

**LA BIOPROSPECCIÓN DE MICROORGANISMOS EN COLOMBIA COMO USO
SOSTENIBLE DE LA BIODIVERSIDAD**

**AUTOR
XIMENA CARRANZA HERNÁNDEZ**

**TUTOR
DIEGO ARMANDO RINCÓN CABALLERO**

**ESPECIALIZACIÓN EN PLANEACIÓN AMBIENTAL Y GESTIÓN INTEGRAL DE
LOS RECURSOS NATURALES
FACULTAD DE INGENIERÍAS
UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
2017**



LA BIOPROSPECCIÓN DE MICROORGANISMOS EN COLOMBIA COMO USO SOSTENIBLE DE LA BIODIVERSIDAD

Bioprospecting of microorganisms in Colombia as a sustainable use of biodiversity

Ximena Carranza Hernández
Bióloga, Especialización en Planeación ambiental y gestión Integral de los Recursos Naturales,
Facultad de Ingenierías, Universidad Militar Nueva Granada
Bogotá D.C., Colombia,
u2700721@unimilitar.edu.co

RESUMEN

La bioprospección en Colombia a partir de microorganismos ha tenido importancia en aplicaciones a nivel agrícola, ambiental, del suelo, industrial, básica y veterinaria, sin embargo, no se cuenta con un espectro detallado sobre las aplicaciones específicas que se han realizado dentro del marco normativo, por ello en este trabajo se identificaron las áreas de aplicación y los principales sectores sobre los cuales se ha investigado, siendo el sector biomédico principalmente para la producción de fármacos el que mayor porcentaje de investigaciones presenta, seguido del sector industrial principalmente para la producción de enzimas, el sector agrícola principalmente para la producción de bioinsumos, el sector de biorremediación principalmente para la degradación de colorantes generados de residuos industriales y en menor proporción en las áreas de alimentos y cosméticos. De esta manera se evidencian grandes oportunidades de desarrollo para el país en bioeconomía, haciendo uso sostenible de la biodiversidad, dado que la mayor parte de los proyectos autorizados por el ente estatal competente abordan sólo la fase de investigación sin llegar a escalar a la fase comercial.

Palabras clave: Bioprospección, biotecnología, contrato de acceso a recursos genéticos, investigación, microorganismos, patente, uso sostenible.

ABSTRACT

Bioprospecting in Colombia from microorganisms has been important in agricultural, environmental, soil, industrial, basic and veterinary applications, however, there is no detailed spectrum on the specific applications that have been made within the regulatory framework, so in this article identified the areas of application and the main sectors on which they have been investigated, being the biomedical sector mainly for the production of drugs the one that has a greater percentage of investigations presents, followed by the industrial sector mainly for the production of enzymes, the agricultural sector mainly for the production of bioinsumes, the bioremediation sector mainly for the degradation of generated dyes of industrial waste and to a lesser extent in the areas of food and cosmetics. In this way, there

are great development opportunities for the country in bioeconomics, making sustainable use of biodiversity, since most of the projects authorized by the competent state agency only address the research phase without reaching the commercial stage.

Keywords: Bioprospecting, biotechnology, access contract to genetic resources, research, microorganisms, patent, sustainable use.

INTRODUCCIÓN

Durante siglos la biodiversidad ha proporcionado variedad de compuestos e ingredientes para suplir un sin número de necesidades para el ser humano representados en productos y servicios. Es así como el proceso de búsqueda y evaluación que permite identificar, seleccionar y aislar componentes e incluso genes, útiles de la diversidad biológica se conoce como bioprospección [1].

En las últimas décadas la bioprospección ha cobrado gran importancia, debido a que los países buscan conservar su biodiversidad y compartir los beneficios que ésta ofrece [1]. En ese sentido, Colombia siendo un país megadiverso [2, 3], exhibe un gran potencial en términos de bioprospección, proporcionando recursos promisorios para obtener productos o servicios, a través de un manejo apropiado y mediante el uso de herramientas científicas, tecnológicas y biotecnológicas [4].

Así pues la bioprospección se ha convertido en una estrategia para que los países en desarrollo, ricos en biodiversidad, aumenten su capacidad para realizar actividades científicas y tecnológicas. Debido a que el fin de la bioprospección está relacionado con la investigación y la comercialización correlacionada entre los dos principios fundamentales para la conservación de la biodiversidad [5].

En relación a la bioprospección con microorganismos, si bien se ha avanzado en aplicaciones en el sector agrícola, ambiental, del suelo, industrial, básica y veterinaria [4], es necesario identificar las aplicaciones que se han derivado o que se vienen obteniendo de la misma a partir de la diversidad biológica de microorganismos en Colombia y de esta manera el presente trabajo busca responder a la pregunta ¿Qué áreas de aplicación mediante bioprospección se han desarrollado en Colombia a partir de microorganismos?, para poder reconocer los posibles escenarios en los cuales se puede potencializar, siendo éste un elemento importante para la priorización de la investigación y la bioeconomía del país como uso sostenible de la biodiversidad.

Debe entenderse por “microorganismo (también llamados microbios), a los seres vivos diminutos que individualmente suelen ser demasiado pequeños para ser vistos a simple vista. El grupo incluye bacterias, hongos (levaduras y mohos), protozoos y algas microscópicas. También incluye virus, esas entidades no celulares a veces consideradas como transponiendo la frontera entre vida y no vida” [6].

De acuerdo con lo anterior, el objetivo de este trabajo es identificar las áreas de aplicación sobre las que se ha investigado y las que se vienen adelantando en bioprospección con microorganismos, para el uso sostenible de la biodiversidad en

Colombia, a partir de proyectos con fines de investigación y/o comercial autorizados bajo la normativa ambiental.

1. BIOPROSPECCIÓN

La bioprospección tiene varias definiciones, sin embargo, para el presente artículo se referenciará el concepto citado en el documento CONPES 3697 del Departamento Nacional de Planeación (DNP) [7], el cual indica: “Exploración sistemática y sostenible de la biodiversidad para identificar y obtener nuevas fuentes de compuestos químicos, genes, proteínas, microorganismos y otros productos que tienen potencial de ser aprovechados comercialmente” (p.35).

Estos productos e incluso los procedimientos que derivan de la bioprospección, pueden ser objeto de patentamiento en Colombia [8] y en este caso el ente administrador de la propiedad industrial, es la Superintendencia de Industria y Comercio, la cual indica que “la Patente es un privilegio que le otorga el Estado al inventor como reconocimiento de la inversión y esfuerzos realizados por éste para lograr una solución técnica que le aporte beneficios a la humanidad. Dicho privilegio consiste en el derecho a explotar exclusivamente el invento por un tiempo determinado” [9].

La bioprospección involucra el conocimiento científico y tecnológico de entes académicos e investigativos de los países en vías de desarrollo, hasta actividades comerciales de empresas multinacionales de países desarrollados e incluso la participación de las comunidades locales e indígenas cuando hay conocimiento tradicional asociado. La interacción entre estos países radica principalmente en que la riqueza de los primeros está representada principalmente en su biodiversidad y en el conocimiento local tradicional y por su parte los segundos poseen recursos económicos y tecnológicos [10].

1.1 APLICACIONES DE LA BIOPROSPECCIÓN

La bioprospección tiene múltiples aplicaciones, ya que a partir de la biodiversidad se puede llegar a obtener productos con aplicaciones en el ambiente como biorremediación de aguas, suelos y aire que han sido contaminados; en biomédica, en la cual se pueden obtener medicamentos, pruebas diagnósticas, vacunas, biomateriales, biodispositivos médicos, fitoterapia, etc; en alimentos, se pueden obtener ingredientes naturales, bioactivos, alimentos funcionales, alimentos médicos, pre/probióticos, etc; en cosmética, se pueden obtener ingredientes naturales, bioactivos, cosméticos naturales, cosmecéuticos, nutricosméticos, etc; en el sector agrícola se pueden obtener bioinsumos como biopesticidas, biofertilizantes, bioplaguicidas, etc; en general el sector industrial para la obtención de sustancias para producción de bioplásticos, fabricación de pinturas y en general para aplicaciones biotecnológicas [11].

1.2 MARCO NORMATIVO ASOCIADO A LA BIOPROSPECCIÓN EN COLOMBIA

El marco normativo en el tema inicia con la adopción del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) (1992), mediante la Ley 165 de 1994 [12], el cual reconoce los derechos soberanos de los Estados sobre sus recursos naturales en

las zonas dentro de su jurisdicción. Las Partes en el Convenio, por lo tanto, tienen la autoridad para determinar el acceso a los recursos genéticos en áreas dentro de su territorio y la obligación de tomar las medidas apropiadas con el fin de compartir los beneficios derivados de su utilización.

Concretamente el tercer objetivo del CDB (desarrollado en los arts. 8j, 15 y 16), establece la participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos, mediante, entre otras cosas, el acceso adecuado a esos recursos y la transferencia apropiada de las tecnologías pertinentes, teniendo en cuenta todos los derechos sobre esos recursos y a esas tecnologías, así como mediante una financiación apropiada.

Posteriormente, en la Junta del Acuerdo de Cartagena, Colombia junto con los países miembros de la Comunidad Andina, firman la Decisión Andina 391 en julio de 1996 [13] la cual “tiene por objeto regular el acceso a los recursos genéticos de los Países Miembros y sus productos derivados a fin de: a) Prever condiciones para una participación justa y equitativa en los beneficios derivados del acceso; b) Sentar las bases para el reconocimiento y valoración de los recursos genéticos y sus productos derivados y de sus componentes intangibles asociados, especialmente cuando se trate de comunidades indígenas, afroamericanas o locales; c) Promover la conservación de la diversidad biológica y la utilización sostenible de los recursos biológicos que contienen recursos genéticos; d) Promover la consolidación y desarrollo de las capacidades científicas, tecnológicas y técnicas a nivel local, nacional y subregional; y, e) Fortalecer la capacidad negociadora de los Países Miembros” (p.4).

Es así como la obligación de adelantar el trámite de acceso a recursos genéticos y producto derivado se sustenta en que el Estado es el propietario de los recursos genéticos: Decreto 2811 de 1974 Código de los Recursos Naturales Art. 291 [14], Constitución Política de Colombia de 1991 Artículo 8 y 81 [15], Convenio sobre Diversidad Biológica CDB Ley 165 de 1994 Artículo 15 No. 1 [12] y Decisión Andina 391 de 1996 Artículo 5 y 6 [13].

Con la Política para el desarrollo comercial de la biotecnología a partir del uso sostenible de la biodiversidad – CONPES 3697 de 2011 [7] se planteaba “crear las condiciones económicas, técnicas, institucionales y legales que permitan atraer recursos públicos y privados para el desarrollo de empresas y productos comerciales basados en el uso sostenible de la biodiversidad, específicamente de los recursos biológicos, genéticos y sus derivados. Estos recursos son la base de nuevos productos para diversas industrias como la cosmética, la farmacéutica, la agroalimentaria, la de ingredientes naturales, entre otras” (p.2).

Por consiguiente es importante saber que “por biotecnología se entiende toda aplicación tecnológica que utilice sistemas biológicos y organismos vivos o sus derivados para la creación o modificación de productos o procesos para usos específicos” [12] (p.6), y “por utilización sostenible se entiende la utilización de componentes de la diversidad biológica de un modo y a un ritmo que no ocasione la disminución a largo plazo de la diversidad biológica, con lo cual se mantienen las posibilidades de ésta de satisfacer las necesidades y las aspiraciones de las generaciones actuales y futuras” [12] (p.8).

Dando aplicación a los objetivos planteados en el CONPES 3697 de 2011 [7] y en aras de armonizar la reglamentación en materia de acceso a recursos genéticos y sus productos derivados para hacer aplicable en el territorio la Decisión Andina 391 de 1996 [13], El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible expidió el Decreto 1375 de 2013 [16] y el Decreto 1376 de 2013 [17] hoy compilados en el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible el 1076 de 2015 [18], en los cuales se excluyen las actividades de sistemática molecular, ecología molecular, evolución y biogeografía, del régimen de acceso a recursos genéticos siempre que se trabajen con organismos provenientes de una colección biológica registrada ante el Instituto Alexander von Humboldt o que provengan de un permiso de recolección de especímenes de especies silvestres de la diversidad biológica.

En consecuencia, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible expide la Resolución 1348 de 2014 [19] por la cual se establecen las actividades que configuran acceso a los recursos genéticos y sus productos derivados que se realicen con especies nativas, en sus formas silvestre, domesticada, cultivada o escapada de domesticación, incluyendo virus, viroides y similares, que se encuentren en el territorio nacional o fuera de este.

Cuando una actividad configura acceso a los recursos genéticos y sus productos derivados, se requiere de la suscripción del contrato de acceso a los recursos genéticos y sus productos derivados que corresponde a la autorización que permite el acceso a estos, para fines de prospección biológica, de aplicación industrial, y/o aprovechamiento comercial y que involucra la distribución de beneficios para Colombia, los cuales podrán ser monetarios y/o no monetarios, dependiendo de las características del proyecto que se pretenda desarrollar.

De igual modo el contrato de acceso a recursos genéticos y sus productos derivados además de ser parte de un requisito para hacer actividades de bioprospección en Colombia con las especies nativas que allí se encuentran, también son un requisito para solicitar una patente de acuerdo a lo establecido en la Decisión Andina 486 de 2000 [9] sobre el Régimen Común sobre Propiedad Intelectual; para realizar un registro en el Sistema de Información sobre Biodiversidad en Colombia (SIB) [13], así como también para participar en convocatorias de cofinanciación de proyectos de Colciencias y de igual forma para competir en los mercados internacionales que exigen la procedencia legal de los recursos importados no solamente biológicos, sino recursos genéticos y productos derivados e incluso del componente intangible asociado.

De otra parte, en la Ley 1753 de 2015 [20] del Plan Nacional de Desarrollo, en su artículo 252, como iniciativa normativa que tuvo como fin impulsar el desarrollo de investigación legal y competitiva, permitió a todas las personas naturales o jurídicas, nacionales o extranjeras, que a la entrada en vigencia de la misma hubiesen realizado o se encontraran realizando actividades de investigación científica no comercial, actividades de investigación con fines de prospección biológica, o actividades con fines comerciales o industriales, que configuraran acceso a recursos genéticos y/o sus productos sin contar con la autorización del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, tendrían dos (2) años para solicitar el contrato de

acceso a recursos genéticos y sus productos derivados, dicha vigencia finalizó el pasado 9 de junio de 2017.

Es importante resaltar que algunas actividades de bioprospección involucran mejoramiento genético y en ese caso, es necesario que adicionalmente se cuente con la autorización por parte de la autoridad nacional competente para poder adelantar ese tipo de actividades, de acuerdo a lo establecido en la Ley 740 de 2002 por medio de la cual se aprueba el Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología del Convenio sobre la Diversidad Biológica [21].

Finalmente, adelantar investigaciones o proyectos que involucren actividades de acceso a recursos genéticos sin contar con el respectivo contrato, se considera una infracción desde el punto de vista sancionatorio ambiental establecido en la Ley 1333 de 2009 (Art. 5) [22] y un delito en el Código Penal Colombiano (Art. 334) [23].

En definitiva, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible es el ente encargado de otorgar el acceso a los recursos genéticos y sus productos derivados y por consiguiente las actividades de bioprospección tanto en la fase de investigación como en la fase comercial.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo es una investigación teórico descriptiva de tipo documental, dado que el procedimiento implica el rastreo, organización, sistematización y análisis de diversos proyectos sobre el tema de bioprospección, específicamente con microorganismos, los cuales han sido autorizados por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en Colombia, mediante el contrato de acceso a recursos genéticos, desde la entrada en vigencia de la normativa aplicable, es decir desde 1996 con la Decisión Andina 391 [13], hasta marzo de 2017.

Con el fin de identificar las áreas de aplicación sobre las que se ha investigado y las que se vienen adelantando en bioprospección a partir de microorganismos para el uso sostenible de la biodiversidad en Colombia, se realizó una búsqueda documental de los expedientes de licencias ambientales (LAM) y recursos genéticos (RGE) que reposan en el archivo público del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, sobre aquellas autorizaciones que se han otorgado para el desarrollo de proyectos con fines de bioprospección tanto en la fase de investigación, como en la fase comercial con microorganismos.

Para la organización de la información obtenida, se creó una base de datos en Excel, con los siguientes campos (categorías de análisis): identificación del expediente, nombre del proyecto autorizado, número y fecha del contrato suscrito, procedencia u origen de los microorganismos estudiados, área(s) de aplicación del proyecto, y finalidad del proyecto (investigativo y/o comercial). Una vez sistematizada la información, se discriminó por tipo de muestra de procedencia de los microorganismos y el área de aplicación con potencial de prospección biológica.

Como consecuencia del análisis descrito anteriormente se logró identificar las áreas de aplicación sobre las cuales no se ha desarrollado bioprospección en Colombia

con microorganismos y sobre las cuales también se presenta un escenario de posibles oportunidades en bioeconomía a nivel internacional.

A fin de poder visualizar el posicionamiento de Colombia en relación a otros países a nivel mundial, con respecto al número de patentes de invención y modelos de utilidad presentadas y concedidas en Colombia en el sector de biotecnología y productos farmacéuticos por parte de la Superintendencia de Industria y Comercio, se revisó la cantidad de estas patentes concedidas, desde el año 2008 (año en el cual se autorizó el primer contrato de acceso recursos genéticos en bioprospección con microorganismos) al 2016, con algunos países representantes de cada continente (excepto África dado que no se presentaron solicitudes de patente) en contraste con las otorgadas para Colombia [24].

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De los 37 proyectos revisados en bioprospección a partir de microorganismos, se encontró que el mayor porcentaje de aplicación se viene realizando en el área biomédica con un 33%, seguido del sector industrial con el 23%, en ese mismo orden, se obtuvo un 21% en el sector agrícola, 14% en la aplicación de biorremediación y en menores proporciones, se presentaron los sectores de alimentos con un 5% y cosmética con un 2% (Figura 1).

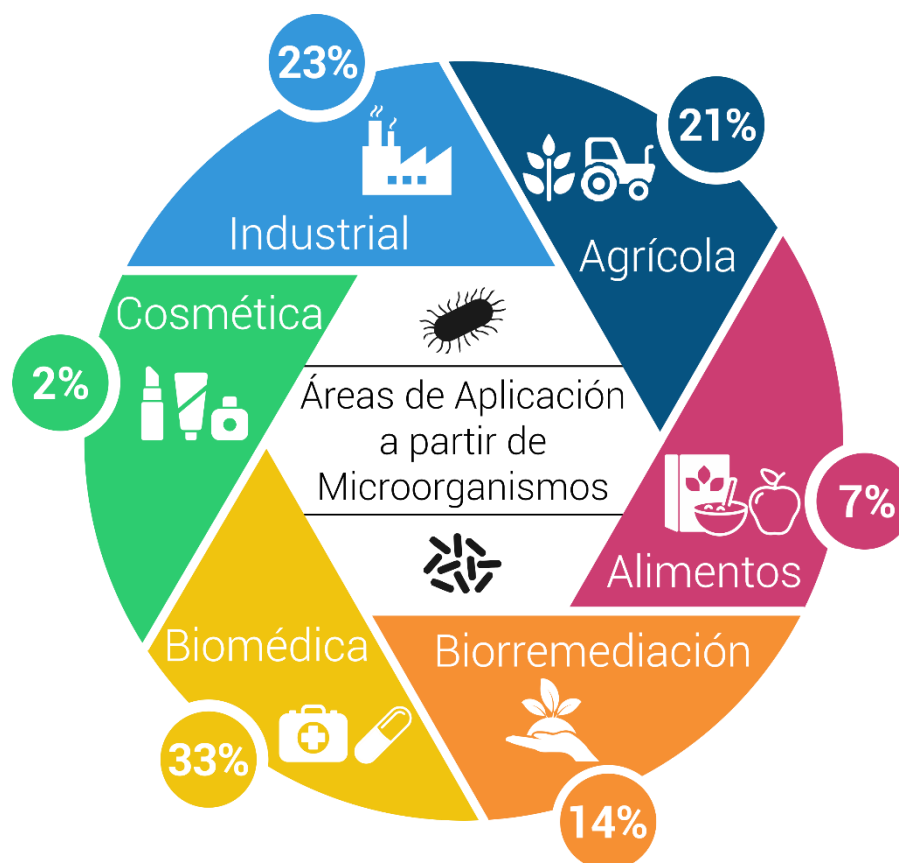


Figura 1. Infografía de la distribución de las áreas de aplicación en bioprospección a partir de microorganismos en Colombia.

Fuente: La autora (2017).

3.1 SECTOR DE APLICACIÓN BIOMÉDICA

En este sector de aplicación donde se presentó el mayor porcentaje de proyectos sobre los cuales se ha investigado o que se está investigando [25-38], se identificó que el 93% de éstas se encuentran orientadas a la obtención de fármacos [25,26,28-38] y sólo el 7% a terapias de salud [27].

Del total de las investigaciones con aplicación biomédica, el 60% de los microorganismos estudiados, provienen de ambientes extremos como los medios salinos terrestres y marinos [25-29,31-34,37], de los cuales dos proyectos no sólo tienen fin investigativo sino comercial [25,34]; el 20% provienen de muestras de animales [26,30,36]; el 13% de muestras de humanos [35,38] y un 7% de ambientes hospitalarios [37].

Estos resultados permiten inferir que el desarrollo de procesos para búsqueda y producción de sustancias a partir de microorganismos, ésta orientado al interés farmacológico, principalmente hacia la salud humana; sin embargo, esta situación ha cambiado el panorama al compararla con el diagnóstico presentado por Melgarejo, *et al.* [13] en el año 2002, en donde se indicó que en relación a la aplicación farmacológica a partir de microorganismos, era aún muy insipiente para Colombia (p.40), esto permite evidenciar un avance en el aumento de las investigaciones que se vienen desarrollando en aplicaciones biomédicas.

3.2 SECTOR DE APLICACIÓN INDUSTRIAL

Para este sector de aplicación en donde se presentó una representatividad del 23% [27,29,30,48-54], se identificó que el 30% de las investigaciones están orientadas a la obtención de enzimas (proteínas capaces de facilitar y acelerar reacciones químicas de los tejidos vivos) [30,53,54], el 20% a la obtención de pinturas antifoling (pintura antiencrustante para los cascos de barcos) [27,29], en menores proporciones, cada una con el 10% de representatividad se encuentran las investigaciones orientadas a la obtención de bioplástico [48], cemento blanco [49], bioetanol [50], aplicaciones biotecnológicas [51] y producción de ácido láctico [52], ésta última además de tener un fin investigativo también tiene la finalidad de comercialización.

En cuanto a la procedencia de los microorganismos en el sector industrial, se encontró que el 60% de estos, proviene de ambientes extremos, [27,29,49,51,52,54], en menores proporciones, cada una con el 10% de representatividad se encuentran aquellos provenientes de residuos orgánicos industriales [48], macroalgas marinas [53], fermentos de sustratos de caña de azúcar [50] y de un invertebrado marino [30].

La mayoría de las aplicaciones obtenidas están orientadas a la producción de enzimas, es probable que la diversidad de aplicación de las mismas, permita una mayor oferta para su utilización en diversos sectores de la industria.

Si bien alguna de las aplicaciones industriales podrían pertenecer a un sector específico como el farmacéutico, cosmecéutico, agrícola, alimenticio, entre otros, las investigaciones que buscan el desarrollo de algunos productos como los

mencionados inicialmente, se agrupan como tal en el sector industrial, debido a que se pueden utilizar para diferentes tipos de industria.

3.3 SECTOR DE APLICACIÓN AGRÍCOLA

En este sector de aplicación el cual obtuvo una representación del 21% respecto a los proyectos sobre los cuales se ha investigado o que se está investigando [39-47], se identificó que el 42% de éstas se encuentran orientadas a la obtención de bioplaguicidas [40,42-44,46], el 33% al desarrollo de biofertilizantes [39,41,43,44], y en menores proporciones, se encuentran aplicaciones en la búsqueda de bioinsecticidas [42], rendimiento de producción [45] y fitopatología [47] cada una con el 8% de representatividad. De las anteriores es de resaltar dos proyectos [44,46] con fines de investigación y comercialización a nivel de biofertilizantes y bioplaguicidas.

Del total de las investigaciones con aplicación agrícola, el 44% de los microorganismos estudiados provienen del suelo, principalmente de cultivos [39-41,47]; el 33% provienen de muestras de plantas [43-45]; el 11% provienen de ambientes marinos [42] y otro 11% de muestras de insectos [46].

De esa manera, se puede considerar que en el sector agrícola se viene abordando varias subsectores de aplicación para Colombia a partir de microorganismos, algunos con mayor cantidad de investigaciones que otros; resultados similares fueron hallados por Melgarejo, *et al.* [13] en el año 2002, en donde el sector agrícola para dicha época, era el que mejor posicionado se encontraba con la existencia de productos agrobiológicos posicionados en el mercado (p.40).

3.4 SECTOR DE APLICACIÓN EN BIORREMEDIANCIÓN

Para este sector de aplicación en donde se presentó una representatividad del 14% [39,55-59], se identificó que el 33% de las investigaciones están orientadas a la biorremediación de colorantes industriales [55,59] y en proporciones iguales al 17% se identificaron aquellas dirigidas a biorremediación de residuos post-cosecha [39], reducción del impacto ambiental negativo del arsénico [56], biorremediación de sustancias incorporadas a explosivos [57] y biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos [58].

En relación a la procedencia de los microorganismos en el sector de biorremediación, se encontró que 29% de estos, proviene de ambientes extremos, [39,59] y en proporciones iguales al 14%, provienen de suelos de cultivos de café [39], material arbóreo lignocelulósico [55], agua, sedimento y suelo del río Bogotá [56], suelos y aguas residuales impactadas con explosivos [57] y suelos contaminados por hidrocarburos [58]; cabe señalar que en biorremediación se presenta cierta especificidad de la procedencia de los microorganismos con la aplicación, por ejemplo, para la biorremediación de sustancias incorporadas a explosivos, se utilizan microorganismos aislados de suelos y aguas residuales impactadas con explosivos.

Pese a haber encontrado proyectos con aplicación en biorremediación, se pudo observar que todos tienen la finalidad de investigación, evidenciando que dichos proyectos se vienen desarrollando por parte algunas universidades, un instituto de investigación y una Unión temporal, sin llegar a identificar algún tipo de alianza con empresas por la cual se pudiera escalar a una fase industrial o comercial. De ahí el reto de convencer al sector empresarial y a los organismos oficiales del potencial que representa este tipo de aplicación.

3.5 SECTOR DE APLICACIÓN EN ALIMENTOS

En este sector de aplicación el cual obtuvo una representación del 7% respecto a los proyectos sobre los cuales se ha investigado o que se está investigando [25,60,61], se identificó un 33,3% de representatividad para cada una de los subsectores los cuales se encuentran orientados a la obtención de bioingredientes funcionales [61], producción de edulcorantes [60] y otra aplicaciones en alimentos no especificados [25].

En cuanto a la procedencia de los microorganismos con aplicaciones en alimentos, se pudo observar que el 50% de éstos provienen del suelo [25,60] y en proporciones iguales al 25% provienen de ambientes extremos [61] o de residuos de caña de azúcar [60].

3.6 SECTOR DE APLICACIÓN EN COSMÉTICA

Para éste sector de aplicación el cual obtuvo una representación del 2%, sólo está representado por una proyecto de investigación [61] orientado a cosmeceútica o dermaceútica (de aplicación tópica), en donde los microorganismos provienen de ambientes extremos. Cabe señalar que este proyecto se está llevando a cabo entre una corporación en investigación científica y desarrollo tecnológico y una empresa colombiana, en donde se espera escalar a una fase comercial.

En términos generales, dentro de las áreas de aplicación identificadas en las cuales se ha investigado y se viene investigando con microorganismos se abordan varios subsectores con potencial de escalar a la fase comercial, si bien de los 37 proyectos que cuentan con la respectiva autorización del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, para hacer bioprospección, sólo cinco (5) proyectos tienen fines comerciales y un sexto corresponde a investigación con escalamiento a una fase comercial.

Los resultados que se han obtenido y que se pueden obtener de estas investigaciones son promisorios para poder escalar a una fase comercial, sin embargo, hace falta que quienes desarrollan investigación en el país puedan generar alianzas estratégicas con las empresas que puedan apoyar el desarrollo de éstas a nivel industrial y de esta manera no sólo dar soluciones a las necesidades humanas y medioambientales.

En consecuencia, quienes desarrollan investigación han logrado en cierta medida capacidad instalada en laboratorios y equipos, bancos de germoplasma de microorganismos, laboratorios certificados para análisis microbiano, oferta de profesionales en el área, generación de productos especialmente agrobiológicos

posicionados en el mercado, experiencia previa en comercialización, control de calidad de agroinsumos, también, se han identificado algunos inconvenientes relacionados con el desconocimiento entre sí de los grupos que trabajan en la misma área, falta de incentivos para la investigación, dificultades para escalar de una investigación básica a una aplicada, los profesionales requieren especialización o actualización en algunas áreas específicas y técnicas más modernas, falta monitoreo del control de calidad de los productos, falta de promoción y acompañamiento a los usuarios de productos agrobiológicos, baja incursión en nuevos mercados, por mencionar algunos de ellos [12].

Los anteriores resultados permiten visualizar a su vez las áreas de aplicación sobre las cuales no se ha realizado bioprospección a partir de microorganismos, incluso las áreas sobre las cuales poco se ha explorado, en éste caso en el sector biomédica, se tienen las relacionadas con el diseño de pruebas diagnósticas, elaboración de biomateriales, biodispositivos médicos y potencializar las aplicaciones en terapia médica; en relación al sector industrial, aplicaciones en desarrollo de productos para la industria textil, de detergentes, biomateriales, química, petroquímica y posiblemente otro tipo de industria sobre la cual se puedan desarrollar productos a partir de microorganismos; en el sector agrícola, se identificó que se puede potencializar la aplicación en fitopatología; en cuanto al sector de biorremediación; existen posibilidades de aplicación específica en contaminación de suelos por diversidad de sustancias, al igual en el aire; en el área de alimentos, producción de sustancias bioactivas, pre/probióticos, alimentos médicos e ingredientes naturales; en el sector cosmético, si bien poco se ha desarrollado en esta aplicación a partir de microorganismos, se deben tener presente la obtención de ingredientes naturales, bioactivos, cosméticos naturales, nutricosméticos y potencializar la cosmeceútica.

En consecuencia la bioprospección surge como opción de desarrollo para los países con alta diversidad biológica y endemismos como es el caso de Colombia, en donde se viene presentando un desarrollo creciente en investigación y análisis de las diferentes oportunidades que ofrece el entorno natural [10,12]. Es así como la generación de productos y procedimientos a partir de la biodiversidad en general, pueden ser patentables y en algunos casos cuando no se cuenta con la infraestructura para escalar a la fase comercial, es posible que se pueda licenciar la patente para que se pueda explotar.

Siguiendo esa línea, desde el año 2008 cuando se otorgó la primera autorización en Colombia para un proyecto de bioprospección a partir de microorganismos [54], hasta el año 2016, se han concedido en promedio 6 y 9 patentes de invención y modelos de utilidad por año en biotecnología y productos farmacéuticos respectivamente [24].

Al comparar la cantidad de patentes concedidas en Colombia por parte de la Superintendencia de Industria y Comercio, frente a países representantes de cada continente que presentan una alta cantidad de patentes de invención y modelos de utilidad concedidas en biotecnología (Figura 2) y en productos farmacéuticos (Figura 3), se puede observar que Colombia a pesar de ser un país en desarrollo presenta promedios superiores frente a Brasil y Australia en ambas aplicaciones, y con un promedio cercano en biotecnología a Japón y Alemania.

Sin lugar a duda los valores más altos presentados en ambas aplicaciones, se encuentran para Estados Unidos, el cual supera a todos los países en cantidad de patentes concedidas en Colombia por parte de la Superintendencia de Industria y Comercio.

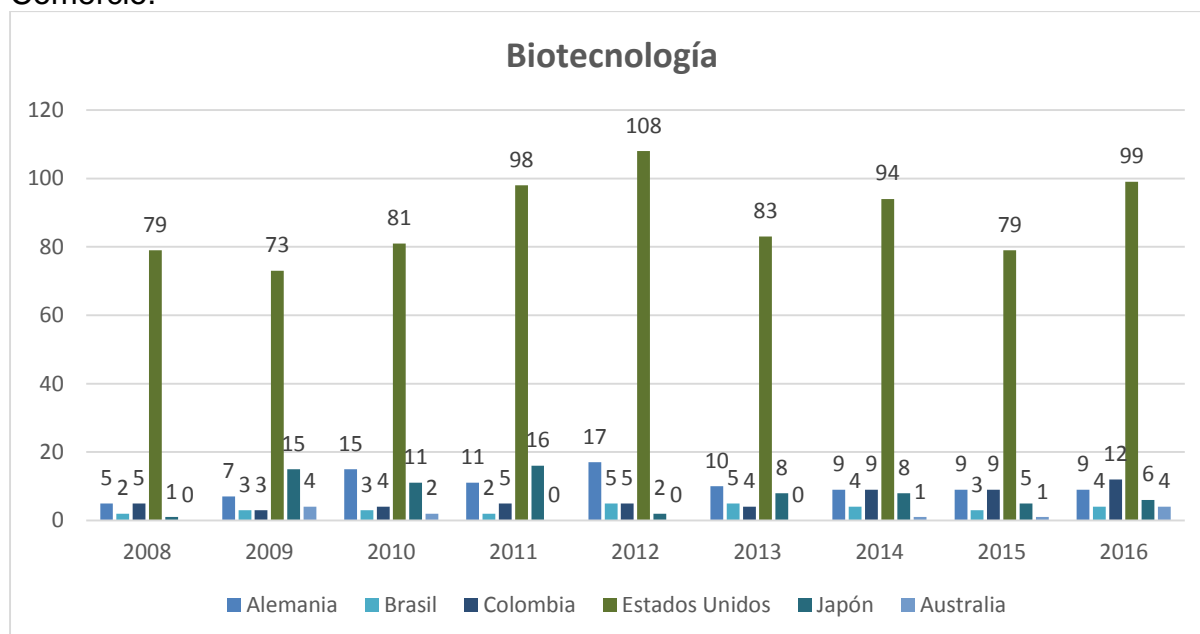


Figura 2. Patentes de invención y modelos de utilidad concedidas en biotecnología por parte de la Superintendencia de Industria y Comercio en Colombia.

Fuente: Superintendencia de Industria y Comercio en Colombia, 2017 [24].

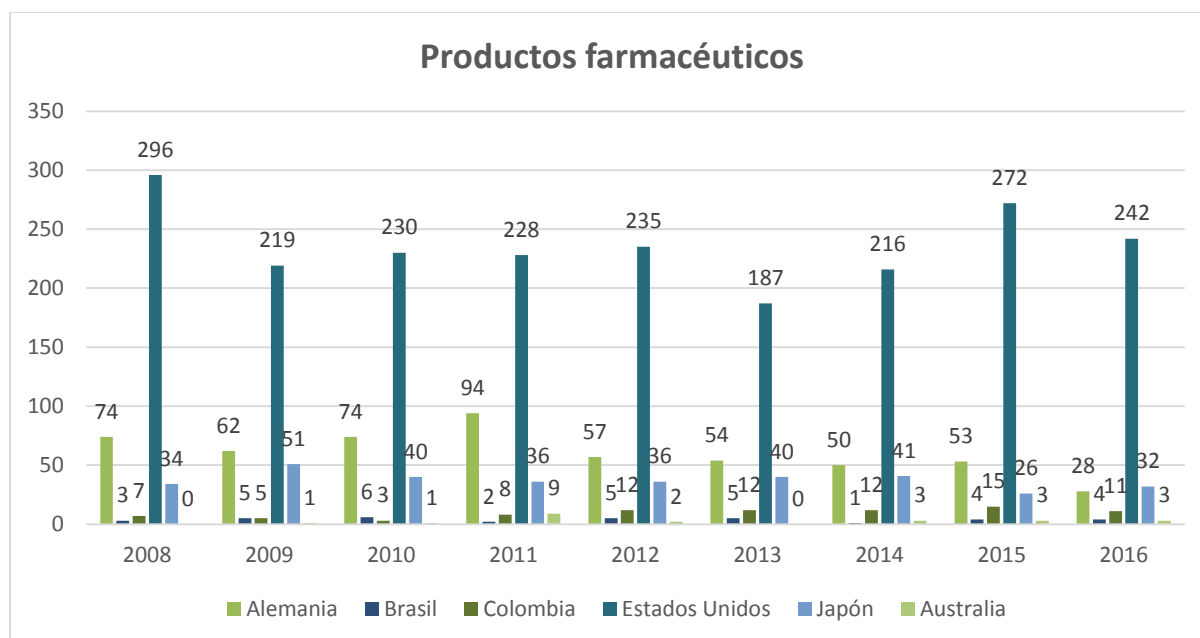


Figura 3. Patentes de invención y modelos de utilidad concedidas en productos farmacéuticos por parte de la Superintendencia de Industria y Comercio en Colombia.

Fuente: Superintendencia de Industria y Comercio en Colombia, 2017 [24].

4. CONCLUSIONES

La bioprospección posibilita conocer diversos y nuevos usos de la diversidad microbiana, los cuales se constituyen en una herramienta fundamental para el

desarrollo económico de los países. En Colombia se han venido desarrollando proyectos de bioprospección a partir de microorganismos con aplicaciones primordialmente con aplicaciones en el sector biomédico principalmente para la producción de fármacos, en el sector industrial principalmente para la producción de enzimas, en el sector agrícola principalmente para la producción de bioinsumos, en el sector de biorremediación principalmente para la degradación de colorantes generados de residuos industriales y en menor proporción en las áreas de alimentos y cosméticos, siendo éstas dos últimas, una oportunidad de desarrollo para el país en bioeconomía por su poca exploración y haciendo uso sostenible de la biodiversidad.

La principal dificultad que se evidenció, se presenta en el proceso de pasar de la fase de investigación a la comercialización debido a la insuficiencia de tecnología de punta y por consiguiente personal especializado para ejecutar las pruebas que se requieren para comercializar los productos en el mercado y muestra de ello la necesidad que tienen los investigadores de requerir análisis de mayor especificidad de muestras en el exterior.

Se recomienda para futuros trabajos, la recopilación de los proyectos en bioprospección que se autoricen para su desarrollo, así como, la búsqueda de patentes concedidas en Colombia y a nivel internacional.

AGRADECIMIENTOS

Al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en particular al Grupo de Recursos Genéticos de la Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos, por permitir el acceso a la información pública de los expedientes en los cuales se han autorizado proyectos para desarrollar bioprospección con microorganismos. A Diego Fernando Borja M., por la asesoría en el desarrollo del trabajo.

REFERENCIAS

- [1] Centro de Información y Comunicación Ambiental de Norte América, A. C. (2017). Bioprospección. En: <http://www.ciceana.org.mx/contenido.php?cont=197>
- [2] Gómez, M.F., Moreno, L.A., Andrade, G.I. y Rueda, C. (2016). *Biodiversidad 2015, Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia*. Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. pp. 102.
- [3] Arias, V. E., Rueda, G. A. y Helbein, E. (Tr) (2015). *Colombia país megadiverso = Colombia megadiverse country*. Bogotá: Colombia, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. pp. 32
- [4] Melgarejo, I. M., J. Sánchez, C. Reyes, F. Newmark y Santos, M. (2002). *Plan Nacional en bioprospección continental y marina (propuesta técnica)*. Bogotá: Colombia, Cargraphics, pp. 1-112.

- [5] Güiza, L. y Bernal, D. (2013). *Bioprospecting in Colombia*. *Universitas Scientiarum* 18(2), pp. 153-164 doi:10.11144/Javeriana.SC18-2.bc
- [6] Tortora, G., Funke, B. & Case, C. (2013). *Microbiology : an introduction*. 11th Ed. Boston, U.S.A.: Pearson, pp. 2.
- [7] Consejo Nacional de Política Económica y Social (2011) *Documento Conpes 3697. Política para el desarrollo comercial de la biotecnología a partir del uso sostenible de la biodiversidad*. República de Colombia, Departamento Nacional de Planeación, Bogotá. Recuperado de: <https://www.cbd.int/doc/measures/abs/post-protocol/msr-abs-co-es.pdf>
- [8] Comunidad Andina. (2000). Decisión Andina 486. *Régimen Común sobre Propiedad Intelectual*. Lima, Perú. Recuperado de: http://www.wipo.int/wipolex/es/text.jsp?file_id=223651
- [9] Superintendencia de Industria y Comercio. (2017). *Patetes*. En: <http://www.sic.gov.co/patentes>.
- [10] Duarte, T.O. y Velho, L. (2009). La bioprospección como un mecanismo de cooperación internacional para fortalecimiento de capacidades en ciencia y tecnología en Colombia. *Ciência da Informação, Brasília*, 38(3), pp. 96-110. doi: 10.1590/S0100-19652009000300007
- [11] Biointropic (2016, septiembre). "Biodiversidad, Colombia le apuesta a la bioeconomía". Presentado en: *Gran Foro de la Biodiversidad*, Bogotá: Colombia.
- [12] Congreso de Colombia. (1994). Ley 165 de 1994. *Se aprueba el Convenio sobre la Diversidad Biológica* (CDB). pp. 1-42. Recuperado de: <http://www.humboldt.org.co/images/documentos/pdf/Normativo/1994-ley165-1994.pdf>
- [13] Comunidad Andina. (1996). Decisión Andina 391. *Régimen Común sobre Acceso a los Recursos Genéticos*. Caracas, Venezuela. pp. 1-19. Recuperado de: http://www.wipo.int/wipolex/es/text.jsp?file_id=223520
- [14] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2014). *Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente*. Anotado. Decreto Ley 2811 de 1974. Bogotá.
- [15] Corte Constitucional. (2015). *Constitución Política de Colombia Actualizada con los Actos Legislativos a 2015*. Bogotá, Colombia: Imprenta Nacional de Colombia.
- [16] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2013). Decreto 1375 de 2013. *Colecciones Biológicas*. Bogotá, D.C. Recuperado de: [http://www.humboldt.org.co/images/pdf/Colecciones%20Biol%C3%B3gicas%20-DECRETO%201375%20DEL%2027%20DE%20JUNIO%20DE%202013%20\(2\).pdf](http://www.humboldt.org.co/images/pdf/Colecciones%20Biol%C3%B3gicas%20-DECRETO%201375%20DEL%2027%20DE%20JUNIO%20DE%202013%20(2).pdf)

- [17] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2013). Decreto 1376 de 2013. *Permiso de recolección de especímenes de especies silvestres de la diversidad biológica con fines de investigación científica no comercial*. Bogotá, D.C. Recuperado de: <http://wsp.presidencia.gov.co/Normativa/Decretos/2013/Documents/JUNIO/27/D ECRETO%201376%20DEL%2027%20DE%20JUNIO%20DE%202013.pdf>
- [18] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2015). Decreto 1076 de 2015. *Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible*. Bogotá, D.C. Recuperado de: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=62511>
- [19] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2014). Resolución 1348 de 2014. *Actividades que configuran acceso a los recursos genéticos y sus Productos Derivados para la aplicación de la Decisión Andina 391 de 1996 en Colombia*. Bogotá. Diario Oficial No. 49.259 de 30 de agosto de 2014.
- [20] Congreso de Colombia. (2015). Ley 1753 de 2015. *Se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 "Todos por un nuevo país"*. pp. 1-114. Recuperado de: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=61933>
- [21] Congreso de Colombia (2002). Ley 740 de 2002. *Se aprueba el "Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología del Convenio sobre la Diversidad Biológica", hecho en Montreal, el veintinueve (29) de enero de dos mil (2000)*. Diario Oficial No. 47.816 de 29 de mayo de 2002. pp. 1-21.
- [22] Congreso de la República (2009). Ley 1333 de 2009. *Procedimiento sancionatorio ambiental*. Diario Oficial No. 47.417 de 21 de julio de 2009. pp. 1-28.
- [23] Congreso de la República (2000). Ley 599 de 2000. *Código Penal*. Recuperado de: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=6388>
- [24] Superintendencia de Industria y Comercio. (2017). *Patetes*. En: <http://www.sic.gov.co/estadisticas-propiedad-industrial>
- [25] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017, marzo). Expediente LAM 2571. Aislamiento e identificación de un microorganismos del genero *Lactococcus* sp. Productor de un polímero de origen natural y explotación de sus posibles aplicaciones industriales y comerciales. Presentado en: *Solicitud de Acceso a Recursos Genéticos y sus Productos Derivados*, Bogotá, Colombia: Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. pp. 1-210.
- [26] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017, marzo). Expediente RGE0046. Identificación de marcadores moleculares de resistencia a tetraciclina en microorganismos entéricos y microorganismos nativos del suelo y agua en la sabana de Bogotá: modelo para evaluar un problema ambiental potencial que resulta del uso indiscriminado de antibióticos. Presentado en: *Solicitud de Acceso a Recursos Genéticos y sus Productos Derivados*, Bogotá, Colombia: Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. pp. 1-225.

- [27] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017, abril). Expediente RGE0073-1. Evaluación de las actividades anti-herpética, cito y genotóxica y antifouling de organismos marinos de las costas brasileñas y del caribe colombiano. Presentado en: *Solicitud de Acceso a Recursos Genéticos y sus Productos Derivados*, Bogotá, Colombia: Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. pp. 1-182.
- [28] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017, abril). Expediente RGE0073-3. Estudios de bioprospección del coral blando *Pseudopterogorgia elisabethae* como fuente de sustancias como actividad biológica fase IV. Presentado en: *Solicitud de Acceso a Recursos Genéticos y sus Productos Derivados*, Bogotá, Colombia: Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. pp. 1-264.
- [29] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017, abril). Expediente RGE0073-5. Perspectivas de bacterias marinas del Caribe Colombiano como fuente de Compuestos bioactivos. Presentado en: *Solicitud de Acceso a Recursos Genéticos y sus Productos Derivados*, Bogotá, Colombia: Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. pp. 1-140.
- [30] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017, abril). Expediente RGE0073-7. Identificación de las bacterias asociadas al Caracol pala (*Strombus gigas*) y búsqueda y evaluación de la actividad antibiótica y enzimática de bacterias aisladas. Presentado en: *Solicitud de Acceso a Recursos Genéticos y sus Productos Derivados*, Bogotá, Colombia: Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. pp. 1-93.
- [31] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017, mayo). Expediente RGE0146. Identificación y evaluación de metabolitos con actividad citotóxica de microorganismos halófilos de ambientes salinos. Presentado en: *Solicitud de Acceso a Recursos Genéticos y sus Productos Derivados*, Bogotá, Colombia: Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. pp. 1-179.
- [32] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017, mayo). Expediente RGE0154-02. Diversidad taxonómica, funcional y bioprospección de la microbiota de ambientes salinos Colombia. Presentado en: *Solicitud de Acceso a Recursos Genéticos y sus Productos Derivados*, Bogotá, Colombia: Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. pp. 1-164.
- [33] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017, mayo). Expediente RGE0158-01. Actividad biológica de actinobacterias asociadas a sedimentos marinos. Presentado en: *Solicitud de Acceso a Recursos Genéticos y sus Productos Derivados*, Bogotá, Colombia: Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. pp. 1-17.
- [34] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017, mayo). Expediente RGE0170. Biosíntesis de nanomagnetita y nanocalcita, para aplicaciones en medicina y farmacia (Bionanohealth). Fase 1: Desarrollos para un grado de alistamiento en laboratorio. Presentado en: *Solicitud de Acceso a Recursos*

Genéticos y sus Productos Derivados, Bogotá, Colombia: Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. pp. 1-74.

- [35] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017, mayo). Expediente RGE0171. Papel de las bombas de eflujo en la resistencia de *Mycobacterium tuberculosis* a fluoroquinolonas. Presentado en: *Solicitud de Acceso a Recursos Genéticos y sus Productos Derivados*, Bogotá, Colombia: Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. pp. 1-69.
- [36] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017, mayo). Expediente RGE0177. Caracterización genómica, antigénica y patogénica del Virus de Distemper Canino (CDV) linaje Suramérica 3: Estudios In-Silico e In-Vitro. Presentado en: *Solicitud de Acceso a Recursos Genéticos y sus Productos Derivados*, Bogotá, Colombia: Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. pp. 1-89.
- [37] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017, mayo). Expediente RGE0183. Mecanismo de diseminación y persistencia de clones de alto riesgo de *Pseudomonas aerruginosa*: más allá de la resistencia a antimicrobianos. Presentado en: *Solicitud de Acceso a Recursos Genéticos y sus Productos Derivados*, Bogotá, Colombia: Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. pp. 1-53.
- [38] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017, mayo). Expediente RGE0186. Asociación de genes de *Mycobacterium tuberculosis* involucrados en la síntesis de lípidos, con la formación de biopelículas, muerte celular y producción de vesículas de membrana, en dos aislados clínicos colombianos modificados empleando el sistema CRISPR-Cas9. Presentado en: *Solicitud de Acceso a Recursos Genéticos y sus Productos Derivados*, Bogotá, Colombia: Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. pp. 1-193.
- [39] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017, marzo). Expediente RGE0019. Valoración de los Bienes y Servicios de la biodiversidad para el desarrollo sostenible de paisajes rurales colombianos: Complejo Ecorregional de los Andes del Norte. Presentado en: *Solicitud de Acceso a Recursos Genéticos y sus Productos Derivados*, Bogotá, Colombia: Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. pp. 1-346.
- [40] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017, marzo). Expediente RGE0031. Aislamiento y Caracterización molecular y biológica de Cepas Nativas de *Bacillus thuringiensis* como alternativa de manejo Integrado de la Polilla del Tomate (*Tuta absoluta* Meyrick; Lepidoptera: Gelechiidae) en Colombia. Presentado en: *Solicitud de Acceso a Recursos Genéticos y sus Productos Derivados*, Bogotá, Colombia: Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. pp. 1-228.
- [41] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017, marzo). Expediente RGE0070-24. Evaluación de la capacidad solubilizadora de fosfatos inorgánicos y fosfatasa acida de *Aspergillus* spp. Presentado en: *Solicitud de Acceso a*

Recursos Genéticos y sus Productos Derivados, Bogotá, Colombia: Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. pp. 1-122.

- [42] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017, abril). Expediente RGE0073-2. Extractos naturales de origen marino y su evaluación como agentes insecticidas. Presentado en: *Solicitud de Acceso a Recursos Genéticos y sus Productos Derivados*, Bogotá, Colombia: Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. pp. 1-119.
- [43] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017, abril). Expediente RGE0116. Desarrollo de biopesticidas y biofertilizantes con base en bacterias aisladas de *Musa* sp. Presentado en: *Solicitud de Acceso a Recursos Genéticos y sus Productos Derivados*, Bogotá, Colombia: Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. pp. 1-213.
- [44] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017, mayo). Expediente RGE0153. Comercialización de biopesticidas y biofertilizantes con base en bacterias aisladas de *Musa* sp. Presentado en: *Solicitud de Acceso a Recursos Genéticos y sus Productos Derivados*, Bogotá, Colombia: Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. pp. 1-198.
- [45] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017, mayo). Expediente RGE0154-01. Clonación y expresión heteróloga de genes de lipasa provenientes de *Pseudomonas aeruginosa* Psa-01 aislada de frutos de palma aceitera. Presentado en: *Solicitud de Acceso a Recursos Genéticos y sus Productos Derivados*, Bogotá, Colombia: Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. pp. 1-66.
- [46] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017, mayo). Expediente RGE0163. Caracterización de aislamientos de nucleopoliedrovirus de *Spodoptera frugiperda* para el desarrollo de un bioplaguicida para el control del gusano cogollero del maíz. Presentado en: *Solicitud de Acceso a Recursos Genéticos y sus Productos Derivados*, Bogotá, Colombia: Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. pp. 1-44.
- [47] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017, mayo). Expediente RGE0175. Bases genéticas de caracteres fenotípicos de interés en el agente causal de la 'gota' de la papa determinados a través de un estudio de asociación. Presentado en: *Solicitud de Acceso a Recursos Genéticos y sus Productos Derivados*, Bogotá, Colombia: Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. pp. 1-175.
- [48] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017, marzo). Expediente RGE0070-8. Producción y caracterización de polihidroxicanatos sintetizados por cepas nativas a partir de residuos orgánicos. Presentado en: *Solicitud de Acceso a Recursos Genéticos y sus Productos Derivados*, Bogotá, Colombia: Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. pp. 1-202.
- [49] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017, marzo). Expediente RGE0070-18. Blanqueo de caolines mediante biolixiviación de hierro para su

uso en la fabricación de cemento blanco. Presentado en: *Solicitud de Acceso a Recursos Genéticos y sus Productos Derivados*, Bogotá, Colombia: Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. pp. 1-238.

- [50] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017, abril). Expediente RGE0070-27. Aislamiento, caracterización y evaluación de levaduras nativas del municipio de Puerto López (META) para la producción de etanol. Presentado en: *Solicitud de Acceso a Recursos Genéticos y sus Productos Derivados*, Bogotá, Colombia: Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. pp. 1-137.
- [51] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017, abril). Expediente RGE0102. Segunda fase Conformación de una plataforma en meta genómica y bioinformática para la caracterización y el aprovechamiento de recursos genéticos en ambientes extremos. Presentado en: *Solicitud de Acceso a Recursos Genéticos y sus Productos Derivados*, Bogotá, Colombia: Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. pp. 1-229.
- [52] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017, mayo). Expediente RGE0149. Evaluación y optimización de la producción de ácido láctico por *Thermanaerobacter* sp. Cepa USBA-18 a partir de subproductos del procesamiento de Aloe vera. Presentado en: *Solicitud de Acceso a Recursos Genéticos y sus Productos Derivados*, Bogotá, Colombia: Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. pp. 1-156.
- [53] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017, mayo). Expediente RGE0152-01. Obtención y caracterización de una enzima sintetizada por bacterias epifitas de macroalgas de la especie *Ulva lactuca* presentes en el litoral rocoso de la Punta de la Loma (Santa Marta, Colombia). Presentado en: *Solicitud de Acceso a Recursos Genéticos y sus Productos Derivados*, Bogotá, Colombia: Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. pp. 1-137.
- [54] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017, marzo). Expediente RGE0018. Conformación de una plataforma en meta genómica y bioinformática para la caracterización y el aprovechamiento de recursos genéticos en ambientes extremos. Presentado en: *Solicitud de Acceso a Recursos Genéticos y sus Productos Derivados*, Bogotá, Colombia: Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. pp. 1-268.
- [55] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017, marzo). Expediente RGE 0070-20. Decoloración microbiana y enzimática de colorantes sintéticos textiles a partir de hongos ligninolíticos nativos. Presentado en: *Solicitud de Acceso a Recursos Genéticos y sus Productos Derivados*, Bogotá, Colombia: Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. pp. 1-251.
- [56] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017, abril). Expediente RGE0070-29. Búsqueda de genes de resistencia a arsénico en el metagenoma microbiano de la Sabana de Bogotá. Presentado en: *Solicitud de Acceso a*

Recursos Genéticos y sus Productos Derivados, Bogotá, Colombia: Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. pp. 1-163.

- [57] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017, abril). Expediente RGE0118. Diseño de un sistema con microorganismos degradadores de TNT y PETN incorporados en el explosivo pentolita. Presentado en: *Solicitud de Acceso a Recursos Genéticos y sus Productos Derivados*, Bogotá, Colombia: Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. pp. 1-189.
- [58] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017, mayo). Expediente RGE0156-02. Caracterización del microbioma asociado a plantas cultivadas en suelos contaminados como herramienta para la optimización de procesos de fitorremediación. Presentado en: *Solicitud de Acceso a Recursos Genéticos y sus Productos Derivados*, Bogotá, Colombia: Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. pp. 1-72.
- [59] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017, mayo). Expediente RGE0158-02. Degradación de colorantes con enzimas lignolíticas obtenidas de hongos asociados a ambientes marinos. Presentado en: *Solicitud de Acceso a Recursos Genéticos y sus Productos Derivados*, Bogotá, Colombia: Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. pp. 1-16.
- [60] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017, marzo). Expediente RGE0070-7. Potencial enzimático de extractos crudos y prepurificados de cándidas nativas y su impacto en la producción de xilitol. Presentado en: *Solicitud de Acceso a Recursos Genéticos y sus Productos Derivados*, Bogotá, Colombia: Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. pp. 1-173.
- [61] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017, mayo). Expediente RGE0165. La megabiodiversidad colombiana como fuente de nuevos polímeros expolisacaridos. Presentado en: *Solicitud de Acceso a Recursos Genéticos y sus Productos Derivados* y sus Productos Derivados, Bogotá, Colombia: Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. pp. 1-41.