



FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“USO DE HONGOS PARA LA REMEDIACIÓN DE SUELOS
CONTAMINADOS POR RESIDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS EN
EL PERÚ”

Trabajo de Investigación para optar el grado de:
BACHILLER EN INGENIERÍA AMBIENTAL

Presentado por:

Rocío del Pilar Cuenca de la Fuente Chávez

Asesor:

Armando Vélez Azañero

Lima – Perú

2019



RESOLUCIÓN DIRECTORAL ACADÉMICA DE CARRERA N°163-2019-DACIA-DAFCA-CIENTIFICA

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES / CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

Lima 11 de noviembre de 2019

VISTO:

La revisión realizada y la aprobación de Trabajo de Investigación titulado: **Uso de hongos para la remediación de suelos contaminados por residuos sólidos domésticos en el Perú**, presentado por:

- **Rocío Cuenca De La Fuente Chávez**

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo al Reglamento General de la Universidad Científica del Sur y los reglamentos de pregrado para obtener el grado de Bachiller en **Ingeniería Ambiental** en la **Facultad de Ciencias Ambientales**, se debe desarrollar un trabajo de investigación.

Que, de acuerdo a la normativa vigente de la Universidad Científica del Sur, en uso de las atribuciones conferidas al Director Académico de Carrera.

SE RESUELVE:

Aprobar e inscribir el trabajo de investigación titulado: **Uso de hongos para la remediación de suelos contaminados por residuos sólidos domésticos en el Perú** con N° de registro de la carrera: **025-FCA-IAM**.

Nombrar al docente/colaborador **Armando Vélez Azañero** como asesor de dicho trabajo de investigación.

Regístrese, comuníquese y archívese,



Mg. Gonzalo Francisco Flores Roca
Director Académico de Carrera
Ingeniería Ambiental

USO DE HONGOS PARA LA REMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS POR RESIDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS EN EL PERÚ

Rocío Cuenca de la Fuente Chávez & Armando Vélez-Azañero

Universidad Científica del Sur. Facultad de Ciencias Ambientales. Carrera de Ingeniería Ambiental. Panamericana Sur Km 19. Lima 42.

chio121095@hotmail.com

RESUMEN

Los residuos sólidos domésticos son un gran problema en la actualidad, ya que el metano genera contaminación del suelo por los lixiviados de diversos productos como plásticos, pilas, materia orgánica, metales, restos de hidrocarburos, tintes, entre otros; en su mayoría son llevados a basureros informales donde no cuentan con ningún tratamiento. Las sustancias de todos los componentes que integran los residuos afectan las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo. El Perú cuenta con un sistema limitado de gestión de residuos sólidos, lo que afecta la capacidad productiva del suelo que a su vez genera pérdidas de cultivos y económicas para el Estado y los agricultores, porque requieren del empleo de fertilizantes que muchas veces tienen costos elevados y deben ser importados como el caso de los productos nitrogenados. Además, existen diversos sectores del país con un alto grado de degradación del suelo y zonas que poseen tierras de cultivo con baja calidad para la actividad agrícola. Por ello, un método para solucionar este problema es aplicando técnicas de remediación como el uso de hongos degradadores. Diversos estudios indican que las especies micorrizas, micomicetos, *Pleurotus ostreatus*, *Pestalotiopsis microspora*, *Auricularia*, *Aspergillus Flavus*, *Penicillium*, *Cladosporium* y *Helminthosporium*, son capaces de degradar polietileno, metales pesados, hidrocarburos, mejorar la productividad y calidad del suelo, debido a su adaptabilidad al estrés por factores externos, capacidad de intercambio iónico, quelación, capacidad de síntesis enzimática y sus esporas resistentes. Son una solución económica ya que las grandes cantidades de desechos sólidos forman parte de su alimentación. Sin embargo, en el Perú existe información limitada en cuanto al uso de hongos para la remediación de suelos por residuos sólidos domésticos, las aplicaciones son escasas. Por lo tanto, se debe incentivar a realizar más estudios en cuanto a este tema en las diferentes instituciones estatales y privadas; y publicar los resultados, para que las municipalidades de todo el país comiencen a emplear este método biorremediador.

Palabras Claves: Residuos sólidos, contaminación, remediación, hongos, suelo

ABSTRACT

The domestic solid waste is a big problem nowadays, since the methane generates soil contamination by the leachates of diverse products such as plastics, batteries, organic matter, metals, hydrocarbon remains, dyes, among others; they are mostly taken to informal landfills where they have no treatment. The substances of all the components that make up the waste affect the chemical, physical and biological properties of the soil. Peru has a limited solid waste management system, which affects the productive capacity of the soil that in turn generates crop and economic losses for

the State and farmers, because they require the use of fertilizers that often have high costs and they must be imported as in the case of nitrogen products. In addition, there are several sectors of the country with a high degree of soil degradation and areas that have cropland with low quality for agricultural activity. Therefore, one method to solve this problem is to apply remediation techniques such as the use of degrading fungi. Several studies indicate that the mycorrhizal species, *Mycomycetes*, *Pleurotus ostreatus*, *Pestalotiosis microspora*, *Auricularia*, *Aspergillus Flavus*, *Penicillum*, *Cladosporium* and *Helminthosporium*, are capable of degrading polyethylene, heavy metals, hydrocarbons, improve productivity and soil quality, due to their adaptability to stress due to external factors, ion exchange capacity, chelation, enzymatic synthesis capacity and its resistant spores. They are an economical solution since large amounts of solid waste are part of their diet. However, in Peru there is limited information regarding the use of fungi for the remediation of soils by domestic solid waste, the applications are scapes. Therefore, we must encourage more studies on this issue in different state and private institutions; and publish the results, so that municipalities throughout the country begin to use this bioremediation method.

Keywords: Solid waste, pollution, remediation, fungi, soil

REVISIÓN TEÓRICA

1. INTRODUCCIÓN

En el mundo la producción de residuos sólidos por hora es de aproximadamente 230 mil toneladas y en Perú es de 920 toneladas de residuos por hora (Waste Atlas, 2018) de los cuales en su mayoría llegan a botaderos informales siendo el caso más severo en La Libertad (Organización de Evaluación y Fiscalización Ambiental, 2014); algunos autores estiman que dentro de 30 años la cifra llegará a ser más de 1 millón de toneladas de residuos sólidos generados por hora (Pham *et al.*, 2015), por el mal manejo, alrededor de 30% de estos residuos llegan al suelo (La Vanguardia, 2017) contaminando y generando problemas en su productividad como es el caso del cultivo de cereales que ha disminuido en 8 millones de hectáreas (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2015).

En el Perú, el espárrago producido en Chincha a partir del 2000 decayó 5,7% (Gómez y Flores, 2015), el 50% de las áreas dedicadas al cultivo de algodón han disminuido entre el 2010 y 2015 a 23 000 hectáreas (El Comercio, 2016); Entre el 2015 y 2016 la producción agrícola segregada fue de -26,51% para la Quinoa, -35,34% para el algodón rama, -45% para la Paprika (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2017), la entidad financiera adscrita al Ministerio de Agricultura obtuvo un resultado neto a fines del 2016 de S/. -94'849 246 comparado a S/.17'325 926 en el 2015, hubo un decrecimiento de 676,4% (AGROBANCO, 2016).

Además, la disminución de la productividad del suelo ha provocado que se incremente el uso de fertilizantes en el Perú, desde 1990 al 2002, hubo un crecimiento de 140% (Fernández, 2003). En Ica, Trujillo, Chiclayo y Piura se encuentra el 30% del mercado de

fertilizantes (El Comercio, 2016). El costo de fertilizantes como urea ha aumentado su valor en 104% desde el 2000 al 2006, el incremento de este insumo es de 30%, el cual representa entre el 10-15% del costo de la producción agrícola afectando económicamente las ganancias del agricultor (Revista Agraria, 2007). Las importaciones de fertilizantes también han aumentado 6,2% con 1,2 millones de toneladas a US\$ 588 millones, 54,3% fueron productos nitrogenados, 14,7% potásico y 0,2% fosfatos (Agencia Peruana de Noticias, 2012).

En el mundo el impacto de la degradación del suelo representa entre 0,3 a 0,4 del PIB (Banco Mundial, 2005). En el caso del Perú esta degradación representa alrededor de 128 millones de hectáreas, un 6,4% de esta cifra tiene una erosión severa encontrándose en la Sierra (Anuario de Estadísticas Ambientales, 2013).

Para recuperar un suelo contaminado se puede utilizar diferentes técnicas como las de contención que evitan que los contaminantes ingresen al suelo o a la napa freática, (Ortiz-Bernad *et al.*, 2004), de la misma forma se puede utilizar barreras verticales con geomembranas (Thomas y Koerner, 1996). Existen otras técnicas fisicoquímicas que disminuyen la concentración del contaminante, como es el caso de la estabilización (Suthersan, 1997). La forma de descontaminación más viable si se quiere ahorrar costos es la biorremediación que abarca la degradación enzimática, remediación microbiana, fitorremediación (ArgenBio, 2007).

En cuanto a los precios de remediación de suelos existen técnicas muy costosas como el “cultivo en tierra” y la extracción de vapor cuyos costos varían entre los 400 y 1000 dólares por metro cúbico de suelo, las técnicas biológicas como fitorremediación y biorremediación cuestan entre 400 y 100 dólares por metro cúbico respectivamente (E-

tech International, 2016). En niveles de eficiencia, la técnica de lavado con Surfactante Triton X-114 tiene un porcentaje de remoción de contaminantes como hidrocarburos de 11,9%, mientras que con la técnica de biorremediación se tiene una remoción del contaminante en un 44,4% (Alba, 2011), además la micorremediación tiene costos menores a la técnica de excavación (Guerrini, 2009).

El objetivo de este trabajo fue identificar la información disponible sobre el uso de hongos como remediadores de un suelo contaminado con residuos sólidos domésticos en el Perú, por su importancia como método viable para la recuperación de suelos, disminución de enfermedades en la población y disminución en la contaminación paisajística.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. SUELOS CONTAMINADOS

2.1.1. Generalidades

Suelo es la capacidad que tiene de funcionar en un ecosistema y sus diferentes usos como la productividad biológica, calidad ambiental y mantenimiento de la salud de los seres vivos (Doran y Parkin, 1994). El suelo proviene de la roca madre que es modificada por factores ambientales mediante procesos que le generan características propias, por ello, diversos factores como el clima, ubicación geográfica, actividad humana se encargan de formarlo. El suelo es la parte biológicamente activa de la corteza terrestre (EcuRed,2018) siendo su productividad un indicador de su calidad (Northcliff, 2002). Su fertilidad se define como la capacidad de brindar los nutrientes y

agua necesarios para la planta, además de evitar sustancias tóxicas que puedan perjudicarla (FAO, 2002).

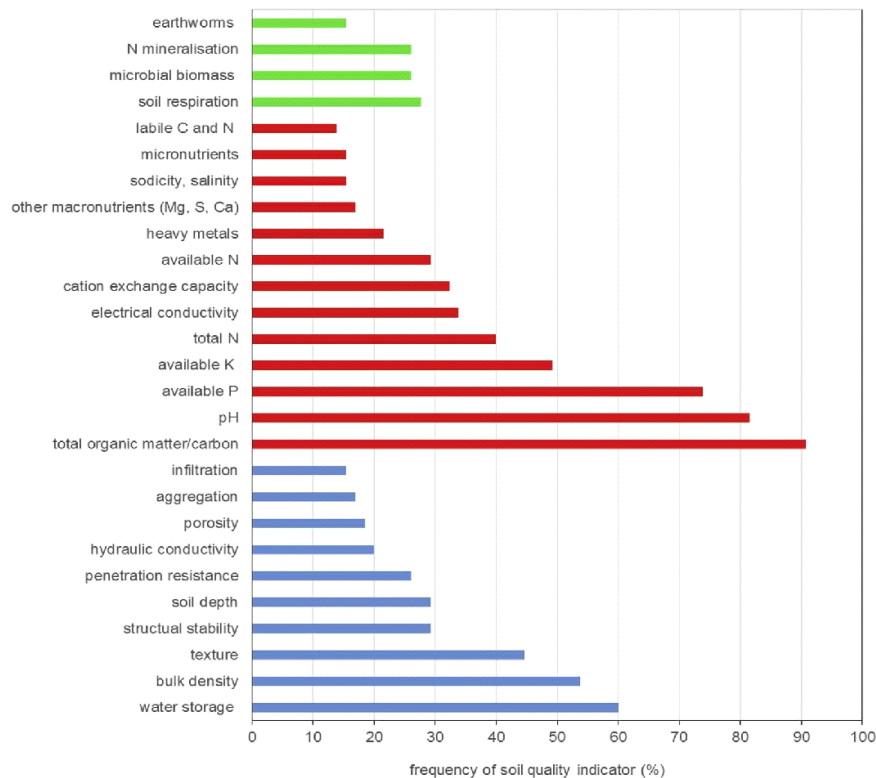
El estudio del suelo ayuda a conocer y tomar decisiones, respecto a su uso, siendo un primer paso para su sostenibilidad (Bünemann *et al.*, 2018). Suelo contaminado es todo aquel que sus características físicas, químicas o biológicas se han visto alteradas de forma negativa por la presencia de componentes peligrosos, principalmente de origen humano, en concentraciones que ponen en riesgo la salud y el medio ambiente (INIA, 2007) además, por su fragilidad y difícil recuperación se ve más afectado cuando es contaminado (EcuRed, 2011). Es una estación de tránsito de los contaminantes por ser interfase entre la biosfera, litosfera e hidrosfera (INGACAL, 2016). El suelo se contamina por acción de la naturaleza, uso indiscriminado de agroquímicos, proyectos petroleros y mineros, ganadería extensiva y disposición inadecuada de residuos sólidos (Montes, 2014). Un ejemplo de ello es en la Reserva Nacional de Pacaya Samiria en la Amazonía peruana donde un derrame de petróleo provocó altas concentraciones de hidrocarburos en el suelo que superaron los estándares de calidad ambiental (RPP, 2014). En Puno en el distrito de Pusi 96,54 ha de suelo fueron degradadas por actividad petrolera (Balcon y Xavier, 2017).

2.1.2. Propiedades de un suelo productivo

Los indicadores del suelo que más se toman en cuenta para medir su calidad es la cantidad de carbono orgánico en casi un 100% de los casos, pH en un 80%, disponibilidad de nutrientes como el fósforo, nitrógeno, potasio que son elementos fundamentales para el desarrollo de una planta y como

indicador físico, lo que se mide con mayor detenimiento es la disponibilidad de agua, así como su cantidad, la textura, profundidad, densidad aparente, estabilidad de los agregados y conductividad hidráulica saturada que son características más susceptibles a factores externos (Ramírez *et al.*, 2012) y por último, se mide la cantidad de biomasa en el suelo como indicador biológico (Arshad y Martin, 2002). El contenido de biomasa determina el nivel de desarrollo de plantas y raíces en el horizonte superior húmico (Hernández *et al.*, 2017). En el Perú cerca del 42% del suelo se encuentra en estado de protección dejando un sector limitado para la agricultura (MINAGRI, 2018). La clasificación de suelos productivos son tres, las tierras aptas para cultivos limpios donde se posee mayor calidad agrológica, representan el 3,8 % del territorio nacional; las tierras aptas para cultivos permanentes con condiciones ecológicas no favorables para la remoción periódica ubicadas principalmente en valles de la Selva Alta, Costa y Sierra, representan el 2,1 % de territorio nacional; las tierras aptas para pastos, ubicadas en la zona alto Andina, representan el 14%; tierras aptas para producción forestal que constituye el 38% de la superficie y el % de ellas se encuentra en la amazonia (ONERN, 1985). Se necesita un conjunto de indicadores para evaluar un suelo y se debe verificar y evaluar como un todo (Cardoso *et al.*, 2013; Figura 1).

Figura 1. Indicadores de la calidad del suelo



Fuente: Bünemann et al. (2018)

2.1.3. Factores que afectan el suelo

El suelo se ve alterado constantemente por diversos factores como es la cantidad de lluvia que hay en un lugar o los diferentes métodos de riego, si es que es un suelo para uso agrícola (Jordán, 2006). El mal manejo del agua provoca la erosión hídrica del suelo, afectando principalmente los niveles de densidad aparente, pérdida de suelo fértil (FAO, 2003) tanto los minerales como la materia orgánica son arrastrados o lavados por el efecto del agua. Otra consecuencia de la erosión hídrica es que cambia la estructura química y física del suelo, alterando, por ejemplo, el pH, la formación de costras en la superficie, que impiden el crecimiento de plantas y aireación, acelera la compactación del suelo, disminuyendo la capacidad de infiltración. Las pérdidas en la agricultura por erosión del suelo y por la salinización va desde

544 millones de soles a 918 millones de soles anuales (Larsen y Strukova, 2005). En Ñaña, la deforestación provocó cambios en las propiedades fisicoquímicas de los suelos áridos, luego de realizarse forestación los niveles de significancia de P fueron $p=0,012\%$ y la densidad aparente $p=0,043\%$ en comparación con otros indicadores (La Rosa, 2018). Otro factor que afecta el suelo son los residuos sólidos domésticos, como es en el caso del poblado Uros Chulluni, con niveles de CE entre 2,62 mS/cm y 4,08 mS/cm sobrepasando los ECA-suelo (CE: 2 mS/cm; Flores y Wilber, 2017). Los botaderos que se encuentran a lo largo del margen izquierdo del río Rímac generan contaminación del suelo e inestabilidad de estos provocando desplomes, agrietamiento y perjudicando los cultivos en Comas y Carabayllo (Durand y Metzger, 2009).

2.1.3.1. Residuos sólidos

2.1.3.1.1. Tipos de Residuos Sólidos

Residuo sólido es todo tipo de desecho que es generado por el hombre, puede llegar a ocupar zonas extensas de terreno con el paso del tiempo (Bembibre, 2011). Son las sustancias o productos sólidos que deben ser dispuestos según la normativa nacional, algunos de estos pueden ser reaprovechados (MINAM, 2016). Se genera por núcleos urbanos (Pérez, 2014). En Europa, tienen como prioridad la eficiencia del manejo de los residuos, por este motivo, han creado diversas políticas para una mejor administración. Con estas medidas, en cuatro años hubo un decrecimiento en la cantidad de residuos sólidos per cápita, de 0,523 TnRs a 0,475 TnRs/cápita (Eurostat, 2016). La Agencia de protección

ambiental de Estados Unidos, indicó que, al tener una gran cantidad generada de residuos sólidos domésticos, los estadounidenses, deben pagar aproximadamente el monto de 1000 millones de dólares, para que estos residuos sean reubicados (Oliver, 2007). En Huancayo, 15 TnRs tuvieron que ser recogidas del río Corona del Fraile y Sihuas (El Comercio, 2014). Puno ha aumentado la cantidad de residuos de 3 TnRs/h a 4 TnRs/h y se requiere de 18 millones de soles para su gestión (Perú 21, 2013). En el santuario histórico de Machu Picchu y pueblos aledaños 69% del material de los rellenos sanitarios es materia orgánica, seguido de plásticos y papeles (Villafuerte *et al.*, 2004).

Los grandes volúmenes de residuos sólidos pueden servir en diferentes aplicaciones. Por ejemplo, el compostaje a través del uso de microorganismos (Mohee y Sobhany, 2014), puede llegar a disminuir los niveles de contaminación dependiendo de la estabilidad alcanzada (Sheelhase y Bidlingmaier, 1997), pero sino es tratado adecuadamente, puede traer problemas como olores indeseables y mayor producción de gases de efecto invernadero (Meligoklu *et al* 2013). Los residuos sólidos se dividen en tres, estos van a depender de su gestión (municipal y no municipal), origen (domiciliario, comercial, residuo de limpieza de vías públicas, hospitalización, construcción, agropecuario, actividades especiales y peligrosidad (peligrosos y no peligrosos; MINAM, 2015).

Los residuos sólidos domésticos se van a dividir dependiendo de su composición, por ello se tiene los residuos orgánicos y los inorgánicos.

Están compuestos de basura, electrodomésticos, restos de actividades comerciales (Echarri, 1998). Además de residuos generados por actividades industriales y hospitalarias (Rezagos, 2018). También se dividen según su forma, ya sea sólida, líquido, gaseoso o pastosa (García y Toro, 2000). Dentro de los residuos orgánicos, se encuentran los residuos sólidos Biodegradables. Lima genera 0,65 kg de basura por habitante, 51,6% es orgánica, 9,1% plástico, 0,67 % papel; el 90,91% de la basura generada en Lima Sur es llevada al relleno sanitario Portillo Grande, 100% de la basura de Lima Este a Huaycoloro, de Lima Centro al Modelo del Callao y 37,5% de la basura de Lima Norte al Zapallal (OEFA, 2015)

Orgánicos (Residuos sólidos Biodegradables)

Son todos los residuos que se pueden descomponer de forma natural y se transforman en materia orgánica por acción de microorganismos en sistemas aeróbicos (Desechos-sólidos, 2018). Por su composición (carbono, nitrógeno, oxígeno e hidrógeno) forma parte de ecosistemas luego de descomponerse, integrándose a la tierra (OCIO, 2018). Los residuos sólidos domésticos son todos los materiales que se usan cotidianamente en el hogar y que son desechados, por ejemplo, los restos de comida, que se define como cualquier elemento que no es consumido o que es desechado al momento de cocinar, ya sea en un hogar o en un restaurante o fast-food (EPA, 2008). En algunas partes del mundo, productos alimenticios que aún se pueden consumir, son

llevados a los basureros (Melikoglu *et al.*, 2013), lo cual se ve asociado con el crecimiento económico del país. Estado Unidos, al tener una buena economía, se encuentra número uno en la lista de desperdicios de comida. En 1995, sus residuos sólidos domésticos representaban el 27% de la disponibilidad de alimentos para el consumo de la población (Kantor *et al.*, 1997).

Inorgánicos

A diferencia de los residuos sólidos orgánicos, estos tardan en descomponerse de forma natural, en ellos se debe realizar procesos mecánicos o químicos que permitan degradarlos o reciclarlos (RD San Juan, 2016). El tiempo de degradación va desde un año para el papel, 150 años para las bolsas de plástico que constituyen el 9% de residuos inorgánicos (Planetica, 2011), 1000 años para una pila y 4000 años para una botella de vidrio (COSTA, 2016). Existen diferentes tipos de residuos sólidos inorgánicos como los residuos sólidos inertes que son todos aquellos que provienen de una construcción de una vivienda, edificio, estos pueden ser desde piedras, ladrillos, hasta bloques grandes de concreto, también conocidos como “desmontes”, además son de gran volumen y difíciles de transportar (Reciclamas, 2018). En los residuos sólidos compuestos se encuentran todo tipo de prenda de vestir y juguetes de plástico, por otro lado, los residuos sólidos peligrosos son desechos tóxicos del hogar, como las baterías, pilas, aceites, detergentes, medicamentos, pinturas, entre otros (Kunitoshi, 1984). Entre Lima y

Callao se desechan 430 toneladas de botellas de plástico (Perú21, 2016), de las cuales 1,9% son reaprovechables (ANDINA, 2017).

2.1.3.1.2 Grado de Toxicidad

Los lixiviados son un gran problema que pone en riesgo el suelo, los rellenos producen entre 0,17 m³ a 0,25 m³ por tonelada (Ozkaya, 2005). La toxicidad de los residuos sólidos se va a incrementar, cuando son incinerados, generando mayor dióxido de carbono, óxido de nitrógeno y dióxido de sulfuro, también produce otros como mercurio y dioxinas (Faaij *et al.*, 1997). Por otra parte, son un problema hidrológico, ya que los lixiviados llegan desde el suelo a las aguas subterráneas provocando riesgos ambientales y enfermedades cancerígenas (Dzionek *et al.*, 2016). Existen residuos peligrosos que poseen pH menores a dos y otros pH mayores a 12,5, entre los más tóxicos se tiene cianuros, arsénico, Pb, polifenoles, plaguicida, anilina, nitrobenzeno, ácido sulfúrico, cloro, estos elementos se encuentran en productos de limpieza, blanqueadores, removedores de esmalte, entre otros (INECC, 2007).

2.1.3.1.3 Hongos Degradadores

2.1.3.1.3.1.Generalidades

La mayoría de los hongos suelen ser filamentosos, tienen un crecimiento apical, pueden ser heterótrofos con dos tipos de reproducción asexual y sexual (Uribarren y Rosio, 2017). En general son muy diversos y presentan diferentes estructuras según su composición (Herrera y Ulloa, 1990). Existen aproximadamente 97862 especies de hongos conocidas (Kirk *et*

al., 2008). Hay muchas hipótesis sobre el cálculo de hongos en el mundo, una de las más conocidas proponía que había 1,5 millones de especies (Hawksworth, 2001). Sin embargo, se sugiere utilizar otros parámetros para evaluar la cantidad de hongos, como hábitats, asociación con otros organismos y distribución geográfica (Schmit y Mueller, 2007). Se estima que existen entre 53000 y 110000 de macro hongos en el mundo (Muller, 2007), por ello, se recomienda que, al momento de realizar inventarios en un bosque tropical, se cuente con la presencia de 21 taxónomos de diferentes grupos de hongos (Hyde, 1997). En el Perú en la actualidad el uso de hongos se deriva a las actividades gastronómicas y medicinales como especies de *Calvatia* y *Lycoperdon* (Trutmann & Luque, 2012).

2.1.3.1.3.2. Propiedades de los hongos degradadores

Existen hongos solubilizadores de fosfato que van a promover la solubilización de componentes insolubles de P (Arrieta *et al.*, 2015). Su alta capacidad de adaptación a diferentes situaciones de estrés, promueven que se sigan realizando investigación de búsqueda de más especies con esta capacidad (Ravikumar *et al.*, 2004). La cantidad de carbono en el suelo promueve el aumento de la biomasa de los hongos, ya que lo utilizan como fuente de energía (Ulloa y Hanlin, 2012).

2.1.3.1.3.3. Tipos de hongos degradadores

Existen tres grandes reinos dentro de los hongos (Dictionary of the Fungi, 2001):

1. Reino Fungi: Existen 99000 especies en este reino, los cuales pueden vivir en diferentes ecosistemas como aire, tierra, agua e incluso en animales y plantas (Martínez, 2017). Dentro de este reino se encuentran los Chytridiomycota hongos más primitivos, Blastocladiomycota posee una morfología simple, Neocallimastigomycota que habitan en el sistema digestivo de mamíferos herbívoros, Zygomycota, Glomeromycota el cual forma es conocido por formar asociaciones simbióticas con plantas también conocidas como micorrizas (Grisales, 2017), Basidiomycota siendo los más comunes los champiñones, phylum Microsporidia, las cuales cuentan con esporas muy resistentes (Bioenciclopedia, 2007). Todas ellas, presentan diferentes características, por ejemplo, algunos presentan zoosporas, otros, esporas inmóviles o cigosporas. Pueden tener ascomas y ascosporas. Son especies micorrícicas y otras parásitas (Ulloa y Hanlin, 2012).
2. Reino Chromista: Se encuentran: phylum Oomycota sin red mucosa, Hyphochytriomycota no presentan red mucosa, Labyrinthulomycota generalmente son marinos y poseen una red mucosa (Universidad de Almería). Se caracterizan por ser biflagelados, poseer redes viscosas y un flagelo mastigonemas (Ulloa y Hanlin, 2012). También llamados pseudohongos se pueden incluir en el reino *Stramenopila* (Alexopoulos et al., 1996).
3. Reino Protozoa: En este reino están los phyla Cercozoa, Percolozoa, Amoebozoa, Choanozoa. Lo que caracteriza a este reino es su forma de nutrición por fagocitosis y absorción, además de estar compuestos por mixamebas (Ulloa y Hanlin, 2012). En este reino se tiene los Zooflagelados

como *Trypanosoma gambiense*, que en su mayoría habitan en el suelo, los Sarcodinos que emiten pseudópodos, Esporozoarios de tipo parásitos, ciliados que poseen mecanismos para evadir y alejarse de sustancias nocivas (García, 2010).

La variabilidad de especies se va a presentar dependiendo del grado de descomposición de la materia (Kubartová *et al*, 2012). Por ello, se ha estudiado sus cambios en los bosques primarios y en los bosques secundarios (Mueller *et al.*, 2006).

2.1.3.1.3.4. Medio de cultivo

Los medios de cultivo son una combinación de nutrientes que, en la cantidades adecuadas y medio físico óptimo, va a permitir el crecimiento de bacterias, levaduras y hongos. Debe contener carbono, nitrógeno, azufre, fósforo, y sales inorgánicas como potasio, magnesio, hierro, calcio. Todo ello, constituye un lugar para el crecimiento de hongos (Mondino, 2009). Los más conocidos son el Extracto de Malta Agar, Sabouraud Agar, medio MelinNorkrands y Biotina Aneurina Ácido Fólico (Marx, 1969). Para identificarlos se debe emplear KOH al 5%, reactivo de Melzer (Diaz-Moreno, 2009). También, se puede preparar un medio de cultivo con extracto de levadura (5g/L), glucosa (20 g/L), cloranfenicol (0.1g/L) y agar (15 g/L; BRITANIA, 2015). Además, los hongos pueden crecer en harinas de cereales y salvado de trigo, los cuales contienen carbohidratos; las especies que se desarrollan mejor en este medio son *Pleurotus: Ostreatus*, *Pulmonarius* y *Djamor* (Nieto, 2015).

Su colonización va a depender del estado de podredumbre del lugar, así como la cantidad de humedad y el contenido del sustrato (Huhndorf, 2004). Una humedad alta perjudica el crecimiento de los hongos y su fructificación (Boddy y Heilmann-Clausen, 2008), también las temperaturas bajas (Moore *et al.*, 2008). Las características del suelo también representan un factor de cambio en la cantidad de hongos (Posada *et al.*, 2016), así como la disponibilidad del agua y la salinidad del suelo (Kumar y Chandra, 2012).

En un medio de cultivo al nivel laboratorio, la producción miceliar puede ser escasa si es que el ambiente no es el adecuado (Santelices *et al.*, 2012). Por ello, se deben realizar cultivos axénicos, deben ser secados y posteriormente llevados a herbarios para su conservación, un medio de cultivo viable es el MEA preparado mediante 12.7g de extracto de malta, 10g de glucosa, 20g de Agar y un litro de agua (Kuhar *et al.*, 2013). Otro tipo de medio de cultivo es MYP agar (Extracto de malta 7 g L⁻¹; extracto de levadura 0,5 g L⁻¹; peptona de soja 2,5 g L⁻¹ y agar 15 g L⁻¹; Muñoz *et al.*, 2013).

2.1.3.1.3.5. Aplicaciones

Los hongos pueden ser usados en el desarrollo de insecticidas microbianos, lo cual es aplicado en la industria farmacéutica y actividades agrícolas (Ravindran, 2014). Los de tipo micorrizógenos ayudan a la productividad de los ecosistemas, porque incrementan la tolerancia a la sequía (Smith *et al.*, 2010).

Son aplicados como biofertilizantes, ya que interactúan con el suelo (Xiao *et al.*, 2012), estos se encargan de colonizar las plantas, semillas, entre otros (Vessey, 2004) Aprovechan el nitrógeno del suelo y lo transforman para la nutrición de la planta, también ayudan al crecimiento de gramínea (Walia *et al.*, 2013). También liberan hierro al suelo mediante la síntesis de sideróforos (Radzki *et al.*, 2013). Se debe realizar experimentos en el campo y compararlo con los resultados del laboratorio, debido a que puede existir una variación (Leaungvutiviroj *et al.*, 2010).

Las cepas de hongos son capaces de degradar plásticos (Pometto, 1992) también micromicetos del suelo pueden degradar polietileno (Cuevas *et al.*, 1997). Incluso, pueden colonizar este producto (Walia *et al.*, 2013). Son capaces de degradar material lignocelulósico (Cortez, 2017). Las cepas de hongos y micromicetos del suelo pueden degradar polietileno (Cuevas y Manaligod, 1997). En un estudio con 20 tipos de especie de hongos, tuvieron resultados favorables con *Aspergillus Flavus*, *Penicillium*, *Cladosporium* y *Helminthosporium*, cada una de estas especies pudo degradar polietileno a una temperatura de 30°C y un pH de 6.5 a 8 (Méndez *et al.*, 2007; Tabla 1).

Tabla 1. Micromicetos aislados de rellenos sanitarios y su actividad degradadora de Polietileno a 30°C. Actividad degradadora, + = pobre, ++= regular, +++ = buena

Micromiceto	pH		
	4,5	6,5	8,0
<i>Penicillium</i> sp. 001	-	+	-
<i>Penicillium</i> sp. 002	-	-	-
<i>Penicillium implicatum</i>	-	+	+
<i>Geotrichum</i>	-	-	-
<i>Mucor</i>	-	-	-
<i>Aspergillus niger</i>	-	+	+
<i>Aspergillus flavus</i>	-	+++	++
<i>Aspergillus nidulans</i>	-	-	-
<i>Aspergillus</i> sp. 001	-	-	-
<i>Aspergillus</i> sp. 002	-	-	-
<i>Aspergillus</i> sp. 003	-	-	-
<i>Cladosporium</i> sp.001	-	-	-
<i>Cladosporium</i> sp. 002	-	-	-
<i>Helminthosporium</i> sp. 001	-	+	-
<i>Helminthosporium</i> sp. 002	-	+	-
<i>Chaetomium globosum</i>	-	-	-
<i>Fusarium</i> sp.	-	-	-
<i>Hormodendrum</i> sp.	-	-	-
<i>Cephalosporium</i> sp.	-	-	-
<i>Nigrospora</i> sp.	-	-	-

Fuente: Méndez et al. (2007)

Las cepas de hongos generan actividad celulósica, la cual puede ser convertida en glucosa (Godliving, 2012). Un buen uso genera alto potencial de aprovechamiento (Lynd *et al.*, 2005). Además, degradan contaminantes persistentes desde colorantes hasta hidrocarburos y compuestos aromáticos (Sánchez, 2008). Se conoce la capacidad de *Pleurotus ostreatus* para remediar suelos contaminados con metales pesados en especial Pb con una eficiencia entre 65,7% y 80% en la mina Cushuro en Cajamarca (Jiménez, 2016). Asimismo, *Pestalotiosis microspora* puede degradar poliuretano en suspensiones sólidas (Russell *et al.*, 2011). Además, los hongos pueden disminuir las concentraciones de bioaerosoles en rellenos sanitarios (Gonzales, 2016).

En el caso de los micorrizógenos, son capaces de mejorar el desarrollo de plantas y a su vez las condiciones del suelo (Trejo *et al.*, 2013). El género *Auricularia*, por ejemplo, es conocido por su rango de sustratos que es usado como remediador de suelos (Ahila-Devi *et al.*, 2013) y puede ser implementada mediante cultivos nutritivos como polímeros de alginato (Pera, 2005). Estudios en Supte distrito de Rupa Rupa demostraron la eficiencia de la materia orgánica en la disminución de Cd en el suelo de 12ppm a 3,5 y 0,3 ppm (Huaynates, 2014). Los hongos pueden solubilizar Cd y Pb como lo demuestra un estudio realizado en Chahuapampa con 28

cepas de hongos de tipo *Juncus* y 35 cepas de *Scirous rigidus* (Robles y Desciomar, 2016).

Se recomienda realizar análisis del suelo, para saber qué tipo de hongos son los más beneficiosos (Aguirre-Medina, 2006). Se debe considerar el porcentaje de rendimiento, eficiencia biológica y la velocidad de crecimientos de los hongos, al momento de elegirlos para una aplicación de cualquier tipo (Ahmed *et al.*, 2013).

CONCLUSIONES

En el Perú las grandes cantidades de residuos sólidos causan impactos negativos al ambiente, los lugares que generan más residuos son Lima, Tacna, Cusco, Arequipa, Lambayeque y La Libertad, la mayoría de la basura llega a botaderos informales y provoca contaminación del suelo, por la cantidad de lixiviados que provienen de los

restos de basura orgánica e inorgánica, esta última compuesta por metales, plástico, tintes, hidrocarburos, productos de limpieza y otros productos domésticos que afectan química, física y biológicamente la composición del suelo y que también demoran más de 100 años en degradarse. A lo largo de los años el territorio peruano ha sufrido una degradación del suelo del 15% que conlleva a una reducción de tierras aptas para el uso agrícola, por lo que algunos cultivos han ido decreciendo, como el algodón, la paprika, quinua, ello representa pérdidas económicas para los agricultores y el banco adscrito al Ministerio de Agricultura, afectando a su vez a la economía del país. La productividad del suelo se mide con diferentes factores como los niveles de pH, disponibilidad de nutrientes como el fósforo, nitrógeno, potasio, contenido de materia orgánica, además de la cantidad de biomasa, que es la más vulnerable a factores externos.

Para solucionar el problema de contaminación de suelos se tiene diversas técnicas de remediación que van desde técnicas de contención mediante barreras con geomembranas, estabilizaciones fisicoquímicas, vitrificación, todas ellas con altos costos, además de técnicas de fitorremediación y biorremediación mediante el uso de hongos o bacterias. Los hongos son organismos filamentosos con reproducción asexual o sexual, se dividen en tres reinos Fungi, capaces de vivir en diferentes ecosistemas como los Chytridiomycota, Blastocladiomycota y los más comunes en este grupo son los Basidiomycota; el reino Chromista, que tiene como principal característica ser biflagelados y poseer redes viscosas, son conocidos como pseudohongos y por último el reino Protozoa en el cual la característica más notoria es su forma de nutrición mediante fagocitosis y absorción, en este reino se encuentran los Zooflagelados que habitan en el suelo y los Esporozoarios capaces de evadir sustancias tóxicas. Para cultivar hongos se requiere de medios de cultivo como extracto de Malta Agar, Sabouraud Agar, medio

MelinNorkrands y BiotinaAneurina Ácido Fólico, entre otros, además de niveles bajos de humedad para que no perjudique su crecimiento. Los hongos son usados como insecticidas microbianos, biofertilizantes, degradadores de polietileno y material lignocelulósico, generan actividad celulósica capaz de producir glucosa, degradan hidrocarburos y compuestos aromáticos, también degradan metales pesados como Pb y Cd con una eficiencia entre 65,7% y 80%, a su vez, mejoran las condiciones del suelo favoreciendo el crecimiento de plantas. Se debe realizar más investigaciones sobre la capacidad biodegradadora de los hongos en el Perú, para aplicarlo de manera extensiva en las zonas afectadas por diferentes contaminantes como el caso de los residuos sólidos domésticos y así recuperar estos suelos, además de volverlos productivos y obtener ganancias económicas para el país.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A.M. Arrieta, L.J. Iannone, J.M. Scervino, M.V.Vignale, M.V. Novas. 2015. A foliar endophyte increases the diversity of phosphorus-solubilizing rhizospheric fungi and mycorrhizal colonization in the wild grass *Bromus auleticus*. *Fungal Ecol.*, 17, pp. 146-154

Agencia peruana de noticias. 2012. Importación de fertilizantes crecerá este año 2,9 % en Perú

AGROBANCO. 2016. Notas a los estados financieros al 31 de diciembre de 2016 y al 31 de diciembre de 2015

Aguirre-Medina, J. F. 2006. Biofertilizantes microbianos: Experiencias agronómicas del programa nacional del INIFAP en México (Núm. 2, pp. 201). Campo Experimental Rosario Izapa. Chiapas, México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigaciones Regionales Pacífico Sur

Ahila-Devi, P.; Veeralakshmi, S.; Prakasam, V.; Vinothini, M. 2013. Saw dust and wheat bran substrates for the cultivation of the new wood ear mushroom (*Auricularia polytrhica* (Mont.) Sacc. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences* 13: 1647-1649.

Ahmed, M.; Abdullah, N.; Ahmed, K.U.; Bhuyan, M.H.M.B. 2013. Yield and nutritional composition of oyster mushroom strains newly introduced in Bangladesh. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 48: 197-202.

Alba, G. 2011. Casos de Estudio para Costos de la Remediación Ambiental en Zonas Petroleras. Cideteq.

Alexopoulos , C. J. , C. W. Mims , and M. Blackwell . 1996 . Introductory mycology. Wiley, New York, New York, USA

ANDINA. 2017. residuos sólidos reaprovechables

Anonymous, Terms of Environment: Glossary, Abbreviations and Acronyms, United States Environmental Protection Agency (EPA)

Anuario de Estadísticas Ambientales. 2014. Residuos sólidos. Capítulo 5. pp.312-313.

ArgenBio.2007. La biorremediacion

Arshad, MA & S Martin. 2002. Identifying critical limits for soil quality indicators in agro-ecosystems. Agric. Ecosys. Environ. 88: 153-160.

Balcon & Xavier .2017. Determinación del área degradada y biodiversidad de la zona de influencia por la actividad petrolera en la zona de Ahuallane, distrito de Pusi, Huancane-Puno. Repositorio UNA

Banco Mundial. 2005

Bembibre. 2011. Residuos solidos

Biodegradation of Polyester Polyurethane by Endophytic Fungi. Jonathan R. Russell et alt. 2011. Applied and Environmental Microbiology. vol. 77 no. 17 6076-6084.

Bioenciclopedia. 2007. Reino Fungi

Boddy, L., & Heilmann-Clausen, J. (2008). Basidiomycete Community Development in Temperate Angiosperm Wood. In L. Boddy, C. Frankland, & P. Van West (Eds.), *Ecology of Saprotrophic Basidiomycetes* (pp. 211-237). London: Elsevier Academic Press

Bunemann, E.K., Bongiorno, G., Bai, Z., Creamer, R.E., De Deyn, R., Fleskens, L., Geissen, V., Kuyper, T. W., Mader, P., Pulleman, M., ... Brussard, L. 2017. Soil quality – A critical review. *Soil Biology and Biochemistry*. 105-125.

características y clasificación o tipos. *Naturaleza Paradais Sphynx*.

Cardoso, E; R Vasconcellos; D Bini; M Miyauchi; C Santos; P Alves; A Paula; A Nakatani; J Pereira & M Nogueira. 2013. Soil health: looking for suitable indicators. What should be considered to assess the effects of use and management on soil health? *Sci. Agric*. 70: 280-295

Cortez, M. 2017. Estudio cinético de la producción de enzimas fúngicas mediante la fermentación de residuos de Agave salmiana. Repositorio digital Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

COSTA. 2016. Residuos orgánicos e inorgánicos ¿Cuánto tardan en degradarse?

Cuevas V. C. & Manaligod R. C. 1997. Isolation of decomposer fungi with plastic degrading ability. *Philippine Journal of Science* 126: 117-130.

Desechos-solidos. 2018.

Diaz-Moreno, R., Valenzuela, R., Marmolejo, J., Aguirre-Acosta, E. 2009. Hongos degradadores de la madera en el estado de Chihuahua, México. *Rev. Mex. Biodiv*. vol.80 no.1 México.

Dictionary of the Fungi. 10 ed. International Mycological Institute, CAB International, Wallingford. 784 p

Dictionary of the Fungi. 2001. Clasificación de los hongos. 9° edición.

Doran, J.W., Parkin, T.B., 1994. Defining and assessing soil quality. In: Doran, J.W., Coleman, D.C., Bezdicek, D.F., Stewart, B.A. (Eds.), Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. SSSA, Madison, WI, pp. 3–21.

Durand, M & Metzger, P. 2009. Gestión de residuos y transferencia de vulnerabilidad en Lima/Callao. Bulletin de l'Institut Francais d' Etudes Andines. pp. 623-646

Dzionic, A., Wojcieszynska, D., Guzik, U. (2016). Natural carriers in bioremediation: A review.

Echarri, Luis.1998. Libro electrónico Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente.

EcuRed. 2011. Suelo Contaminado

EcuRed. 2018. Suelo

El Comercio. 2014. Residuos sólidos en Huancayo.

El Comercio. 2016. Área de siembra de algodón se redujo en 50% en últimos 5 años

El Comercio. 2016. El mercado de fertilizantes mueve 1,1 mlls. de toneladas

Electronic Journal of Biotechnology. 28-36

E-Tech International. 2016. Casos de Estudio para Costos de la Remediación Ambiental en Zonas Petroleras.

Eurostat. 2016. Main tables: Municipal waste generation and treatment, by type of treatment method.

Faaij A., van Doorn J., Curvers T., Waldheim L., Olsson E., van Wijk A., Daey-Ouwens C., 1997. Characteristics and availability of biomass waste and residues in The Netherlands for gasification, *Biomass and Bioenergy* 12, 225-240

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) (2015). Los suelos sanos son la base para la producción de alimentos saludables. 4 p.

FAO. 2003. Factores que provocan cambios en el suelo

FAO/INAFOR/INTA. 2002. Guía de evaluación visual de suelos. Guía de campo. Vol. (1).

Fernández, L. 2003. Estudio sobre mercado de Fertilizantes en el Perú.

Flores, R & Wilber, H. 2017. Contaminación de suelos agrícolas por actividades socioeconómicas en la ribera del Lago Titicaca del Centro Poblado de Uros-Chulluni, Puno. Universidad Nacional del Altiplano. Repositorio Institucional Vicerrectorado de Investigación.

García, H. & Toro, Z. 2000. Problemática, clasificación y gestión de los residuos sólidos urbanos. InfoAgro System.

García, J. 2010. Reino Protozoa.

García-Ortiz, V.; Márquez-Benavides, L.; Sanchez-Yanez, J. 2015. Evaluación de la fitotoxicidad de un lixiviado de relleno sanitario sobre *Phaseolus vulgaris*. L y supervivencia de microorganismos de importancia sanitaria. JSARS.

Godliving, Y. 2012. Lignocellulolytic enzymes from tropical fungi: Types, substrates and applications. Scientific Research and assays. Vol 7 (15) pp. 1544 - 1555.

Gómez, R & Flores, F. 2015. Agricultura y servicios ecosistémicos: el caso del espárrago en Ica. Apuntes vol.42 no.77

Gonzales. 2016. Bioaerosoles en rellenos sanitarios

Grisales, LA. 2017. Hongos (reino Fungi):

Guerrini, A. 2009. Micorremediación

Hawksworth, A.Y. Rossman. 1997. Where are all the undescribed fungi? J. Phytopathol., 87, pp. 888-891

Hernandez, A., Vera, L., Naveda, C., Monserrate, A., Vivar, M., Zambrano, T., Mesias, F., Ormanza, K., Leon, R., Lopez, G. 2017. Variaciones en algunas propiedades del suelo por el cambio de uso de la tierra, en las partes media y baja de la microcuena Membrillo, Manabí, Ecuador. cultrop vol.38 no.1 La Habana

Herrera, T. & M. Ulloa. 1990. El Reino de los Hongos, micología básica y aplicada. UNAM-Fondo de Cultura Económica, México, D. F. 552 p

Huaynates, J 2014. Efecto de la materia orgánica en la absorción de Cadmio en el suelo en la localidad de Supte. Repositorio Institucional Universidad Agraria de la Selva

Huhndorf, S. M., Lodge, D. J., Wang, C. J., & Stokland, J. N. 2004. Macrofungi on woody substrata. In G. M. Mueller, G. F. Bills, & M. S. Foster (Eds.), Biodiversity of Fungi. Inventory and Monitoring Methods (pp. 159-168). New York: Elsevier Academic Press.

Hyde, K. D. y D. L. Hawksworth. 1997. Measuring and monitoring the biodiversity of microfungi. In Biodiversity of tropical microfungi, K. D. Hyde (ed.). Hong Kong. p. 11-28.

INECC. 2007. Peligro y Riesgo de los Residuos

INEI.2017. Informe-técnico N° 02. Producción-nacional-dic 2016.

INGACAL.2016. Guía para a conservación da biodiversidade agraria de Galicia

Inghels, D., Dullaert, W., Bloemhof, J. (2016). A model for improving sustainable green waste recovery. Resources, Conservation and Recycling.

Jiménez Llacsahuanga, M. 2017. Biorremediación con Inóculos de *Pleurotus ostreatus* para recuperar suelos contaminados con metales pesados en La Florida Cajamarca, 2016. Universidad Cesar Vallejo Repositorio Institucional Digital

Jordán, A. 2006. Manual de Edafología

Kantor L. S., Lipton K., Manchester A., Oliveira V. 1997. Estimating and Addressing America's Food Losses, Food Review, pp.1-12

Khan, F. I, Husain, T., and Hejazi, R. 2004. An overview and analysis of site remediation technologies. Journal of Environmental Management, 71: 95–122.

Kirk, P. M., P. F. Canon, D. W. Minter y J. A. Stalpers. 2008. Ainsworth & Bisby's Hawksworth, D. L. 2001. The magnitude of fungal diversity: 1.5 million species estimate revisited. Mycological Research 105:1422-1432

Kubartová, A., Ottosson, E., Dahlberg, A., & Stenlid, J. (2012). Patterns of fungal communities among and within decaying logs, revealed by 454

Kuhar, F., Castiglia, V., Papinutti, L. 2013. Los hongos en el laboratorio: de la naturaleza al cultivo axénico. Revista boletín biológica nº 27

Kumar B, Chandra J. 2012. Efficiency of *Bacillus coagulans* as P biofertilizer to mobilize native soil organic and poorly soluble phosphates and increase crop yield. Arch Agron Soil Sci. 58(10):1099-1115

Kunitoshi, S. 1984. Residuos sólidos peligrosos.

La Rosa, E. 2018. Cambios de las propiedades fisicoquímicas del suelo en las laderas del cerro Concacucho post forestación en la Universidad Peruana Unión, Ñaña, Lima. Repositorio UpeU

La Vanguardia. 2017. Mundo: se genera por hora 228 mil toneladas de basura y el 30% no se levanta

Laboratorio Britania. 2015. Hongos y Levadura Medio.

Larsen & Sturkova. 2005.

Leaungvutiviroj C, Ruangphisarn P, Hansanimitkul P, Shinkawa H, Sasaki, K. 2010. Development of a new biofertilizer with a high capacity for N₂ fixation, phosphate AND potassium solubilization and auxin production. Biosci Biotechnol Biochem. 74(5):1098-1101.

Lizeca-Pérez, J. Salvador. (2017). La Micorremediación, el Uso de Hongos para la Descontaminación.

Lynd L., Van Zyl W., McBride J., and Laser M. 2005. Consolidated bioprocessing of cellulosic biomass: an update. Current opinion in biotechnology 16 pp. 577-583

M. Melikoglu, C. Lin, C. Webb. 2013. Analysing global food waste problem: Pinpointing the facts and estimating the energy content. *Open Eng*, 3, pp. 157-164

Martínez, C. 2017. Reino Fungi: Características, Clasificación, Reproducción. Liferder.

Marx, D. H. The influence of ectotrophic fungi on the resistance of pine roots to pathogenic infections. I. Antagonism of mycorrhizal fungi to root pathogenic fungi and soil bacteria. *Phytopathology*, v.59, p.153-163, 1969

Méndez, C., Vergaray, G., Bejar, V., Cardenas, K. 2007. Aislamiento y caracterización de micromicetos biodegradadores de polietileno. *Rev. Perú. Biol. Número especial 13(3)*: pp. 203 – 205.

Méndez, C.; Vergaray, G.; Béjar, V.; Cárdenas, K. 2007. Aislamiento y caracterización de micromicetos biodegradadores de polietileno. *Rev. Perú biol.* v.13 n.3 Lima jul. 2007

MINAGRI. 2018. Potencial de los suelos en el Perú

MINAM. 2016. Residuos y Áreas verdes. Deposito Legal Biblioteca Nacional del Perú n° 2016-13439.

Ministerio del Ambiente. 2010. Tercer Informe Nacional de la situación actual de la Gestión de los residuos sólidos municipales y no municipal. p.14.

Ministerio del Ambiente. 2011. Problemática de los residuos solidos en el Perú. Ecolegios.

Ministerio del Ambiente. 2015. Tipos de residuos sólidos.

Ministerio del Ambiente.2010. Degradación de suelos en el Perú.

Mondino, P. 2009. Preparación de medios de cultivo. *Métodos en Fitopatología*

Montes, C. 2014. Suelos contaminados y Pasivos Ambientales en Colombia.

Moore, D., Gange, A. G., Gange, E. G., & Boddy, L. (2008). Fruit Bodies: Their Production and Development in Relation to Environment. In L. Boddy, C. Frankland, & P. Van West (Eds.), *Ecology of Saprotrophic Basidiomycetes* (pp. 79-103). London: Elsevier Academic Press .

Mueller, G. M., Halling, R. E., Carranza, J., Mata, M., & Schmit, J. P. (2006). Saprotrophic and Ectomycorrhizal Macrofungi of Costa Rican Oak Forest. In M. Kappelle (Ed.), *Ecology and Conservation of Neotropical Montane Oak Forests* (pp. 55-68). Berlin: Springer-Verlag

Mulligan, C. N. 2001. An overview of in situ bioremediation processes. Proceedings of the 29th Annual Conference of the Canadian Society for Civil Engineering. Victoria, BC, May 30-June 2. Montreal, PQ: Canadian Society of Civil Engineering.

Muñoz, M., Moline, M., Libkind, D. 2013. Comparación de técnicas para el aislamiento y recuento de levaduras y hongos dimórficos del filoplano de *Nothofagus pumilio*. *Bol. Soc. Argent. Bot.* 48 (2): 183-191.

Nieto, I. 2015. Salvado de trigo, mejor medio de cultivo para hongos comestibles. *Química de Hongos Macromicetos UN & Grupo de Biotecnología y Bioprocesos Universidad de Antioquia*

Nortcliff, S., 2002. Standardisation of soil quality attributes. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 88, 161–168.

OCIO Ultimate Magazine. 2018. Qué son los residuos sólidos biodegradables. Ocio Networks SL.

OEFA. 2014. Los 20 botaderos más críticos.

OEFA. 2015. Residuos Sólidos

Oliver, R. 2007. Greenhouse Gas All About: Food waste, In CNN

ONERN. 1985. La clasificación de las tierras del Perú

Ortiz-Bernad, I., Anderson, R. T., Vrionis, H. A., and Lovley, D. R. 2004a. Vanadium respiration by *Geobacter metallireducens*: a novel strategy for the in situ removal of vanadium from groundwater. *Applied and Environmental Microbiology*, 70 (5): 3091-3095.

Ozkaya, B. 2005. Chlorophenols in leachates originating from different landfills and aerobic composting plants, *Journal of Hazardous Materials* 124, pp. 107-112

Pera, J.; Parladé, J. Inoculación controlada con hongos ectomicorrícicos en la producción de planta destinada a repoblaciones forestales: Estado actual en España. *Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales*, v.14, n.3, p.419-433, 2005.

Pérez. 2014. Residuos sólidos

Perú 21. 2016. Plástico en Lima y Callao.

Planetica. 2011. Clasificación de los residuos.

Pometto III A.L., Lee B. and Johnson K. 1992. Production of an extracellular Polyethylene – degrading Enzyme (s) by *Streptomyces* Species. *Applied and Environmental Microbiology*. 58: 731-733.

Posada, R. H., Sánchez de Prager, M., Heredia, G., & Sieverding, E. (2016). Effects of soil physical and chemical parameters, and farm management practices on arbuscular

mycorrhizal fungi communities and diversities in coffee plantations in Colombia and Mexico. *Agroforestry Systems* , DOI 10.1007/s10457-016-0030-0

R. Mohee, N. Soobhany. 2014. Comparison of heavy metals content in compost against vermicompost of organic solid waste: past and present *Resour. Conserv. Recycl.*, 92, pp. 206-213

Radzki W, Gutiérrez FJ, Algar E, Lucas-García JA, García-Villaraco A, Ramos B. 2013. Bacterial siderophores efficiently provide iron to iron-starved tomato plants in hydroponics culture. *Antonie Van Leeuwenhoek*. 104(3):321-30

Ramírez. W, Sánchez. S, García. I. 2012. Indicadores de calidad de suelos: Una nueva manera de evaluar este recurso. *Rev. Pasto y forraje*. Vol. (35). nº (2). Pp. 125-138.

Ravikumar S, Kathiresan K, Thadedus Maria Ignatiammal S, Babu M, Shanthy S. 2004. Nitrogen-fixing azotobacters from mangrove habitat AND their utility as marine biofertilizers. *J Exp Mar Biol Ecol*. 312(1):5-17.

Ravindran K, Chitra S, Wilson A, Sivaramakrishnan S. 2014. Evaluation of antifungal activity of *Metarhizium anisopliae* against plant phytopathogenic fungi. En: Kharwar RN, Upadhyay RS, Dubey NK, Raghuwanshi R, editores. *Microbial diversity and biotechnology in food security*. Chapter 22. New Delhi, India: Springer; p. 251---5

Reciclamas. 2018. Reciclaje de residuos inertes: recogida para empresas.

Revista Agraria. 2007. Fertilizantes van para arriba.

Rezagos. 2018. Residuos Sólidos Urbanos

Robles,P & Desciomar, E .2016. Caracterización de la comunidad microbiana asociada a la vegetación del pasivo minero ambiental Chahuapampa-Utcuyacu-Catac y su potencial uso en la biorremediación. Repositorio UNA

RPP. 2014. Declaran en emergencia una zona de Pacaya Samiria por contaminación

Sánchez Carmen. 2008. Review Lignocellulosic residues: Biodegradation and bioconversion by fungi. *Biotechnology Advances* 27, pp.185 – 194.

santelices, r.; espinoza, s.; brunel, n.; palfner, g.2012. Effect of the geographical origin, culture media, and pH on the growth dynamic of the edible ectomycohrizal mushroom *Suillus luteus*. *Ciencia e Investigación Agraria*, v.39, n.2, p.369-376

Scheelhaase, T., Bidlingmaier, W., 1997. Effects of mechanical-biological pre-treatment on residual waste and landfilling. In: *Proceedings Sardinia 97, 6th International Landfill Symposium, 1997 Cagliari, Italy*, pp. 475–484.

Schmit, J. P. y G. M. Müller. 2007. An estimate of the lower limit of global fungal diversity. *Biodiversity and Conservation* 16:99-111.

Smith, E. S., Facelli, E., Pope, S. y Smith, F. A. (2010). Plant performance in stressful environments: interpreting new and established knowledge of the roles of arbuscular mycorrhizas. *Plant and Soil*, 326, 3–20

Suthersan, S. S. 1997. *Remediation Engineering: Design Concepts*. Lewis Publishers. Boca Raton, FL.

T.P.T. Pham, R. Kaushik, G.K. Parshetti, R.Mahmood, R. Balasubramanian. 2015. Food waste-to-energy conversion technologies: Current status and future directions. *Waste Manag*, 38, pp. 399-408

The World Bank Group. 2018

Thomas & Koerner. 1996. Tecnicas de remediacion

Thomas, R. W., and Koerner, R. M. 1996. Advances in HDPE barrier walls. Geotextiles and Geomembranes, 14: 393-408.

Trejo, D., Ferrera-Cerrato, R., García, R., Varela, L., Lara, L., & Alarcón, A. (2011). Efectividad de siete consorcios nativos de hongos micorrízicos arbusculares en plantas de café en condiciones de invernadero y campo. Revista Chilena de Historia Natural, 84, 23-31.

Trutmann, P., & Luque, A. 2012. Los hongos olvidados del Perú

Ulloa, M. y R. T. Hanlin. 2012. Illustrated Dictionary of Mycology, Second Edition. APS Press, St. Paul, Minnesota. 782 p.

Universidad de Almeida. Reino Chromista

Uribarren, T. & Rosio, L. 2017. Generalidades de micología

Vessey J. 2004. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. Plant Soil . 255(2):571-586

Villafuerte, I.; Flores, D.; Guadalupe, E.; Zea, M. 2004. evaluación ambiental del relleno sanitario para el santuario histórico de Machu Picchu y Pueblos aledaños. Revista del Instituto de Investigaciones de la Facultad de Geología, Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas. Vol. 7. Núm. 14

Walia A, Mehta P, Chauhan A, Shirkot CK. 2013. Effect of Bacillus subtilis strain ckt1 as inoculum on growth of tomato seedlings under net house conditions. P Natl A Sci India B . 84(1):145-155.

ANEXOS (OBLIGATORIO SI LOS TIENES)

Aaaaaaaaaa