015). Recuperado en 09 de 10 de 2017, de: http://www.bdigital.unal.edu.co/49437/.
- 28. Vincent, J. Hobson. (1998). Odour control. Monographs on best practice no. 2, Chartered institution of water and environmental management, Terence Dalton Publishing, London, pp. 32.
- 29. WEF (1995). 1995 FEM. Odor Control in Wastewater Treatment Plants. Manual of Practice, No. 22. Water Environment Federation, Alexandria, Virginia, EE.UU.
- 30. X. Cheng, E. Peterkin, G.A. Bulingame. (2005). A study on volatile organic sulfide causes of odors at Philadelphia's Northeast Water Pollution Control Plant. Water Research, No. 39, Pages 3781–3790.
- 31. Ying, C. Chuanyu, H. Bin, X. Yueen, Z. Xuejuan, C. Yingxu, W. Weixiang. (2012). Characterization and control of odorous gases at a landfill site: a case study in Hangzhou, China. Waste Manage, 32, pp. 317–326.
- 32. Zhang, C., Geng, X., Wang, H., Zhou, L., & Wang, B. (2016). Emission factor for atmospheric ammonia from a typical municipal wastewater treatment plant in South China\*. Environmental Pollution, 1–8. http://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.10.082.
- 33. Zhang, J., Wang, T., Chameides, W. L., Cardelino, C., Kwok, J., Blake, D. R., So, K. L. (2007). Ozone production and hydrocarbon reactivity in Hong Kong, Southern China. Atmospheric Chemistry and Physics, 557–573. Recuperado el 13 de 10 de 2017, de: http://www.atmos-chem-phys.net/7/557/2007/acp-7-557-2007.pdf.

# Movilidad eléctrica: los vehículos eléctricos y sus desafíos



David Andrés García Barrios

a historia de los autos eléctricos no es reciente. Los primeros carros eléctricos fueron construidos en la década de 1830 por Robert Anderson en Escocia, y Sibrandus Stratingh y Christopher Becker en los Países Bajos (Mitchell & Borroni-Bord, 2010). La historia de los autos eléctricos ahora abarca más de 150 años sin ninguna estabilización de su sistema de movilidad, que los autos térmicos sí desarrollaron y que los llevó a aumentar su competitividad al establecer un sistema de movilidad eficiente y económico. El futuro del motor eléctrico parecía obvio solo años más tarde. Ahora, la perspectiva de una mejor calidad de vida es más acuciante, y los vehículos eléctricos están nuevamente en la mira de todos.

#### Impactos del sector transporte

Uno de los motivos para el desarrollo de la movilidad eléctrica es la necesidad que tienen las sociedades contemporáneas de establecer alternativas que mitiguen el impacto de la movilidad tradicional a través de otros medios, de manera tal que se incida para reducir el efecto adverso de los factores desencadenantes del cambio climático.

Y es que si bien el principal emisor de gases de efecto invernadero es la transformación de la energía utilizada en forma de calefacción o iluminación, seguido de la agricultura y la industria, es el sector transporte quien ocupa un alarmante lugar representando a escala mundial el 14% de las emisiones de gases de efecto invernadero según los reportes del *Intergovernmental Panel on Climate Change* (Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014), como se observa en la Tabla 1:

**Tabla I**. Emisiones de gases de efecto invernadero (49 Gt CO<sub>2</sub>eq / año)

Actividad económica	Emisiones Directas: 49 Gt CO, eq / año
Iluminación y calefacción	25%
Agricultura	24%
Industria	21%
Transporte	14%
Construcción	9.6%
Otro	6.4%

Fuente: Elaboración propia, adaptado de Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2014). Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Summary for Policymakers. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, Reino Unido y New York, Estados Unidos: Cambridge University Press. p. 9

Asimismo, el transporte representa más de la mitad del consumo mundial de petróleo. Según la *International Energy Agency* (IEA), más del 53% del consumo mundial de petróleo primario en 2010 se utilizó para satisfacer la demanda total de energía de transporte. Es necesario mencionar además, que este valor correspondió al 92.6% de la demanda total; con el gas natural suministrando aproximadamente el 3.8%, los biocombustibles el 2.5%, la electricidad el 1% y otros combustibles el 0.1% (Sims, 2014) (International Energy Agency (IEA), 2012).

En la Tabla 2 se presentan estos datos medidos en millones de toneladas equivalentes de petróleo y las proyecciones para 2020 y 2035.

**Tabla 2**. Demanda global de energía de transporte por combustible y emisiones de CO2 relacionadas en el Escenario Mundial

	2010	2020	2035
Total (Mtoe)	2377	2704	2780
Gasolina	2201	2449	2414
Gas	90	111	134
Biocombustible	59	108	176
Electricidad	24	35	56
Otro	3.4	0.2	0.2
Emisiones CO <sub>2</sub> (Gt)	6.8	7.6	7.5

Fuente: Elaboración propia, adaptado de International Energy Agency (IEA). (2012) World Energy Outlook 2012. Chapter 11 -Unlocking energy efficiency at the sectoral level. Paris, Francia: IEA Publications. p. 346

En el caso colombiano según el plan de acción indicativo de eficiencia energética 2017-2022, se espera que la demanda interna de energía eléctri-

ca crezca sostenidamente durante los próximos años. Las proyecciones de demanda realizadas por la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), reflejan que se puede esperar un aumento de aproximadamente 52% entre 2016

Imagen: Pixabay

y 2030. El nuevo plan de acción del Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía (PROURE), busca profundizar la eficiencia energética en transporte. Según las cifras, el país pierde cerca de 3 mil millones de dólares al año solo por la ineficiencia de los equipos y tecnologías predominantes. Así mismo, el 40.9% del consumo energético en Colombia se concentra principalmente en el sector transporte (Ministerio de Minas y Energía; Unidad de Planeación Minero Energética, 2016), como se aprecia en la Tabla 3:

**Tabla 3.** Distribución de Consumo de Energía Final. Colombia – 2015

Sector	Porcentaje de consumo
Transporte	40.90%
Industrial	29.36%
Residencial	16.72%
No identificado	6.31%
Comercial y público	5.32%
Minero	1.20%
Agropecuario	0.17%
Construcciones	0.03%

Fuente: Elaboración propia, adaptado de Ministerio de Minas y Energía (MME); Unidad de Planeación Minero Energética-UPME. (2016). Plan de acción indicativo de eficiencia energética 2017-2022. Bogotá, Colombia. p. 15

Un estudio realizado en 2016 por la UPME muestra que el ACPM y la gasolina para motor son los energéticos más utilizados en el sector, con una participación de 37% y 40% respectivamente; solo el 0.06% corresponde a la electricidad. En adición,



los biocombustibles como el alcohol carburante y el biodiesel de aceite de palma representan el 2% y el 4%, respectivamente, del consumo de energía del sector. El porcentaje restante se divide en energéticos como el kerosene y el combustible para aviones, el gas natural y el fueloil. Por otro lado, el consumo de ACPM se da en su gran mayoría (88%) en vehículos de transporte público de pasajeros y en transporte de carga, mientras que el 83% del consumo de gasolina motor se da en vehículos privados de pasajeros (Ministerio de Minas y Energía; Unidad de Planeación Minero Energética, 2016).

Este panorama implica reconocer que la realidad geográfica y demográfica que enfrenta el país ha establecido una exigencia fundamental al transporte, convirtiéndolo en el sector en donde se realiza el mayor consumo de energía y se generan la mayor cantidad de emisiones de dióxido de carbono y otros contaminantes, sin mencionar la enorme erogación estatal en cuanto a recursos del presupuesto de la nación, ya que los combustibles utilizados en esta actividad mantienen subsidios implícitos.

# Cambios provocados por los vehículos eléctricos

Comprender el tamaño y la naturaleza de los cambios que los vehículos eléctricos traerán con su implementación es esencial por la variedad de aspectos que involucran, muchos de ellos relacionados con sistemas de movilidad, transiciones tecnológicas y hasta con innovaciones sistémicas. Así, la movilidad no es solo una práctica individual definida por una trayectoria de viajes, también es una práctica social en el sentido de que está diseñada, estructurada y modelada por factores como la organización social, las políticas públicas, la cultura, los sistemas de transporte, entre muchos otros.

En este orden de ideas, el éxito de los vehículos eléctricos como reemplazos o complementos de los vehículos térmicos implica un proceso de transición tecnológica y cultural real. Es decir, no solo cambios en sus diseños, sino también en los modos de organización, en las profesiones relacionadas con la industria, en las infraestructuras de estacionamiento, en las redes eléctricas, en las selecciones



Imagen: Pixabay

Fotografía: Pixabay

de equipos y prácticas de movilidad, y en la normatividad.

Solo para comprender algunos de estos cambios tomemos como ejemplo los automóviles particulares. Los cambios introducidos por los vehículos eléctricos desde el lado de la demanda podrían ser de dos clases: en primer lugar, la adquisición de un vehículo eléctrico por un particular o por una organización implica cambios en el equipo automotriz elegido,

que tiene unas características y rendimientos específicos, por lo tanto, los compradores deben realizar nuevos arbitrajes financieros. En segundo lugar, si nos detenemos a analizar las nuevas prácticas de movilidad que podrían surgir, debemos tener en cuenta factores como la frecuencia de carga. Se dejará a un lado el reabastecimiento de combustible efectuado algunas veces al mes, por una carga de batería algunas veces por semana; reorganizando así muchas prácticas de la cotidianidad, sobre todo los recorridos de largas distancias.

Por el lado de la industria automotriz es de suponer que el equilibro económico de este sector puede verse afectado en gran medida. En la actualidad, el valor de un vehículo está determinado en gran parte por su motor, al estar íntimamente relacionado con sus características técnicas y por la calidad que ofrece el fabricante. Pero aparte de estos cambios técnicos, también hay que tener en cuenta que los fabricantes deben desarrollar nuevos modelos comerciales, redes de distribución y asociaciones con el sector energético para facilitar las estaciones de carga, por ejemplo. Las profesiones también deben afrontar cambios, porque serían necesarias aquellas habilidades relacionadas con los vehículos eléctricos y, por el contrario, serían prescindibles aquellas afines con los motores térmicos

Al mismo tiempo, los vehículos eléctricos también traen cambios hacia

nuevas necesidades de infraestructuras asociadas con áreas de estacionamiento en diversos lugares tales como hogares particulares, empresas, aparcamientos públicos y privados, etc. Los proveedores de energía deben desarrollar ofertas para nuevos segmentos de mercado alrededor de requisitos técnicos, tar-

ifas, gestión de cargos para flotas de vehículos, sistemas integrados entre edificios y vehículos, entre muchos otros.

Las políticas públicas no se quedan atrás, estas también están sufriendo cambios importantes. Muchos países han mostrado apoyo voluntario para el desarrollo de vehículos eléctricos, debido a razones ambientales, industriales o energéticas. Los incentivos para vehículos con carga eléctrica ahora se aplican en muchos países europeos. Estos incentivos consisten principalmente en reducciones y exenciones de impuestos, en países como Austria o Alemania (Van der Steen, Van Schelven, Kotter, & Van Twist, 2015) y pagos de bonos y primas para los compradores de vehículos eléctricos en Francia y el Reino Unido (European Automobile Manufacturers Association, 2018).

Colombia no ha sido la excepción, una de las primeras iniciativas fue en 2013 cuando el Ministerio de Industria y Comercio expidió el decreto 2909, que estableció que durante un periodo de tres años se aprobaría la importación de 750 vehículos eléctricos y 750 híbridos anuales con ventajas arancelarias. También, se desarrolló un programa piloto de taxis eléctricos en la ciudad Bogotá. Sin embargo, la transición ha sido lenta, una de las principales razones reside en los altos precios de los vehículos eléctricos,

la falta de incentivos tributarios que puedan impulsar a una persona a adquirirlos y la falta de una infraestructura de recarga de baterías para poder conducir sin temor a quedarse varado por falta de carga (Otero, 2015). En resumen, si bien falta camino por recorrer, las políticas públicas han estado presentes como un apoyo a los vehículos eléctricos a través de diferentes propuestas orientadas al suministro de energía, junto con implementaciones de infraestructuras para facilitar la carga pública o bien otorgando ciertos privilegios tributarios.

# Desafíos en el contexto latinoamericano

Según los datos del programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, el número de vehículos en Latinoamérica podría triplicarse en los próximos veinticinco años, llegando a sobrepasar más de 200 millones de unidades en el 2050 (López, 2016). Este crecimiento se puede traducir en un aumento de la demanda de combustible, emisiones de gases de efecto invernadero y otras sustancias contaminantes.

Latinoamérica representa solo el 5% de la capacidad total de energía eléctrica instalada a nivel global y el 11% de la capacidad instalada de fuentes renovables (US Energy Information Administration, 2016). Lo anterior se profundiza en la Tabla número 4. Sin embargo, debido a la alta participación de generación hidroeléctrica, que representa el 90% de la capacidad eléctrica instalada en la región y a un creciente desarrollo de las energías renovables no convencionales, los países de América latina poseen la menor emisión de CO<sub>2</sub> en sus actividades de generación de energía eléctrica. Consolidándose como la región del mundo con el más alto porcentaje de capacidad instalada de fuentes renovables, representando más de 350 GW instalados en el 2015 (Bloomberg New Energy Finance. Climatescope 2017. Installed Capacity by Region, 2017).

**Tabla 4**. Capacidad eléctrica instalada.

	Generación Convencional (Combustibles fósiles)	Renovables
América del Norte (Incl. México)	862	257
América Central y Sudamérica	116	165
Europa	503	392
Eurasia (Incl. Rusia)	251	74
Medio Oriente	216	14
África	117	29
Asia y Oceanía	1519	491

Fuente: Elaboración propia, adaptado de US Energy Information Administration (EIA) 2016. International Energy Statistics. Total Electricity Installed Capacity. Recuperado de: https://www.eia.gov/ cfapps/ipdbproject/IEDIndex3.cfm?tid=2&pid=2&aid=7

Por lo anterior, asegurar la capacidad de suministro de energía eléctrica para un futuro incremento en el transporte de este tipo no parece un desafío. No obstante, se hace necesario implementar mejoras asociadas a las capacidades de las redes residenciales de suministro de energía, ya que un circuito de un barrio residencial está diseñado para un número pequeño de viviendas, y la demanda actual de energía para un automóvil es equivalente a tres casas (Bullis, 2013).

Vale destacar, no obstante, otras dificultades en la región como los subsidios a los combustibles fósiles y un abastecimiento eléctrico de una calidad inferior si se compara con el de los países desarrollados. Estos subsidios reducen los ahorros en la operación que hace más competitiva la movilidad eléctrica. Según el Fondo Monetario Internacional en 2015, los subsidios regionales a los combustibles triplican a los entregados a la electricidad (Di Bella, Norton, & Ntamatungiro, 2015). A pesar de eso, muchos de los países cuentan con políticas de fomento a la movilidad eléctrica, como exenciones en el pago de impuestos, permisos de circulación, reducción o exoneración de aranceles de importación, tarifas eléctricas diferenciadas, entre otras (López &



Fotografía: Pixabay

Galarza, Movilidad Eléctrica: oportunidades para Latinoamérica. Resumen de incentivos para la movilidad eléctrica en Latinoamérica, 2016).

En cuanto a la introducción de normas y políticas de promoción de vehículos más amigables con el medio ambiente, el control de las emisiones de contaminantes aún no está consolidado en Latinoamérica (ver Tabla 5). En la mayoría de los países de la región, estas normas y políticas son lentas y los mecanismos de control son inexistentes o inestables. Algunos países no tienen ningún tipo de norma de emisión para vehículos importados y otros poseen normas que actualmente son obsoletas como la Euro 2 de 1996 y la Euro 3 del 2000. Chile se destaca como el único país de la región en adoptar el estándar de emisiones Euro 6 de 2014 (Nairobi, 2015). Por lo tanto, existe la necesidad de establecer estas normativas, para atraer a los mercados de la región modelos amigables con el medio ambiente.

**Tabla 5**. Normas de emisiones en países de Latinoamérica.

País	Normas vigentes
Perú	Euro 3
Colombia	Euro 4
Bolivia, Cuba, El Salvador,	
Guatemala, Honduras,	
Nicaragua, Panamá, Paraguay,	Sin norma
Republica Dominicana,	
Uruguay, Venezuela.	
Chile	Euro 6
México	Euro 5 (Equivalente)
Argentina	Euro 5
Brasil	Euro 5 (Equivalente)
Costa Rica, Ecuador	Euro I

Fuente: Elaboración propia, adaptado de Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). (2015). Clean Fuels & Vehicles Regulatory Toolkit. Executive Summary. Vehicle Emissions Standards. Nairobi, Kenya. p. 6.

Además, los países latinoamericanos tienen falencias en el control y regulación de la eficiencia energética en sus mercados automotrices, una



Fotografía: José Roberto Arango R.

condición necesaria para generar competitividad para los vehículos eléctricos. Entonces, el control de la conformidad de la producción y el seguimiento al deterioro es inexistente, a excepción de Chile. Estas carencias han significado que Latinoamérica tenga un progreso lento en la implementación de políticas en los mercados vehiculares del territorio. Según la Iniciativa Global de Ahorro de Combustibles (GFEI por sus siglas en inglés),

únicamente México, Brasil y Chile presentan algún tipo de política consolidada que esté relacionada directamente con el fomento de eficiencia energética en transporte a nivel regional (GFEI, 2016)

Recapitulando, para lograr el establecimiento de la movilidad eléctrica se requiere ir más allá de los incentivos a la adquisición, representados en subsidios o deducciones de gravámenes. Deben existir metas consolidadas que fomenten la integración de este tipo de tecnología. En adición, es imperativo abordar aspectos normativos propios a estos vehículos, así como sus exigencias operacionales, seguridad, infraestructura, entre muchas otros.

Finalmente, un enfoque interesante es la propuesta de una hoja de ruta presentada en el informe Movilidad eléctrica: oportunidades para Latinoamérica, desarrollado bajo la supervisión del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente a través de su Oficina Regional para América Latina (López & Galarza, Movilidad Eléctrica:oportunidades para Latinoamérica, 2016). Esta propuesta sugiere cuatro acciones prioritarias para apoyar la transición acelerada de la movilidad eléctrica en la región (ver Tabla 6).

**Tabla 6**. Hoja de ruta para despliegue de la movilidad eléctrica.

Fase	Medidas propuestas
Acelerar eficiencia energética	Estándares de emisiones y combustibles. Etiquetado. Impuesto de emisiones CO2
Eliminar distorsiones de mercado	Corrección de subsidios a combustibles fósiles. Terminar con la importación de vehículos usados.
Crear	Pruebas pilotos en sectores específicos.  Conformar una masa crítica de vehículos eléctricos a través de incentivos
Desarrollar infraestructura	Redes de recarga.  Tarifas diferenciadas.  Creación de plataformas de innovación en torno a la movilidad eléctrica.  Formación técnica.

Fuente: Elaboración propia, adaptado de López, Gianni y Galarza, Sebastián. (2016). Movilidad Eléctrica: Oportunidades Para Latinoamérica. Capítulo 8: Hacia una Hoja de Ruta para el Despliegue de la Movilidad Eléctrica en Latinoamérica. Programa de las Naciones Unidades para el Medio Ambiente (ONU Medio Ambiente) y la Oficina Regional para América Latina. pp. 49-66.

#### Movilidad Eléctrica en Colombia

En Colombia, pese a que se han desarrollado tendencias positivas frente a la importancia de generar alternativas de transporte más sostenibles, los vehículos eléctricos e híbridos todavía no representan un segmento considerable dentro de la industria automotriz.

De acuerdo con las cifras de la Asociación Colombiana de Vehículos Automotores, Andemos, en febrero de 2018 se observó una baja tendencia en la tasa de vehículos eléctricos e híbridos que han sido introducidos en el país. Actualmente, se han registrado 622 vehículos eléctricos y 439 híbridos. Por otro lado, únicamente hay 1.260 motos eléctricas. El total de motos y vehículos eléctricos e híbridos registrados representaron el 0.02% del parque automotor en 2017, frente a un 99.98% representado por los 12,3 millones de vehículos de combustión tradicional (Asociación Colombiana de Vehículos Automotores, 2018).

Resulta imperativo mencionar que, pese a que la primera estación piloto de carga para vehículos eléctricos fue inaugurada en el año 2012 en Bogotá, hasta finales del año 2015 solo existían 126 vehículos eléctricos inscritos. Únicamente 52 de estos vehículos ingresaron al país en 2014 debido a los cupos que dispuso el gobierno por incentivos en ese periodo. Es posible establecer que la causa principal de estas estadísticas es la enorme diferencia entre los precios de los vehículos eléctricos frente a los vehículos de combustión interna. En Colombia, esta brecha es más grande que en países donde los estándares de emisiones son más altos y el impuesto a la propiedad desincentiva la posesión de un vehículo más antiguo (Marchán & Viscidi, 2015).

#### **Avances y logros**

Colombia posee una política de fomento a la movilidad eléctrica, por ello conviene revisar cuál ha sido nuestro progreso hasta la fecha. Por tal razón, se presentan los avances y logros más representativos en esta temática:

- Compromiso nacional de reducción de gases de efecto invernadero, en donde se fijaron metas de reducciones de un 30% o más al 2030 respecto a un escenario *Business as Usual* (López & Galarza, Movilidad Eléctrica: oportunidades para Latinoamérica. Resumen de incentivos para la movilidad eléctrica en Latinoamérica, 2016).
- Vigencia de norma de emisiones Euro 4 (López & Galarza, Movilidad Eléctrica: oportunidades para Latinoamérica. Resumen de incentivos para la movilidad eléctrica en Latinoamérica, 2016).
- Desarrollo de pruebas de buses eléctricos en Medellín y Bogotá con miras a la introducción de programas pilotos en ambas ciudades (López & Galarza, Movilidad Eléctrica: oportunidades para Latinoamérica. Resumen de incentivos para la movilidad eléctrica en Latinoamérica, 2016). Se destaca el programa piloto de 43 taxis eléctricos en Bogotá (Marchán & Viscidi, 2015).
- Peglamentación de incentivos tributarios a vehículos de tecnologías limpias en el año 2012 (López & Galarza, Movilidad Eléctrica: oportunidades para Latinoamérica. Resumen de incentivos para la movilidad eléctrica en Latinoamérica, 2016). Esta reglamentación se expidió mediante las resoluciones 186 del Ministerio de Minas y Energía y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 563 Unidad de Planeación Minero Energética y 779 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de 2012.
- Introducción de un tratamiento preferencial y temporal para vehículos eléctricos en Colombia a través del Decreto 2909 del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo en 2013 (López & Galarza, Movilidad Eléctrica: oportunidades para Latinoamérica. Resumen de incentivos para la movilidad eléctrica en Latinoamérica, 2016). Este decreto reglamentaba la reducción del arancel para

- un lote de 750 vehículos eléctricos anuales de 35% a cero durante un periodo de tres años.
- En el año 2015, las compañías BMW, Nissan, Renault y BYD y CODENSA inauguraron en conjunto la primera estación de carga rápida para uso público en el país (EMGESA, 2015).
- Presencia de incentivos a movilidad eléctrica, como exención de IVA, exención a las restricciones vehiculares y la exención de impuestos aduaneros. Un ejemplo es el decreto 1116 de 2017 que aprueba la importación de 14 mil unidades sin arancel a través de un procedimiento de cuotas, en el caso de los vehículos eléctricos 100% y de 5% para los híbridos en los próximos ocho años (Moreno, Juan Guillermo, 2018).
- Aumento progresivo en el número de vehículos eléctricos e híbridos. Según el último informe de la Asociación Colombiana de Vehículos Automotores (Asociación Colombiana de Vehículos Automotores , 2018), en los dos primeros meses de 2018 se vendieron 64 vehículos eléctricos e híbridos, que representa un crecimiento del 88,2 % al compararse con el mismo periodo del año anterior.

#### Desafíos y oportunidades

Conviene también echar un vistazo a los desafíos y oportunidades que tiene el país frente a la temática de la movilidad eléctrica. Es posible hacer este análisis basándose en toda la información expuesta anteriormente y que está asociada a las particularidades propias de Colombia, así como a su relación con Latinoamérica.

A continuación, se resaltan aquellas oportunidades o factores que resultan favorables y que permitirían el logro de ventajas competitivas.

Colombia posee potencial en el territorio para generar un desarrollo económico a través de la movilidad eléctrica, a partir de oportunidades de inversión que busquen reducir los costos de transporte a nivel nacional y de la generación de nuevas oportunidades en



Fotografía: Morguefile

- áreas industriales (López & Galarza, Movilidad Eléctrica:oportunidades para Latinoamérica, 2016).
- Como se mencionó con anterioridad, Colombia es uno de los países con menores emisiones de dióxido de carbono en la generación eléctrica de energía, a causa de la alta participación de generación hidroeléctrica y a un creciente desarrollo de las energías renovables no convencionales en muchas regiones (López & Galarza, Movilidad Eléctrica: oportunidades para Latinoamérica. Resumen de incentivos para la movilidad eléctrica en Latinoamérica, 2016). Esto es una gran ventaja para el desarrollo e implementación de una movilidad eléctrica amigable con el medio ambiente.
- El transporte público eléctrico resulta muy apropiado para aprovechar los beneficios de esta tecnología, dado que existe un numero alto de buses per cápita frente a muchas otras regiones en el mundo (Vergara, Walter; Fenhann, Joergen y Schletz, Marco, 2015)

En cuanto a los desafíos, es posible establecer cinco puntos clave que son necesarios para establecer el escenario ideal para el desarrollo de la movilidad eléctrica:

- I. Mejorar la calidad del suministro eléctrico. Colombia tiene un suministro eléctrico de calidad inferior a la de los países desarrollados en muchas regiones del país, por lo que su mejora contribuiría al impulso de la movilidad eléctrica.
- 2. Reducción progresiva de los subsidios a los combustibles fósiles. Como se ha mencionado anteriormente, este tipo de subsidios afecta la diferencia de costos, ya que reducen los ahorros de operación que pueden generarse al optar por la movilidad eléctrica.
- 3. Acelerar la implementación de los vehículos eléctricos frente al aumento de la flota de automóviles y su demanda de combustible. Otro de los desafíos que tiene el país es fomentar por medio de diferentes iniciativas

la participación de vehículos eléctricos en la flota automotriz, con el fin de mitigar los impactos económicos, sociales y ambientales del crecimiento de la flota vehicular en los próximos años.

- 4. Promoción de normas de emisiones y eficiencia energética más estrictas, para mejorar la regulación de la eficiencia energética en los mercados automotrices. El control de conformidad de la producción es casi inexistente, al igual que el seguimiento del deterioro.
- 5. Establecer la infraestructura necesaria que permita la operación de vehículos eléctricos y progresivamente ampliar su cobertura a nivel nacional. Es necesaria una mayor inversión en infraestructura y redes de recarga, así como tarifas diferenciadas y formación técnica.

#### Conclusión

Los vehículos eléctricos cuestionan gran parte de lo que conocemos hoy en términos de prácticas, infraestructura, suministro y regulación de movilidad. Numerosos desafíos llevan a considerar la movilidad eléctrica como una innovación sistémica que debe ser considerada desde múltiples dimensiones. No solo la transición de combustibles fósiles a fuentes de energía alternativas posee grandes ventajas desde el punto de vista ambiental; los aspectos operativos y financieros son otros factores prometedores. Por eso, son necesarias nuevas iniciativas relacionadas con la

promoción y la correcta implementación de este sistema.

Si bien existen avances y logros, el transporte por medio de vehículos térmicos sigue causando un gran daño al medio ambiente y a la calidad de vida.

Como se ha mencionado con anterioridad, se pronostica que el número de automóviles en Latinoamérica se podría triplicar en los próximos 25 años. Este incremento traerá consigo un aumento considerable en la demanda de combustibles, junto con una mayor generación de gases de efecto invernadero y otros contaminantes como el óxido de nitrógeno, carbono negro y material particulado emitido por este tipo de transporte, todos ellos nocivos para la salud pública (López & Galarza, Movilidad Eléctrica: oportunidades para Latinoamérica. Resumen de incentivos para la movilidad eléctrica en Latinoamérica, 2016).

Los países tienen el desafío de hacer más competitivos a los vehículos eléctricos dentro del sector automotriz, especialmente fomentando la generación de energía eléctrica a través de fuentes renovables.

Esto se puede alcanzar a través de la creación de normas y políticas gubernamentales que faciliten e incentiven su implementación, mejorando los requerimientos de infraestructura, como la disponibilidad de redes de recarga, y la creación y el establecimiento de normas de regulación y control de emisiones y eficiencia energética más exigentes para los vehículos convencionales. Es de suponer que estos procesos pueden tomar años, en nuestras manos está el tiempo en el que se apreciará de manera inequívoca el impacto positivo que estos cambios



## Bibliografía

- I. Asociación Colombiana de Vehículos Automotores (ANDEMOS). (2018). Informe Vehículos Híbridos y Eléctricos febrero 2018. Colombia. Recuperado de http://www.andemos.org/wp-content/uploads/2018/03/Informe-H%C3%ADbridos-y-Electricos-2018-2.pdf
- 2. Bloomberg New Energy Finance. (2017). Climatescope 2017. *Installed Capacity (GW) by Region.* Recuperado de: http://global-climatescope.org/en/capacity-generation/
- 3. Bullis, K. (2013). *Could Electric Cars Threaten the Grid?* MIT Technology Review. Recuperado de https://www.technologyreview.com/s/518066/could-electric-cars-threaten-the-grid/
- 4. Di Bella, G., Norton, L., Ntamatungiro, J., Ogawa, S., Samake, I., y Santoro, M. (2015) Working Paper 15/30. Energy Subsidies in Latin America and the Caribbean: Stocktaking and Policy Challenges. Fondo Monetario Internacional (FMI).
- 5. EMGESA. (2015). Se pone en servicio la primera Electrolinera pública del país. Comunicados de prensa. Bogotá, Colombia. Recuperado de: http://www.emgesa.com.co/ES/PRENSA/COMUNICADOS/Paginas/SeponeenserviciolaprimeraElectrolinerap%-C3%BAblicadelpa%C3%ADs.aspx
- **6.** European Automobile Manufacturers Association (ACEA). (2018). *Overview: tax incentives for electric vehicles in the EU.* Bruselas, Bélgica. Recuperado de: http://www.acea.be/publications/article/overview-of-incentives-for-buying-electric-vehicles
- 7. GFEI: Iniciativa Global de Ahorro de Combustibles. (2016). Fuel Economy State of the World 2016: Time for global action. Fuel Economy Policy Map. Londres, Reino Unido.
- 8. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2014). Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Summary for Policymakers. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, Reino Unido y New York, Estados Unidos: Cambridge University Press.
- International Energy Agency (IEA). (2012) World Energy Outlook 2012. Chapter 11 - Unlocking energy efficiency at the sectoral level. Paris, Francia: IEA Publications.
- 10. López, G. y Galarza, S. (2016). Movilidad Eléctrica: Oportunidades Para Latinoamérica. Programa de las Naciones Unidades para el Medio Ambiente (ONU Medio Ambiente) y la Oficina Regional para América Latina.

- 11. Marchán, E. & Viscidi, L. (2015). Transporte Verde: Perspectivas para vehículos eléctricos en América Latina. Banco Interamericano de Desarrollo (IDB). Informe de energía octubre 2015.
- 12. Ministerio de Minas y Energía (MME); Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). (2016). Plan de acción indicativo de eficiencia energética -PAI PROURE 2017-2022. Bogotá, Colombia.
- 13. Mitchell, W. J.; Borroni-Bord, C. E. & Burns, L. D. (2010). Reinventing the Automobile: Personal Urban Mobility for the 21st Century. Londres, Inglaterra: The MIT Press.
- 14. Moreno, Juan Guillermo. (2018). Estos carros recargan baterías para 2018. Diario El Colombiano. Medellín, Colombia. Recuperado de: http://www.elcolombiano.com/entretenimiento/motores/estos-carros-recargan-baterias-para-2018-JJ8038874
- 15. Nairobi K. (2015) Clean Fuels & Vehicles Regulatory Toolkit. Executive Summary. Vehicle Emissions Standards. Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).
- 16. Otero, Daniel. (2015). Carros Eléctricos en Colombia: En carga lenta. Bogotá, Colombia: El Tiempo Casa Editorial, Revista Motor. Recuperado de: http://www.motor.com.co/actualidad/industria/carros-electricos-colombia-carga-lenta/22543
- 17. Sims, R.R y Schaeffer, F. (2014). Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Transport. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge, Inglaterra: Cambridge University Press.
- **18.** US Energy Information Administration (2016). *International Energy Statistics*. *Total Electricity Installed Capacity*. Recuperado de: https://www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/IEDIndex3.cfm?tid=2&pid=2&aid=7
- 19. Van der Steen, M.; Van Schelven, R., Kotter, R; Van Twist, M.J.W y Van Deventer, Peter. (2015). EV Policy Compared: An International Comparison of Governments' Policy Strategy Towards E-Mobility. Leal Filho W., Kotter R. (eds) E-Mobility in Europe. Green Energy and Technology. Suiza: Springer International Publishing Switzerland. DOI 10.1007/978-3-319-13194-8
- 20. Vergara, W.; Fenhann, J. & Schletz, M. (2015). Zero Carbon Latin America: A Pathway for Net Decarbonisation of the Regional Economy by mid-century. Partnership the United Nations Environment Programme (UNEP) Technical University of Denmark. Copenhagen.

I sistema económico mundial actual, continúa promoviendo un consumo lineal y constante de recursos, sin contemplar los límites espaciales y temporales de los sistemas naturales del planeta. Esto ha ocasionado grandes problemas ambientales que ponen en riesgo el sustento de las poblaciones presentes y el de las generaciones futuras; forjando así, una necesidad clara de un cambio en los sistemas productivos y de consumo, con enfoque de educación y participación, y en la planificación territorial a toda escala.

Por otro lado, la desigualdad en la concentración de la riqueza y en el acceso a los recursos, sumado a los a los incuestionables cambios ambientales, genera una grave situación de pobreza y falta de oportunidades

en las comunidades, volviéndolas vulnerables a desastres tipo ambiental y a sus efectos negativos, entendida vulnerabilidad como el grado de exposición y sensibilidad que tiene un sistema o comunidad frente a alguna amenaza, en comparación con su capacidad de resiliencia (Chavarro M., et al, 2008).

En consecuencia la atención mundial se ha volcado hacia integración del aspecto ambiental a los componentes social, económico y político, como medida de compensación frente al aumento de condiciones de vulnerabilidad y pobreza; en el sentido que, a medida que disminuye la calidad y disponibilidad de los recursos naturales, se reducen las potencialidades productivas



de los territorios y aumenta el detrimento de la calidad de vida de las comunidades, lo que conduce a la necesidad irremediable de un cambio de paradigma frente al concepción de desarrollo. De esta forma, la construcción de un esquema de desarrollo sostenible (Fig. I) se convierte en una prioridad global, extrapolada a escala nacional, regional y local; con el objetivo principal de mejorar la calidad de vida de las poblaciones presentes, sin comprometer la de las generaciones futuras, esto es, cubrir las necesidades básicas en un entorno o medio ambiente sano y adecuado (Naciones Unidas, 2013).

En aras de construir una sociedad que se desarrolle de forma sostenible, a nivel internacional se ha buscado dar soluciones a los problemas crecientes en temas de vulnerabilidad de las poblaciones y de los ecosistemas presentes y futuros. Por ejemplo, el Programa de las Naciones

Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) en 2009, sentó las bases para la creación de un nuevo modelo llamado 'economía verde', que promueve un sistema de actividades económicas relacionadas con la producción, distribución y consumo de bienes y servicios para la mejora del bienestar humano en el mediano y largo plazo sin exponer a las poblaciones futuras a significativos riesgos ambientales y escasez ecológica; es decir, una economía baja en carbono, eficiente en recursos y socialmente inclusiva (Herrán C., 2012). Así mismo, las Naciones Unidas (2013) en el informe 'Desarrollo Sostenible en América Latina y el Caribe', presenta una serie de estrategias para acercarse a la implementación de un modelo de desarrollo sostenible viable en las regiones, haciendo énfasis en el esfuerzo que debe promoverse por los gobiernos, líderes y la sociedad en general, como se aprecia en la Tabla 1:

Tabla 1. Estrategia para la implementación de modelo de desarrollo sostenible en las regiones

Gestionar el crecimiento económico territorial, si no se incorpora la relación intrínseca que tiene con el ambiente y su protección.

Reducir la pobreza, si al mismo tiempo perduran desigualdades sobre equidad de género, etnia y territorio.

Lograr mayor productividad, si no se traduce en una mayor creación de empleo decente, de alto valor agregado y con pleno acceso a los derechos laborales básicos.

No es suficiente

Proveer educación, si no es de calidad y no permite la inserción laboral, una mayor conciencia cívica, una participación política y ciudadana informada, y una mejor integración en la sociedad.

Extender la atención médica, si no está al alcance de todos y no otorga protección frente a los riesgos ambientales.

Un estado que logra finanzas públicas ordenadas y una macroeconomía que mantiene bajo control la inflación, si no cumple cabalmente su rol de orientador del desarrollo sostenible en el largo plazo, para lo que se requiere cambiar la estructura impositiva y elevar la recaudación.

Una política social asistencial focalizada, si no va acompañada de una política pública de protección social con enfoque diferencial para reducir la vulnerabilidad de las poblaciones, e interrumpir los mecanismos de transmisión de la exclusión social y la desigualdad.

Con este mismo enfoque se han establecido diversos fondos y medios de financiación, tanto internacionales como nacionales para apoyar

la gestión y construcción de un desarrollo sostenible globalizado como se observa en el siguiente cuadro (Tabla 2):

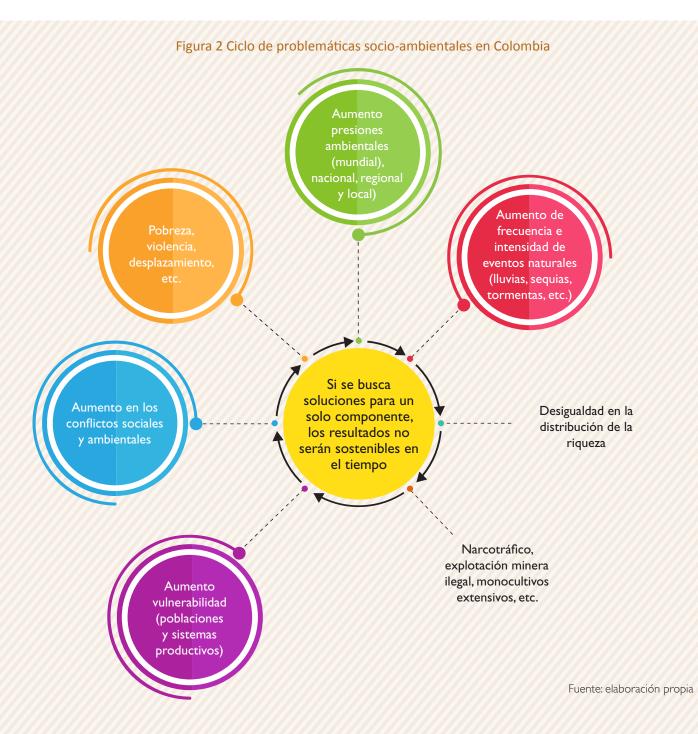
Tabla 2. Fondos y medios de financiación para la gestión del desarrollo sostenible

Mecanismo de financiación	Entidad	Tipo de proyectos a financiar	Página web
Fondo especial para el cambio climático	Naciones Unidas (CMNUCC)	Relacionados con adaptación, transferencia de tecnología, desarrollo de la capacidad, energía, transporte, industria, agricultura, silvicultura, gestión de residuos y diversificación económica.	http://goo.gl/vBnkHR
Fondo para los países menos desarrollados	Naciones Unidas (CMNUCC)	Ayudar a los 48 países menos desarrollados a preparar e implementar "programas nacionales de adaptación para la acción"	http://goo.gl/XRXxVh
Fondo para la Adaptación	Naciones Unidas (CMNUCC)	Proyectos y programas de adaptación en los países en desarrollo, especialmente vulnerables a los impactos del cambio climático.	http://goo.gl/XRXxVh
Mecanismo de Desarrollo Límpio (MDL)	Protocolo Kyoto	Consecución de créditos de reducción certificadas de emisiones que pueden canjearse o venderse.	http://cdm.unfccc.int/
Mecanismo de aplicación conjunta	Protocolo Kyoto	Inversión de los países desarrollados en proyectos de reducción de emisiones en países no desarrollados.	
Carbon Finance Assist Programme	Banco Mundial	Programas de capacitación, intercambio de conocimientos entre países en desarrollo y asistencia técnica en temas: Ciudades y cambio climático, residuos sólidos, gestión del Agua, vivienda sustentable y transporte sostenible.	http://goo.gl/jVYK4C
Carbon Finance Capacity Building	Banco Mundial	Proyectos sobre Mega-ciudades o ciudades sostenibles.	http://goo.gl/w9DDOP
Fondo de inversión del clima	Banco Mundial	Ayuda a los países en desarrollo para promover distintas formas de desarrollo con bajas emisiones de carbono y adaptación al cambio climático.	
Banco Asiático de desarrollo		Capacidad de Desarrollo, cambio climático, sostenibilidad medio ambiental, género y desarrollo, gobernanza, reducción de la pobreza, desarrollo del sector privado, cooperación regional e integración, Desarrollo social y desarrollo urbano.	http://www.adb.org/
Banco Interamericano de Desarrollo		Apoya esfuerzos en América Latina y el Caribe para reducir la pobreza y la desigualdad; promoviendo el desarrollo sostenible.	http://goo.gl/HPQqRZ

Mecanismo de financiación	Entidad	Tipo de proyectos a financiar	Página web
Banco Europeo de Inversiones		Pide prestado dinero en los mercados de capital y lo presta, a su vez, a un tipo de interés bajo a proyectos destinados a mejorar las infraestructuras, el suministro de energía o las condiciones medioambientales tanto dentro de la UE como en países vecinos o países en desarrollo.	http://goo.gl/K1BFk9
	de Cooperación y onómicos -OCDE	Promueve proyectos/políticas relacionadas con el cambio climático, análisis económicos y bienestar social de las personas alrededor del mundo.	http://goo.gl/9lKcUO
Asociación Tierra Fresca	Japón	Proyectos para enfrentar el cambio climático en los países en desarrollo.	http://goo.gl/qe3bRs
	ment Fund - GEF medio ambiente	Asistencia financiera en temas relacionados con la en- ergía, el medio ambiental y los recursos naturales	http://www. globalenvironmentfund. com/
Iniciativa internacional de protección del clima	Gobierno de Alemania	Promover una economía respetuosa con el clima, medidas de adaptación a los impactos del cambio climático y medidas de conservación y uso sostenible de los reservorios de carbono, reducción de emisiones por deforestación y degradación.	http://goo.gl/uVnICl
Sistema de General Regalías	Gobierno nacional de Colombia (Departamento Nacional de Planeación - DNP)	Apoyo en Ciencia, Tecnología e Innovación, Equidad social, disminución de pobreza, desarrollo y competitividad regional, proyectos minero-energéticos (artesanales), restauración social y económica de los territorios.	https://www.sgr.gov.co/
Colciencias		Fomenta la CT+I en Colombia. Promueve la producción de conocimientos y construcción de capacidades para CT+I, la cultura científica, tecnológica e innovadora; la investigación y el desarrollo.	http://www.colciencias. gov.co/
Fondo de Adaptación	Ministerio de Hacienda	Atender la construcción, reconstrucción, recuperación y reactivación económica y social en las zonas afectadas por el fenómeno de la niña 2010-2011, con criterios de mitigación y prevención del riesgo.	http://goo.gl/GrLIjn
Fondo Nacional Ambiental - FONAM	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Apoyo a la ejecución de las políticas ambiental y de manejo de los recursos naturales. Financia o cofinancia, a entidades públicas y privadas en la realización de proyectos, dentro de los lineamientos de la Ley 99/1993. También financia la ejecución de actividades, estudios, investigaciones, planes, programas y proyectos, de utilidad pública e interés social, encaminados al fortalecimiento de la gestión ambiental, la preservación, conservación, protección, mejoramiento y recuperación del medio ambiente y el manejo adecuado de los recursos naturales y de desarrollo sostenible.	http://goo.gl/Gdw6to

Adicionalmente, uno de los programas establecidos a nivel internacional con implicaciones claras de los países firmantes, entre los que se encuentra Colombia, son los Objetivos de Desarrollo Sostenible, llamados en forma abreviada ODS, suscritos el 25 de septiembre de 2015 por más de 150 líderes mundiales, con el fin de establecer las bases sólidas para la consolidación a largo plazo de un desarrollo sostenible. Estos ODS, se enfocan en la erradicación de la pobre-

za a todo nivel, la protección de los recursos naturales, los ecosistemas y su integridad ecológica, y asegurar una economía sustentable con los recursos disponibles, que permita la mejora de la calidad de vida para todos. Con este fin, se establecieron 17 ODS de carácter universal, cada uno con metas específicas de alcance para el 2030 e indicadores de seguimiento (Naciones Unidas, 2015). Sin embargo, este programa es de cumplimiento voluntario, lo cual no ha per-



mitido el compromiso real de varias naciones, requiriendo necesariamente un mayor esfuerzo de trabajo por parte de aquellos comprometidos en el establecimiento de estrategias que favorezcan el crecimiento económico territorial y aborden las necesidades sociales puntuales, especialmente educación, salud, protección social y oportunidades de empleo, a la vez que luchan contra el cambio climático y promueven la protección del medio ambiente.

No obstante, y pese a existir a nivel internacional políticas, pautas, medios de financiación e iniciativas que promueven la integración del desarrollo sostenible en la planificación territorial; en Colombia los temas de equidad social y sobre todo aquellos referentes a la protección medio ambiental, siguen ocupando un papel secundario en la agenda de gobierno. Esto se puede evidenciar por ejemplo, en la destinación de recursos asignados a la cartera de ambiente, la cual continúa con una tendencia a la disminución, mientras que otras como defensa aumentan considerablemente (Rueda, 2017). Otra forma de evidenciar el papel secundario que ha tenido el medio ambiente, es la pérdida de biodiversidad, ya sea por fragmentación del paisaje, cambio en los usos del suelo sin contemplar las dinámicas ecosistémicas, o la incorrecta gobernanza ambiental en los territorios.

Consecuentemente esta falta de relevancia que se le da al sector ambiental y por tanto el detrimento de los recursos, ahonda en las problemáticas estructurales del país, como la concentración de la riqueza y de tierras productivas en pequeños grupos poblacionales, la inequidad social y económica, y el aumento en el porcentaje de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) a nivel local; lo que a su vez, acrecienta los conflictos sociales a nivel nacional y sobre todo territorial.

Por tanto, los problemas ambientales y sociales junto con la búsqueda de soluciones puntuales, forman en Colombia un ciclo insostenible como se puede apreciar en la Figura 2.



Fotografía: José Roberto Arango R.

Es decir, se genera en Colombia un ciclo continuo, donde a medida que aumentan los residuos dispuestos en los sistemas naturales, las emisiones de gases de efecto invernadero, los monocultivos, la ganadería extensiva, la remoción de coberturas de bosques y selvas naturales y la minería mal gestionada, entre otros; aumentan en frecuencia e intensidad los eventos naturales como lluvias, sequías, granizadas, tormentas, cambios fuertes en la temperatura media local, etc.

A lo cual, si se suma la gran desigualdad en la concentración de la riqueza, los débiles y mal utilizados espacios de diálogo y de participación con las comunidades, la inequidad social y de género, y la descompensada distribución de recursos naturales, bienes y servicios ambientales; el nivel de vulnerabilidad aumenta para gran parte de la población, en su mayoría aquella con más

bajos recursos y posibilidades. Y al incrementarse el grado de vulnerabilidad de la población, crece un sentido de descontento que puede resultar y acrecentar los conflictos sociales, agravar las tensiones existentes y generar nuevos conflictos que incluso deriven en violencia.

De esta forma resulta pertinente promover a nivel de país la estructuración de soluciones en cadena que permitan atacar cada uno de las problemáticas al tiempo, puesto que cada una condiciona la otra. En este mismo orden de ideas, para lograr construir una paz sostenible en Colombia es necesario plantearse estrategias de desarrollo sostenibles que permitan el crecimiento económico de los territorios, sin avivar los daños medio ambientales, cambios en los patrones del clima y pérdida de recursos naturales.

En Colombia a nivel local, especialmente en las zonas más vulnerables, es decir, aquellas con NBI mayor al 50%, correspondientes a más de 500 municipios de los 1101 (DANE, 2005), se ha presentado un modelo de gestión territorial generalizado. En el cual, la priorización para la planificación de desarrollo y la búsqueda de soluciones tiende a centrarse en la resolución de conflictos inmediatos, generando medidas de corto plazo que son poco sustentables en el tiempo y no tienen coherencia con las realidades actuales y modelos futuros tanto a nivel mundial, como nacional y local. Razonablemente, con el propósito de reducir el nivel de vulnerabilidad de la población y por consiguiente poder adaptarse a los cambios continuos del medio, mitigando los efectos negativos en la calidad de vida, es necesario integrar a la planificación territorial, como componente transversal en cada uno de los programas, procesos y acciones, los factores medio ambientales. De forma tal, que se integre la búsqueda de soluciones para satisfacer las necesidades básicas de la población y las comunidades especiales, contando con los recursos y las características medio ambientales actuales y futuras, que son la materia prima y el deposito final de cualquier ciclo de producción.

Así mismo, en un país como Colombia es imperativo prepararse para una realidad cada vez más exigente por las situaciones que requieren ser gestionadas y que están vinculadas a la tenencia de un alto porcentaje de la biodiversidad del mundo y a las condiciones pluriculturales y socioeconómicas especiales que posee. Por consiguiente, se requiere avanzar en prácticas que permitan construir y mantener modelos de desarrollo sostenibles, que sean lo suficientemente versátiles para planear, coordinar e implementar acciones efectivas dirigidas a los sectores y comunidades más vulnerables (Cabrera leal M, et al 2004).

Con este fin, se debe procurar generar un consenso entre la academia, los organismos multilaterales, la sociedad civil y el estado, en pro de mitigar los efectos negativos medioambientales. Logrando así desarrollar soluciones puntuales, que articulen el contexto local, regional y nacional con la actualidad global ambiental, social, política y los posibles cambios futuros. Para lo cual es imprescindible tener en cuenta en la planeación territorial, modelos de cambio climático, de patrones de comportamiento de ecosistemas y poblaciones, así como los conocimientos y prácticas tradicionales y ancestrales de las comunidades que habitan los territorios.

Dentro de los principales protagonistas de la gestión de transición hacia un desarrollo sostenible -en Colombia- se encuentran los tomadores de decisiones nacionales, regionales y sobre todo locales (presidente, ministros, gobernadores, autoridades de comunidades étnicas y alcaldes). Estos últimos principalmente, deben asumir de forma innovadora los retos para la transformación territorial del país teniendo en cuenta en primer lugar, la deficiencia o insuficiencia de información y capacidades, en segundo lugar, los escasos y mal gestionados espacios de participación, en tercer lugar, la poca articulación institucional y en cuarto la falta de recursos, personal capacitado, capital e infraestructura; para afrontar los cambios (Quijano H., et al, 2012). Con lo cual es necesario, replantear soluciones contextualizadas a estos cuatro retos.



Fotografía: Minambiente

de forma tal que se encamine el proceso de cambio hacia una transformación verdadera y viable a nivel local, que posteriormente escale a la instancia nacional.

Desde el gobierno nacional se han diseñado diferentes estrategias para apoyar la transformación territorial hacia un desarrollo más sostenible. Un ejemplo de ello es la consolidación de la Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial (Ley 1454 de 2011), que promueve la generación de proyectos integrales para el cuidado, prevención y mitigación de riesgos a nivel regional, mediante la conformación de ecorregiones o mecanismos asociación territorial con intereses en común, de esta forma, se comparten gastos, se intercambian conocimientos y se minimizan variables de afectación a nivel local. Así mismo, se han promovido iniciativas y estrategias de desarrollo regional puntual desde entidades como el Departamento Nacional de Planeación y el Departamento de Prosperidad Social; así como la

búsqueda de la integración de los conocimientos y prácticas tradicionales y ancestrales en la gestión ambiental territorial y de país por parte del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Partiendo del apoyo del gobierno y del incremento en lineamientos nacionales, inclinados a integrar un desarrollo más sostenible en el país; los esfuerzos regionales y locales deben alinearse a esta tendencia, teniendo en cuenta sus propias posibilidades y realidades. Por ello, desde cada territorio se debe buscar soluciones más allá de los 4 años de los períodos de gobierno, que puedan evolucionar y ser flexibles ante los cambios continuos del medio y generar un pensamiento que incorpore lo social, económico, ambiental y cultural en la comunidad, especialmente en los tomadores de decisiones frente al uso del suelo. En este sentido, cada territorio presenta diferentes características y por tanto diversas necesidades, con lo cual es necesario priorizar los requerimientos y situaciones específicas, para así buscar soluciones reales, útiles y viables; de igual forma existen algunas estrategias generales, susceptibles de ser aplicadas de forma generalizada (Quijano H., et al, 2012) entre ellas:

- El fortalecimiento de capacidades para las administraciones municipales, los tomadores de decisiones frente al uso del suelo, las autoridades de comunidades étnicas y la comunidad en general. Lo que implicaría un importante liderazgo de gobernadores(as) y alcaldes(as) como dirigentes del desarrollo en su ámbito territorial.
- Delimitación de forma participativa de las áreas de especial importancia ecológica dentro de la planificación de ordenamiento territorial.
- Desarrollo de políticas claras y con enfoque diferencial de estrategias de conservación y aprovechamiento de la biodiversidad.
- Fortalecimiento de la gestión del recurso hídrico, haciendo énfasis en la posibilidad de

- generar asociaciones para el manejo de cuencas (contando con componentes financieros claros y responsabilidades).
- Fortalecimiento institucional: que incluya definir prioridades de la política nacional ambiental y productiva, profundizar la calidad de la información e implementar esquemas de seguimiento y evaluación.
- Desarrollo de estrategias de sostenibilidad ambiental a nivel local, por ejemplo: i) regularización de títulos mineros en áreas de especial importancia ecosistémica, ii) acciones para garantizar la protección de las rondas hídricas, iii) diseño e implementación de estrategias de movilidad más amigables y sostenibles, iv) inclusión de consideraciones ambientales en las políticas públicas (espacio público, vías verdes, ciclorutas, etc), v) inclusión de la gestión del riesgo de desastres y buen gobierno para comunidades seguras, vi) generación de sistemas productivos sostenibles e inclusivos.



Fotografía: José Roberto Arango R.

- Mitigación de presiones de explotación inadecuada del territorio, brindando opciones productivas amigables acordes a los recursos locales.
- Fomento del desarrollo económico local con base en la sostenibilidad, la responsabilidad social corporativa, la creación de empresas y empleos, el fomento de la innovación y el apoyo a PyMES.
- Buena gobernanza urbana, incorporando participación ciudadana, descentralización, transferencia de conocimientos a nivel horizontal y manejo adecuado de las finanzas municipales.

Concluyendo, es posible decir que no hay una estrategia general de desarrollo sostenible aplicable a todos los territorios. Sin embargo, priorizar por el desarrollo integral teniendo en cuenta una planificación urbana-ambiental, el fomento de estilos de vida sostenibles, la cohesión y la equidad social, los efectos de cambio climático, la generación de sistemas productivos contextualizados a nivel territorial y la mejora en la prestación de los servicios públicos; es clave a la hora de encaminarse a la construcción de territorios sostenibles.

Un primer paso, por obvio que parezca, es empezar a asumir que los temas medio ambientales, no son ajenos al contexto económico, político y social, y que se encuentran presentes en todas las decisiones que tomamos. Con lo cual, generar una cultura de consumo responsable, con sentido de apropiación frente a los recursos y ecosistemas a nuestro alrededor y conscientes de los efectos que generamos a toda escala, facilitaría el proceso de cambio y daría resultados viables. Así mismo, es necesario afianzar la noción de desarrollo y entender que el progreso se logra a través de emprendimientos, innovación, conocimiento de los contextos y empoderamiento tanto en conocimiento como en capacidades de la población local (Castaño M., et al, 2013).

## **Bibliografía**

- I. Cabrera leal M, Cuervo P, Duarte M., Gonzalez J., Lamprea P, Lozano R., 2004. Segunda comunicación nacional ante la convención marco de las naciones unidas sobre cambio climático; Adaptación. Naciones Unidas; Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Colombia.
- Castaño M., Morales N., Sáenz M., Fontecha M., Sandoval N. y Ardila J., 2013. El mito orgánico; Semana Sostenible. Publicaciones Semana LTDA. Colombia.
- 3. Chavarro M., García A., García J., Pabón J., Rozo A. y Cubillos A., 2008. Preparándose para el futuro: Amenazas, riesgo, vulnerabilidad y Adaptación frente al cambio climático. Material de difusión y socialización sobre el cambio climático N°3. Naciones Unidas: Oficina contra las Drogas y el Delito, Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial y Universidad Nacional de Colombia. Colombia.
- **4.** DANE, 2005. Necesidades Básicas Insatisfechas NBI, por total, cabecera y resto, según municipio y nacional. Información estadística DANE. Colombia.
- 5. Herrán C., 2012. El camino hacia una economía verde. Proyecto Regional de Energía y Clima de la Fundación Friedrich Ebert FES. México.
- 6. Naciones Unidas, 2013. Desarrollo sostenible en América Latina y el Caribe: seguimiento de la agenda de las Naciones Unidas para el desarrollo post-2015 y río+20; versión preliminar. Naciones Unidas, CEPAL, OIT, FAO, OPS, OMI y OCHA.
- 7. Naciones Unidas, 2015. Objetivos de Desarrollo Sostenible: 17 Objetivos para transformar nuestro mundo. Portal Organización de las Naciones Unidas.
- 8. Quijano H., Useche C., Londoño F., Rondón C., Giraldo C. Barberena V., Cuervo M., Valdelamar A. y Manrique M, 2012. Descentralización y medio ambiente en Colombia. Fundación Konrad Adenauer. Colombia.
- 9. PNUMA (Programa de las Naciones para el Medio Ambiente), 2009. La Economía de los ecosistemas y la Biodiversidad. Estados Unidos.
- 10. Rueda Juan Pablo, 2017. MinDefensa, el que más ganó en el presupuesto 2018. Periódico virtual El Tiempo; Sección Economía, versión 28 de julio 2017, 11:37PM. Colombia.

Claudia Cristina Bedoya Ciro y Luis Hernando Estupiñán

### Resumen

Las tecnologías de biorremedación se visualizan como una alternativa eficiente y económica para hacer frente a la creciente contaminación ambiental a través de la observación de los procesos biogeoquímicos en suelos degradados, replicándolos y potencializándolos a partir del uso de hongos filamentosos, que son organismos unicelulares, aerobios, con capacidad de formación de hifas y micelios, algunos de ellos con la capacidad para degradar sustancias específicas y mitigar o recuperar elementos vitales para la existencia humana en el menor tiempo posible. La importancia de explorar en este campo del conocimiento se basa en la necesidad de buscar estrategias para la recuperación de suelos contaminados con hidrocarburos totales y derivados de este, ya que son una problemática constante para todas las regiones de Colombia.

Palabras clave: Biotransformación. hidrocarburolítico, mohos

### Introducción

La biorremediación, es una tecnología, en la cual se utiliza la capacidad que poseen los organismos para descomponer contaminantes del suelo, agua y aire; en sustancias inocuas o menos dañinas para las especies y su entorno, a través de su metabolismo (Wang et al. 2015; Mohamad et al. 2004).

Dentro del campo de la biorremediación, se consideran como pioneros en el estudio de las diferentes técnicas a Zobell (1946) y Davis (1956), quienes desarrollaron sus investigaciones encaminadas a reconocer el potencial de los microorganismos en la degradación de diferentes contaminantes, por medio de la técnica de biolabranza. A ellos se suman Riser (1998); quien trabajó en procesos de biorremediación inyectando burbujas de oxígeno al suelo contaminado, y Watanabe (2001) quien analizó la posibilidad de implementar técnicas rápidas de biología molecular caracterizando poblaciones microbianas endémicas y sus componentes enzimáticos, para ser aplicados al campo de la biorremediación al evaluar su capacidad biodegradadora.

Investigadores como Doménech (2000), Durán & Contreras (2006) y Wang et al. (2015) en sus artículos destacan que el éxito de la biorremediación está relacionado con las características morfo-geológicas, climáticas, hidrológicas y biológicas del área afectada, y se considera un método óptimo, de bajo costo y complejidad en la recuperación de aguas, suelos y aire contaminados.

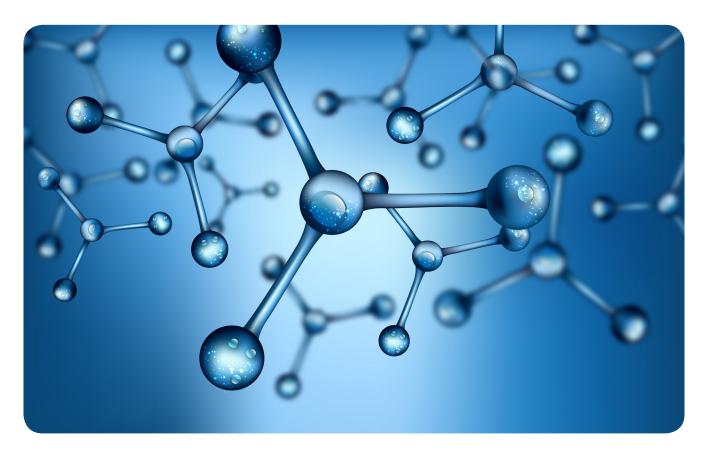
Por su parte, Biswas et al. (2015), Silva et al. (2015); y Ugochukwu (2015) afirman que la biorremediación es útil para mitigar o eliminar la contaminación en suelo, agua o aire; de lenta aplicación con respecto a otras técnicas desarrolladas desde el campo de las ingenierías y resaltan que la biorremediación es amigable con el medio ambiente, ya que se puede aplicar tanto los microorganismos como las enzimas hidrocarburolíticas que ellos producen.

Otros autores hacen diferencias entre las técnicas de biorremediación así: biodegradación asistida y biorremediación controlada; la primera genera una respuesta parcial al problema de contaminación y la biorremediación controlada soluciona de manera definitiva el problema de contaminación (Silva et al. 2015; Ruberto et al. 2010; Lin et al. 2010; Crawford et al. 2000).

Aunque la naturaleza y cantidad del contaminante es la que determina el tipo de biorremediación que deben emplearse, el plan de contingencia, la técnica a emplear, la decisión de qué mecanismo usar para mitigar o biorremediar el componente natural afectado, está en parte también determinado por el personal implicado en el proceso, los recursos económicos destinados, la normatividad ambiental local y nacional vigentes y el ecosistema afectado, entre otros (Lesser & Saval 2000).

Las técnicas de biorremediación más empleadas en el campo investigativo son: la bio-aireación o bioventilación, una técnica utilizada in situ, e in vitro y que consiste en inyectar oxígeno o aire al suelo contaminado o agua contaminada para estimular el crecimiento de los microorganismos biorremediadores, los cuales por lo general son endógenos; la biotransformación natural, una técnica de aplicación in situ, y que consiste en permitir que el proceso de biorremediación del contaminante se dé por sí solo sin intervención humana; la biopila o landfarming, una técnica de manejo in situ e in vitro en la cual se estimula el crecimiento de microorganismos endógenos o exógenos, con capacidad biorremediadora, aplicando oxígeno, aire y macro y elementos como el Nitrógeno, Fósforo, Potasio, entre otros, al suelo y/o agua a remediar; bioaumento

y la bioestimulación, una técnica empleada in situ, en la cual se aplica microorganismos con capacidad comprobada de biorremediación en un componente contaminado (Di Gregorio et al. 2016; Benyahia & Embaby 2016; Masi et al. 2016; Manli et al. 2016; Kharusi et al. 2016; Li et al. 2016; Covino et al. 2016; Fodelinkis et al. 2015; Silva et al. 2015; Hong Dong et al. 2015; Nustes et al. 2014; Szulc et al. 2014; Madueño et al. 2011; Di Rienzo et al. 2011; Bell et al. 2011; Kaszycki et al. 2011; Kauppi et al. 2011; Mrozika & Piotrowska-Segetb 2010; Kaszycki et al. 2010; Xua & Lu 2010; Hosokawa et al. 2009). Las diferencias entre las técnicas permiten observar ventajas y/ o desventajas al momento de aplicarse, una de ellas es el tiempo que demora cada una en remover el contaminante del suelo o el agua, la bioventilación, la biopila o landfarming pueden tardar entre seis meses a varios años, la bioestimulación entre seis meses a cinco años y la biotransformación natural puede tardar de 20 a cientos de años; otra de las ventajas y/o desventajas son los costos, que dependiendo del área afectada, los componentes contaminantes, el recurso humano empleado y la técnica a emplear varían considerablemente (Di Gregorio et al. 2016; Benyahia & Embaby 2016; Masi et al. 2016; Manli et al. 2016; Kharusi et al. 2016; Li et al. 2016; Covino et al. 2016; Fodelinkis et al. 2015; Silva et al. 2015; Hong Dong et al. 2015; Nustes et al. 2014; Szulc et al. 2014; Madueño et al. 2011; Di Rienzo et al. 2011; Bell et al. 2011; Kaszycki et al. 2011; Kauppi et al. 2011; Mrozika & Piotrowska-Segetb 2010; Kaszycki et al. 2010; Xua & Lu 2010; Hosokawa et al. 2009)... Según Smith et al. (2015), Covino et al. (2016) y Benyahia & Embaby (2016); se debe tener en cuenta la biodisponibilidad como un factor vital en los procesos de biorremediación de suelos contaminados con petróleo crudo y sustancias derivadas, ya que la absorción por medio de los poros del suelo y la disolución en la fase líquida de éste, la salinidad, la pendiente del suelo en el sector de derrame, entre otros factores, disminuye la disponibilidad del recurso para el agente biorremediador.



La biorremediación in situ, admite tratar el contaminante en el mismo sector donde se originó y permite utilizar cualquiera de sus técnicas en la recuperación o mitigación de diferentes ecosistemas (Lesser & Saval 2000).

Otros autores utilizaron hongos filamentosos in situ y evidenciaron la interacción de estos con una carga controlada de petróleo crudo, utilizando técnicas como la bioaumentación y bioestimulación; destacando la capacidad de producción de enzimas extracelulares, por parte de los hongos, las cuales, actúan biodegradando el contaminante (Gospodarek et al. 2016; Xu et al. 2016; Arrieta et al. 2012; Jhonsen et al. 2007; Ortiz et al. 2007; Benavides et al. 2006 y Moreno et al. 2004).

En estas metodologías según lo plantearon Johnsen et al. (2007), cuando se utiliza la capacidad biorremediadora de microorganismos aerobios para convertir desechos orgánicos peligrosos para la biota en general, se producen unas reacciones consecutivas de óxido reducción para la obtención de energía; esta cadena inicia a partir

de la obtención de una sustancia que contenga dentro de su composición moléculas de hidrógeno y/o carbono, lo que incide en que la célula pueda asimilarlo dentro de su metabolismo, degradando dichas sustancias hasta dióxido de carbono y agua, lo cual difiere de los microorganismos anaerobios quienes utilizan otros mecanismos de biorremediación.

Por lo mencionado previamente, en este artículo se hace una revisión sobre la aplicabilidad de hongos filamentosos en la recuperación de suelos contaminados con petróleo crudo.

### Materiales y métodos

La revisión bibliográfica se realizó a partir de las siguientes bases de datos: Ebsco, proQuest, ScienceDirect, ACSESS Digital Library, Cab Abstract – Cab Books, MultiLegis, Scopus y Scielo, donde se ubicaron los artículos más relevantes utilizando las palabras clave: Biorremediación, Hidrocarburolítico, Hongos filamentosos y petróleo crudo, publicados entre el año 1995 y 2016.

## Resultados y discusión

Messarch & Nies (1997) afirman que en suelos contaminados con petróleo crudo se observa mayor abundancia de microorganismos que en un suelo sin alteración; sin embargo, la diversidad es menor y establecen que todos los ecosistemas contienen algún agente biodegradador de este contaminante. Gospodarek et al. (2016) menciona que hay una disminución significativa de los organismos presentes en los suelos tras el derrame de petróleo crudo y un aumento del carbono orgánico en éste, elemento que se caracteriza por ser oxidable en estas circunstancias lo cual incide en la disminución del pH y genera un aumento de fósforo disponible. Según Boyd et al. (2001); se ha determinado el mecanismo por el cual, muchos hongos presentes en la microbiota del suelo, generan enzimas como las lignolíticas oxigenasas, ligninoperoxidasas y las lignolíticas hidrolasas, capaces de degradar el petróleo crudo hasta obtener energía esencial para su crecimiento y supervivencia; lo cual es una característica común para distintas especies de hongos lignolíticos, generando como resultado al final del proceso, biomasa, CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O (Montoya et al. 2014 y Martínez 2005).

Es importante destacar que para Wang et al. (2015) el petróleo crudo, es una sustancia compleja de difícil degradación ya que contiene

resinas y asfáltenos resistentes a la degradación natural, que afecta el recurso hídrico superficial y/o subterráneo, así como el aire y el suelo.

Biswas et al. (2015) diseñaron una arcilla que facilita a los microorganismos biorremediadores de suelo contaminado con petróleo crudo y metales pesados, la mitigación o remediación in situ, del contaminante, ya que aumenta la población microbiana y su actividad enzimática; avance que abre un novedoso campo dentro de la biotecnología a nivel mundial, teniendo en cuenta que en todos los países hay contaminación de suelos, agua y aire por petróleo crudo o sustancias derivadas de este, según explica (Azari et al. 2016).

# Aplicabilidad *in-vitro* de la biorremediación

Castillo & Roldán (2005) afirman que es posible hacer biorremediación con el uso de microorganismos, mencionan también que el proceso de biorremediación de suelos contaminados con petróleo crudo es vital para hacerle frente a esta problemática ambiental y dependiendo de la técnica empleada se observarán mejores porcentajes de remoción del contaminante; un listado de bacterias y hongos aplicables en este campo, según estos autores, se presenta en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Listado de microorganismos con capacidad biorremediadora en suelos contaminados con hidrocarburos.

Bacterias	Bacterias	Bacterias	Hongos	Hongos	Hongos
Achrornobacter	Leumthrix	Spirillum	Allescheria	Oidiodentrum	Gonythichum
Acinetobacter	Moraxella	Streptomyces	Aspergillus	Paecylomyces	Hansenula
Actinomyces	Nocardia	Xanthomyces	Aureobasidium	Phialophora	Helminthosporium
Aeromonas	Peptococcus	Lactobacillus	Botrytis	Penicillium	Torulopsis
Alcaligenes	Pseudomonas	Erwinia	Candida	Rhodosporidium	Trichoderma
Arthrobacter	Sarcina	Flavobacterium	Cephalosporium	Rhodotorula	Trichosporon
Bacillus	Brevebacterium	Klebsiella	Cladosporium	Saccharomyces	Fusarium
Beneckea	Spherotilus	Coryneoforms	Cunninghamella	Saccharomycopisis	Sporobolomyces
		Vibrio	Debaromyces	Scopulariopsis	

Fuente: Castillo y Roldán (2005)



Derrame de petróleo: Fotografía: Pixabay

Naranjo et al. (2007) identificaron 20 cepas de hongos filamentosos que corresponden a Fusarium sp., Penicillium sp., Trichoderma sp., Aspergillus sp., Pseudallescheria sp., Neosartorya sp., Cladosporium sp., Paecylomyces sp., Pestalotiopsi sp. y Phoma sp. Se puede destacar que el 80% de las cepas reportadas por este estudio, son mencionadas como potenciales biorremediadores (Castillo & Roldán 2005).

Una de las especies de hongos filamentosos identificadas por su aplicabilidad en biorremediación, es *Penicillium chrysogenum*, el cual es retomado por Aranciaga *et al.* (2012), quienes valoraron su capacidad biorremediadora en un medio con 2,4,6-Triclorofenol, evidenciando la degradación de ésta sustancia, hasta en un 85%; este estudio permitió concluir que esta especie podría ser un agente biorremediador importante en suelos contaminados con petróleo crudo.

Pernía et al. (2012) evaluaron por meta-análisis a los hongos filamentosos obtenidos en suelos contaminados con petróleo crudo y derivados, identificándolos como: Penicillium sp., Aspergillus

sp., Fusarium sp. Phanerochaete sp., Coriolus sp., Trametes sp., Pleurotus sp., Bjerkandera sp., Rhizopus sp., Emerciella sp. Coriolopsis sp., Emerciella sp., Beauveria sp., Candida sp., Eupenicillium sp., Graphium sp., Neosartorya sp., Paecilomyces sp., y Pichia sp., además determinaron la capacidad biorremediadora en diferentes sustratos de petróleo crudo y derivados.

Argumedo et al. (2012) utilizó hongos filamentosos como Cunninghamella elegans, Chrysosporium sp., Phanerochaete sp., y 11 cepas de Trichoderma sp., sembrándolas en cajas de petri con un medio de cultivo a diferentes concentraciones de petróleo crudo, obteniendo como resultado crecimiento fúngico en los medios de cultivo después de 94 horas; y sólo en las cepas pertenecientes a Trichoderma sp., se observaron halos de inhibición en los medios de cultivo y determinaron que a mayor concentración del contaminante, era menor la capacidad biorremediadora de estas cepas.

Jia et al. (2013) aislaron de suelo contaminado con petróleo crudo 14 cepas de hongos filamentosos, las cuales por medio del análisis de



PCR amplificando la región ITS, se identificaron como Fusarium sp., Bionectria sp., Stachybotrys sp., Aspergillus sp., y Actinomucor sp., con resultados de biodegradación superiores al 70%.

Así mismo Yanto & Tachibana (2014) evaluaron el potencial biorremediador de cinco cepas de hongos filamentosos pertenecientes a Pestalotiapsis sp NG007, Trametes versicolor V97, Pleorotus ostreatus PL1, Cerena sp F0607 y Polyporus sp S133, sembrándolos en un microcosmos con suelo contaminado con petróleo crudo comprobándose la degradación simultanea de alifáticos, aromáticos, resinas y fracciones de asfáltenos, por medio de la secreción de enzimas monooxigenasas y dioxigenasas citocromo P450; al estancarse el proceso de biorremediación adicionaron butóxido de piperonilo o AgNO<sub>3</sub>, lo cual generó que el proceso pasara a tener una efectividad cuantificada de 81% hasta 99%.

Abalaji et al. (2014) aislaron e identificaron de muestras de suelo contaminada con petróleo crudo y residuos vegetales en la ciudad de Chennai (India) los hongos Aspergillus sp., Curvularia sp.,

Drechslera sp., Fusarium sp., Lasiodiplodia sp., Mucor sp., Penicillium sp., Rhizopus sp., Trichoderma sp., Colletotrichum sp., y Lasiodiplodia sp., los cuales se sembraron en consorcio y por separado en un medio de cultivo con petróleo crudo para obtener las enzimas extracelulares producidas por estos, como la lipasa, lacasa y peroxidasa proteasa; enzimas de uso potencial en la biorremediación de suelos y agua contaminados con petróleo crudo y sustancias derivadas.

Maddela et al. (2015) aislaron de un suelo contaminado con petróleo crudo dos cepas de hongos filamentosos pertenecientes al género Geomyces, las cuales se aplicaron a suelos en ambiente controlado (microcosmos); se contaminó artificialmente con petróleo crudo a concentraciones de 1% y 1.5%, además se adicionó N, P, K, para estimular el crecimiento del hongo inicialmente, y se observó el proceso de biorremediación por treinta días, por medio de cromatografía de gases, determinándose que la biorremediación se realizó en un porcentaje entre 73.3% a 79.9% respectivamente.

Ameen et al. (2016) aplicaron este hongo filamentoso (Geomyces) en consorcio con otros hongos como Aspergillus terreus., Alternaria alternata., Sphaerospermun cladosporium sp., Eupenicillium hirayamae., Paecilomyces varioti., y al final del proceso biorremediador obtuvieron altos contenidos de biomasa, CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O.

Zafra et al. (2015) destacaron la capacidad de utilizar diferentes especies de Trichoderma sp., representado por las especies: Trichoderma hamatum, Trichoderma harzianum, Trichoderma reesei, Trichoderma koningii, Trichoderma viride, Trichoderma virens y Trichoderma asperellum como biorremediadores de suelo contaminado con petróleo crudo y derivados de este, usando como mecanismo de acción la producción de enzimas como lacasas, peroxidasas y peroxigenasas. Dentro de este grupo, destaca la actividad de T. asperellum por su alta producción de enzimas hidrocarburoliticas, tener un amplio intervalo de tolerancia a la temperatura y por tratarse de una especie aplicable en la remediación en suelos contaminados con diferentes sustancias.

Mohsenzadeh & Shirkhani. (2016) evaluaron la actividad de tres enzimas generadas por los hongos filamentosos Acromonium sp., Alternaria sp., Aspergillus terreus., y Penicillium sp., aislados inicialmente en la refinería de Arak en (Irán); los cuales fueron sembrados en un medio de cultivo a diferentes concentraciones de petróleo crudo y se evaluó la cantidad de catalasa, peroxidasa y fenol oxidasa que produjeron en el proceso, concluyendo que los cuatro hongos son capaces de biodegradar el petróleo crudo a diferentes concentraciones y que varía la enzima empleada para tal fin, así como el tiempo del proceso.

Andreolli et al. (2016) utilizaron a Trichoderma longibrachiatum cepa EvxI, posterior a su valoración, como agente para aplicarse en protocolos de biorremediación para la recuperación de suelos contaminados con hidrocarburos, por sus buenos resultados como agente hidrocarburolítico.

Es importante resaltar que los procesos de biorremediación se deben abordar con un enfoque interdisciplinario. En el estudio de Ibarra et al. (2011) se propone un modelo para la biorremediación de suelos contaminados, a partir de una metodología de dinámica de sistemas, en la cual se establece la relación entre la cinética del crecimiento microbiano y la capacidad biorremediadora de los microorganismos, lo cual permite mejorar los diseños metodológicos para aplicar estas tecnologías.

La aplicación de hongos filamentosos en la recuperación de suelos y agua contaminados con petróleo crudo, es una herramienta fundamental que permite recuperar ecosistemas afectados por esta sustancia nociva para la biota, sus características como especies cosmopolita, permiten su amplia aplicabilidad en todos los ecosistemas.

Es importante continuar buscando especies de hongos que puedan ser aplicadas a la biorremediación de suelos afectados por contaminación con petróleo crudo, teniendo en cuenta que la industria petroquímica se considera en auge para el futuro de Colombia; el 21% del territorio nacional está comprometido con esta industria, ya sea en exploración o producción (Gonzales 2011).

A partir de la revisión realizada se puede resaltar la importancia de generar estudios comparativos entre los microorganismos presentes en suelos contaminados por petróleo crudo y suelos no contaminados, así como identificar los efectos de esta contaminación y las especies de hongos filamentosos que tienen el potencial hidrocarburolítico.

Se plantea que como resultado del proceso de paz y el posconflicto en Colombia, se favorecerá la exploración, explotación, producción, transporte y almacenamiento de hidrocarburos en las diferentes zonas del país, aumentando el riesgo de contaminación; por lo tanto, el uso de hongos filamentosos en biorremediación es una propuesta viable ya que el manejo de estas especies se facilita por la fácil producción en masa, así como su aplicación *in situ*.

## **Bibliografía**

- AMEEN, F.; MOSLEM, M.; HADI, S.; AHMED E.AL-SA-BRI, A.E. 2016. Biodegradation of diesel fuel hydrocarbons by mangrove fungi from Red Sea Coast of Saudi. Saudi Journal of Biological Sciences. (Saudi Arabia). 23:211-218.
- 2. ANDREOLLI, M.; LAMPIS, S.; BRIGNOLI, P.; VALLINI, G. 2016. Trichoderma longibrachiatum Evx1 is a fungal biocatalyst suitable for the remediation of soils contaminated with diesel fuel and polycyclic aromatic hydrocarbons. Environmental Science and Pollution Research. (Germany). 23(9):9134-9143.
- 3. ARANCIAGA, N.; DURRUTY, I.; GONZÁLEZ, J.; WOLSKI, E. 2012. Aerobic biotransformation of 2, 4, 6—trichlorophenol by aqueous batch culture: Degradation and residual phytotoxicity. Water S.A (South Africa): 38(5):683-688.
- ARGUMEDO, D.; ALARCÓN, A.; FERRERA, R.; AL-MARAZ, J.; PEÑA J. 2012. Tolerance and growth of 11 Trichoderma strains to crude oil, naphthalene, phenanthrene and benzo[a]pyrene. J. Environmental Management. (United States). 95:S291-S299.
- ARRIETA, O.; RIVERA, A.; ARIAS, L.; ROJANO, A.; RUIZ, O.; CARDONA, S. 2012. Biorremediación de un suelo con diésel mediante el uso de microorganismos autóctonos Gestión y Ambiente (Colombia). 15:(1):27-39.
- 6. AZARI MOGHADDAM, H.; ABU BAKAR, N.K. 2016. Carbon dynamics in sandy soil artificially contaminated with petroleum in the presence of different forms of inorganic nitrogen for bioremediation. Environment Earth Sciences. (Germany).75(3):1-13.
- 7. ABALAJI, P.; ARULAZHAGAN, P.; EBENEZER, V. 2014. Enzymatic bioremediation of polyaromatic hydrocarbons by fungal consortia enriched from petroleum contaminated soil and oil seeds. J. Environmental Biology (India). 35(3):521-529.
- 8. BELL, T.; YERGEAU, E.; MARTINEAU, C.; JUCK, D.; WHYTE, L.; GREER, C. 2011. Identification of Nitrogen-Incorporating Bacteria in Petroleum-Contaminated Arctic Soils by Using [15 N] DNA-Based Stable Isotope Probing and Pyro sequencing. Applied and Environmental Microbiology (United States). 77:4163-4171.
- BENAVIDES, L.; QUINTERO, G.; GUEVARA, V.; JAIMES, D. 2006. Bioremediación de suelos contaminados con hidrocarburos derivados del petróleo. Nova (Colombia). 4(5):1-116.
- 10. BENYAHIA, F.; EMBABY, A. 2016. Bioremediation of crude oil contaminated desert soil: Effect of biostimulation, bioaugmentation and bioauailability in biopile.

- Treatment systems. Int. J. Environmental Research and Public Health (Switzerland). 13(2):2-19.
- 11. BISWAS, B.; SARKAR, B.; MANDAL, A.; NAIDU, R. 2015. Heavy metal-immobilizing organoclay facilitates polycyclic aromatic hydrocarbon biodegradation in mixed-contaminated soil. J. Hazardous Materials (Netherlands). 298:129-137.
- 12. BOYD, D.; SHARMA, R.; ALLEN, C.2001. Dioxigenasas aromáticas: biocatálisis molecular y aplicaciones. Current Opinion in Biotechnology (England). 12 (6):564-573.
- 13. CASTILLO, F; ROLDÁN M. 2005. Biotecnología ambiental. Editorial Tebar, España. 357p
- 14. COVINO S.; D ANNIBALE, A.; STAZIS, R.; CAJHOMI, T.; CUANCAROVA, M.; STELLA, T.; PETRUCCIOLI, M.; 2015. Assessment of degradation potential of aliphatic hydrocarbons by autochthonous filamentous fungi from a historically polluted clay soil. Science Total Environment (Netherlands). 505:545-554.
- 15. COVINO, S.; STELLA, T.; D ANNIBALE, A.; STAZIS, R.; LLADO, S; LA VALERIANA, P.; CUANCAROVA, M.; CAJTHAML, T; PETRUCCIOLI, M. 2016. Comparative assessment of fungal augmentation treatments of a fine textured and historically oil contaminated soil. Science Total Environment 566:250-259.
- CRAWFORD, J.; TRAINA, S.; TOUVINEN, O. 2000. Bacterial degradation of atrazine in redox potential gradients in fixed-film sand columns. Soil Science Society of America Journal (United States). 64(2):624-634.
- 17. DAVIS J. 1956, Microbial decomposition of hydrocarbons. Industrial and Engineering Chemistry (United States). 48(9):1444–1448.
- 18. DI RIENZO, J.; CASANOVES, F.; BALZARINI, M.; GONZALEZ L.; TABLADA, M.; ROBLEDO, C. 2011. Estadística y Biometría. Ilustraciones del uso de InfoStat en problemas de agronomía. Editorial Brujas. Argentina. 150p.
- 19. DOMÉNECH, X. 2000. Química del suelo. El impacto de los contaminantes. 3ra Edición. Miraguano S.A. Madrid. España. 190p.
- 20. DURÁN, M.; CONTRERAS, N. 2006. Alternativa de tratamiento para tierras fuller contaminadas con aceite dieléctrico. Scientia Et Technica (Colombia). 12 (32):419-424.
- 21. FODELINKIS, S.; ANTONIOU, E.; MAPELLI, F.; MAGAGNINI, M.; NIKOLOPOULOU, M.; MARASCO, R.; BARBATO, M.; TSIOLA, A.; TSILOPOULOU, I.; GIACCAGLIA, L.; MAHJOUBI, M.; JAOVANI, A.; AMER, R.; HUSSEIN, E.; AL-HORANI, F.A.; BENZHA, F.; BLA-

- GHEN, M.; MALKAWI, H.; ADBEL-FATTAH, Y.; CHER-IF, A.; DAFFONCHIO, D.; KALOGENAKUS, N. 2015. Allochthonous bioaugmentation in ex situ treatment of crude oil polluted sediments in the presence of an effective degrading indigenous microsbiome. J. Hazardous Materials. 287(8)78-96.
- 22. GONZALES, C. 2011. Renta Minera, petróleo y comunidades. Punto de encuentro. INDEPAZ. Colombia.140p.
- 23. GOSPODAREK, J.; PETRYSZAK, P.; KOLOCZEK, H. 2016. The effect of the bioremediation of soil contaminated with petroleum derivatives on the occurrence of epigeic and edaphic fauna. Bioremediation Journal. 20:38-53.
- 24. HONG DONG, W.; ZHANG, P.; YULIN, X.; ZHANG, Y.; TOBOURE, A. 2015. Natural attenuation of 1, 2, 4-trichlorobenzene in shallow aquifer at the luhuagang's landfill site, kaifenos. China. Science Total Environment. 505:216-222.
- 25. HOSOKAWA R.; NAGAI M.; MORIKAWA M.; OKUYAMA H. 2009. Autochthonous bioaugmentation and its possible application to oil spills. World Journal Microbiology Biotechnology (Netherlands). 25:1519–1528.
- 26. IBARRA V.; DANNY W.; REDONDO J. 2011. Modelo para Biorremediación de Suelos Contaminados. Una Aproximación con Dinámica de Sistemas. Revista Luna Azul (Colombia). 41:152-164.
- 27. JIA H.; QU L.; WANG Q. 2013. Selection of crude oil-degrading filamentous fungi and their degradation properties. Research of Environmental Sciences. (China) 26 (6):589-606.
- 28. JOHNSEN A.; SCHMIDT S.; HYBHOLT T.; HENRIK-SEN S.; JACOBSEN C.; ANDERSEN O. 2007. Applied and Environmental Microbiology (United States). 73:1474-1480.
- 29. KASZYCKI P.; PAWLIK M.; PETRYSZAK P.; KOŁOCZEK H. 2010. Aerobic process for in situ bioremediation of petroleum-derived contamination of soil: A field study based on laboratory microcosm tests. Ecological Chemistry and Engineering. A (United States).17(4-5):405-414.
- 30. KASZYCKI P.; PAWLIK M.; PETRYSZAK P.; KOŁOCZEK H. 2011.Ex situ ioremediation of soil polluted with oily waste: The use of specialized microbial consortia for process bioaugmentation. Ecological Chemistry and Engineering. S (United States).18(1):83-92.
- 31. KAUPPI S.; SINKKONEN A.; ROMANTSCHUK M. 2011. Enhancing bioremediation of diesel-fuel-contaminated soil in a boreal climate: Comparison of bio-

- stimulation and bioaugmentation. International Biodeterioration & Biodegradation. (England) 65(2):359-368.
- 32. KHARUSI A.; ABED R.; DOBRETSOV S. 2016. Addition EDTA improves breathing bacterial activity and degradation of soils contaminated with hydrocarbons in oil bioaugmented desert and bioaugmented. International Biodeterioration & Biodegradation. (England).147:279-286.
- 33. LESSER J.; SAVAL S. 2000. Intemperismo: su efecto sobre hidrocarburos contaminantes en suelos y acuíferos. Teorema Ambiental, Revista Técnico Ambiental (México) 6(23):34-35.
- 34. LI F.; GUO S.; HARTOG N.; YUAN Y.; YANG, X. 2016. Isolation and characterization of bacteria that degrade PAHs heavy adapted to electrokinetic conditions. International Biodeterioration & Biodegradation. (England). 27(1)1-13.
- 35. LIN T.; PANB P.; CHENG S.2010. Ex situ bioremediation of oil-contaminated soil. J. Hazardous Materials.176:27–34.
- 36. MADDELA N.; MASABANDA M.; LEIVA M. 2015. Novel diesel oil degrading bacteria and fungi from the Ecuadorian Amazon rainforest. Water Science and Technology (Austria). (71) 10:1554-1561.
- 37. MADUEÑO L.; COPPOTELLI B.; ALVAREZ H.; MO-RELLI I. 2011. Isolation and characterization of indigenous soil bacteria for bioaugmentation of PAH contaminated soil of semiarid Patagonia, Argentina. International Biodeterioration & Biodegradation. (England). 65:345-351.
- 38. MANLI W.; WRREN A DICK.; WEI L.; XIAOCHANG W.; QUIAN Y.; TINGTING W.; LIMEI X.; MINGHUI Z.; LIMING CH. 2016. Bioaugmentation and biostimulation of hydrocarbon degradation and the microbial community in a petroleum contamined soil. International Biodeterioration & Biodegradation. (England). 107:158-164.
- 39. MARTÍNEZ A.; SPERANZA M.; RUIZ F.; FERREIRA P.; CAMARERO S.; GUILLÉN S.; MARTÍNEZ M.; GUTI-ÉRREZ A.; DEL RÍO A. 2005. Biodegradation of lignocellulosics: microbial, chemical, and enzymatic aspects of the fungal attack of lignin. International Microbiology (Spain).8:195-204.
- 40. MASIT; DEMENECHE S.; TROMME O.; THONART P.; JACQUES P.; HILIGSMAM S.; VOGEL T. 2016. Hidrocarbons biostimulation and bioaugmentation in organic carbon and clay-rich soils. Soil biology and biochemistry. (England) 99:66-74.
- 41. MESSARCH M.; NIES L. 1997. Modification of heterotrophic plate counts for assessing the bioremediation

- potential of petroleum contaminated soils. Environmental Science & Technology (United States). 18:639-646.
- 42. MOHAMAD G.; ABDUL R.; BAKAR A.; BASRI M. 2004. Biodegradation of hydrocarbons in soil by microbial consortium. International Biodeterioration & Biodegradation. (England). 54: 61-67.
- 43. MOHSENZADEH F.; SHIRKHANI Z. 2016. Removing of Crude Oil from Polluted Areas Using the Isolated Fungi from Tehran Oil Refinery. Soil and Sediment Contamination. (England) 25 (5):536-551
- 44. MONTOYA S.; SANCHEZ O.; LEVIN L. 2014. "Mathematical Modeling of Lignocellulolytic Enzyme Production from Three Species of White Rot Fungi by Solid-State Fermentation" Advances In Castillo, L; Cristancho, M; Isaza, G; Pinzón A; Corchado, J. (eds). Advancen in Computational Biology Proceedings. Of the 2nd Colombian Congress Computational Biology and Bioinformatics (CCBCOL). Springer International Publishing Switzerand.371 –377.
- 45. MORENO C.; GONZALEZ A.; BLANCO M. 2004. Tratamientos biológicos de suelos contaminados: contaminación por hidrocarburos. Aplicaciones de hongos en tratamientos de biorrecuperación. Revista Iberoamericana de Micología (España). 21:103-120.
- 46. MROZIKA A.; PIOTROWSKA-SEGETB Z. 2010. Bioaugmentation as a strategy for cleaning up of soils contaminated with aromatic compounds. Microbiological Research (Belgium). 165 (5):363-375.
- 47. NARANJO L.; URBINA H.; DE SISTO A.; LEON V. 2007. Isolation of autochthonous non-white rot fungi with potential for enzymatic upgrading of Venezuelan extra-heavy crude oil. Biocatalysis and Biotransformation. (England). 25:1-9.
- 48. ÑUSTES D.; PAREDES D.; CUBILLOS J. 2014. Biorremediación para la degradación de hidrocarburos totales presentes en los sedimentos de una estación de servicio de combustible. Revista Técnica de Ingeniería Universidad de Zulia (Venezuela).37(1):20-28.
- 49. ORTIZ I; SANZ J.; DORADO M.; VILLAR S. 2007. Metales pesados. La contaminación de suelos. Técnicas de recuperación de suelos contaminados. Universidad de Alcalá. España. 12-14.
- 50. PERNÍA B.; DEMEY J.R.; INOJOSA.; NARAN-JO-BRICEÑO L. 2012. Biodiversidad y potencial hidrocarbonoclastico de hongosaislados de crudo y sus derivados: Un meta-análisis. Revista Latinoamericana de Biotecnologia Ambiental Algal (México). 3(1):1-40.
- 51. RISER E. 1998. Remediation of petroleum contaminated soils. Biological physical, and chemical processes. Press Lewis Publishers. Boca Raton FL (United States).576p.

- 52. RUBERTO L.; VAZQUEZ S.; DIAS R.; HERNÁNDEZ E.; CORIA S.; LEVIN G.; LO BALBO A.; MAC CORMACK W. 2010. Small-scale studies toward a rational use of bioaugmentation in an Antarctic hydrocarbon-contaminated soil. Antarctic Science (England).22 (5):463-469.
- 53. SILVA G.; HOLDT SL.; BIRKELAND MJ.; ANGELIDAKI I. 2015. Commercial cultivation and bioremediation potential of sugar kelp, Saccharina latissima, in Danish waters. Journal of Applied Phycology. 27 (5):1963-1973.
- 54. SMITH, K.S., BALISTRIERI, L.S., TODD, A.S., 2015. Using biotic ligand models to predict metal toxicity in mineralized systems. Applied Geochemistry (New Zealand) 57:55-72.
- 55. SZULC A.; AMBROZEWICZ D.; SYDOW M.; ŁAWNICZAK T.; PIOTROWSKA-CYPLIK A.; MARECIK R.; CHRZANOWSKI T. 2014. The influence of bioaugmentation and biosurfactant addition on bioremediation efficiency of diesel-oil contaminated soil: Feasibility during field studies. Journal of Environmental Management. (United States). 132:121-128.
- 56. UGOCHUKWU C.; JONES M.; HEAD I.; MANNING D.; FIALIPS C. 2015. Biodegradation of crude oil saturated fraction supported on clays. Universidad de California. Biodegradation. (United States). 25(1):153-165.
- 57. WANG X.; WANG X.; LIU M.; BUY.; ZHANG J.; CHEN J.; ZHAO J. 2015. Adsorption—synergic biodegradation of diesel oil in synthetic seawater by acclimated strains immobilized on multifunctional materials. Marine Pollution Bulletin. (England). 92(1-2):195–200.
- 58. WATANABE K. 2001. Microorganisms relevant to bioremediation. Current Opinion in Biotechnology. . (England). 12:237-241.
- 59. XU G.; LIU H.; LI M.; LI Z.; PENG Z.; ZUO L.; HE X.; LIU W.; CAI L. 2016. In situ bioremediation of oil contaminated site: A case study in the Jianghan oil field, China. Petroleum Science and Technology. (United States) 34(1)63-70.
- 60. XUA Y.; LU M. 2010. Bioremediation of crude oil-contaminated soil: Comparison of different biostimulation and bioaugmentation treatments. J. Hazardous Materials.183:395-401.
- 61. YANTO D.; TACHIBANA S. 2014. Potential of fungal co-culturing for accelerated biodegradation of petroleum hydrocarbons in soil. J. Hazardous Materials. 278:454-463
- 62. ZAFRA G.; ABSALÓN A.; CORTÉS-ESPINOSA D. 2015. Morphological changes and growth of filamentous fungi in the presence of high concentrations of PAHs. Brazilian Journal Microbioly. (Brazil). 2015 Jul-Sep; 46(3):937–941.
- 63. ZOBELL C. 1946. Action of microorganisms in hydrocarbons. Bacteriology Reviews. (England).10:1-4.

Ley 1880 de enero 9 de 2018	Congreso de Colombia	
Por medio de la cual se aprueba el "Protocolo al tratado Antártico sobre protección del medio ambiente, su apéndice y sus anexos I, II, III y IV", hecho en Madrid el 4 de octubre de 1991, su "anexo V", adoptado en Bonn, el 17 de octubre de 1991, y su "anexo VI"		
Descriptores temáticos	Tratado Antártico / Protección del medio ambiente / Flora / Fauna / Cooperación	
Ley 1892 de mayo 11 de 2018	Congreso de Colombia	
Por medio de la cual se aprueba el Convenio de Minamata sobre el mercurio, hecho en Kumamoto (Japón) el 10 de octubre de 2013		
Descriptores temáticos	Mercurio / Gestión ambiental / Mejores prácticas ambientales / Tratados internacionales / Uso permitido / Minería	

Recopilación: Consuelo Gauta

Decreto 50 de enero 16 de 2018	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	
Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 1076 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenibl en relación con los Consejos Ambientales Regionales de la Macrocuenca (CARMAC), el Ordenamiento del Recurso Hídrico y Vertimiento y se dictan otras disposiciones		
Descriptores temáticos  Ronda de canal de río / Ordenamiento territorial / Cuencas hidrográficas / Hum / Vertimientos / Planificación / Decreto no. 1076 de 2015 / Consejos Ambie Regionales de Macrocuencas - CARMAC		

Decreto 284 de febrero de 2018	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	
Por el cual se adiciona el Decreto 1076 de 2015, Único reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, en lo relacionado co la Gestión Integral de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos - RAEE y se dictan otras disposiciones		
Descriptores temáticos	Política ambiental / Gestión ambiental / Residuos de aparatos eléctricos y electrónico / Producción y consumo sostenible / Impacto ambiental / Instrumentos de política Gestión integral de residuos / Valoración de residuos / Aprovechamiento de residuos Responsabilidad extendida del productor / Ciclo de vida del producto / RAEE	

Decreto 356 de febrero 22 de 2018	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	
Por el cual se adiciona una sección al Decreto 1076 de 2015, con el fin de designar al Complejo de Ayapel para ser incluido en la lista de Humedales de Importancia Internacional Ramsar en cumplimiento de lo dispuesto en la ley 357 de 1997		
Descriptores temáticos  Convenios internacionales / Planes de manejo ambiental / Humedales / Convencionales / Planes de manejo ambiental / Humedales / Convencionales / Planes de manejo ambiental / Humedales / Convencionales / Planes de manejo ambiental / Humedales / Convencionales / Planes de manejo ambiental / Humedales / Convencionales / Planes de manejo ambiental / Humedales / Convencionales / Planes de manejo ambiental / Humedales / Convencionales / Planes de manejo ambiental / Humedales / Convencionales / Planes de manejo ambiental / Humedales / Convencionales / Planes de manejo ambiental / Humedales / Convencionales / Planes de manejo ambiental / Humedales / Convencionales / Planes de manejo ambiental / Humedales / Convencionales / Planes de manejo ambiental / Humedales / Convencionales / Planes de manejo ambiental / Humedales / Convencionales / Planes de manejo ambiental / Humedales / Convencionales / Planes /		

## Decreto 703 de abril 20 de 2018

#### Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Por el que se efectúan unos ajustes al Decreto 1076 de 2015, por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible y se dictan otras disposiciones

**Descriptores temáticos** 

Biodiversidad / Legislación ambiental / Autoridad ambiental

## Decreto 766 de mayo 7 de 2018

#### Ministerio del Interior

Por el cual se crea un espacio de interlocución, participación y seguimiento al cumplimiento de los acuerdos del Gobierno Nacional con el Comité Cívico Departamental para la Salvación y Dignidad del Chocó, que se denominará 'Comisión de Seguimiento a los Acuerdos del Paro Cívico Departamental por la Salvación y Dignidad del Chocó'

Descriptores temáticos

Participación ciudadana/ Participación comunitaria / Paro cívico / Territorio

## Resolución 3 de enero 2 de 2018

### Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Por la cual se otorga el Acceso a Recursos Genéticos y Productos Derivado para el proyecto denominado: "Identificación y caracterización de pépticos antimicrobianos en el escarabajo Oxysternon conspicillatum y la mosca Lucilia sericata"

### Descriptores temáticos

Acceso a recursos genéticos y productos derivados / Bioprospección / Recursos genéticos / Organismos vivos modificados / Investigación

## Resolución 5 de enero 2 de 2018

### Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Por la cual se otorga el Acceso a Recursos Genéticos y Producto Derivado para el proyecto denominado: "Estudio de la estructura, composición y función de las comunidades microbianas asociadas al cultivo de papa para el desarrollo de una agricultura sostenible"

### Descriptores temáticos

Acceso a recursos genéticos y productos derivados / Bioprospección / Recursos genéticos / Organismos vivos modificados / Investigación / Agricultura sostenible / Decisión Andina 391 de 1996 / Suelo

## Resolución 6 de enero 2 de 2018

#### Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Por la cual se otorga el Acceso a Recursos Genéticos y Producto Derivado para el proyecto denominado: "Alternativas terapéuticas para el tratamiento de la malaria, a partir de plantas con antecedentes etnofarmacológicos: evaluación fitoquímica y valoración preclínica"

### Descriptores temáticos

Acceso a recursos genéticos y productos derivados / Bioprospección / Recursos genéticos / Organismos vivos modificados / Investigación / Decisión Andina 391 de 1996 / Malaria

## Resolución 7 de enero 2 de 2018

#### Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Por la cual se otorga el Acceso a Recursos Genéticos y Producto Derivado para el proyecto denominado: "Bacterias productoras de solventes provenientes de fuentes colombianas: taxonomía, biología molecular, implicaciones taxonómicas y condiciones de producción de solventes"

#### Descriptores temáticos

Acceso a recursos genéticos y productos derivados / Bioprospección / Recursos genéticos / Organismos vivos modificados / Investigación / Bioquímica / Solventes / Decisión Andina 391 de 1996

Resolución 8 de enero 2 de 2018	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	
Por la cual se otorga el Acceso a Recursos Genéticos y Producto Derivado para el proyecto denominado: "Estudio molecular del Ma Suramericano de las Hojas de Caucho en clones comerciales de Caucho natural de Interés para Colombia"		
Descriptores temáticos	Acceso a recursos genéticos y productos derivados / Bioprospección / Recursos genéticos / Organismos vivos modificados / Investigación / Decisión Andina 391 de 1996 / Caucho	
Resolución 9 de enero 2 de 2018	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	
Por la cual se otorga el Acceso a Recur el uso de herramientas de bioinformá	sos Genéticos y Productos Derivados para el Programa: "Explorando la diversidad biológica mediant tica y biología computacional"	
Descriptores temáticos	Acceso a recursos genéticos y productos derivados / Bioprospección / Recursos genéticos / Organismos vivos modificados / Investigación / Decisión Andina 391 de 1996 / Bioinformática	
Resolución 10 de enero 2 de 2018	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	
Por la cual se otorga el Acceso a Recurs	sos Genéticos y Productos Derivados para el Programa: "Biotecnología y Biodiversidad microbiana — Clo	
Descriptores temáticos	Acceso a recursos genéticos y productos derivados / Bioprospección / Recursos genéticos / Organismos vivos modificados / Investigación / Decisión Andina 391 de 1996 / Biotecnología	
Resolución 12 de enero 2 de 2018	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	
	Contrato Marco Acceso a Recursos Genéticos y Producto Derivado para el Programa: "Contrato marc ón y manejo sostenible de la biodiversidad colombiana"	
Descriptores temáticos	Recursos genéticos / Bioprospección / Recursos genéticos / Organismos vivos modificado / Investigación / Decisión Andina 391 de 1996 /	
Resolución 75 de enero 18 de 2018	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	
Por la cual se adoptan los términos a Transmisión de Energía Eléctrica y se	le referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental, para proyectos de Sistemas c toman otras determinaciones	
Descriptores temáticos	Términos de referencia / Estudios de impacto ambiental (EIA) / Transmisión de energía eléctric	
Resolución 81 de enero 19 de 2018	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	
Por la cual se modifica la Resolución	1909 del 14 septiembre de 2017 y se toman otras determinaciones	
Descriptores temáticos	Salvoconductos/ Salvoconducto Único Nacional en Línea -SUNL / Ventanilla Integral d Trámites Ambientales / Biodiversidad/ Fauna silvestre/ Flora silvestre/ Movilización / Producto forestales maderables / Productos forestales no maderables / Resolución 1909 de 2017	
Resolución 88 de enero 23 de 2018	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	
Por medio de la cual se sustrae de manera definitiva un área de la Reserva Forestal del río Magdalena establecida en la Ley 2ª de 1959 y se toman otras determinaciones		
Descriptores temáticos	Reservas forestales / Sustracción / Compensación / Restauración	

Resolución 115 de enero 26 de 2018	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible		
Por medio de la cual se asignan funciones al interior del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible a efectos de dar cumplimiento a lo dispuesto en la Sentencia T-622 de 2016			
Descriptores temáticos	Sentencia T-622 de 2016 / Participación ciudadana/ Derechos colectivos/ Mecanismos de participación/ Legislación / Gestión ambiental		
Resolución 127 de enero 26 de 2018	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible		
Por el cual se resuelve un recurso d disposiciones	e reposición interpuesto contra la Resolución no. 2562 del 11 de diciembre de 2017 y se dictan otras		
Descriptores temáticos	Recursos genéticos / Diversidad genética / Organismos vivos modificados		
Resolución 151 de enero 31 de 2018	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible		
Por medio de la cual se delimita el l	Área de Páramo de Perijá y se adoptan otras determinaciones		
Descriptores temáticos	Delimitación de páramos / Áreas protegidas / Páramos / Ecosistemas de páramo / Áreas de manejo especial / Preservación ecológica / Servicios ecosistémicos / Recurso hídrico / Ecosistemas de alta montaña		
Resolución 152 de enero 31 de 2018	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible		
Por medio de la cual se delimita el	Páramo Almorzadero y se adoptan otras determinaciones		
Descriptores temáticos	Delimitación de páramos / Áreas protegidas / Páramos / Ecosistemas de páramo / Áreas de manejo especial / Preservación ecológica / Servicios ecosistémicos / Recurso hídrico / Ecosistemas de alta montaña		
Resolución 173 de febrero 5 de 2018	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible		
Por el cual se modifica la Resolución	n No. 1210 del 18 de julio de 2016 y se toman otras determinaciones		
Descriptores temáticos	Veda / Flora silvestre		
Resolución 178 de febrero 6 de 2018	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible		
Por medio de la cual se delimita el	Páramo Citará y se adoptan otras determinaciones		
Descriptores temáticos	Delimitación de páramos / Áreas protegidas / Páramos / Ecosistemas de páramo / Áreas de manejo especial / Preservación ecológica / Servicios ecosistémicos / Recurso hídrico / Ecosistemas de alta montaña		
Resolución 179 de febrero 6 de 2018	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible		
Por medio de la cual se delimita el Área de Páramo de Sotará y se adoptan otras determinaciones			
Descriptores temáticos	Delimitación de páramos / Áreas protegidas/ <u>Páramos</u> / Ecosistemas de páramo / Áreas de manejo especial / Preservación ecológica / Servicios ecosistémicos / Recurso hídrico / Ecosistemas de alta montaña		



Resolución 181 de febrero 6 de 2018	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
Por la cual se adoptan los Manuale Ambiental	es de Política Contables del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y del Fondo Nacional
Descriptores temáticos	Instrumentos de política / Política ambiental

Resolución 195 de febrero 9 de 2018	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	
Por el cual se declara la no cesación del procedimiento sancionatorio ambiental		
Descriptores temáticos	Sanciones ambientales / Licencias ambientales/Aprovechamiento forestal	

Resolución 225 de febrero 16 de 2018	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	
Por el cual se establecen directrices normativas para el manejo, control y uso sobre especies ornamentales marinas y se adoptan otra: disposiciones		
Descriptores temáticos	Legislación ambiental / Especie / Autoridad ambiental / Especie nativa / Especie exótica / Especie introducida / Especie ornamental marina / Fauna silvestre acuática / Zoocria	

Resolución 228 de febrero 16 de 2018	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
Por el cual se declara la cesación del procedimiento sancionatorio ambiental	
Descriptores temáticos	Convención CITES / Fauna silvestre / Autorizaciones ambientales

Resolución 229 de febrero 16 de 2018	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
Por el cual se declara la cesación del procedimiento sancionatorio ambiental	
Descriptores temáticos	Convención CITES / Fauna silvestre / Autorizaciones ambientales

Resolución 256 de febrero 22 de 2018	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
Por el cual se adopta la actualización del Manual de Compensaciones Ambientales del Componente Biótico y se toman otras determinaciones	
Descriptores temáticos	Biodiversidad / Compensaciones ambientales / Biota terrestre / Licencias ambientales / Aprovechamiento forestal

Resolución 257 de febrero 22 de 2018	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
Por medio de la cual se precisa el límite de la Reserva Forestal Protectora Nacional del Cerro Dapa-Carisucio, declarada mediante la Resolución Ejecutiva no. 10 del 9 de diciembre de 1938	
Descriptores temáticos	Reserva Forestal Protectora / Cartografía / Áreas protegidas / Áreas de manejo especial / Gestión ambiental / Corporaciones Autónomas Regionales

Resolución 258 de febrero 22 de 2018	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
Por medio de la cual se precisa el límite de la Reserva Forestal Protectora Nacional La Elvira, declarada mediante la Resolución Ejecutiva No. 5 de 1943	
Descriptores temáticos	Reserva Forestal Protectora / Cartografía / Áreas protegidas / Áreas de manejo especial / Gestión ambiental / Corporaciones Autónomas Regionales

Resolución 264 de febrero 22 de 2018	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
Por la cual se adopta el procedimiento que las Autoridades Ambientales deben seguir para la realización de los estudios que deberán sustentar los procesos de recategorización, integración y realinderación de las Reservas Forestales y se toman otras determinaciones	
Descriptores temáticos	Autoridades ambientales / Reserva Forestal Protectora / Cartografía / Áreas protegidas / Áreas de manejo especial / Gestión ambiental / Corporaciones Autónomas Regionales / Términos de referencia

Resolución 295 de febrero 23 de 2018	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
Por el cual se decreta el desistimiento de una solicitud de sustracción de un Área de la Reserva Forestal del Río Magdalena, y se toman otras determinaciones	
Descriptores temáticos	Reservas forestales / Sustracción / Sustracción minera

Resolución 316 de marzo 1 de 2018	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
Por la cual se establecen disposiciones relacionadas con la gestión de los aceites de cocina usados y se dictan otras disposiciones	
Descriptores temáticos	Aceite de cocina usado / Aceite vegetal comestible / Productor de aceite vegetal comestible - AVC

o Bogotá,	
putarios  Bogotá,	
ciario / putarios o Bogotá,	
_	
_	
encias	
ido en el	
oridades carburos	
piente en	
biente / idas	
tificación nes	
biente /	
de 2018  r el cual se impone la medida preventiva en el marco de la facultad a prevención y se adoptan otras determinaciones	

Resolución 619 de abril 17 de 2018	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	
Por medio de la cual se sustrae de Bogotá, y se toman otras determin	e manera definitiva unas áreas de la Reserva Forestal Protectora — Productora la Cuenca Alta del Río aciones	
Descriptores temáticos	Reserva Forestal Protectora Productora / Cuencas Hidrográficas / Sustracción / Licencias ambientales	
Resolución 620 de abril 17 de 2018	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	
Por medio de la cual se sustrae de Alta del Río Bogotá, y se toman oti	manera definitiva y temporal unas áreas de la Reserva Forestal Protectora — Productora la Cuenca ras determinaciones	
Descriptores temáticos	Reserva Forestal Protectora Productora / Cuencas Hidrográficas / Sustracción / Licencias ambientales	
Resolución 652 de abril 18 de 2018	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	
Por medio de la cual se insta a la ANLA a que exija a la EPSA el cumplimiento de las medidas de compensación impuestas en la Resolu No. 556 del 19 de junio de 2002 conforme a los parámetros establecidos en los numerales 11.3 y 11.4 de la Sentencia radi 11001031500020150289000 del 20 de septiembre de 2017, dentro de la Acción de Nulidad y Restablecimiento del Derecho impu por las Comunidades del Río Anchicaya		
Descriptores temáticos	Compensación / ANLA / Sanciones ambientales / Conservación / Restauración	
Resolución 684 de abril 25 de 2018	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	
de 2018  Por el cual se establecen lineamien y Retamo Liso (Genista monspesso	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible  tos tanto para la prevención y manejo integral de las especies de Retamo Espinoso (Ulex europaeus L.)  ulana (L.) L.A.S. Johnson) como para la restauración ecológica, rehabilitación y recuperación de las áreas territorio nacional y se adoptan otras determinaciones	
de 2018  Por el cual se establecen lineamien y Retamo Liso (Genista monspesso	tos tanto para la prevención y manejo integral de las especies de Retamo Espinoso (Ulex europaeus L.) ulana (L.) L.A.S. Johnson) como para la restauración ecológica, rehabilitación y recuperación de las áreas	
de 2018  Por el cual se establecen lineamien y Retamo Liso (Genista monspessu afectadas por estas especies en el	tos tanto para la prevención y manejo integral de las especies de Retamo Espinoso (Ulex europaeus L.) ulana (L.) L.A.S. Johnson) como para la restauración ecológica, rehabilitación y recuperación de las áreas territorio nacional y se adoptan otras determinaciones	
de 2018  Por el cual se establecen lineamien y Retamo Liso (Genista monspessu afectadas por estas especies en el	tos tanto para la prevención y manejo integral de las especies de Retamo Espinoso (Ulex europaeus L.) ulana (L.) L.A.S. Johnson) como para la restauración ecológica, rehabilitación y recuperación de las áreas territorio nacional y se adoptan otras determinaciones	
de 2018  Por el cual se establecen lineamien y Retamo Liso (Genista monspessu afectadas por estas especies en el Descriptores temáticos  Resolución 691 de abril 26	Itos tanto para la prevención y manejo integral de las especies de Retamo Espinoso (Ulex europaeus L.)  Julana (L.) L.A.S. Johnson) como para la restauración ecológica, rehabilitación y recuperación de las áreas  territorio nacional y se adoptan otras determinaciones  Restauración ecológica / Conservación / Restauración / Erradicación  Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	
de 2018  Por el cual se establecen lineamien y Retamo Liso (Genista monspessu afectadas por estas especies en el Descriptores temáticos  Resolución 691 de abril 26 de 2018	Itos tanto para la prevención y manejo integral de las especies de Retamo Espinoso (Ulex europaeus L.)  Julana (L.) L.A.S. Johnson) como para la restauración ecológica, rehabilitación y recuperación de las áreas  territorio nacional y se adoptan otras determinaciones  Restauración ecológica / Conservación / Restauración / Erradicación  Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	
de 2018  Por el cual se establecen lineamien y Retamo Liso (Genista monspessu afectadas por estas especies en el Descriptores temáticos  Resolución 691 de abril 26 de 2018  Por el cual se resuelve un recurso de companyo	Itos tanto para la prevención y manejo integral de las especies de Retamo Espinoso (Ulex europaeus L.)  Julana (L.) L.A.S. Johnson) como para la restauración ecológica, rehabilitación y recuperación de las áreas territorio nacional y se adoptan otras determinaciones  Restauración ecológica / Conservación / Restauración / Erradicación  Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible  de reposición	
de 2018  Por el cual se establecen lineamien y Retamo Liso (Genista monspessu afectadas por estas especies en el Descriptores temáticos  Resolución 691 de abril 26 de 2018  Por el cual se resuelve un recurso de companyo	Itos tanto para la prevención y manejo integral de las especies de Retamo Espinoso (Ulex europaeus L.)  Julana (L.) L.A.S. Johnson) como para la restauración ecológica, rehabilitación y recuperación de las áreas territorio nacional y se adoptan otras determinaciones  Restauración ecológica / Conservación / Restauración / Erradicación  Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible  de reposición	
de 2018  Por el cual se establecen lineamien y Retamo Liso (Genista monspessu afectadas por estas especies en el Descriptores temáticos  Resolución 691 de abril 26 de 2018  Por el cual se resuelve un recurso de Descriptores temáticos  Resolución 751 de mayo 9 de 2018	Itos tanto para la prevención y manejo integral de las especies de Retamo Espinoso (Ulex europaeus L.)  Julana (L.) L.A.S. Johnson) como para la restauración ecológica, rehabilitación y recuperación de las áreas territorio nacional y se adoptan otras determinaciones  Restauración ecológica / Conservación / Restauración / Erradicación  Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible  de reposición  Reservas forestales / Sustracción / Protección del medio ambiente / Flora / Fauna	
de 2018  Por el cual se establecen lineamien y Retamo Liso (Genista monspessu afectadas por estas especies en el Descriptores temáticos  Resolución 691 de abril 26 de 2018  Por el cual se resuelve un recurso de 2018  Resolución 751 de mayo 9 de 2018  Por la cual se adopta la Guía Técnica	Itos tanto para la prevención y manejo integral de las especies de Retamo Espinoso (Ulex europaeus L.)  Julana (L.) L.A.S. Johnson) como para la restauración ecológica, rehabilitación y recuperación de las áreas territorio nacional y se adoptan otras determinaciones  Restauración ecológica / Conservación / Restauración / Erradicación  Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible  de reposición  Reservas forestales / Sustracción / Protección del medio ambiente / Flora / Fauna  Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	
de 2018  Por el cual se establecen lineamien y Retamo Liso (Genista monspesso afectadas por estas especies en el Descriptores temáticos  Resolución 691 de abril 26 de 2018  Por el cual se resuelve un recurso o Descriptores temáticos  Resolución 751 de mayo 9 de 2018  Por la cual se adopta la Guía Técnic y se dictan otras disposiciones	Itos tanto para la prevención y manejo integral de las especies de Retamo Espinoso (Ulex europaeus L.)  ulana (L.) L.A.S. Johnson) como para la restauración ecológica, rehabilitación y recuperación de las áreas l territorio nacional y se adoptan otras determinaciones  Restauración ecológica / Conservación / Restauración / Erradicación  Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible  de reposición  Reservas forestales / Sustracción / Protección del medio ambiente / Flora / Fauna  Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible  ca para la Formulación de Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico Continental Superficial — PORH	

Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas marinas, y se dictan otras disposiciones	
Descriptores temáticos	Aguas residuales domésticas / Aguas residuales no domésticas / Artefacto naval / Buque / Vertimientos puntuales / Aguas marinas

### **NUESTROS AUTORES**



### ¿Por qué el petróleo podrá hacernos pobres?: análisis socioecológico de los derramamientos de hidrocarburos

### Natalia Andrea Puerto Sanabria

Profesional en Relaciones Internacionales de la Universidad del Rosario. Investigadora en Economía Ambiental y Desarrollo. Conferencista y coordinadora del Curso Valoración Económica de Impactos Ambientales. Coordinadora académica del Diplomado Economía Política del Medio Ambiente de la Universidad del Rosario.

puerto.nataliandrea@gmail.com



Variación espacial de la intensidad de los olores ofensivos en las diferentes zonas del área de influencia de la Estación de Bombeo de Aguas Residuales (EBAR) ubicada en el corregimiento de Punta Canoa, en Cartagena de Indias D.T. y C.

### **Anny Lucelly Sierra Negrete**

Profesional en Ingeniería Ambiental, experiencia en creación de alternativas para el manejo, prevención, mitigación, corrección y compensación de los problemas ambientales generados por las diversas actividades antrópicas, especialmente las desarrolladas en el sector industrial.

asierran95@gmail.com

### Cesar Augusto Arciniegas Suárez

Ingeniero Ambiental y Sanitario con maestría en Ciencias Ambientales, con conocimiento en las normas y leyes relacionadas con la protección ambiental y la gestión de la participación.

cearsu@yahoo.es

### Juan Miguel Ayala Jiménez

Ingeniero Ambiental con conocimiento en monitoreo de la calidad de los recursos agua y aire, realización de evaluaciones ambientales, diseño de planes producción más limpia e implementación de sistemas de gestión ambiental.

ayalajimenez96@gmail.com



# Movilidad eléctrica: los vehículos eléctricos y sus desafíos

### **David Andrés García Barrios**

Estudiante de último semestre del programa de Ingeniería Industrial de la Universidad del Atlántico. Monitor de la asignatura de Ingeniería Ambiental, con formación en Logística Verde, Sistemas Integrados de Gestión y fundamentos en la Norma ISO 14001.

davidagarcia@mail.uniatlantico.edu.co



# Aproximación al diálogo sobre desarrollo sostenible a nivel territorial en Colombia

### Edna Marcela Tapias Gálvez

Bióloga Ambiental, Magister en Gestión y Restauración del Medio Natural, con Especialización en Gestión Ambiental en la Empresa y la Administración Pública. Experiencia como Investigadora en la Iniciativa Climática Clinton y en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Gestora de Gobernabilidad y Gestión del Conocimiento de la Federación Colombiana de Municipios y Asesora en asuntos territoriales de Acción Verde. Actualmente labora como Profesional especializada en la Subdirección de Educación y Participación del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

marcela.tapias@yahoo.com



# Hongos filamentosos como biorremediadores de suelos contaminados con hidrocarburos: una revisión

### Claudia Cristina Bedoya Ciro

Bacteriología con énfasis en Microbiología Agrícola de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca. M.Sc en Ciencias Ambientales de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales UDCA. Amplia experiencia en investigación en procesos de biorremediación a partir de la utilización de hongos.

claudiacristinabedoya@yahoo.es

### Luis Hernando Estupiñán

Biólogo de la Universidad Nacional de Colombia, M.Sc. en Biología, docente investigador y miembro del Grupo Sostenibilidad Ambiental adscrito a la Facultad de Ciencias Ambientales e Ingenierías de la UDCA.

luishest@udca.edu.co



## Cómo publicar en El Arrendajo Escarlata



## Indicaciones para la presentación de artículos

Las siguientes son las indicaciones generales de la presentación de artículos para su publicación en la revista El Arrendajo Escarlata del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, las cuales se comparten con el propósito de facilitar las labores de evaluación y de pre-prensa de la revista.

El autor se debe comprometer a seguir estas indicaciones antes de presentar cualquier texto para su publicación en esta revista. El autor deberá revisar o complementar la información que haga falta una vez sea revisado por los evaluadores de la revista. En caso de tratarse de una obra colectiva este compromiso debe ser conocido y asumido por todos los autores.

- I. El artículo debe ser inédito original y el autor debe garantizar que no ha sido publicado por ningún medio y que no se encuentra en proceso de publicación en otra revista. Todo autor debe acompañar su propuesta con el formato Autorización de Publicación (publicado en: http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/revista/revista).
- 2. El cuerpo principal del texto debe estar completo y la versión debe ser la definitiva.
- 3. El texto se presentará en versión digital a los correos electrónicos revistaelarrendajoescarlata@minambiente.gov. co o centrodoc@minambiente.gov.co
- 4. El artículo deberá cumplir las siguientes especificaciones:
  - Formato en Microsoft office Word, tamaño carta.
  - Use interlineado de 1.5 (inclusive las referencias), con márgenes laterales de 3 cm, con espacios inferior y superior de 3 cm.
  - Utilice el tipo de letra tahoma a 12 puntos. Si por necesidad disciplinar el texto requiere de otra fuente tipográfica, el autor deberá indicarlo en la presentación inicial del texto y, en tal caso, la indicación aquí dada no se aplica.
  - Pagine usando numeración arábiga desde la primera hasta la última página de manera consecutiva en el margen superior derecho.
  - No incluya sangría al iniciar párrafos ni tabulaciones o espacios extra entre párrafos.
  - No inserte saltos de página.
  - La extensión máxima del texto en el formato aquí indicado será de 12 páginas sin contar las referencias y bibliografía.
  - Las imágenes, deben presentarse adicionalmente por separado en una carpeta llamada "imágenes" y todas ellas deben estar en formato .jpg o .tiff a 300 dpi y peso mínimo de 1.5 MB. En esta carpeta debe incluirse

también un documento donde se relacionen una a una las imágenes aportadas, deben estar descritas con los metadatos correspondientes para su identificación (título, autor, fecha de captura o realización, lugar de captura o realización, especie(s): nombre científico y nombre común, descripción, etc., según sea pertinente). Si las imágenes no han sido insertadas en el texto del artículo, en este documento debe indicarse con claridad el lugar del texto del artículo donde deben ser insertadas (página, párrafo, etc.)

- Es responsabilidad del autor conseguir los permisos y derechos para anexar materiales o ilustraciones provenientes de otras fuentes.
- El texto no debe estar diagramado, ni utilizar tipos de fuente distintos, salvo los estrictamente necesarios.
- Como anexo y de carácter obligatorio, se debe incluir un archivo con el nombre: "Datos personales" en Excel o en Word con los siguientes datos personales del autor o de cada uno de los autores:

Nombre completo

Profesión

Ciudad donde reside

Dirección de correspondencia

Organización o empresa en donde trabaja

Teléfonos de contacto

Correo electrónico

Reseña profesional (máximo 100 palabras)

- 5. El artículo deberá estar escrito en español. El texto debe ceñirse a la ortografía y gramática del español, en especial, se debe respetar el uso convencional de mayúsculas y de minúsculas, así como el de tildes y de signos de puntuación.
- 6. El lenguaje debe ser claro y de fácil comprensión para el lector no especializado. Siempre que sea posible incluya una definición sencilla de aquellos términos que puedan resultar incomprensibles para el lector no especializado.
- 7. El criterio de titulación, escogido por el autor, debe aplicarse de forma sistemática y uniforme a lo largo del artículo.
- 8. Las citas, referencias y bibliografías deben estructurarse de acuerdo a las normas de American Psychological Association (APA). Tanto las referencias bibliográficas como las bibliografías deben incluirse al final del texto.
- 9. No utilice como forma diacrítica las letras mayúsculas sostenidas.
- 10. Utilice itálicas:
  - Para términos extranjeros.
  - Para expresiones y frases latinas.
  - Para referirse a títulos de libros o títulos de partes de un libro o documento.
  - Para citas textuales de más de cuatro líneas. Para estas citas debe utilizar sangrado por ambos lados y de manera continua. Si aplica, use el signo de omisión [...] al inicio y al final de la cita según corresponda.
  - Para resaltar expresiones, como énfasis, pero sin abusar de este recurso.
- II. Utilice de manera preferente notas de pie de página a cambio de notas finales, siempre y cuando las notas de pie de página no se conviertan en textos paralelos al texto principal. Debe hacerse un uso racional en su extensión y función.
- 12. A criterio del autor, basado en la profundidad científica o técnica del artículo, incluya al inicio del texto un resumen acompañado de cómo máximo ocho descriptores (palabras clave) tomados en primer lugar del Tesauro Ambiental para Colombia y si se requiere de otros tesauros: Macrotesaurus Cepal, Agrovoc, Tesauro Unesco de Educación, entre otros. Opcionalmente, puede incluir este resumen en inglés.

Si requiere consultar respecto a estas indicaciones o cualquier otro aspecto de la revista El Arrendajo Escarlata comuníquese al teléfono 332 34 00 Ext. 1227 o a los correos electrónicos revistaelarrendajoescarlata@minambiente.gov.co o centrodoc@minambiente.gov.co

Revista del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, para la trasferencia social del conocimiento

Grupo de Divulgación de Conocimiento y Cultura Ambiental Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

centrodoc@minambiente.gov.co

MINAMBIENTE

