



HONGOS

UN REINO DE GRAN PODERÍO

SOLUCIONES AL
PROBLEMA MUNDIAL
DE LA RESISTENCIA
ANTIMICROBIANA

HONGOS: UN REINO DE GRAN PODERIO

Fuente de soluciones al problema mundial de la
resistencia microbiana

© **María José Méndez,
Nelson Caicedo Ortega y Esteban Charria**
Cali / Universidad ICESI, 2021

© **Universidad ICESI**
Facultad de Ingeniería, noviembre de 2021

Rector
Esteban Piedrahita Uribe

Secretaria General
Maria Cristina Navia Klemperer

Director Académico
José Hernando Bahamón Lozano

Decana de la Facultad de Ingeniería
Norha Milena Villegas Machado

Coordinador Editorial
Adolfo A. Abadía

Diseño, diagramación e ilustraciones
Eric Nieto



Calle 18 No. 122-135 (Pance)
Cali - Colombia
Tel.: +57 (2) 555 2334

E-mail: editorial@icesi.edu.co
www.icesi.edu.co/editorial

Publicado en Colombia /
Published in Colombia

ISBN (eBook) 978-628-7538-34-4

HONGOS

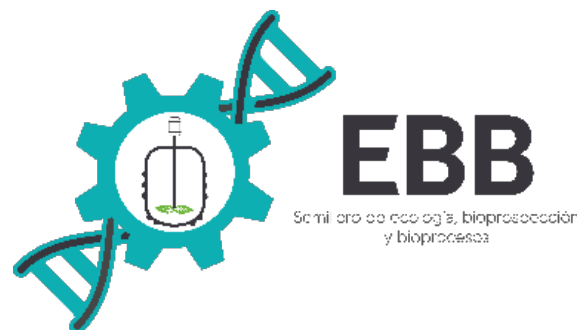
UN REINO DE GRAN PODERIO

Fuente de soluciones al problema mundial
de la resistencia microbiana

Realizado por:

María José Méndez y Nelson Caicedo Ortega (redacción)
Eric Nieto (ilustración)

Con el apoyo de:



AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, gracias al Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (MinCiencias) por permitir el desarrollo de este tipo de proyectos tan necesarios para la población en general y la comunidad científica.

En segundo lugar, queremos agradecer a los autores principales del proyecto investigativo “Producción de bioactivos con actividad antimicrobiana a partir de metabolitos secundarios de hongos nativos de bosque montano en Colombia” por su arduo trabajo y dedicación para la consecución de estos importantes resultados. A Esteban Charria, María C. Espinosa, Andrea Zapata, Juan P. Caicedo, Andrés F. Dávalos, Beatriz E. Ferro y a Aida M. Vasco, mil gracias.

Por último, agradecemos el gran apoyo y ayuda proporcionada por Andrés Felipe Vargas y los integrantes del Semillero EBB.



INTRODUCCIÓN



Colombia es reconocida internacionalmente por su gran diversidad en flora y fauna, y por sus diversos ecosistemas. El café, las flores y su ubicación perfecta entre dos océanos, hacen de este país un destino muy llamativo. Sin embargo, también presenta problemas sociales como la pobreza y la inaccesibilidad a educación de calidad. Es por esto que muchos colombianos no tienen la oportunidad de conocer muchas de las cualidades mencionadas inicialmente.

Este e-book hace parte de la estrategia de apropiación social del conocimiento en Ciencia, Tecnología e Innovación (CTel) para el fortalecimiento de proyectos de investigación en ciencias médicas y de la salud de MinCiencias, y que, a su vez, hace parte del proyecto investigativo “Producción de bioactivos con actividad antimicrobiana a partir de metabolitos secundarios de hongos nativos de bosque montano en Colombia”. Esta propuesta pretende servir de base para impulsar la búsqueda de soluciones sostenibles e innovadoras a la problemática de la resistencia bacteriana a antibióticos.

Así mismo, se pretende impactar principalmente a las comunidades cercanas a los sitios donde se realizaron aislamientos de hongos, y a los guardabosques y funcionarios del DAGMA. Del mismo modo, se desea contribuir en la concientización sobre el problema asociado a las infecciones causadas por bacterias drogo-resistentes y a las potencialidades de la biodiversidad que les rodea frente a dicho problema, la importancia de preservar estos ecosistemas, así como acercarles las metodologías utilizadas para el aislamiento, identificación y bioprospección de hongos con potencial biotecnológico, para la obtención de moléculas de interés para el campo de la salud y la industria.

ÍNDICE

Microbios todo terreno: un peligro
para la salud mundial

La madre tierra como suministradora
de fuentes de solución

¿Bioprospección?

Hongos, una posible solución a la
resistencia a los antibióticos

La aventura continúa

Autores

Bibliografía



MICROBIOS TODO TERRENO: UN PELIGRO PARA LA SALUD MUNDIAL

Seguramente, alguna vez en tu vida un familiar o amigo te recomendó un antibiótico excelente para tratar una amigdalitis o una gripa. También es posible que hayas ido al médico por una infección, y al ver mejoría en un par de días, hayas decidido cortar el tratamiento indicado. Todo lo anterior es un grave proceder, y lastimosamente ocurre a menudo en nuestra sociedad. Sin embargo, para entender mejor el asunto es necesario hablar sobre la resistencia a los antimicrobianos, como lo son los antibióticos.

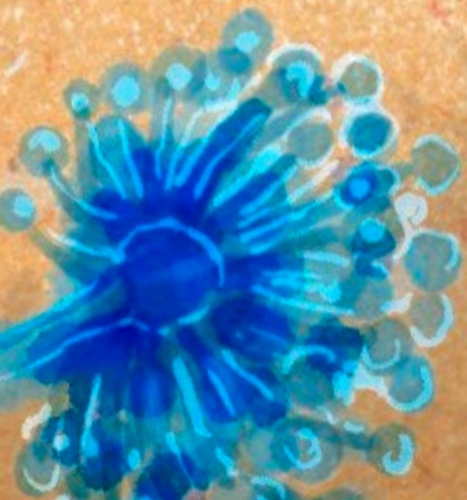
En la actualidad, una de las mayores amenazas hacia la salud pública, la seguridad alimentaria y el desarrollo, es la resistencia a los antimicrobianos, según la Organización Mundial de la Salud (OMS). Aquí es importante saber que no son los animales o los humanos los que se vuelven resistentes, sino que son las

bacterias, hongos y virus patógenos, y que dicha capacidad se puede dar de manera natural o inducida. Esto quiere decir que los microorganismos son capaces de adaptarse naturalmente al estrés que les generan los fármacos logrando sobrevivir. El gran problema se presenta cuando nuestras acciones como sociedad aceleran ese fenómeno natural. Entre las principales causas de la resistencia a los antimicrobianos se encuentran los siguientes:

- El uso indebido y excesivo de antimicrobianos.
- La falta de acceso a agua limpia, saneamiento e higiene tanto para las personas como para los animales.

- Medidas deficientes de prevención y control de las enfermedades y las infecciones en los centros de atención de salud y las explotaciones agrícolas.
- El acceso deficiente a medicamentos, vacunas y medios de diagnóstico asequibles y de calidad.
- La falta de sensibilización y conocimientos.

Como dice la OMS, es una gran amenaza, ya que cada vez hay menos formas efectivas de tratar infecciones causadas por ciertos patógenos, en especial para las denominadas “súperbacterias”, las cuales pueden resistir los antibióticos disponibles, además de su rápida propagación a nivel mundial. Esto ha hecho que se den nuevas investigaciones científicas con el fin de encontrar nuevos antibióticos que permitan contrarrestar las bacterias resistentes. Por otro lado, se recomienda sensibilizar más a la población general sobre este tema, ya que si no se cambia la forma de usar estos medicamentos, los nuevos antibióticos tendrán el mismo destino de los actuales y se volverán ineficaces.



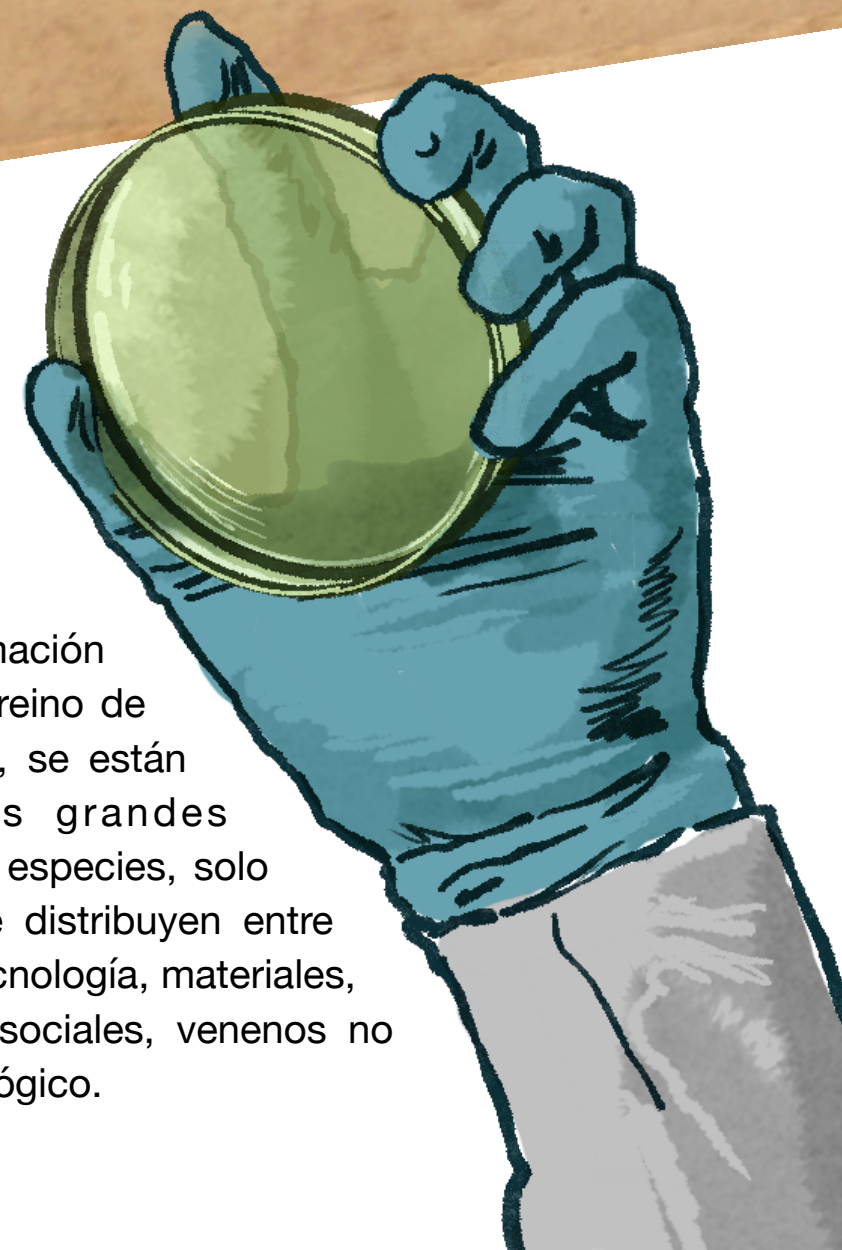
LA MADRE TIERRA COMO SUMINISTRADORA DE FUENTES DE SOLUCIÓN

Debido a la creciente preocupación por los microorganismos resistentes, especialmente las bacterias resistentes a los antibióticos, diversos investigadores alrededor del mundo han empezado a proponer ideas para encontrar soluciones. Estas pueden provenir de estudios hechos a partir síntesis química de nuevos compuestos, plantas, otras bacterias y hongos. Las tres primeras opciones han sido ampliamente estudiadas a lo largo de los años, encontrándose bastante material con el cual trabajar; sin embargo, con los hongos pasa algo en particular, sobre todo en Colombia.

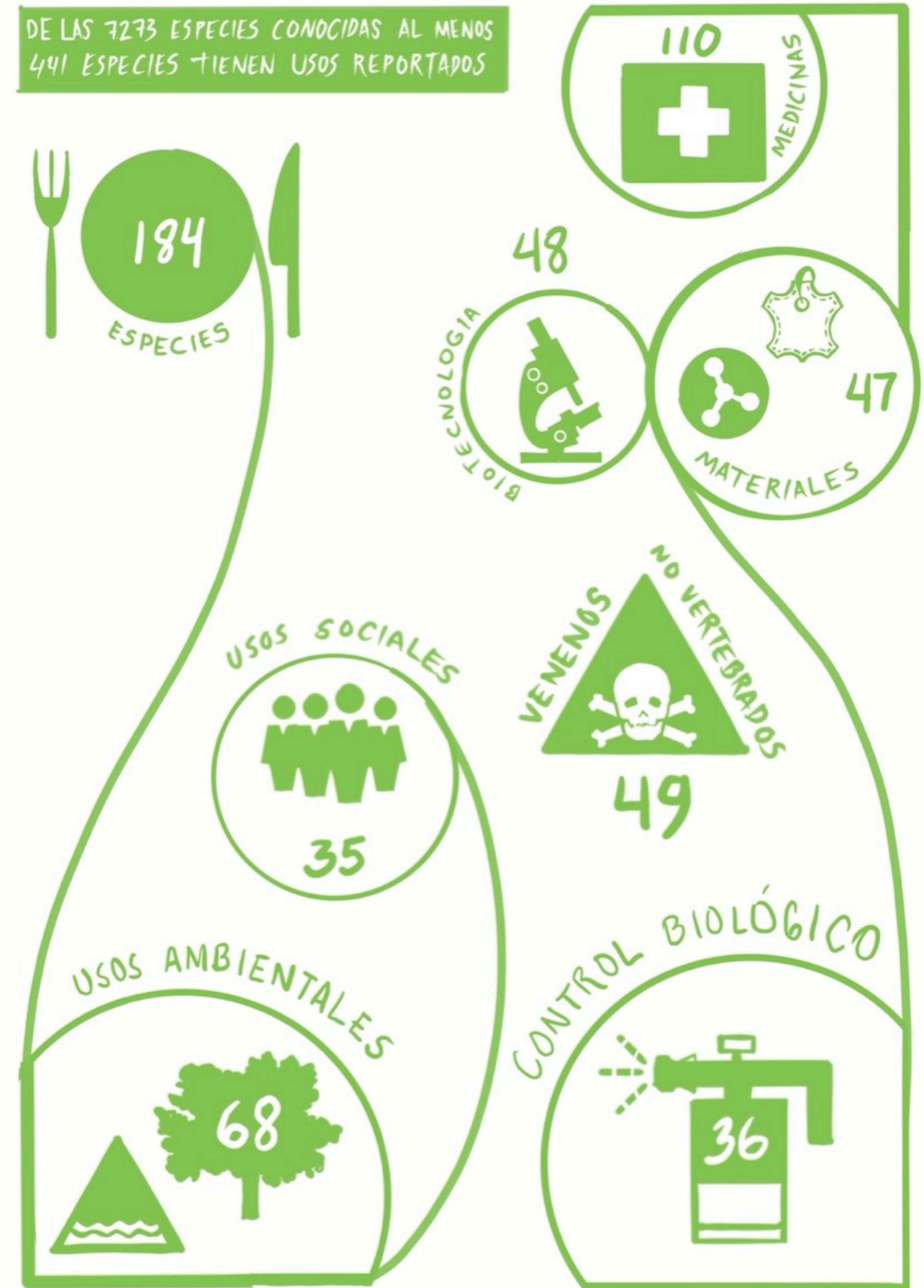
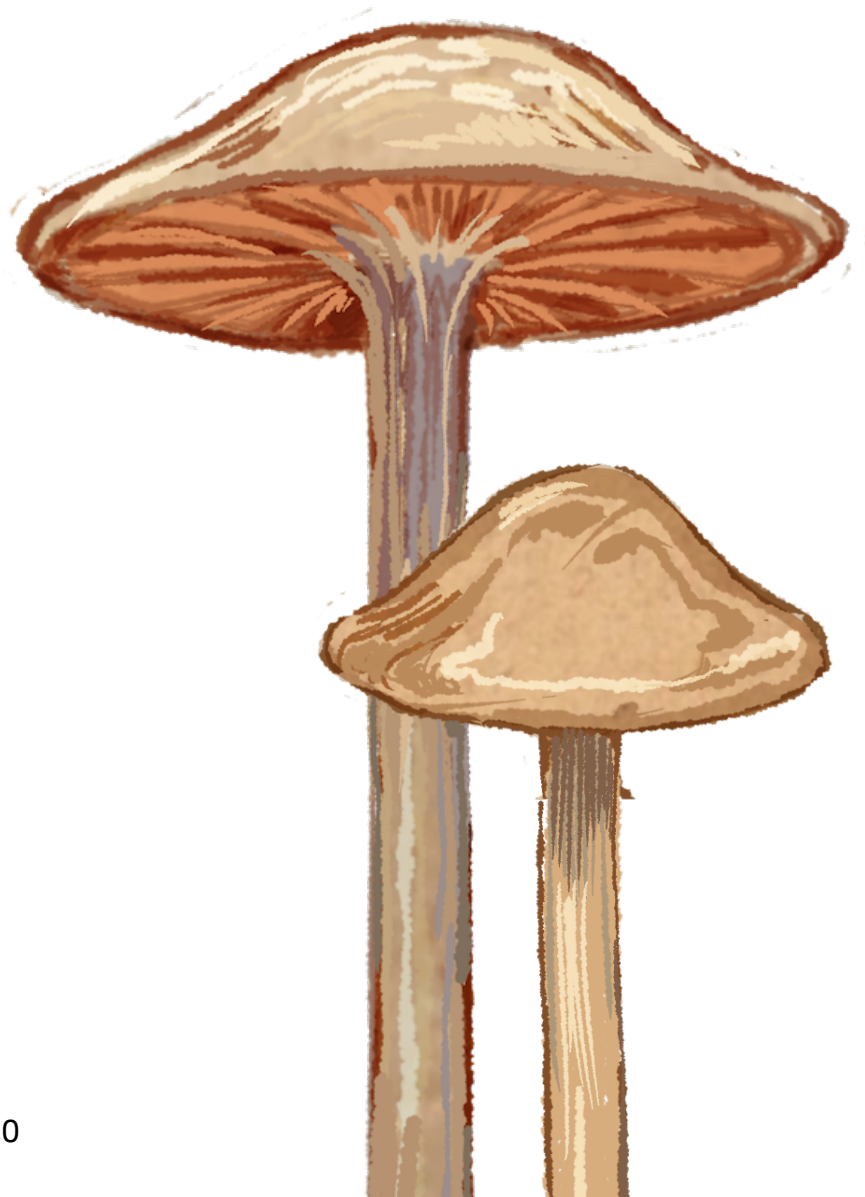
Colombia es uno de los países con mayor biodiversidad en el mundo. Se nos reconoce por tener una gran diversidad de aves, plantas y peces, pero lo que es poco conocido es su mega diversidad en hongos. A la fecha, Colombia cuenta con 7.273

especies, pero se estima que podrían existir 300.000 más, eso es, casi el 10 % de la diversidad mundial.

Debido a la falta de información y conocimiento sobre el reino de los hongos en Colombia, se están desaprovechando sus grandes cualidades. De las 7.273 especies, solo 441 tienen usos, que se distribuyen entre alimento, medicina, biotecnología, materiales, usos ambientales, usos sociales, venenos no vertebrados y control biológico.



Todavía faltan muchísimas especies por identificar y conocer sus propiedades, en las que podríamos encontrar la producción de un nuevo antibiótico. La solución podría estar más cerca de lo que imaginamos, solo necesitamos conocer más sobre nuestros hongos nativos. Es por esto, que es necesario impulsar mucho más la bioprospección de hongos en Colombia.



¿BIOPROSPECCIÓN?

El término viene de bio, que significa vida, y prospectivo, que se refiere al conjunto de análisis y estudios realizados con el fin de explorar el futuro de una determinada materia. Es decir, bioprospección es el estudio de la naturaleza para hallar organismos y sustancias con posibles usos para el beneficio del ser humano.

Para poder realizar bioprospección de hongos en Colombia es indispensable conocer su proceso, el cual consta de varios pasos que se pueden dividir en tres etapas.





ETAPA 1:

¡HACIA LA BÚSQUEDA DE NUESTROS TESOROS BIOLÓGICOS!

Antes de hacer cualquier experimento, hay que tener varias cosas claras. La primera etapa es de vital importancia, pues en ella se establecen hipótesis y objetivos, los cuales darán los lineamientos y delimitación a la investigación. Una vez esto está claro, se procede a establecer el espacio geográfico o físico donde se planean buscar los recursos o especímenes, que, en este caso puntual, serían hongos.

Hay que tener en cuenta que antes de salir a buscar nuestros tesoros biológicos se deben obtener permisos especiales. Estos son para el ingreso y colecta de diversidad biológica con fines de investigación científica no comercial.

Esto quiere decir que cualquier recurso biológico colectado no podrá ser usado para una actividad diferente a la investigación y además, no podrán ser comercializados los recursos colectados ni sus posibles derivados.

Todo este proceso debe hacerse ante los entes reguladores nacionales y regionales, que serían el Ministerio de Medio Ambiente y, en caso específico del Valle del Cauca, el DAGMA.

Por último, queda uno de los pasos más emocionantes de todo el proceso: la salida de campo para recolectar muestras de los recursos, que pueden ser hongos, plantas, tierra, agua, entre otros. Para esto, los participantes deben irse preparados según las condiciones del lugar al que van. También deben llevar implementos para guardar e identificar las muestras a tomar, por ejemplo, bolsas plásticas, navajas, papel parafinado, cinta, marcador, libreta de apuntes, además de llevar un dispositivo para tener un registro fotográfico. Por último, pero no menos importante, las personas que vayan a la salida de campo siempre deben ir acompañadas por un guía, el cual facilitará la búsqueda de especímenes específicos y velará por la seguridad de los participantes.





ETAPA 2:

IDENTIFICACIÓN Y PRESERVACIÓN DE TESOROS BIOLÓGICOS

Después de coleccionar las muestras de material biológico, nos trasladamos al laboratorio. En esta etapa, las muestras deben pasar por una serie de tratamientos para poder obtener la mayor cantidad de hongos puros posibles. Esto se hace con el fin de identificarlos luego, es decir, saber su nombre completo.

El primer paso de esta etapa consiste en identificar, etiquetar y preservar las muestras adecuadamente. Por ejemplo, si tenemos como muestra una hoja, debemos especificar de cuál árbol fue tomada. Asimismo, hay que hacer una descripción de ella. Esto sirve para llevar un registro y tener algo de materia prima de respaldo en caso de que ocurra algún imprevisto.

Seguido a ello, el resto de las muestras deben pasar por una limpieza y desinfección. Este paso nos permite eliminar la mayor

cantidad de microorganismos no deseados y así tener mayores probabilidades de obtener solo los hongos que nos interesan. Como es el caso de hongos que viven dentro de las hojas o corteza, llamados hongos endófitos. Para obtenernos se le deben hacer unos cortes específicos a las hojas y corteza, de esa forma lograr que su interior quede expuesto.

Justo después, dichas muestras, ya tratadas, se ponen sobre unos medios de cultivo especiales para que los hongos puedan crecer.

Una vez que los hongos hayan crecido, se deben tratar de separar las colonias, y de esa forma lograr tener un cultivo axénico o puro de un hongo. Dichas colonias pueden diferenciarse por sus colores, formas, tamaños y bordes.

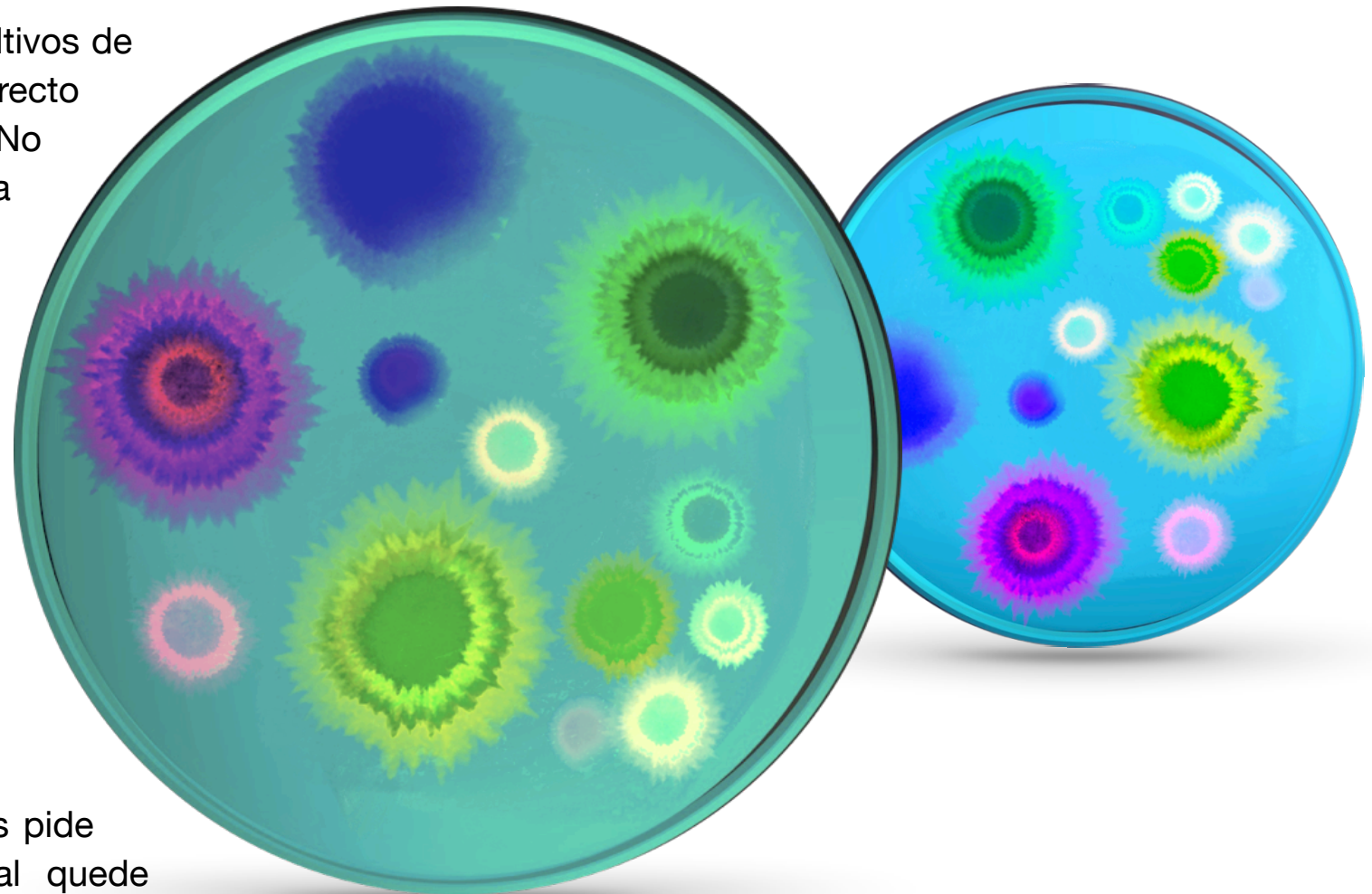
Seguidamente, se aplican diferentes metodologías orientadas a la identificación micro y macroscópica, así como molecular, de los diferentes cultivos aislados a través de técnicas de secuenciación de porciones de ADN. Este paso puede resultar un poco complicado a veces, por eso requiere una adecuada articulación con expertos micólogos, quienes son expertos en hongos, y del apoyo colaborativo de todos los demás actores involucrados. Después de su identificación, los cultivos pasan a ser cepas porque ya tienen un nombre y apellido como, por ejemplo, *Diaporthe endophytica*.

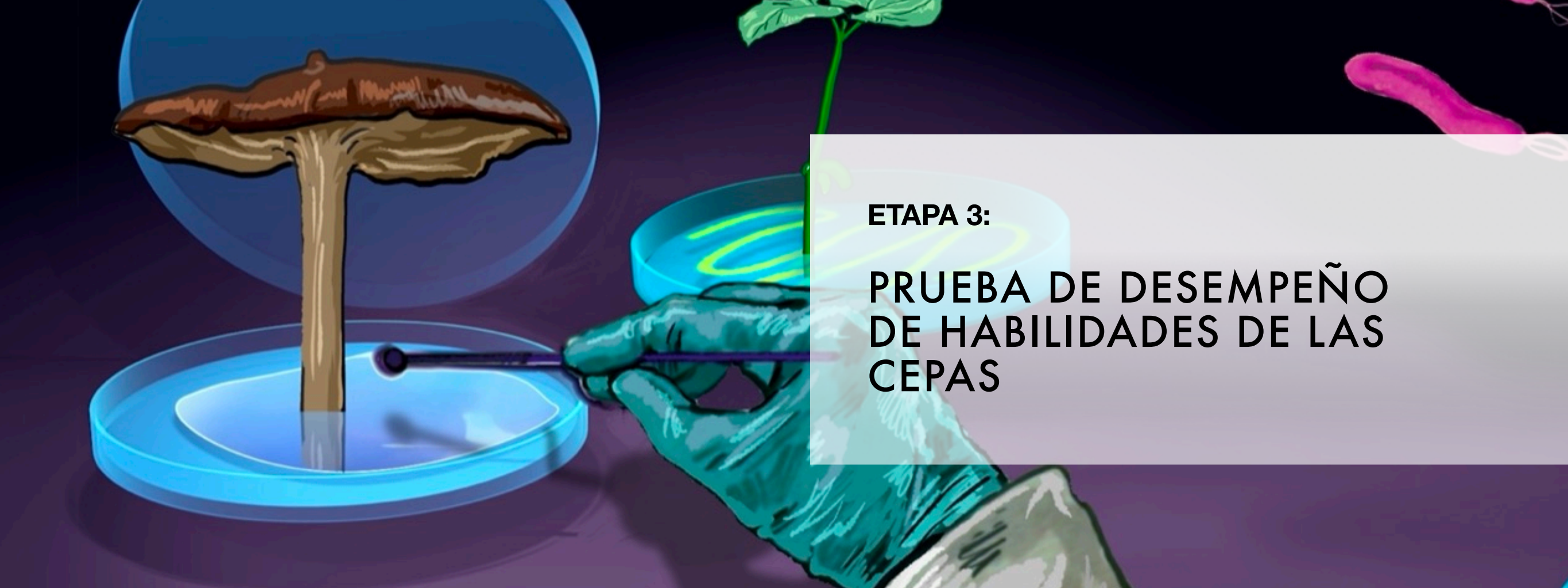
Desde el primer momento que se tienen los cultivos de hongos aislados se precisa un oportuno y correcto método de preservación o conservación. No quisiéramos perder todo el trabajo hecho hasta ahora. Es importante saber que existen muchos métodos de preservación, sin embargo, cada tipo de microorganismo representa un reto diferente en este aspecto. Los métodos más comunes son preservación en tubo inclinado con aceite mineral; crioconservación, que es un método en el cual se congelan las muestras a -20° o -80° C. También existe la liofilización, que consiste en secar las muestras al vacío y a bajas temperaturas.

Finalmente, nuestra regulación colombiana nos pide que todo hallazgo de biodiversidad nacional quede registrado en colecciones biológicas especializadas y

registradas ante el RNC (Registro Nacional de Colecciones Biológicas), como lo es el Instituto Alexander von Humboldt, y también reportadas al SIB (red nacional de datos abiertos sobre biodiversidad).

Esto tiene como finalidad contar con un inventario formal y actualizado de las variedades de especies encontradas, y también un respaldo de estas a través de un repositorio en colecciones reconocidas.



An illustration of a laboratory scene. In the foreground, a petri dish with a white agar surface is shown. A gloved hand in a blue nitrile glove holds a metal inoculation loop, dipping it into the agar. In the background, a large, brown mushroom with a thick stem is visible. To the right, a small green plant with two leaves is growing out of a petri dish. The overall background is a dark, textured blue.

ETAPA 3:

PRUEBA DE DESEMPEÑO DE HABILIDADES DE LAS CEPAS

Este es el punto en donde todas las cepas se convierten en candidatas para una serie de pruebas selectivas que tienen como objetivo identificar sus potenciales biológicos para el desarrollo de bienes o servicios ecosistémicos, es decir, obtenidos a partir del ecosistema para el beneficio de la sociedad. Es justo en este punto donde se identifica el valor de esos tesoros biológicos encontrados.

Las pruebas experimentales que se llevan a cabo dependen de las hipótesis y objetivos formulados inicialmente. Esto quiere decir que dichos experimentos deben ir encaminados responder nuestros interrogantes. Para explicar mejor este paso diremos que es como si las cepas microbianas se expusieran a una audición para una obra cinematográfica, esa bajo el título correspondiente de un bioproceso.

Una vez se identifican las capacidades, se le da respuesta a nuestras hipótesis y se logra bien sea un avance del bien o servicio o el producto terminado. Aquí es importante resaltar que existe una brecha entre los desarrollos obtenidos en el laboratorio y la producción masiva de un producto. En este punto se deben evaluar aspectos como la escalabilidad, la eficiencia, la viabilidad económica, entre otros, para ver si los resultados obtenidos en el laboratorio pueden convertirse en un bien o servicio en el futuro. Cada uno de esos factores a evaluar puede ser una investigación por separado, lo que nos muestra el gran y arduo trabajo que se debe hacer para llevar a cabo estas propuestas.

Un claro ejemplo de bienes o servicios ecosistémicos que existen actualmente son las enzimas de uso industrial o en

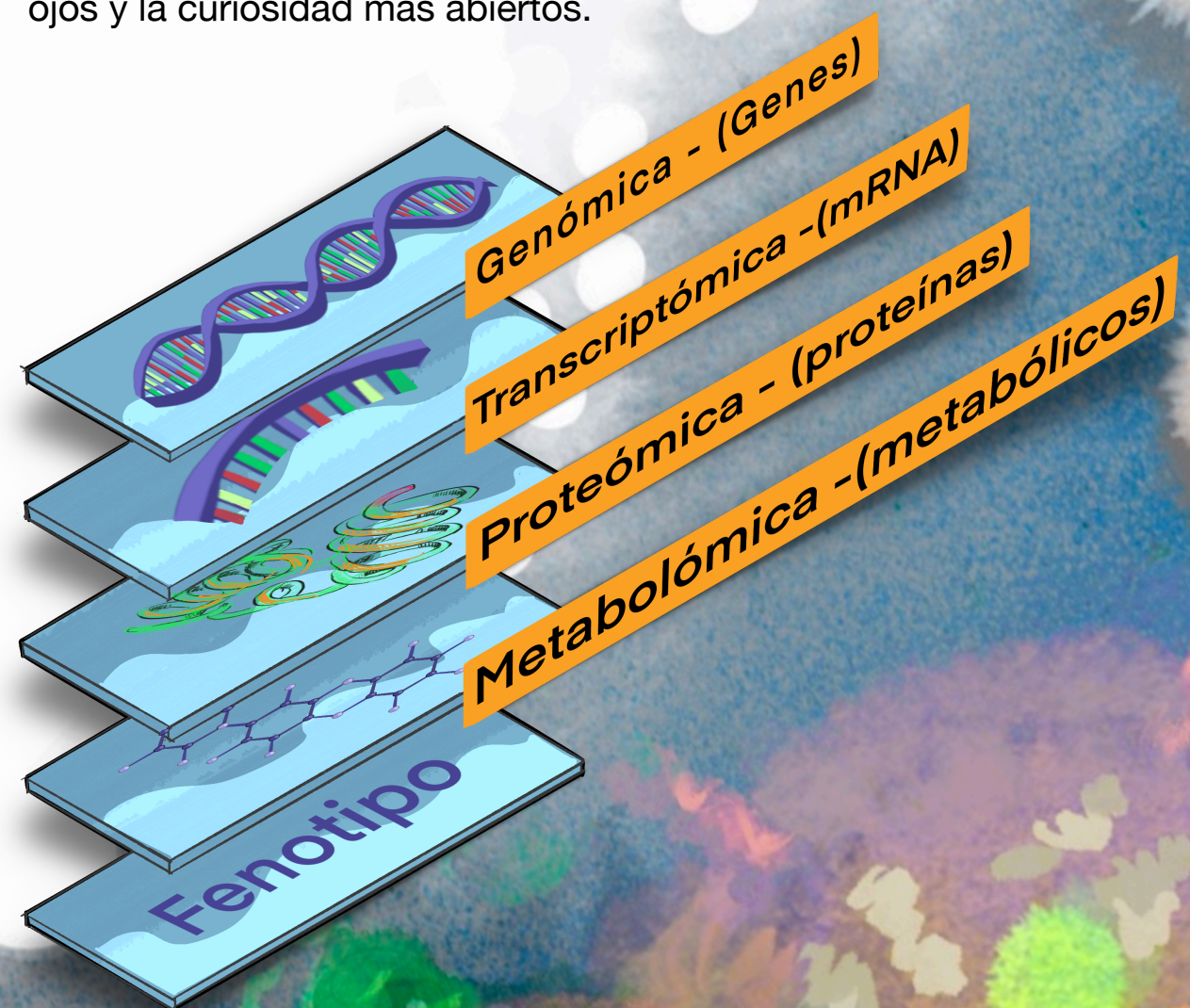
remediación ambiental. Las enzimas son compuestos, generalmente hechos a partir de proteínas, que cumplen funciones específicas dentro o fuera de las células. Hongos como *Trametes versicolor* han sido ampliamente usados para producir lacasas, enzimas que sirven para degradar tintes industriales. Por otro lado, se ha encontrado en investigaciones que el hongo *Pleurotus ostreatus* es capaz de degradar hidrocarburos derivados del petróleo, es decir, logra hacer biorremediación de suelos contaminados por dichos compuestos.

Estos hongos mencionados pueden estar asociados en diferentes ambientes y ecosistemas, y poseer la misma identificación molecular, pero el origen geográfico y sus interacciones con el ambiente le pueden conferir características fenotípicas diferentes entre cepas. Es de alguna forma, imaginarnos cada cepa como única e irrepetible con una “huella digital”.

También es importante resaltar qué gracias a herramientas de última tecnología se ha permitido acelerar el proceso de descubrimiento y análisis de nuevos compuestos de gran interés comercial, industrial y medicinal. Podemos encontrar entre dichas herramientas a la metabolómica o el grupo de las ómicas, que es el estudio de metabolitos o compuestos en un sistema biológico específico. Aquí se usan métodos como la cromatografía líquida (LC), su implementación de alto rendimiento (HPLC) o ultra rendimiento (UPLC), cromatografía gaseosa (GC), capilar de electroforesis (GE); todas estas por sí solas o también acopladas a un espectrofotómetro de masas

(MS), igualmente se pueden usar métodos como la resonancia nuclear magnética (NMR) junto con herramientas de análisis estadísticos como análisis de componentes principales, entre otros.

Esto es solo una pequeña pincelada del amplio mundo de la bioprospección. Como estos hay muchísimos ejemplos más y algunos de ellos se usan casi a diario, solo hay que tener los ojos y la curiosidad más abiertos.



HONGOS, UNA POSIBLE SOLUCIÓN A LA RESISTENCIA A LOS ANTIBIÓTICOS

Los hongos son organismos con innumerables capacidades y cualidades, que por muchos años han sido usados por diversas culturas como alimento y tratamiento medicinal. No es de extrañar que una de esas tantas especies que alberga Colombia pueda ser la portadora de una solución para el problema actual que presenta la resistencia antimicrobiana. Por esta razón, un grupo de profesores, investigadores y estudiantes, decidieron empezar su aventura hacía la búsqueda de un nuevo antibiótico de origen colombiano.

Este grupo participó en una convocatoria en ciencias médicas y de la salud para talento joven realizada por el Ministerio de Ciencias, Tecnología e Innovación (MinCiencias), en la que su proyecto fue uno de los ganadores. Su propuesta se enfoca en encontrar nuevos compuestos naturales de origen fúngico, es



decir, proveniente de hongos, capaces de inhibir el crecimiento de microorganismos patógenos a humanos, animales y plantas, como lo son algunas bacterias.

Dicho proyecto siguió las mismas etapas descritas anteriormente para la bioprospección. Su búsqueda de hongos candidatos fue realizada en un predio llamado “La Carolina” de la vereda Villa Carmelo, ubicada en Santiago de Cali. Aquí, junto con los guardabosques de DAGMA, se hizo la salida de campo y se tomaron muestras de hojas y corteza de un árbol que ha sido usado tradicionalmente para tratar enfermedades. Se le conoce comúnmente como virola, mancharro, sebo u otoba, entre otros. Tal vez a alguna abuela, bisabuela o tía le pueda sonar familiar.

Las muestras fueron llevadas al laboratorio para hacerles los respectivos tratamientos. Algo muy importante de este proyecto es que se decidió usar tanto hongos endófitos como macrohongos. En total fueron ocho cepas que se lograron aislar de las hojas y corteza del árbol, que se distribuyen en una cepa del género *Xylaria*, *Hymenochaetaceae*, *Oxyporus*, *Coriolopsis*, y cuatro del género *Diaporthe*.

Estas cepas pasaron por diversos experimentos para ver su comportamiento según los medios de cultivo empleados, y también cuando se cultivaban junto con otra cepa, es decir, co-cultivos.



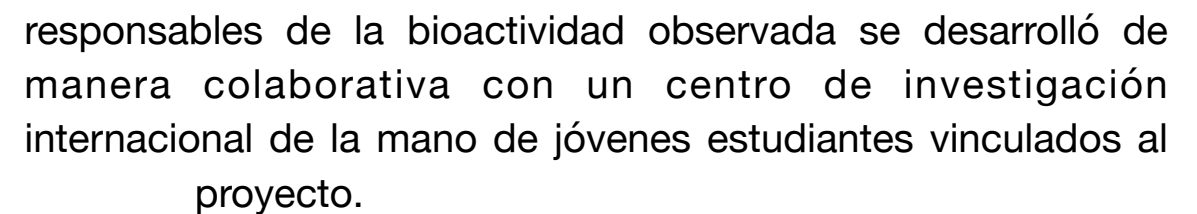
Sin embargo, a grandes rasgos, lo que se hizo fue poner a crecer los diferentes hongos en caldos de cultivo para luego ver si estos habían producido compuestos esperados. Al ser una investigación exploratoria, no se tenía claro qué tipo de moléculas se podrían encontrar, así que todo el material implicado en los cultivos fue analizado minuciosamente. Tanto la biomasa del hongo como el caldo de cultivo pasaron por más procesos para poder obtener unos extractos crudos.

Se le llama extracto crudo a un conjunto de moléculas o compuestos no identificados a los que no se les realiza ningún proceso de purificación. Dichos extractos fueron puestos a prueba contra dos cepas de bacterias ampliamente usadas en este tipo de ensayos. Es importante saber que *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*, también conocidas con E. coli y Estafilococo dorado o *S. aureus*, son bacterias que actualmente presentan variantes con resistencia a antibióticos. La finalidad de dicho ensayo era ver si efectivamente los



De más de diez extractos analizados, solo uno fue eficiente contra ambas bacterias, y un par más solo fue eficiente contra *S. aureus*. En este punto se acostumbra estimar parámetros de desempeño de los extractos crudos a través de la determinación de la concentración mínima inhibitoria (CMI) o la concentración a la cual se logra el 50 % (CI⁵⁰) de la inhibición del crecimiento de las cepas patógenas.

Hand holding a transparent card with a 4x7 grid of colored circles (blue, yellow, orange) over a background of a hand holding a card with a 4x7 grid of blue circles.



20

diferentes nos permite ampliar un frente más completo y encontrar nuevas soluciones en diferentes áreas.

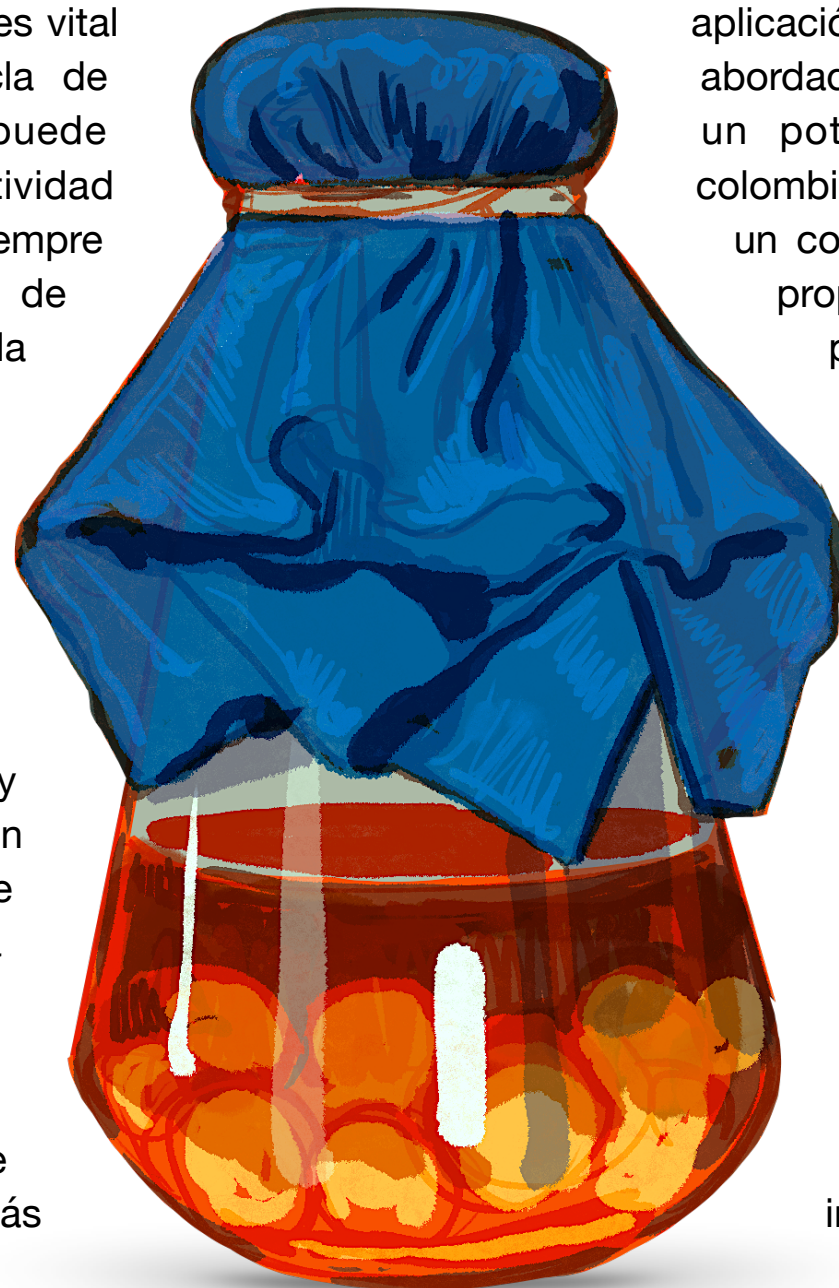
El siguiente paso consistió en analizar los extractos mediante cromatografía líquida acoplada a masas para examinar la naturaleza de los compuestos presentes en el extracto y priorizar aquellos que posiblemente fueran nuevas moléculas antes no descritas. En este punto es vital contemplar que un extracto es una mezcla de muchos compuestos entre los cuales puede encontrarse aquel que presente una actividad biológica significativa o, por otro lado siempre existe la posibilidad de que el conjunto de compuestos como un todo sea el que tiene la actividad. Es decir, ¿Cuál es el verdadero tesoro?

Tras el análisis de los extractos llega la parte mas ardua del proceso, que corresponde a la purificación de los compuestos de interés, ya que usualmente es una tarea que requiere conocimientos y técnicas avanzadas en cromatografía. Sin embargo, aquí no acaba el proceso, ya que una vez los compuestos se purifican para poder identificarse deben realizarse diferentes pruebas de Resonancia Magnética Nuclear (RMN). Estos resultados deben ser analizados por un experto, que es capaz de interpretarlos y elucidar las estructuras detrás

de estos tesoros biológicos.

Al final se lograron purificar e identificar cinco compuestos, incluyendo tres nuevas moléculas antes no observadas para estos géneros de hongos. Dos de estos compuestos han sido estudiados por su gran potencial para el tratamiento de fitopatógenos en cultivos, por lo que, aún cuando la aplicación se aleja de la problemática inicial abordada por el proyecto, está claro que existe un potencial inexplorado en biodiversidad colombiana. Por otro lado, sí logramos identificar un compuesto previamente estudiado por sus propiedades como antibiótico e interesantes propiedades antiinflamatorias.

Es evidente que aún hay un largo camino por recorrer, pero el panorama es esperanzador en cuanto se habla de la biodiversidad fúngica en Colombia y el poderoso reino que nos espera al explorarla. Pero para que este ideal se materialice se debe trabajar de manera colaborativa e interdisciplinaria con otros profesionales y diferentes grupos de investigación para, así complementar capacidades, infraestructuras y, sobre todo, para formar personas y redes entre ellas que fortalezcan el sector académico y su intersección con la industria en el país.

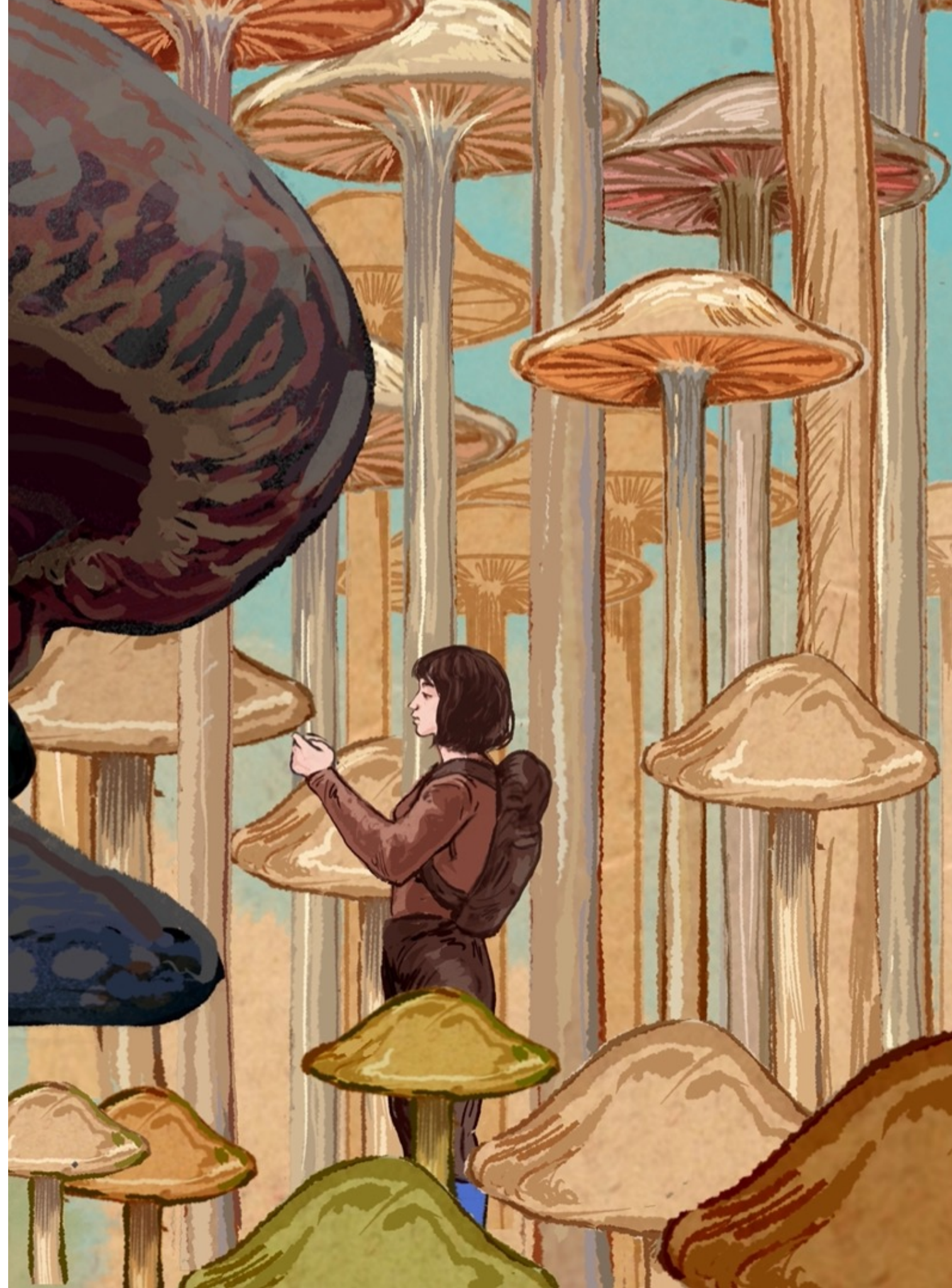


LA AVENTURA CONTINÚA

Como ya se ha mencionado anteriormente, Colombia es un país rico en biodiversidad, empero, uno de sus mayores tesoros se encuentra entre su gente. Este es un país lleno de talento humano con mucho potencial por descubrir y apoyar en las diversas ramas de la ciencia.

Por otro lado, la bioprospección y la investigación le abren sus puertas a un fortalecimiento del trabajo interdisciplinario para que cada día se avance más en el desarrollo sostenible de nuestro país, articulado y soportado por parte de sus tesoros biológicos.

Por último, es de vital importancia seguirle apostando a este tipo de proyectos sociales como mecanismos para incrementar la inclusión y entendimiento de la población en temas relacionados con la ciencia. Porque la ciencia no debe ser de unos pocos, sino de todos y para todos.



AUTORES



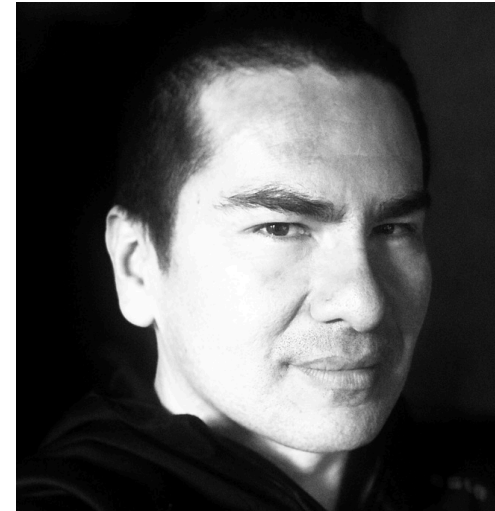
**MARIA JOSÉ
MENDEZ**

Ingeniera Bioquímica de la Universidad ICESI. Apasionada por la investigación y la innovación en bioprocesos con experiencia en grupos de investigación experimental y social con hongos endófitos productores de compuestos interesantes para la industria farmacéutica y cosmética.



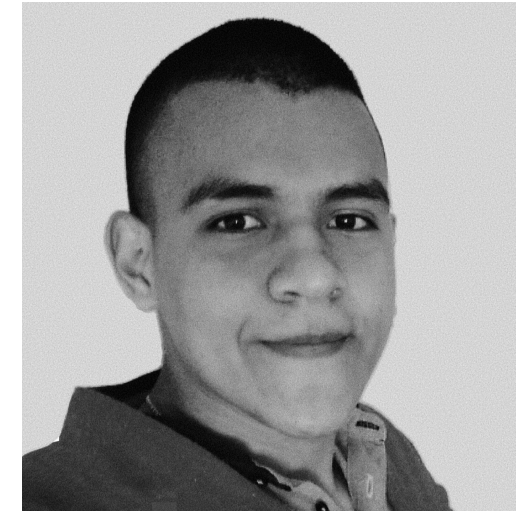
**NELSON
CAICEDO**

Doctor en ingeniería de la Universidad de Bremen (Alemania), Máster en Ingeniería Química de la universidad industrial de Santander, UIS (Colombia). Ingeniero químico con énfasis en bioprocesos titulado de la Universidad Nacional De Colombia. Jefe del departamento de Ingeniería bioquímica y pertenece al Grupo de Investigación iCUBO



ERIC NIETO

Maestro en Artes, creativo y profesor por 14 años en universidades y colegios. Educador Distinguido por Apple en la integración de tecnologías y estrategias pedagógicas en la educación. Autor y creador de varios libros digitales de diversas temáticas que van desde la creatividad en la educación, uso de software y protección del medio ambiente.



**ESTEBAN
CHARRIA**

Ingeniero bioquímico de la Universidad ICESI, joven talento en salud del Ministerio de Ciencias y joven líder latinoamericano en biotecnología: Allbiotech. Actualmente, trabaja en el descubrimiento de nuevos metabolitos secundarios bioactivos a partir de hongos en el Helmholtz Centre for Infection Research, Alemania.



BIBLIOGRAFÍA

Resistencia a los antimicrobianos. (2020). Retrieved 1 July 2021, from <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/antimicrobial-resistance>

Bioprospección (partes 1, 2 y 3)

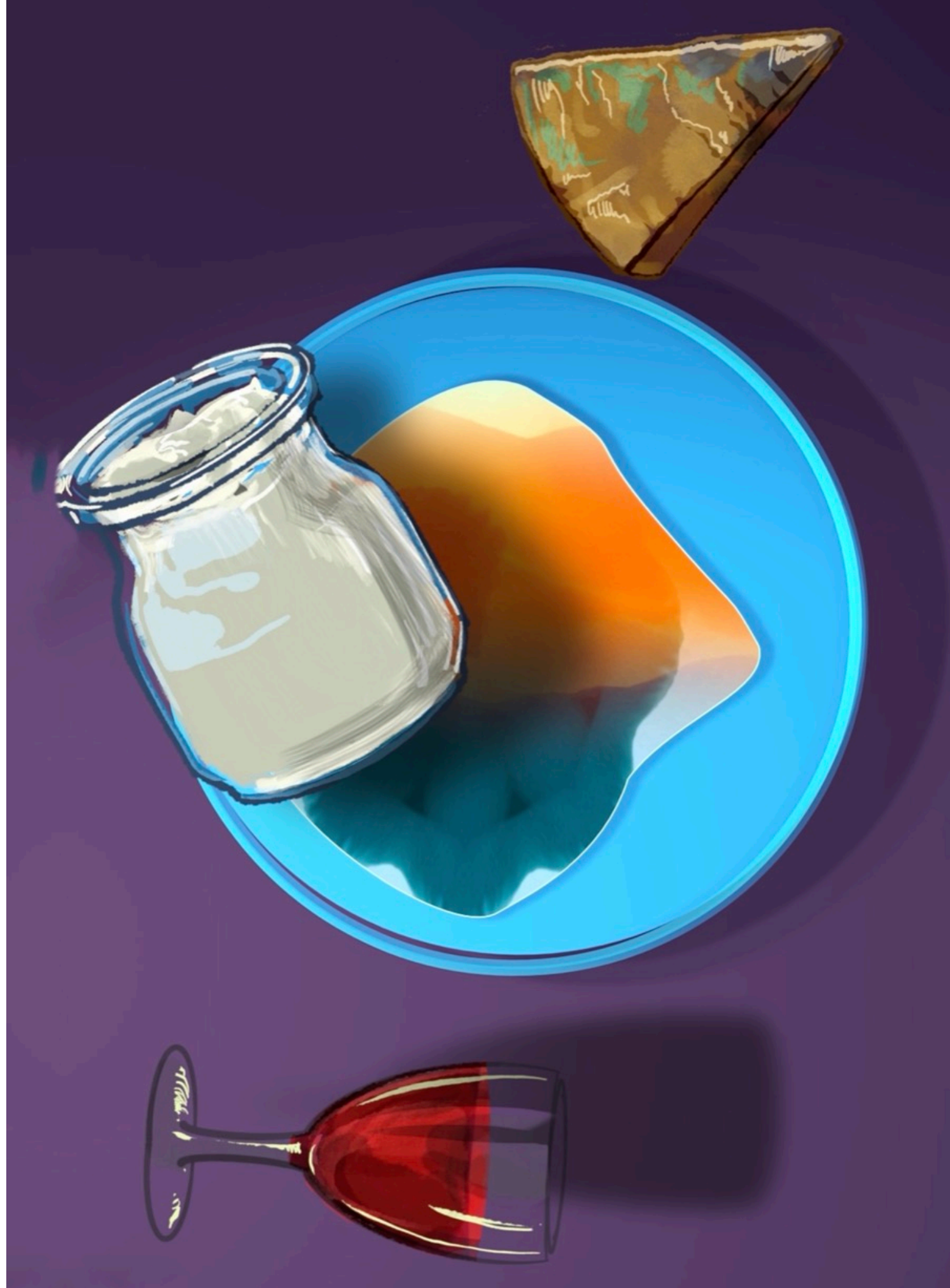
<https://youtu.be/ZFBaiRO6U1o>

* Gaya E., Vasco-Palacios A. M, Vargas-Estupiñán N., Lücking R., Carretero J., Sanjuan T., Moncada B., Allkin B., BolañosRojas A.C., Castellanos-Castro C., Coca L.F., Corrales A., Cossu T., Davis L., dSouza J., Dufat A., Franco-Molano A.E., García F, Gómez Montoya N., González-Cuellar F.E, ... Diazgranados M. (2021). ColFungi: Colombian resources for Fungi Made Accessible. Royal Botanic Gardens.

* Organización Mundial de la Salud. (2020). Resistencia a los antimicrobianos. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/antimicrobial-resistance>

* Semillero EBB. (2021, 18 de junio). Bioprospección (partes 1, 2 y 3)

327 visualizaciones. [Archivo de video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=ZFBaiRO6U1o>



ENLACES ADICIONALES

Reino Fungi colombiano: A la conquista investigativa:

[Enlace Universidad Antioquia.](#)

Plantas y hongos útiles de Colombia:

[Enlace Cofungi](#)

Por qué es tan difícil desarrollar nuevos antibióticos:

[Enlace BBC](#)

Descubrimiento y desarrollo de la penicilina:

[Enlace ACS](#)

Resistencia a los antimicrobianos:

[Enlace OMS](#)

The amazing potential of fungi:

[50 ways we can exploit fungi industrially:](#)

Evaluation of the Antibacterial Activity of Crude Extracts Obtained From Cultivation of Native Endophytic Fungi Belonging to a Tropical Montane Rainforest in Colombia

[Enlace Frontiers](#)

Endophytes as sources of antibiotics:

[Enlace National Library of Medicine](#)

La 'batalla' de investigadores de Icesi con cepas de un hongo contra las bacterias peligrosas:

[Enlace el país](#)