

ARTÍCULO DE REVISIÓN

Banco de recursos genéticos de *Auricularia* spp. con fines industriales**Bank of genetic resources *Auricularia* spp. for industrial purposes**

Edwin Ortiz¹, Claudia Soto Arroyave², Carlos Saransi¹, Klever Ayala¹, Lucía Faz¹, Napoleón Benavides¹, Pablo Vela¹, Patricia Rosero³, William Gómez¹, José Huaca Pinchao³, Gustavo Reyes Lara³, Rubén Darío Guzmán Torres⁴, Guillermo Parrado Castro⁵, Stefania Duarte Trujillo⁵, Alejandro Pineda Soto⁶.

RESUMEN

La *Auricularia* spp. presenta amplio potencial industrial debido a sus propiedades nutricionales y medicinales. La obtención de cepas viables y puras de este género se ha visto limitada por una identificación de especies meramente macroscópica y la utilización tanto de medios como técnicas de conservación inadecuados. El objetivo de esta revisión fue describir el proceso de obtención de cepas puras y viables del género *Auricularia* spp. a partir del medio natural, para resaltar datos técnicos, que faciliten la conformación de bancos de recursos genéticos fúngicos. Estos fungarios constituyen una alternativa para la preservación la biodiversidad fúngica del Ecuador y la obtención de cepas puras y viables. Lo anterior se logra con buenas prácticas de identificación tanto fenotípica como genotípica, de aislamiento en medio selectivos para evitar la inhibición competitiva por otros microorganismos, de conservación y de almacenamiento de especies por congelación, liofilización, repique o inmersión en líquidos inertes como agua o aceite mineral.

Palabras clave: *Auricularia* spp., recursos genéticos, biodiversidad fúngica, aprovechamiento industrial.

ABSTRACT

Auricularia spp. has broad industrial potential due to its nutritional and medicinal properties. Obtaining viable and pure strains of this genus has been seen limited by a merely macroscopic identification of species and the utilization of both inadequate mediums and inadequate conservation techniques. The objective of this review was to describe the process of obtaining pure and viable strains of the genus *Auricularia* spp. from the natural environment, to highlight technical data that facilitate the establishment of banks of fungal genetic resources. These fungarios are an alternative for preserving the fungal biodiversity of Ecuador and obtaining pure and viable strains. This is achieved with good practices of phenotypic and genotypic identification, isolation on selective medium to avoid competitive inhibition by other microorganisms, conservation and storage of species by freezing, lyophilization, peal or immersion in inert liquids such as water or oil mineral.

Keywords: *Auricularia* spp., genetic resources, biodiversity fungal, industrial use.

Introducción

Se estima que existen en la naturaleza más de 1,5 millones de especies de hongos, de las cuales sólo se han descrito alrededor de 69 000¹. Tan sólo en el Ecuador se han estimado más de 100 000 especies de hongos² y descrito tan solo 5 000³. Sin embargo, no se posee ningún registro oficial acerca de la cantidad de hongos que se encuentran en el territorio nacional; aunque existen colecciones útiles para la obtención de cepas fúngicas con propósitos académicos⁴. Una de las más importantes es el Fungario de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE)⁵, el cual cuenta con más de 6 000 ejemplares, que fueron catalogados

mediante la realización de proyectos de cooperación internacional⁶.

Los bancos de recursos genéticos permiten identificar y conservar las especies fúngicas para su posterior estudio y uso, convirtiéndose además, en fuentes confiables para la obtención de cepas fúngicas puras genéticamente estables necesarias para la puesta en marcha de procesos productivos eficientes^{7,8,9}. El aprovechamiento de hongos filamentosos en los sectores alimenticio, cosmetológico y farmacéutico ha impulsado la formación de bancos de recursos genético con especies fúngicas de interés¹⁰.

Estudios realizados a diversas especies del género *Auricularia* spp. han demostrado su potencial para la

¹ Universidad Técnica del Norte (UTN), Ibarra, Ecuador.

² Universidad Católica de Oriente (UCO), Rionegro, Antioquia, Colombia.

³ Centro Ecuatoriano de Biotecnología y Ambiente (CEBA), Ibarra, Ecuador.

⁴ Ingenio Azucarero del Norte (IANCEM), Ibarra, Ecuador.

⁵ Universidad de los Llanos (UNILLANOS), Villavicencio, Colombia.

⁶ Escuela Politécnica Nacional (EPN), Quito, Ecuador.

Correspondencia: jpineda@utn.edu.ec

producción de biomasa y metabolitos secundarios, sin embargo, se desconoce el proceso a seguir para la conservación de cepas de interés, lo que conlleva a limitaciones tecnológicas en la identificación de las especies a nivel tanto fenotípico como genotípico, y en la selección de medio apropiados para el aislamiento^{11, 12}.

El objetivo de esta revisión es describir el proceso de obtención de cepas del género *Auricularia spp.* a partir del medio natural, para resaltar datos técnicos, que por desconocimiento y no aplicación han obstaculizado la obtención de cepas puras y viables con fines tanto industriales como académicos. Hongo oreja de palo (*Auricularia spp.*)

Auricularia spp. es una seta producida a escala industrial, perteneciente a la familia Auriculariaceae, ampliamente conocida como hongo oreja u oreja gelatinosa de palo. Se han descrito alrededor de quince especies¹³⁻¹⁵; entre ellas se encuentran: *A. auricula*, *A. polytricha*, *A. delicata*, *A. mesentérica*, *A. cornea*, *A. peltata*, *A. fuscosuccinea*, y *A. auricula-judae*; siendo las dos primeras las más producidas y estudiadas a nivel mundial¹⁶. Crece de forma natural en los tallos y las raíces de algunos árboles, así como en materiales de madera en descomposición^{14,15}, lo que se debe al sistema enzimático que tiene para degradarlo; principalmente celulasas, hemicelulasas y ligninasas^{17,18} the validity of the generally accepted, major decay types (white, brown, and soft rot. La *Auricularia spp.* puede crecer sobre la madera húmeda (Fig. 1).

Según Chang y Miles¹⁹, este hongo fue el primero en cultivarse a nivel mundial, en China, hace 2 600 años. Actualmente, es el cuarto hongo más consumido a nivel mundial después de *Agaricus bisporus*, *Pleurotus ostreatus* y *Lentinula edodes*²⁰. Su producción a escala industrial representa una excelente alternativa para el reciclaje de residuos agroindustriales y la generación de proteína unicelular. Este hongo presenta una larga vida de anaquel²¹, aunque su palatabilidad se ha visto limitada por su textura correosa¹⁵.

La Fermentación en Estado Sólido (FES) es uno de los métodos más empleados para la producción industrial de esta especie fúngica, en la cual se utiliza una amplia gama de sustratos lignocelulósicos como fuente de nutrientes y medio para su desarrollo²², destacándose el aserrín de madera, cascarilla de arroz, tusa, bagazo de caña, paja de trigo y paja de sorgo²³. Residuos menos convencionales como pulpa de café²⁴, residuos del prensado de la oliva²⁵, hojas de plátano, fibra de coco, cáscaras de cacao²⁶, hojas y raquis de palma de aceite²⁷ y demás residuos de poscosecha²⁸ también han mostrado ser aptos para la producción de *Auricularia spp.* Otros autores han mezclado diferentes sustratos lignocelulósicos para formular medios que cumplan los requerimientos nutricionales del hongo y aumenten sus rendimientos^{27,29}. También se reporta la adición de suplementos orgánicos al medio con el fin de compensar la escasez de minerales y vitaminas, necesarios para la obtención de altos rendimientos de producción^{30,31}.



Fig. 1. *Auricularia spp.* que ha crecido sobre troncos en descomposición.

Fuente: cortesía de Edwin Ortiz.

Recolección

Se identifican macroscópicamente los cuerpos fructíferos. Entre las principales características a evaluar, se encuentran el color, la textura, y el tamaño de las colonias. Las especies del género *Auricularia spp.* se caracterizan por poseer cuerpos fructíferos cerosos (Fig. 2) y cartilaginoso que varían el color marrón a negro violáceo³². Por tanto, es fácil reconocer los hongos que pertenecen a este género; sin embargo, la identificación a nivel de especie es una tarea difícil, dada la gran diversidad morfológica que poseen los distintos cuerpos fructíferos³³ (Fig. 3).



Fig. 2. Cuerpos fructíferos cartilaginosos de *Auricularia spp.*

Fuente: cortesía de Edwin Ortiz.



Fig. 3. Recolección de carpóforos de *Auricularia spp.*

Fuente: cortesía de Nicolás Ortiz.

Aislamiento

Los hongos se aíslan del medio natural con el fin de obtener cepas puras para emplearlas como semilla o inóculo sobre el sustrato²⁶. El aislamiento de la cepa puede hacerse a partir de las esporas del cuerpo fructífero o de la carne del mismo (micelio anastomosado)¹⁵. El empleo del micelio inóculo presenta ventajas frente a las esporas ya que las hifas no requieren de una compatibilidad sexual para fructificar, como es el caso de las esporas³⁴.

El uso de medios selectivos para el desarrollo de distintos hongos es una técnica que favorece crecimiento de cultivos axénicos. La acidificación del medio de cultivo es una estrategia para la inhibición de bacterias, gracias a que la mayoría de especies como *Auricularia* se desarrollan en un pH ácido; además, la adición de antibióticos garantiza la inhibición de dichos contaminantes microbianos³⁵. Según Quimio³⁶ los medios de cultivo más eficientes para el aislamiento de especies del género *Auricularia spp.*, en orden descendente son: glucosa-extracto de levadura, extracto de malta y extracto de papa. Una vez aislado el hongo en cajas de

Petri o tubos de ensayo (Fig. 4), debe mantenerse en refrigeración y repicarse periódicamente para evitar el envejecimiento de la cepa¹⁵. Es necesario contar con una cámara de flujo laminar para favorecer la axenia de los cultivos; el empleo de mecheros de bunsen no es muy efectivo.



Fig. 4. Screening de cepas en cajas de Petri con agar selectivo.

Fuente: Cortesía de Julio Pineda, CEBA.

Identificación

Se basa principalmente en la identificación de las características microscópicas del hongo mediante observación tanto del micelio como de sus estructuras reproductivas utilizando lactofenol o azul de algodón como reveladores de microscopía (Fig. 5). Las características tanto macroscópicas como microscópicas son comparadas con las claves taxonómicas existentes en la literatura, con el fin de clasificar la especie fúngica³³. Actualmente, existe una base de datos con claves taxonómicas denominada FUNGIPEDIA³⁷, disponible gratuitamente en la web.

Kobayashi¹¹ propuso como base para la identificación de las distintas especies de este género las características morfológicas de los cuerpos fructíferos, la estructura del tejido, los filamentos en la superficie superior, el color del himenóforo, la zona pilosa y el tamaño de la capa medular. Una de las formas para diferenciar algunas de las especies del género *Auricularia* según Lowy³⁸, se basa en la existencia o carencia de una capa medular intermedia en las hifas. Especies como *A. córnea*, *A. fuscossuccinea*, *A. tenuis*, *A. emini* y *A. polytricha* poseen capa medular, mientras que especies como *A. auricula-judae*, *A. delicata*, *A. mesentérica*, *A. ornata*, y *A. peltata* no poseen esta estructura¹². *A. córnea*, *A. fuscossuccinea*, *A. tenuis*, *A. emini* y *A. polytricha* poseen capa medular, mientras que especies como *A. auricula-judae*, *A. delicata*, *A. mesentérica*, *A. ornata*, y *A. peltata* no poseen esta estructura¹². No obstante, todas las características físicas mencionadas pueden verse afectadas por las condiciones de cultivo, como la temperatura, la humedad, la luz y la ubicación de la seta sobre el sustrato¹¹.

Actualmente, la identificación de especies o cepas fúngicas puede realizarse mediante estudios filogenéticos moleculares que secuencian el ADN nuclear presente en las estructuras fúngicas, lo que permite establecer grados de emparentamiento entre hongos e identificar infinidad de especies con una mayor exactitud¹². La amplificación aleatoria de ADN polimórfico (RAPD, por sus siglas en inglés), es una tecnología filogénica que ha sido empleada para la diferenciación de cepas individuales de *A. auricula* y *A. polytricha*, que no pueden ser discriminadas por polimorfismos de longitud de fragmentos de restricción (RFLP, por sus siglas en inglés)²⁰.

Caracterización fisicoquímica

Nutricionalmente, *Auricularia* spp. contiene altos niveles de proteína (aproximadamente el 30 % en base seca) y de ele-



Fig. 5. Identificación de características microscópicas del hongo.

Fuente: Cortesía de Stefania Duarte. Laboratorio de microbiología Universidad de los Llanos.

mentos esenciales como vitaminas, minerales (Ca, P, Fe), y polisacáridos²³. Según Stamets³⁹ la composición nutricional de *A. auricula* en base seca es: 8-10 % de proteína; 0,8-1,2 % de grasa; 84-87 % de carbohidratos; 9-14 % de fibra y 4-7 % de cenizas. Teniendo en cuenta que su contenido de agua es de aproximadamente el 90 %. El cuerpo fructífero de *A. auricula* es rico en heteropolisacáridos, que están conformados por una cadena principal de residuos de D -glucosa con varias cadenas laterales de residuos β -1,3 como manosa, glucosa, xilosa y ácido glucurónico⁴⁰. Adicional a sus propiedades nutricionales, cuenta con propiedades medicinales debido a que esta especie posee una gran gama de compuestos bioactivos favorables para la salud, lo que le convierte en un alimento nutracéutico o funcional de alta calidad. En la tabla se resumen las principales bioactividades de *Auricularia* spp.

Las propiedades medicinales de *Auricularia* spp. otorgan aplicaciones terapéuticas potenciales a sus compuestos bioactivos. Los polisacáridos de *Auricularia aurea* con carga negativa han sido empleados para formar polielectrolitos catiónicos en medio ácido de bajo peso molecular tras unión con quitosano, con el fin de servir como biopelícula y vehículo para fármacos proteicos hacia el intestino, donde se biodegrada y los libera⁴¹. La melanina se aplica industrialmente como pigmento natural, antioxidante y agente antibacterial en los sectores alimenticio, cosmético, farmacológico, entre otros⁴². Así mismo, los polisacáridos de *A. auricula* han sido empleados por su actividad antioxidante como conservantes de enlatados, principalmente escabeche⁴³ ISSN: "01418130", "abstract": "The study planned to determine proximate composition, antioxidant activity and chemical characterization in the fruit bodies of *Auricularia auricula* and pickled product. Two polysaccharide fractions (AAPF, AAPP) and como suplementos de la harina de trigo para la elaboración de panes enriquecidos⁴⁴.

Conservación y almacenamiento de cepas puras

El mantenimiento y la preservación de especies fúngicas asegura la estabilidad genética de las cepas y sus particularidades fenotípicas. La elección del método adecuado dependerá del tipo de hongo a preservar, la cantidad de especies o cepas, la finalidad del espécimen y los recursos humanos y financieros disponibles⁴⁵.

Tabla. Principales actividades biológicas de *Auricularia* spp.

Bioactividad	Variiedad	Compuesto bioactivo	Referencia
Antibacterial	<i>A. auricular</i> , <i>A. polytricha</i>	Melanina, eumelanina, feomelanina, compuestos solubles en etanol.	42,62,63
Antiviral	<i>A. auricula - judae</i>	Malondialdehído, ácido ascórbico, glutatión reducido, superóxido dismutasa, catalasa y peroxidasa.	64
Antioxidante	<i>A. auricula</i> , <i>A. polytricha</i> , <i>A. fuscusuccinea</i>	Ácido ascórbico, tocoferoles, fenoles totales, polisacáridos, polisacáridos sulfatados y polisacáridos carboximetilados (los dos últimos tienen mayor actividad biológica)	40,65–69
Antiinflamatoria	<i>A. auricula - judae</i>	Glucuronoxilomananos, glucuronoxiloglucomananos, glucanos	70
Inmuno-moduladora	<i>A. auricula</i> , <i>A. polytricha</i>	Polisacáridos sulfatados, proteínas simples sin hidratos de carbono	71–73
Antitumoral	<i>A. auricula - judae</i> , <i>A. polytricha</i>	Diazane, heteroglicanos ácidos, betaglucanos (α -1,3; α -1,4; β -1,3), D-glucopiranosil (1,4)	74–77
Cardioprotectora	<i>A. auricula</i>	Polisacáridos	78
Hipolipemiente	<i>A. auricula</i> , <i>A. polytricha</i>	Polisacáridos solubles en agua	79–81 { "id" : "ITEM-2", "itemData" : { "DOI" : "10.1016/j.ifset.2008.06.004", "ISSN" : "14668564", "abstract" : "Auricularia auricula and hawthorn are well known for both traditional food and folk medicine. To develop a novel healthy functional diet (FD
Hipoglicémico	<i>A. auricula-judae</i>	Polisacáridos solubles en agua	82
Anticoagulante, antiplaquetario	<i>A. auricula</i>	Polisacáridos ácidos	83



Fig. 6. Laboratorio de Microbiología del Centro Ecuatoriano de Biotecnología y Ambiente (CEBA).

Fuente: cortesía de Edwin Ortiz.

Adicionalmente, se requiere de unas instalaciones adecuadas que garanticen la asepsia (Fig. 6). Algunos de los métodos para la conservación y almacenamiento de cepas fúngicas son:

Transferencia periódica: Este método consiste en repicar periódicamente el microorganismo en un medio de cultivo fresco cada vez que el organismo consuma los nutrientes del cultivo predecesor, brindándole las condiciones óptimas para su desarrollo ⁴⁶. Este método es poco recomendable ya que las células se siguen multiplicando obteniendo como resultado descendientes

lejanos de las células iniciales, lo que puede ocasionar la pérdida de características propias del hongo y la modificación de su información genética consecuencia de la alternancia generacional ⁴⁵.

Liofilización: La liofilización se basa en la restricción de la actividad metabólica causada por la eliminación de agua del tejido fúngico almacenado, a través de un proceso de congelación y sublimación. Este proceso al igual que el de congelación requiere el uso de sustancias criopreservantes, pero de menor punto de evaporación en el que se suspende el material a liofilizar ⁴⁷. Una de las ventajas de la aplicación de este método es que permite almacenar los liófilos a temperatura ambiente, facilitando las labores de envío de cepas y disminuyendo costos causados por el uso de sistemas de refrigeración ⁴⁸.

Congelación: La congelación o criopreservación es un método ampliamente utilizado actualmente para la conservación de hongos ^{47,49}. Este consiste en almacenar el tejido fúngico en suspensión en un agente crioprotector líquido a temperaturas menores a cero grados centígrados, congelando el agua en el tejido, lo que limita la disponibilidad de agua líquida para las células, disminuyendo además las funciones metabólicas de las mismas. Es importante tener en cuenta el uso de sustancias criopreservantes como el glicerol para evitar una posible lisis celular causada por la formación de cristales de hielo en el interior de la célula, además este método requiere del uso especial de equipos que mantengan la temperatura de almacenamiento para evitar la reactivación de las células, por tanto demanda un mayor consumo energético ocasionando un incremento en los costos ⁵⁰.

Inmersión en aceite mineral: Este método consiste en almacenar trozos de hongos desarrollados, en tubos de ensayo que contienen agar distribuido en la superficie interna del mismo, el

cual posteriormente se recubre con una capa de aceite mineral estéril^{51,52}. A través de la conservación de cepas por este método se reportan tiempos de almacenamiento de hongos filamentosos que van de los 3 a los 47 años, logrando un gran porcentaje de material puro y viable⁵³.

Inmersión en agua destilada estéril: El método de preservación en agua destilada estéril es reconocido por ser un método sencillo y económico, que asegura la preservación exitosa de cultivos fúngicos por tiempo prolongado sin que disminuya la viabilidad de las cepas. Consiste en seleccionar muestras de tejido desarrollado (esporas o hifas) depositándolas en recipientes con agua destilada estéril para ser almacenados⁵³⁻⁵⁵.

Banco de recursos genéticos

El Plan de Acción Mundial (PAM) para la Conservación y la Utilización Sostenible de los Recursos Fitogenéticos para la Agricultura y la Alimentación (RFAA), propuesto en la Cuarta Conferencia Técnica Internacional sobre RFAA (1996) y adoptado por más de 150 países incluyendo a Ecuador, establece como objetivo aumentar la seguridad alimentaria mundial mediante la conservación y la utilización sostenible de los recursos fitogenéticos⁵⁶. Este plan prioriza la conservación de la diversidad genética de los recursos que permitan afrontar la crisis alimentaria, mediante la utilización de técnicas de conservación in situ y ex situ del genoma de especies con potencial genético para la producción sostenible. El Departamento Nacional de Recursos Fitogenéticos (DENAREF) lidera el Banco Nacional de Germoplasma del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) del Ecuador, la cual es la institución pública más relevante en cuanto al número de especies almacenadas en bancos de germoplasma se refiere en el país; sin embargo, esta colección no incluye al reino fungi^{57,58}.

Por su parte, el Fungario QCA (M) de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la PUCE⁵ cuenta con más de 6 000 ejemplares representados en al menos 40 órdenes y 112 familias, provenientes de 19 provincias; siendo considerada la colección más grande de este tipo en el país. Ha logrado aumentar significativamente su número de especímenes gracias a dos cooperaciones internacionales: Con la British Mycological Society en 1993 y la Universidad de Copenhague durante los años 2002 a 2004. El fungario tiene un proyecto estudiantil de acción social en la Reserva orquideológica El Pahuma, donde se han identificado y recolectado varias especies de hongos, entre las que se encuentra *Auricularia* spp.

El éxito para el establecimiento de un banco de recursos genéticos de cualquier cepa fúngica se basa en la conservación de la pureza, preservación de la viabilidad y la estabilidad genética de los tejidos almacenados⁴⁵.

Selección de cepas de interés

La selección de determinadas cepas fúngicas para la producción de biomasa se realiza a través de una serie de análisis o ensayos que relacionen los aspectos de mayor relevancia para su producción industrial en pro de la obtención de características de interés. Pruebas de crecimiento micelial^{59,60} son algunos de los aspectos a tener en cuenta. Una vez establecida la cepa se procede a realizar labores de aislamiento e identificación que ratifiquen la correcta escogencia del material fúngico a reproducir. Ensayos de reproductibilidad en placas de Petri y la realización de cultivos a pequeña escala son métodos de selección que permiten evidenciar los factores anteriormente mencionados.

Conclusiones

Los bancos de recursos genéticos fúngicos o fungarios son una alternativa para preservar la biodiversidad de hongos del

Ecuador; constituyéndose como un soporte para la realización de estudios de biología molecular y aplicaciones industriales. El éxito para el establecimiento de un banco de recursos genéticos de *Auricularia* spp. se basa en la conservación de la pureza, preservación de la viabilidad y la estabilidad genética de los tejidos almacenados. Lo anterior se logra con buenas prácticas de identificación tanto fenotípica como genotípica, de aislamiento en medio selectivos para evitar la inhibición competitiva por otros microorganismos, de conservación y de almacenamiento de especies por congelación, liofilización, repique o inmersión en líquidos inertes como agua o aceite mineral.

Agradecimientos

El proyecto de investigación que abarca esta publicación ha contado con la cooperación del Ingenio Azucarero del Norte (IAN) y del Centro Ecuatoriano de Biotecnología y Ambiente (CEBA).

Referencias bibliográficas

- Hawksworth DL. The fungal dimension of biodiversity: magnitude, significance, and conservation. *Mycol Res.* 1991;95(6):641-655. doi:10.1016/S0953-7562(09)80810-1.
- Hawksworth DL. The magnitude of fungal diversity: the 1.5 million species estimate revisited. *Mycol Res.* 2001;105(12):1422-1432. doi:10.1017/S0953756201004725.
- Freire Fierro A. *Botánica Sistemática Ecuatoriana*. St. Louis: Missouri Botanical Garden Press ix; 2004.
- Universidad Técnica Particular de Loja. Museo de Colecciones Biológicas de la UTPL.
- Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Fungario QCA (M).
- Læssøe T, Petersen JH. Fungi of Ecuador. University of Copenhagen University of Aarhus, Denmark.
- Cruz DJ. Fungario. Museo de Colecciones Biológicas de la Universidad Técnica Particular de Loja.
- Ramírez P, Cocha JM. Degradación enzimática de celulosa por actinomicetos termófilos: aislamiento, caracterización y determinación de la actividad celulolítica. *Rev peru biol.* 2003;10(1):67-77.
- Badía M, Hernández B. Aislamiento y caracterización de cepas de *Bacillus* asociadas al cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.). *Rev Bras* 2011;6:90-99.
- Marinelli F, Molinari F. Las fermentaciones en la producción de metabolitos secundarios de interés farmacéutico. *Monogr XXXV Biocatálisis Apl a la obtención fármacos y Prod alto valor añadido*. 2012:61-104. doi:http://dx.doi.org/ES/monoranf.v0i0.1314.
- Kobayashi Y. The genus *Auricularia*. *Bull Natl Sci Mus Tokyo B.* 1981;7:41-67.
- Montoya-Alvarez A, Hayakama H, Minamya Y, Fukuda T, López-Quintero C, Franco-Molano A. Phylogenetic Relationships and Review of the Species of *Auricularia* (Fungi: Basidiomycetes) in Colombia. *Caldasia.* 2011;33(1):55-66.
- Ainsworth GC. *Ainsworth & Bisby's dictionary of the fungi*. 10ª ed. UK: Cabi; 2008.
- Oei P. Environmental care: an integrated approach. *Mushroom Cultiv.* 1996:38Y43.
- Guzmán G, Mata G, Dulce S, Soto-Velazco C, Guzmán-Dávalos L. *El Cultivo De Los Hongos Comestibles: con especial atención a especies tropicales y subtropicales en esquilmos y residuos agroindustriales*. 1ª ed. Xalapa, Veracruz: Instituto Politécnico Nacional; 1993. http://mushroomtime.org/wp-content/uploads/2014/06/07-El-cultivo-de-los-hongos-comestibles-GUZMAN-G-INECOL-.pdf.
- Cheng S, Tu CC. *Auricularia* spp. En: Chang S, Hayes WA, eds. *The biology and cultivation of edible mushrooms*. New York: Academic Press; 2013:605-624. https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=yngBAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=The+biology+and+cultivation+of+edible+mushrooms+chang&ots=6sEOS37eXd&sig=mrUP2QcQpI06Xm19qD0L-VpDHPe&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false.
- Adejumo TO. Qualitative Determination of Lignocellulolytic Enzymes in Eight Wood-Decomposing Fungi. *J Nat Sci Res.* 2015;5(14):1-8. https://www.researchgate.net/publication/283438797_Qualitative_

- Determination of Lignocellulolytic Enzymes in Eight Wood-Decomposing Fungi.
18. Worrall JJ, Anagnost SE, Zabel RA. Comparison of Wood Decay among Diverse Lignicolous Fungi. *Mycologia*. 1997;89(2):199–219. doi:10.2307/3761073.
 19. Chang S-T, Miles PG. Historical record of the early cultivation of *Lentinus* in China. *Mushroom J Trop*. 1987;7:31–37.
 20. Yan P-S, Luo X-C, Zhou Q. RAPD molecular differentiation of the cultivated strains of the jelly mushrooms, *Auricularia auricula* and *A. polytricha*. *World J Microbiol Biotechnol*. 2004;20(8):795–799. doi:10.1007/s11274-004-5840-y.
 21. Sánchez-Vázquez, J. E. Huerta G, Calvo L. Potential of *Auricularia* sp. in the recycling of agroindustrial waste products in the tropics. *Mushroom Sci*. 1995;14:877–883.
 22. Belur P, Mugeraya G. Microbial Production of Gibberellins : State of the Art. *Res J Microbiol*. 2011;6(1):25–40. doi:10.3923/jm.2011.25.40.
 23. Chang S-T, Miles PG. *Mushrooms: Cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact*. 2ª ed. (Eds., ed.). Florida: CRC Press; 2004. <http://books.google.com/books?id=XO4EG-zpp1M0C&pgis=1>.
 24. Sharma VP, Jandaik CL. Supplementation of wheat straw for the improved yields of black ear mushroom (*Auricularia polytricha*). *Mushroom Res*. 1992;1(1).
 25. Reina R, Liers C, Ocampo JA, García-Romera I, Aranda E. Solid state fermentation of olive mill residues by wood- and dung-dwelling Agaricomycetes: Effects on peroxidase production, biomass development and phenol phytotoxicity. *Chemosphere*. 2013;93(7):1406–1412. doi:10.1016/j.chemosphere.2013.07.006.
 26. Carreño-Ruiz SD, Cappello-García S, Gaitán-Hernández R, Edmundo JC-B. Crecimiento de tres hongos comestibles tropicales en medios de cultivo y residuos agrícolas. *Rev Mex Ciencias Agrícolas*. 2014;5(8):1447–1458.
 27. Abd Razak DL, Abdullah N, Khir Johari NM, Sabaratnam V. Comparative study of mycelia growth and sporophore yield of *Auricularia polytricha* (Mont.) Sacc on selected palm oil wastes as fruiting substrate. *Appl Microbiol Biotechnol*. 2013;97(7):3207–3213. doi:10.1007/s00253-012-4135-8.
 28. Qiang W. Method for cultivating *auricularia polytricha* through wild jujube branch sawdust. 2015. <https://patents.google.com/patent/CN104956924A/en?q=auricularia&q=culture&q=substrate>.
 29. Morales GE, Huerta-Palacios G, Sánchez-Vázquez JE. Production technology optimization for *Auricularia fuscusuccinea*. En: Griensven LJLD (Van. ., ed. *Science and cultivation of edible fungi. Proceedings of the 15th International Congress on the Science and Cultivation of Edible Fungi, Maastricht, Netherlands, 15-19 May, 2000*. A.A. Balkema Publishers; 2000:943–948. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=TOEMcHwWRAsC&oi=fnd&pg=PA943&dq=agroindustrial+wastes+auricularia&ots=-eNI3oS-ft&sig=8Pm-dec9NByzhEXL5GZkA4hKIUQ#v=onepage&q=agroindustrial+wastes+auricularia&f=false>.
 30. Isikhuemhen OS, Okhuoya JA, Ogboe EM, Akpaja E. Effect of substrate supplementation with nitrogen, phosphorus, potassium (NPK) fertilizer on sporophore yield in *Pleurotus tuber-regium*. *Micol Neotrop Apl*. 1999;12:9–21.
 31. Mane VP, Patil SS, Syed AA, Baig MMV. Bioconversion of low quality lignocellulosic agricultural waste into edible protein by *Pleurotus sajor-caju* (Fr.) Singer. *J Zhejiang Univ Sci B*. 2007;8(10):745–751. doi:10.1631/jzus.2007.B0745.
 32. Lowy B. A morphological basis for classifying the species of *Auricularia*. *Mycologia*. 1951;43(3):351–358. doi:10.2307/3755598.
 33. Hoog de GS, Guarro J, Gené J, Figueras MJ. *Atlas of Clinical Fungi*. 2ª ed. Centraalbureau voor Schimmelcultures (CBS); 2000.
 34. Pichel JA. El Banco de Germoplasma de Salamanca, pionero en el estudio y conservación de hongos. *Agencia Iberoamericana para la difusión de la ciencia y la tecnología Conservación y almacenamiento de cepas puras*. febrero 2012.
 35. Ames de Icochea T. *Manual de laboratorio para el manejo de hongos entomopatógenos*. Lima, Perú: International Potato Center; 2004.
 36. Quimio TH. Physiological considerations on *Auricularia* spp. En: Chang S-T, Quimio TH, eds. *Tropical Mushroom-Biological Nature and Cultivation Methods*. 1ª ed. Hong Kong: The Chinese University Press; 1982:397–408. <https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=OluzyrBPARGC&oi=fnd&pg=PR19&dq=Tropical+mushrooms+Biological>.
 37. Asociación Micológica Fungipedia. Fungipedia. <https://www.fungipedia.org/>.
 38. Lowy B. The Genus *Auricularia*. *Mycologia*. 1952;44(5):656–692. <http://www.jstor.org/stable/4547639>.
 39. Stamets P. *Growing Gourmet and Medicinal Mushrooms*. Vol 2. 3ª ed. Berkeley, California: Ten Speed Press; 2000. <https://goo.gl/5QzDMb>.
 40. Yang L, Zhao T, Wei H, et al. Carboxymethylation of polysaccharides from *Auricularia auricula* and their antioxidant activities in vitro. *Int J Biol Macromol*. 2011;49(5):1124–1130. doi:10.1016/j.ijbiomac.2011.09.011.
 41. Xiong W, Zhang Q, Yin F, et al. *Auricularia auricular* polysaccharide-low molecular weight chitosan polyelectrolyte complex nanoparticles: Preparation and characterization. *Asian J Pharm Sci*. 2016;11(3):439–448. doi:10.1016/j.ajps.2015.10.064.
 42. Zhu H, He C-C, Chu Q-H. Inhibition of quorum sensing in *Chromobacterium violaceum* by pigments extracted from *Auricularia auricular*. *Lett Appl Microbiol*. 2011;52(3):269–274. doi:10.1111/j.1472-765X.2010.02993.x.
 43. Khaskheli SG, Zheng W, Sheikh SA, et al. Characterization of *Auricularia auricula* polysaccharides and its antioxidant properties in fresh and pickled product. *Int J Biol Macromol*. 2015;81:387–395. doi:10.1016/j.ijbiomac.2015.08.020.
 44. Fan L, Zhang S, Yu L, Ma L. Evaluation of antioxidant property and quality of breads containing *Auricularia auricula* polysaccharide flour. *Food Chem*. 2007;101(3):1158–1163. doi:10.1016/j.foodchem.2006.03.017.
 45. García MD, Uruburu F. La conservación de cepas microbianas. *Actual SEM*. 2000;30(1):12–16. https://www.semicrobiologia.org/pdf/actualidad/SEM30_12.pdf.
 46. Leal, Sánchez LC, Corrales Ramírez LC. Congelación bacteriana: Factores que intervienen en el proceso. *Nova*. 2005;3(3).
 47. Moraes-Borba de C, Rodrigues DF. Viability and sporulating capability of Coelomycetes preserved under a range of different storage regimes. *Rev Iberoam Micol*. 2000;17(4):142–145.
 48. Arun PR, Azeez PA. Development of a novel lyophilization protocol for preservation of mushroom mycelial cultures. *CurrSci*. 2004;87(5):568–570. <http://www.iisc.ernet.in/currsci/sep102004/568.pdf>.
 49. Carmichael JW. Frozen Storage for Stock Cultures of Fungi. *Mycologia*. 1956;48(3):378–381. <http://www.jstor.org/stable/3755355>.
 50. Bosmans J. Ten years lyophilization of pathogenic fungi. *Mycopathol Mycol Appl*. 1974;3:13–23.
 51. Buell CB, Weston WH. Application of the Mineral Oil Conservation Method to Maintaining Collections of Fungous Cultures. *Am J Bot*. 1947;34(10):555–561. <http://www.jstor.org/stable/2437337>.
 52. Ferreti-de-Lima R, De-Moraes-Borba C. Viability, morphological characteristics and dimorphic ability of fungi preserved by different methods. *Rev Iberoam Micol*. 2001;18(4):191–196.
 53. Panizo MM, Reviákina V, Montes W, González G. Mantenimiento y Preservación de hongos en agua destilada y aceite mineral. *RevSocVenMicrobiol*. 2005;25(1):1–9.
 54. Bueno L, Gallardo R. Preservación de hongos filamentosos en agua destilada estéril. *Rev Iberoam Micol*. 1998;5:166–168.
 55. Qiangqiang Z, Jiajun W. Fungi Using Sterile Distilled. 1998;257:255–257.
 56. Comisión de recursos genéticos para la alimentación y la agricultura, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura -FAO-. *Segundo plan de acción mundial para los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura*.; 2011.
 57. DENAREF. Departamento Nacional de Recursos fitogenéticos: misión, visión, objetivos, actividades. Documento de difusión. 2011:6. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2660>.
 58. Tapia C, Zambrano E, Montero A. *Estado de los Recursos Filogenéticos para la Agricultura y Alimentación en el Ecuador. Publicación Miscelánea No. 114*. Quito; 2008.
 59. Adenipekun C., Lawal R, Isikhuemhen O. . Effect of growth supporting additives on the performance of *Auricularia auricula* on *Mansonia altissima* A . chev sawdust. *Int Food Res J*. 2015;22(5):2167–2173.
 60. Zervakis G, Philippoussis a, Ioannidou S, Diamantopoulou P. Mycelium growth kinetics and optimal temperature conditions for the cultivation of edible mushroom species on lignocellulosic substrates. *Folia Microbiol (Praha)*. 2001;46(3):231–234. doi:10.1007/BF02818539.
 61. Onyango B., Palapala V., Arama P., Wangai S., Gichimu B. Morphological characterization of Kenyan native wood ear mushroom [Au-

- ricularia auricula (L. ex Hook.) Underw.] and the effect of supplemented millet and sorghum grains in spawn production. *Agric Biol J North Am.* 2011;2(3):407-414. doi:10.5251/abjna.2011.2.3.407.414.
62. Li B, Dong M. Inhibition effect of extract from *Auricularia auricular* on quorum sensing and biofilm formation of bacteria. *Food Sci.* 2010;31:140-143. http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTotal-SP-KX201009035.htm.
63. Lu J V., Tang A V. Cellulolytic Enzymes and Antibacterial Activity of *Auricularia polytricha*. *J Food Sci.* 1986;51(3):668-669. doi:10.1111/j.1365-2621.1986.tb13907.x.
64. Ma H, Xu X, Feng L. Responses of antioxidant defenses and membrane damage to drought stress in fruit bodies of *Auricularia auricula-judae*. *World J Microbiol Biotechnol.* 2014;30(1):119-124. doi:10.1007/s11274-013-1416-z.
65. Mau J-L, Chao G-R, Wu K-T. Antioxidant Properties of Methanolic Extracts from Several Ear Mushrooms. *J Agric Food Chem.* 2001;49(11):5461-5467. doi:10.1021/jf010637h.
66. Nguyen TL, Chen J, Hu Y, et al. In vitro antiviral activity of sulfated *Auricularia auricula* polysaccharides. *Carbohydr Polym.* 2012;90(3):1254-1258. doi:10.1016/j.carbpol.2012.06.060.
67. Sun Y, Li T, Liu J. Structural characterization and hydroxyl radicals scavenging capacity of a polysaccharide from the fruiting bodies of *Auricularia polytricha*. *Carbohydr Polym.* 2010;80(2):377-380. doi:10.1016/j.carbpol.2009.11.033.
68. Zeng W-C, Zhang Z, Gao H, Jia L-R, Chen W-Y. Characterization of antioxidant polysaccharides from *Auricularia auricular* using microwave-assisted extraction. *Carbohydr Polym.* 2012;89(2):694-700. doi:10.1016/j.carbpol.2012.03.078.
69. Zhang H, Wang Z-Y, Yang L, Yang X, Wang X, Zhang Z. In Vitro Antioxidant Activities of Sulfated Derivatives of Polysaccharides Extracted from *Auricularia auricular*. *Int J Mol Sci.* 2011;12(5):3288-3302. doi:10.3390/ijms12053288.
70. Ukai S, Hara C, Kuruma I, Tanaka Y. Polysaccharides in fungi. XIV. Anti-inflammatory effect of the polysaccharides from the fruit bodies of several fungi. *J Pharmacobiodyn.* 1983;6(12):983-990. doi:10.1248/bpb1978.6.983.
71. Nguyen TL, Wang D, Hu Y, et al. Immuno-enhancing activity of sulfated *Auricularia auricula* polysaccharides. *Carbohydr Polym.* 2012;89(4):1117-1122. doi:10.1016/j.carbpol.2012.03.082.
72. Sheu F, Chien P-J, Chien A-L, Chen Y-F, Chin K-L. Isolation and characterization of an immunomodulatory protein (APP) from the Jew's Ear mushroom *Auricularia polytricha*. *Food Chem.* 2004;87(4):593-600. doi:10.1016/j.foodchem.2004.01.015.
73. Yu J, Sun R, Zhao Z, Wang Y. *Auricularia polytricha* polysaccharides induce cell cycle arrest and apoptosis in human lung cancer A549 cells. *Int J Biol Macromol.* 2014;68:67-71. doi:10.1016/j.ijbiomac.2014.04.018.
74. Reza MA, Hossain MA, Lee SJ, et al. Dichlormethane extract of the jelly ear mushroom *Auricularia auricula-judae* (higher Basidiomycetes) inhibits tumor cell growth in vitro. *Int J Med Mushrooms.* 2014;16(1):37-47. doi:10.1615/IntJMedMushr.v16.i1.40.
75. Song G, Du Q. Structure characterization and antitumor activity of an α β -glucan polysaccharide from *Auricularia polytricha*. *Food Res Int.* 2012;45(1):381-387. doi:10.1016/j.foodres.2011.10.035.
76. Ma Z, Wang J, Zhang L, Zhang Y, Ding K. Evaluation of water soluble β -d-glucan from *Auricularia auricular-judae* as potential anti-tumor agent. *Carbohydr Polym.* 2010;80(3):977-983. doi:10.1016/j.carbpol.2010.01.015.
77. Ukai S, Kihō T, Hara C, et al. Antitumor Activity of various Polysaccharides isolated from *Dictyphora indusiata*, *Ganoderma japonicum*, *Cordyceps cicadae*, *Auricularia auricula-judae*, and *Auricularia* Species. *Chem Pharm Bull.* 1983;31:741-744.
78. Wu Q, Tan Z, Liu H, et al. Chemical characterization of *Auricularia auricula* polysaccharides and its pharmacological effect on heart antioxidant enzyme activities and left ventricular function in aged mice. *Int J Biol Macromol.* 2010;46(3):284-288. doi:10.1016/j.ijbiomac.2010.01.016.
79. Cheung PCK. The hypocholesterolemic effect of two edible mushrooms: *Auricularia auricula* (tree-ear) and *Tremella fuciformis* (white jelly-leaf) in hypercholesterolemic rats. *Nutr Res.* 1996;16(10):1721-1725. doi:10.1016/0271-5317(96)00191-1.
80. Luo Y, Chen G, Li B, Ji B, Guo Y, Tian F. Evaluation of antioxidative and hypolipidemic properties of a novel functional diet formulation of *Auricularia auricula* and Hawthorn. *Innov Food Sci Emerg Technol.* 2009;10(2):215-221. doi:10.1016/j.ifset.2008.06.004.
81. Zeng F, Zhao C, Pang J, Lin Z, Huang Y, Liu B. Chemical properties of a polysaccharide purified from solid-state fermentation of *Auricularia auricular* and its biological activity as a hypolipidemic agent. *J Food Sci.* 2013;78(9). doi:10.1111/1750-3841.12226.
82. Yuan Z, He P, Cui J, Takeuchi H. Hypoglycemic effect of water-soluble polysaccharide from *Auricularia auricula-judae* Quel. on genetically diabetic KK-Ay mice. *Biosci Biotechnol Biochem.* 1998;62(June 2016):1898-1903. doi:10.3177/jnsv.44.829.
83. Yoon S-J, Yu M-A, Pyun Y-R, et al. The nontoxic mushroom *Auricularia auricula* contains a polysaccharide with anticoagulant activity mediated by antithrombin. *Thromb Res.* 2003;112(3):151-158. doi:10.1016/j.thromres.2003.10.022.

Recibido: 20 de abril de 2016.

Aprobado: 2 de junio de 2016.