



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

“Eficiencia de *Lentinus edodes*, *Pleurotus ostreatus* y *Agaricus bisporus* para la remediación de suelos contaminados por plomo y cadmio proveniente de La Oroya antigua, Lima - Perú, 2019”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERA AMBIENTAL**

AUTORAS:

Br. Andrea Estaurofila Rodriguez Flores (ORCID: 0000-0003-0717-4524)

Br. Dinora Zarela Melendez Campos (ORCID: 0000-0002-5718-6243)

ASESOR:

Dr. Fernando Antonio Sernaque Aucahuasi (ORCID: 0000-0003-1485-5864)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

Lima – Perú

2019

Dedicatoria

A mis padres Max Alberto y Melva, a mis hermanos Jaclyn Vanessa, Franco Paolo y Max Piero y sobre todo a ti, mi Cable a tierra (Luis Enrique), por tener paciencia y permitirme llegar hasta lo que se concreta hoy, no siendo este el último peldaño del éxito, sino más bien el primero.

Andrea E. Rodriguez Flores

A mis padres, por su apoyo incondicional, por su amor, trabajo y sacrificio durante todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy, de la misma manera a mis hermanos por brindarme su apoyo constante para lograr esta meta.

Dinora Z. Melendez Campos

Agradecimiento

Las tesisistas queremos agradecer infinitamente a Dios, por mantenernos con fortaleza y perseverancia en este camino, de muchas altas y bajas, pero sin lugar a duda todas ellas llenas de experiencias para seguir creciendo y aprendiendo, enseñarnos a ser firmes y continuar con la meta trazada.

Asimismo, queremos expresar nuestra enorme gratitud a nuestros padres, por su apoyo emocional, por ser los principales promotores para que la presente investigación se lleve a cabo, por ser personas valientes y acompañarnos día a día a vivir esta travesía que hoy llega a su final, por ser siempre los pilares de nuestros mayores logros, y también nuestros mejores soportes durante estos largos y grandiosos años de enseñanza pura y dedicación continua, por enseñarnos que nada en la vida se construye sin esfuerzo, sino más bien a punta de sacrificio de dedicación.

Agradecemos a nuestros hermanos, por su comprensión y paciencia para con nosotras durante todo este proceso.

Queremos reconocer enormemente a nuestro asesor el Dr. Fernando Antonio Sernaque Auccahuasi, quien a pesar de su arduo trabajo diario, siempre se hizo un tiempo para dedicar a nuestra enseñanza, para así lograr que este proyecto llegue a buen puerto; asimismo queremos agradecer a las personas que laboran en el Laboratorio de Biotecnología de nuestra Universidad, quienes siempre están con toda la disposición para ayudarte y dar soluciones a algunos conflictos que allí se presenten.

Por otro lado, queremos agradecer y reconocer el apoyo del Cap. PNP Oscar Alexander Sánchez Gálvez, quien de manera desinteresada ha brindado soluciones a conflictos que algún momento del desarrollo de esta investigación salió a relucir.

Finalmente queremos agradecer a los señores Luis Raimundo y Kevynn Lizano, por ser personas que nos han sostenido durante todo el proceso de estudio de la carrera y también para la investigación, por comprender nuestros momentos de estudio y de dedicación a este.

Página del Jurado

Página del Jurado

Declaratoria de Autenticidad

Yo, Andrea Estaurofila Rodríguez Flores con DNI N° 46178545, a efectos de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda información y datos que acompañan a la tesis titulada **"Eficiencia de *Lentinus edodes*, *Pleurotus ostreatus* y *Agaricus bisporus* para la remediación de suelos contaminados por plomo y cadmio proveniente de La Oroya antigua, Lima - Perú, 2019"**, son veraces y auténticas.

Asimismo, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Lima, 03 de Diciembre 2019



Andrea Estaurofila Rodríguez Flores
DNI N° 46178545

Declaratoria de Autenticidad

Yo, Dinora Zarela Melendez Campos con DNI N° 70974919, a efectos de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda información y datos que acompañan a la tesis titulada **“Eficiencia de *Lentinus edodes*, *Pleurotus ostreatus* y *Agaricus bisporus* para la remediación de suelos contaminados por plomo y cadmio proveniente de La Oroya antigua, Lima - Perú, 2019”**, son veraces y auténticas.

Asimismo, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Lima, 03 de Diciembre 2019



Dinora Zarela Melendez Campos

DNI N° 70974919

Índice

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Página del Jurado	iv
Declaratoria de Autenticidad	vi
Índice	viii
Índice de Tablas	ix
Índice de Figuras	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MÉTODO	13
2.1. Tipo y diseño de investigación	13
2.1.1. Tipo de investigación.....	13
2.1.2. Nivel de investigación.....	13
2.1.3. Diseño de investigación.....	13
2.2. Operacionalización de variables	14
2.2.1. Variables.....	14
2.2.2. Matriz de operacionalización de variables.....	15
2.3. Población, muestra y muestreo	16
2.3.1. Población.....	16
2.3.2. Muestra.....	16
2.3.3. Muestreo.....	16
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	16
2.4.1. Técnica.....	16
2.4.2. Instrumento de recolección de datos.....	17
2.4.3. Validez.....	17
2.4.4. Confiabilidad.....	19
2.5. Procedimiento	19
2.5.1. Obtención de muestra de suelo contaminado.....	19
2.5.2. Preparación de los medios de cultivo artificiales.....	20
2.5.3. Obtención de las cepas <i>Lentinus edodes</i> , <i>Pleurotus ostreatus</i> y <i>Agaricus bisporus</i>	20
2.5.4. Preparación del grano de trigo.....	20
2.5.5. Preparación de micelio secundario.....	20
2.5.6. Preparación y obtención de la muestra biológica.....	20
2.5.7. Determinación de plomo (Pb) y cadmio (Cd).....	21
2.5.8. Proceso de remediación y dosis adecuada.....	21
2.6. Métodos de análisis de datos	22
2.7. Aspectos éticos	23
III. RESULTADOS	24

3.1.	Análisis inicial del suelo	24
3.2.	Resultados de la concentración del plomo (Pb), cadmio (Cd) y el crecimiento micelial (mm) de las 2 muestras de suelos.....	24
3.3.	Resultados de la comparación de eficiencia para el tratamiento de plomo y cadmio 29	
3.4.	Hipótesis específica 1.....	29
3.4.1.	Con relación al tratamiento	29
3.4.2.	Con relación al tiempo.....	30
3.4.3.	Con relación a profundidad.....	30
3.4.4.	Con relación a dosis (número de trigo)	30
3.5.	Hipótesis específica 2.....	31
3.6.	Hipótesis específica 3.....	31
IV.	DISCUSIÓN.....	33
V.	CONCLUSIONES	35
VI.	RECOMENDACIONES.....	36
	REFERENCIAS	37
	ANEXOS	50

Índice de Tablas

<i>Tabla 1.</i>	<i>Antecedentes.....</i>	<i>3</i>
<i>Tabla 2.</i>	<i>Clasificación taxonómica del Pleurotus ostreatus.....</i>	<i>6</i>
<i>Tabla 3.</i>	<i>Clasificación taxonómica de Lentinus edodes</i>	<i>7</i>
<i>Tabla 4.</i>	<i>Clasificación taxonómica de Agaricus bisporus.....</i>	<i>8</i>
<i>Tabla 5.</i>	<i>Matriz de operacionalización de variables.....</i>	<i>15</i>
<i>Tabla 6.</i>	<i>Instrumentos de recolección de datos.....</i>	<i>17</i>
<i>Tabla 7.</i>	<i>Validación de los equipos de laboratorio</i>	<i>18</i>
<i>Tabla 8.</i>	<i>Dosis de Lentinus edodes para muestra 1 y 2.....</i>	<i>21</i>
<i>Tabla 9.</i>	<i>Dosis de Pleurotus ostreatus para muestra 1 y 2</i>	<i>22</i>
<i>Tabla 10.</i>	<i>Dosis de Agaricus bisporus para muestra 1 y 2</i>	<i>22</i>
<i>Tabla 11.</i>	<i>Parámetros fisicoquímicos iniciales de la muestra 1 y 2.....</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 12.</i>	<i>Concentración final de la muestra 1 y 2 en el periodo de tiempo de 5 días.....</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 13.</i>	<i>Concentración final de la muestra 1 y 2 en el periodo de tiempo de 5 días.....</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 14.</i>	<i>Concentración final de la muestra 1 y 2 en el periodo de tiempo de 5 días.....</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 15.</i>	<i>Concentración final de la muestra 1 y 2 en el periodo de tiempo de 10 días.....</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 16.</i>	<i>Concentración final de la muestra 1 y 2 en el periodo de tiempo de 10 días.....</i>	<i>27</i>

Tabla 17. *Concentración final de la muestra 1 y 2 en el periodo de tiempo de 10 días..... 27*

Tabla 18. *Concentración final de la muestra 1 y 2 en el periodo de tiempo de 15 días..... 28*

Tabla 19. *Concentración final de la muestra 1 y 2 en el periodo de tiempo de 15 días..... 28*

Tabla 20. *Concentración final de la muestra 1 y 2 en el periodo de tiempo de 15 días..... 29*

Índice de Figuras

Figura 1. *Partes del hongo del orden Agarical 8*

Figura 2. *Ciclo de vida 9*

RESUMEN

La contaminación por metales pesados en la ciudad de La Oroya Antigua, viene sucediendo de hace muchos años atrás, con o sin merma, lo que ha generado también que el suelo aledaño a la fundición se vea afectado por metales pesados, tales como: plomo y cadmio, que serán los dos metales a estudiar.

Actualmente se vienen desarrollando diversas tecnologías para la remediación de suelos, especies de origen natural, siendo en este caso tres especies de hongos denominados *Lentinus edodes*, *Pleurotus ostreatus* y *Agaricus bisporus*, cuyo medio de cultivo fue PDA, inoculándolos en granos de trigo para obtener los micelios secundarios e iniciar el procedimiento para la remediación, estos hongos son de orden agaricales y se reproducen por sus esporas a través del viento, estas especies por ser de origen natural se encuentran altamente disponibles y son de bajo costo, se caracterizan por ser acumuladoras de metales pesados.

La presente investigación tiene dos muestras de suelo provenientes de la ciudad de La Oroya Antigua, siendo estas a 40cm y 1m, se realizaron tres repeticiones por cada hongo, cada 5 días, teniendo un total de 162 unidades experimentales.

De acuerdo al EPA 3050, se llevó a cabo el análisis de las muestras, para que posteriormente se lleve al espectrofotómetro de absorción atómica.

El objetivo de esta investigación, está basado en evaluar la eficiencia de *Lentinus edodes*, *Pleurotus ostreatus* y *Agaricus bisporus* en la remediación de suelos contaminados por plomo y cadmio proveniente de La Oroya antigua, Lima - Perú, durante el periodo 2019, obteniendo como resultado que con relación a la eficiencia de remediación en plomo, las especies fúngicas *Pleurotus ostreatus* y *Agaricus bisporus* resultan ser eficientes y para cadmio los tres hongos son eficientes; también se determinó que la dosis adecuada para la eficiencia son las tres para ambos metales; respecto al tiempo optimo, se tiene que es a los 5 días; por otro lado. Para ello se empleó el método estadístico ANOVA.

Palabras claves: *Lentinus edodes*, *Pleurotus ostreatus*, *Agaricus bisporus*, plomo, cadmio.

ABSTRACT

Pollution by heavy metals in the city of La Oroya Antigua, is happening many years ago, with or without loss, which has also generated that the soil adjacent to the smelter is affected by heavy metals, such as lead and cadmium, which will be the two metals to study.

Various technologies are currently being developed for soil remediation, species of natural origin, being in this case three species of fungi called *Lentinus edodes*, *Pleurotus ostreatus* and *Agaricus bisporus*, whose culture medium was PDA, inoculating them in wheat grains to obtain the secondary myceliums and to initiate the procedure for the remediation, these fungi are of agarical order and they reproduce by their spores through the wind, these species for being of natural origin are highly available and they are of low cost, they are characterized for being accumulators of heavy metals.

The present investigation has two soil samples from the city of La Oroya Antigua, being these at 40cm and 1m, three repetitions were made for each fungus, every 5 days, having a total of 162 experimental units.

According to EPA 3050, the samples were analyzed and then taken to the atomic absorption spectrophotometer.

The objective of this research is based on evaluating the efficiency of *Lentinus edodes*, *Pleurotus ostreatus* and *Agaricus bisporus* in the remediation of soils contaminated by lead and cadmium from ancient La Oroya, Lima - Peru, during the period 2019, obtaining as a result that in relation to the efficiency of remediation in lead, the fungal species *Pleurotus ostreatus* and *Agaricus bisporus* turn out to be efficient and for cadmium the three fungi are efficient; it was also determined that the adequate dose for efficiency are the three for both metals; with respect to the optimal time, it has to be 5 days; on the other hand. For this, the statistical method ANOVA was used.

Keywords: *Lentinus edodes*, *Pleurotus ostreatus*, *Agaricus bisporus*, lead, cadmium.

I. INTRODUCCIÓN

En el año 1997 el CMLO (complejo metalúrgico La Oroya) fue transferido a la compañía Doe Run Perú SRL., teniendo dentro de sus cláusulas de contrato de compra y venta, que, Centromín Perú S. A., asumiría la responsabilidad de enmendar las áreas afectadas por las emisiones de polvos y gases que generó la fundición desde el año 1992 hasta 1997. (Doe Run Perú S. R. L., 2015). Por lo tanto esta debería hacerse cargo de la contaminación generada desde su creación hasta la fecha de su transferencia.

En el Perú, desde hace años atrás la minería es una actividad extractiva, que de manera indirecta causa daños irreparables al medio ambiente y a la salud; un caso emblemático en lo que respecta a la contaminación de suelo, tiene como eje central en La ciudad de La Oroya, que desde el año 1922 se realizan actividades de fundición de metales, de diez metales: Cobre, Zinc, Plata, Bismuto, Indio, Plomo, Oro, Selenio, Telurio y Antimonio, teniendo además siete subproductos, tales como: Sulfato de Zinc, Sulfato de Cobre, Ácido Sulfúrico de Zinc, Ácido Sulfúrico de Plomo, Trióxido de Arsénico, Polvo de Zinc y Concentrado de Zinc; pero es el plomo, así como otras sustancias emitidas al medio ambiente, todo resultante de un proceso de fundición, y por ser este un elemento pesado, luego de ser emitido al aire, este se deposita en el suelo, acumulándose, para posteriormente ingresar a la cadena alimenticia, pudiendo elevar su dominio contaminante de un nivel a otro (Cederstav y Barandarian, 2002) citado por CHAVEZ, Luciana (2014). Los estudios en La Oroya reportaron que existe una elevada contaminación por plomo, siendo esta de aproximadamente 3 177 ppm en suelos (Reuer et al., 2012).

La Empresa Activos mineros S. A.C, en el año 1997 inició sus obras de remediación de suelos, fortalecido por un convenio con la municipalidad de Yauli – La Oroya en los alrededores de la ciudad. (Activos Mineros S. A. C., 2012).

De acuerdo con los estudios realizados por las consultoras Ground Water International, para Activos Mineros S.A., entre junio de 2008 y marzo 2009, en cuyas conclusiones se exponen, que las emisiones de plomo, cadmio y arsénico ocasionados por la fundición de La Oroya durante sus 87 años de vida productiva afectaron a un promedio de 2300 kilómetros cuadrados de suelos de la parte central. Como para albergar una idea de la magnitud de este impacto ambiental de las emisiones procedentes del CMLO, la afectación, equivale al 83% del área total de Lima Metropolitana, estando comprometidas, no solo la provincia de Yauli,

donde se encuentra ubicada la ciudad de La Oroya, sino que además Tarma, Jauja y Junín. (Activos Mineros S.A.C., 2012).

Siendo la zona más afectada, la que se encuentra a dos kilómetros al sur del CMLO, que comprende parte del área urbana conocida como La Oroya Antigua donde la concentración de plomo esta entre 3000 a 16000 mg/kg en los suelos entre 7,5 a 40 veces más que el límite permitido y a que la concentración máxima en caso residencial es de 400 mg/kg según estándares canadienses. (Activos Mineros S.A.C., 2012).

La actividad minera es uno de los factores que más afectan a la contaminación del suelo, según la revista andina (2015), en uno de sus informes, alerta de que existe muy poca información sobre el alcance de ese problema, que reduce los rendimientos de los cultivos y los puede volver perjudiciales para el consumo humano, así como también hacen mención que con relación al potencial de uso de las actividades antropogénicas, las mismas que se duplicarán para el año 2050, a pesar que la existencia de estudios que concluyen que la zona de La Oroya la Antigua se encuentra totalmente devastada por la acción de metales pesados como el Plomo y Cadmio.

Por otro lado, para la remediación de los suelos contaminados en la ciudad de La Oroya, según revista andina (2015), se han concluido 27 obras de remediación de suelos en la oroya con una inversión de S/. 31.8 millones, teniendo para esa fecha un avance al 80%, estimándose que se culminaría o llegaría al 100% en el año 2016. Asumiendo que un el total de ese 20%, sería S/ 8 millones más; y que para los suelos de la parte rural se estima para el año 2018, planeándose invertir S/. 37 millones.

Según Ogundele et al. (2017), los metales que son usados para la fundición de minerales para su separación han ocasionado que muchos contaminantes se introduzcan al suelo. Es por ello que las instalaciones mineras y las fundiciones liberan grandes cantidades de metales pesados y otros elementos tóxicos el medio ambiente, por lo tanto, estos persisten por largos periodos en el suelo, incluso mucho después del final de estas actividades (p.9).

De acuerdo al informe elaborado por la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), con fecha 2 de mayo del 2018, hace referencia que la contaminación del suelo es una realidad oculta, en vista que afecta a los alimentos, al agua, el aire y la salud de los ecosistemas, no importa cuán informado esté una población, lo mucho o poco que sabemos ya es motivo de preocupación. Existen varias tecnologías para remediar cuerpos contaminados con metales pesados, donde solo la absorción es viable a escala industrial si nos referimos a costo beneficio (Lin et al, 2008) citado por (Sánchez, Juan eta

al, 2014, p.64), es por ello el estudio de absorción de metales se ha volcado hacia materiales naturales que están disponibles en grandes cantidades (Agarwai et al, 2006) citado por (Sánchez, Juan eta al, 2014, p.64).

Durante el proceso de elaboración de la presente investigación se ha ido desarrollando y considerado algunos estudios con relación a nuestro tema, es por ello que se ha tomado como referencias los siguientes antecedentes:

Tabla 1. Antecedentes

ANTECEDENTES INTERNACIONALES					
Nº	AUTOR	AÑO	BREVE DESCRIPCIÓN	NOMBRE DE LA ESPECIE	RESULTADOS
1	Bano, A., et al.	2018	Incubaron hongos halofilos por un periodo de 14 días.	<i>Aspergillus flabus</i> y <i>Aspergillus phalofilos</i>	85% en Fe y 84% en zinc
2	Haro, Rony	2016	Capacidad de degradación del rodenticida brodifacoum, con una incubación de 45 días a una temperatura de 25°C y humedad relativa de 79%. Mediante la activación, inoculación y masificación de cepas.	<i>Pleurotus ostreatrus</i> (hongo ostra)	95,27%, 96,04% y 97,37%
3	Nayak, N.	2018	Preparación de medio de cultivo PDA, incubadas a 28°C por 72 horas.	<i>Cunninghamella sp</i>	Disminuye en 0.043%
4	Perez, L. y Bibiana, E.	2017	Remover metales en suelos, por masificación de	<i>Pleurotus ostreatrus</i> (hongo ostra)	90,9% Cd y 55% Pb (cascara de caco)

			hongos con sustratos de cascara de cacao y tamo de cebada, por un periodo de 3 meses.		89,20% Cd y 44.5% Pb (cebada)
5	Mãicãeanu, Andrada, et al	2014	Remover metales, empleando monocomponentes de <i>Agaricus bisporus</i> macrofungus para la adsorción estos metales.	<i>Agaricus bisporus</i>	76.10 % Cd(II) y 70.09 % Zn(II).
6	Whang, Y., et al.	2019	Capacidad de tolerar el plomo a una alta concentración.	<i>Pleurotus ostreatus</i> (hongo ostra)	53.7% Pb
7	R, Marandi., et al.	2010	Empleo de modelos de adsorción para captar metales pesados.	<i>Phanerochaete chrysosporium</i>	57 mg/g Zinc (II) 87 mg/g Plomo(II)
8	Xuazhen Li., et al	2017	Acumulación de metales pesados.	<i>Pleurotus ostreatus</i>	15.6 mg kg-1 Cadmio 8.9 mg kg-1 Cromo
ANTECEDENTES NACIONALES					
9	Sifuentes, Enith	2014	Crecimiento del hongo, con granos de trigo y cebada, con una colonización total en cuatro semanas.	<i>Pleurotus ostreatus</i>	106 000 cm/g y 105 3.60 m/g en ambos granos
10	Zegarra, Regina	2017	Remediación de suelos contaminados con metales pesados, empleando el aserrin	<i>Pleurotus ostreatus</i>	T1 (3 granos) redujo 792,00 mg/kg, es decir un 29.4% de

			como sustratos, con dosis y tiempo determinado, por un periodo de 12 días. Haciendo uso de tres tratamientos.		plomo en el suelo.
--	--	--	---	--	--------------------

Fuente: elaboración propia

Como teorías relacionadas al tema tenemos, Según el Ministerio del Ambiente (MINAM) (2016), Remediación de Suelos es: “Tarea o grupo de tareas, a desarrollar en un sitio o lugar que se encuentra contaminado con el objetivo de eliminar o reducir contaminantes, para asegurar la protección de la salud humana e integridad de los ecosistemas” (p.6). En cuanto a contaminación, según el MINAM (2016), se define como “Distribución de una sustancia química o mezcla de sustancias en lugar no deseable (aire, agua, suelo), donde puede ocasionar efectos adversos al ambiente o sobre la salud” (p.6). La contaminación del suelo se da cuando sus características químicas fueron alteradas negativamente por presencia de sustancias químicas contaminantes depositadas por las actividades antropogénicas, en concentraciones altas, que resultan ser nocivas para la salud y el medio ambiente. (Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM). Con relación a metales pesados es un conjunto de elementos químicos quienes poseen una densidad alta. Generalmente son tóxicos para los seres vivos y el ecosistema. Entre ellos tenemos al mercurio, níquel, cobre, etc. Como problemas en la salud por la contaminación de metales pesados en los suelos de La Oroya podrían generar muchas alteraciones. Por ejemplo: anemia hipocrónica, disminuye la tasa de crecimiento, diarreas, cambios de coloración del pelo, inhibe el crecimiento, infertilidad e insuficiencia cardiaca, (Leondoño et al 2016). Según Reyes, Yulieth et al. (2016), en cuanto al cadmio, forma parte de la composición natural de algunas rocas y suelos y provoca una liberación al medio ambiente cercana a 25000 toneladas. De otra parte, por vía antrópica las concentraciones en el ambiente pueden ser incrementadas considerablemente. Ya que es un metal ampliamente utilizado en la industria. Al cadmio se le reconoce como uno de los metales pesados con mayor tendencia a acumularse en las plantas. Este causa severos desequilibrios en los procesos de nutrición y transporte de agua en las plantas. La favorabilidad de acumulación de cadmio en las plantas ha llevado a considerarlas como potenciales candidatos para tareas de fitoremediación de este metal (p. 68). De acuerdo con

Reyes, Yulieth et al. (2016), el plomo es un metal pesado que se ha utilizado durante muchos años debido a su resistencia a la corrosión, ductibilidad, maleabilidad y facilidad para formar aleaciones, sin embargo, para la salud humana es muy latente, ya que, puede ser absorbida fácilmente por inhalación, ingestión y a través de la piel (p. 68-69). Las especies que se han utilizado en esta investigación son 3 hongos de podredumbre blanca, siendo éstas: *Pleurotus ostreatus*, su principal característica, radica en su crecimiento, el mismo que se desarrolla en troncos o sobre desechos agrícolas o agroindustriales, aquellos que se encuentran constituidos fundamentalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina, en un porcentaje de 40-60, 15-50 y 10-30 respectivamente, su alimentación está basada en nutrientes, a quienes degrada, este hongo debe tener las condiciones adecuadas para que pueda desarrollarse sin dificultades. El micelio de este hongo puede crecer a una temperatura óptima de 30 °C, y en un nivel de pH entre 5,5 y 6,5, con una humedad relativa de 85% a 90%, siendo la óptima de 85 a 90% (MARTÍNEZ, 2012). (Ver anexo N°4) (Ver anexo N°5)

Tabla 2. Clasificación taxonómica del *Pleurotus ostreatus*

Clasificación taxonómica	
Reino	Fungi
División	Basidiomycota
Clase	Basidiomycete
Orden	Agaricales
Familia	Pleurotaceae
Género	<i>Pleurotus</i>
Especie	<i>Pleurotus ostreatus</i>

Fuente: (Martínez, 2012)

Así mismo, como segunda especie denominada tenemos el *Lentinus edodes*, que según Hinostroza et al (2008), esta especie es una seta con potencial comestible y medicinal que pertenece al reino fungi (hongos), con un píleo de 5 a 25 cm de diámetro, semiesférico. Cuando inicia su crecimiento presenta un color café; sin embargo, con el transcurrir del tiempo cambia a un color más claro. Su característica principal radica en su forma, la misma que es de un sombrero, por lo tanto, a medida que va creciendo, se vuelve encorvado, finalmente cuando alcanza la madurez su sombrero se vuelve aplanado. Se reproduce mediante sus esporas, al abrirse el píleo estas son transportadas por el viento para la

propagación de la especie, cuando finalmente la espora germina forma un largo filamento de células vivas a las que se denomina hifas, éstas son esqueléticas, paralelas con células irregulares o entretejidas.

El género *Lentinula* es monomítico, esto quiere decir que, tiene el carpóforo en las carnes. Sus esporas son blancas de entre 3 a 3.5 um. El micelio es blanco en un inicio hasta alcanzar un color pardo oscuro y finalmente cuando llega a su madurez se torna de color chocolate. *Lentinus edodes* también conocido como Shiitake crece en un clima húmedo y cálido, sobre maderas duras de árboles muertos, principalmente en árboles de la familia *Fagaceaceae*, ya que, se caracteriza se ser saprófito y por lo tanto se desarrolla solamente en tejido necrótico. (ver anexo N°2) (ver anexo N°3)

Tabla 3. Clasificación taxonómica de *Lentinus edodes*

Clasificación taxonómica	
Reino	Fungi
División	Basidiomycota
Clase	Basidiomycete
Orden	Agaricales
Familia	Tricholomataceae
Género	<i>Lentinula</i>
Especie	<i>Lentinula edodes</i>

Fuente: (Hinestroza et al. 2008)

Finalmente tendremos al hongo *Agaricus bisporus*, según Gerardo Mata [et al], (2016), es conocido popularmente como champiñón, considerada como la especie comestible más cultivada en el mundo.

De acuerdo con José E. Sánchez Vázquez [et al]. (2007), La gran mayoría de las especies de este género presentan un conjunto único de características: Al inicio de su desarrollo, el esporóforo joven está encerrado en una envoltura llamada velo general, que se rompe rápidamente al mismo tiempo que el esporóforo aumenta de tamaño. Otro velo, denominado parcial, liga el margen del píleo al estípite y se rompe al mismo tiempo que el sombrero se abre como un paraguas. En la madurez, el esporóforo está constituido de un estípite montado por un sombrero bajo el cual las láminas están dispuestas radialmente. Estas láminas tapizan el himenio constituido de células estériles (cistidios) y de basidios productores de esporas

color café que en masa le confieren un color café oscuro o café chocolate. Al romperse, los velos dejan restos que decoran el sombrero y el estípite; en particular este último presenta uno o varios anillos que pueden descender desde lo alto del pie (anillo descendente) o al contrario, ascender desde la base del pie (anillo ascendente). (Ver anexo N° 6 y N° 7)

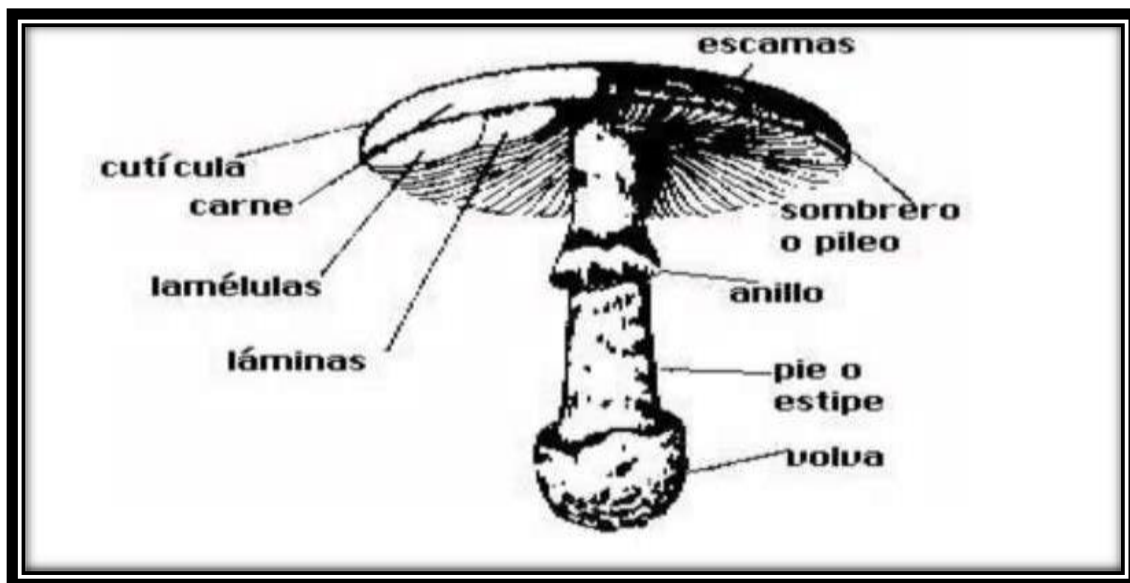
Tabla 4. Clasificación taxonómica de *Agaricus bisporus*

Clasificación taxonómica	
Reino	Fungi
División	Basidiomycota
Clase	Agaricomycetes
Orden	Agaricales
Familia	Agaricaceae
Género	<i>Agaricus</i>
Especie	<i>Agaricus bisporus</i>

Fuente: (José E. Sánchez Vázquez [et al]. 2007)

Estos hongos son de orden agaricales, caracterizado por sus esporas café chocolate con anillos diferentes que nacen de un velo parcial y laminillas o agallas libres. En este orden podemos encontrar hongos comestibles y también venenosos. Según (Salomón [et al], 1996) citado por (Hernández & López, 2008, p.19) las partes que componen un hongo de orden agaricales son: (ver anexo N° 28)

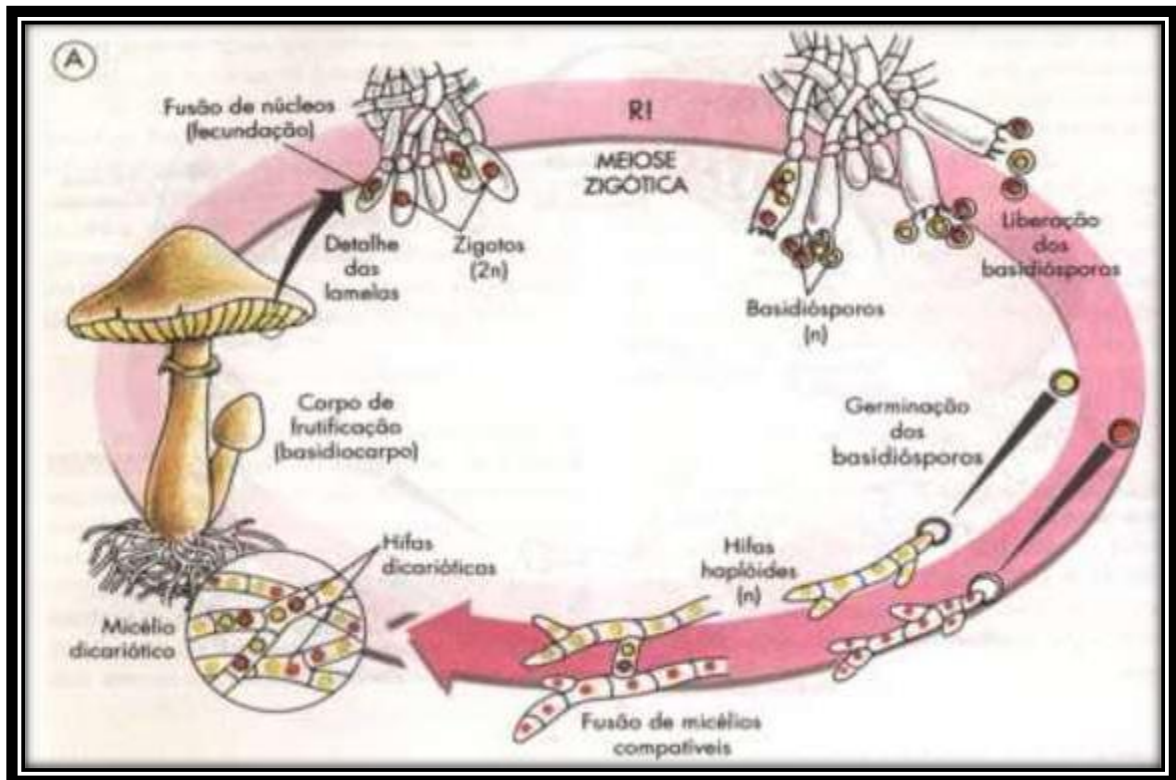
Figura 1. Partes del hongo del orden Agarical



Fuente: (Salomón [et al], 1996) citado por (Hernández & López, 2008, p.19)

Con relación a la reproducción de los hongos basidiomicetes, los cuerpos fructíferos tienen una zona himenial láminas, poros o tubos donde se encuentran ubicados los basidios, estos son células en forma de bolsa, en cuyo extremo se desarrolla 4 esporas o basidiosporas. En las setas se forman cientos de miles de basidios, estos producirán millones de esporas que luego de haber madurado serán liberadas por la acción del viento (Navarro, 2005) citado Hernández & López, 2008, p.21).

Figura 2. Ciclo de vida



Fuente: (Navarro, 2005) citado Hernández & López, 2008, p.21)

Los factores que influyen en el desarrollo de los hongos como son: Condiciones ambientales las mismas que poseen carácter determinante en la formación del cuerpo fructífero, siendo esta un proceso sensible e influenciado por muchos factores; como: La luz, la temperatura, humedad, salinidad y el pH (GAYOSO, 2016). Los hongos son organismos cosmopolitas que pueden desarrollarse en sustratos muy variados, como en todos los climas de la tierra hasta incluso en condiciones extremas y como resultado sus esporas pueden sobrepasar la atmósfera (AIRA et al., 2003).

El desarrollo fúngico está supeditado a ciertas condiciones ambientales tales como la humedad relativa, temperatura, precipitación, inversiones térmicas, contaminación,

disponibilidad de sustrato y actividades humanas, las que influyen de una manera determinante en la proliferación y propagación de las partículas fúngicas hacia los espacios interiores (GUERRERO et al., 2003). La mayoría de las especies fúngicas son cosmopolitas aunque algunas de ellas tienen una distribución geográfica restringida y específica. Los hongos se encuentran ampliamente distribuidos, viven en cualquier sitio que presente materia orgánica, humedad, y temperatura comprendida entre 4 y 60°C, incluso pueden vivir en climas ecuatoriales, tropicales, subtropicales, templados y aún en los fríos, siempre que la temperatura no sea menor a 0 °C, desde el nivel del mar hasta altitudes de más de 4000 metros, en donde se encuentran los últimos vestigios de vegetación, son capaces de desarrollarse en lugares húmedos, en sitios semidesérticos y aún en desérticos en épocas de ligera humedad en los suelos (HERRERA y ULLOA, 1990). La temperatura óptima para el desarrollo de los hongos se encuentra entre 20 y 35 °C, a menos de 0 °C los hongos entran en dormancia; por encima de la temperatura máxima tolerable el hongo muere, así lo indica (RODRÍGUEZ, 1996). Los hongos consumen compuestos orgánicos e inorgánicos. Los elementos inorgánicos incluidos en el sustrato artificial son: fósforo, potasio, nitrógeno, sulfuro y magnesio, y en menor proporción: hierro, cobre, zinc y boro. El extracto de malta – agar es el más recomendado para las investigaciones científicas de pudrición de la madera, debido a que es rico en azúcares (KING y ENDERSON, 1980).

Con relación a la normativa ambiental en nuestro país las normas y leyes medioambientales están enfocadas en preservar, conservar y cuidar todos aquellos aspectos que alteren el medio ambiente, agua, suelo, aire; siendo el Ministerio del Ambiente el ente encargado de identificar y controlar áreas contaminadas las cuales requerirán una acción de urgencia. (MINAM, 2005, p.25).

Para llevar a cabo la presente investigación se tomó en cuenta la Guía para el muestreo de suelos, el empleo de este documento fue exclusivamente para llevar a cabo el análisis del suelo y así identificar el nivel de contaminación, aquellos factores contaminantes, teniendo en cuenta los pasos a seguir para la toma de muestra y los detalles acerca de cuánta muestra se debe extraer dependiente el tipo de suelo; industrial, agrícola, etc. (MINAM, 2014).

Como problema general tenemos: ¿Cuál será la eficiencia de *Lentinus edodes*, *Pleurotus ostreatus* y *Agaricus bisporus* para la remediación de los suelos contaminados por plomo y cadmio proveniente de La Oroya antigua, durante el periodo 2019?; como problemas específicos hemos determinado los siguientes: 1.- ¿Qué hongo resulta más eficiente en la remediación de los suelos contaminados por plomo y cadmio proveniente de La Oroya

antigua, Lima - Perú, durante el periodo 2019?, 2.- ¿Cuál es la dosis óptima para determinar la eficiencia de *Lentinus edodes*, *Pleurotus ostreatus* y *Agaricus bisporus* en la remediación de los suelos contaminados por plomo y cadmio proveniente de La Oroya antigua, Lima – Perú, durante el periodo 2019? y 3.- ¿Cuál es el tiempo óptimo para lograr la eficiencia de *Lentinus edodes*, *Pleurotus ostreatus* y *Agaricus bisporus* en la remediación de los suelos contaminados por plomo y cadmio proveniente de La Oroya antigua, Lima - Perú, durante el periodo 2019?.

Con relación a la justificación del presente estudio, se encuentra basado en el interés de nosotras futuras ingenieras ambientales, en investigar sobre un método adecuado para la remediación de los suelos contaminados por metales pesados en La Oroya Antigua, teniendo en consideración los altos niveles de Plomo y Cadmio, que se encuentran en este lugar, los mismos que a pesar de las arduas labores de remediación por parte del estado peruano sobrepasan los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), resultando perjudicial a largo plazo para la salud humana, más aun en madres gestantes, recién nacidos, niños menores a 5 años y adultos mayores; así también como para el sostenimiento de los ecosistemas.

Este estudio tiene también como finalidad motivar a los estudiantes a realizar próximas investigaciones, valiéndose de la riqueza de los hongos de podredumbre blanca, quienes por el método biológico denominado “biosorción”, absorbe metales a través de las paredes celulares, por intercambio catiónico; es decir, estos los metales que tienen carga positiva se adhieren a las paredes celulares y alguno de ellos ingresan a las vacuolas u otras estructuras para así minimizar su toxicidad; es por ello, que se les considera microorganismos amigables para el medio ambiente. (Cobarrubias, S.A., García Berumen. J.A., & Peña Cabriales, J.J. 2015).

Los hongos a estudiar presentan propiedades potencialmente remediadoras que pueden ser utilizadas y aprovechadas para remediar suelos contaminados con metales pesados, hidrocarburos, etc. La información que se obtenga será de gran utilidad para las autoridades del Distrito de La Oroya; así como también para los pobladores quienes serán los directamente beneficiados, ya que se obtendrá una técnica de remediación de suelos que les permita, tal vez o quizá reutilizar el recurso no renovable para la práctica de cualquier otra actividad; ya se para el cultivo o crianza de animales.

Como hipótesis general se determinó que, *Lentinus edodes*, *Pleurotus ostreatus* y *Agaricus bisporus* son eficientes en la remediación de los suelos contaminados por plomo y cadmio proveniente de La Oroya antigua, Lima – Perú, durante el periodo 2019.

Así mismo, como hipótesis específicas se han establecido: 1.- Las propiedades físicas (crecimiento de micelio) favorecen significativamente en la remediación de los suelos contaminados por plomo y cadmio proveniente de La Oroya antigua, Lima - Perú, durante el periodo 2019, 2.- La dosis optima determinará la eficiencia en la remediación de los suelos contaminados por plomo y cadmio proveniente de La Oroya antigua, Lima - Perú, durante el periodo 2019 y 3.- El tiempo optimo empleado resulta ser eficiente en la remediación de los suelos contaminados por plomo y cadmio proveniente de La Oroya antigua, Lima - Perú, durante el periodo 2019.

Y finalmente como objetivo general en la presente investigación se ha optado por Evaluar la eficiencia de *Lentinus edodes*, *Pleurotus ostreatus* y *Agaricus bisporus* en la remediación de suelos contaminados por plomo y cadmio proveniente de La Oroya antigua, Lima - Perú, durante el periodo 2019. Y como objetivos específicos tenemos: 1.- Determinar el hongo más óptimo para la remediación de los suelos contaminados por plomo y cadmio proveniente de La Oroya antigua, Lima - Perú, durante el periodo 2019, 2.- Determinar la dosis óptima para la remediación de los suelos contaminados por plomo y cadmio proveniente de La Oroya antigua, Lima - Perú, durante el periodo 2019, por último 3.- Determinar el tiempo adecuado u optimo en la remediación de suelos contaminados con plomo y cadmio proveniente de La Oroya antigua, Lima – Perú, durante el periodo 2019.

II. MÉTODO

2.1. Tipo y diseño de investigación

2.1.1. Tipo de investigación

La siguiente investigación es tipo aplicada, posee un fin práctico. Su finalidad radica en la aplicación concreta de un saber que no busca tanto incrementar su corpus teórico como ensayar sus posibilidades prácticas en el plano de la acción. Su definición está, pues, en relación a criterios precisos de uso, tendentes a facilitar respuestas a problemas prácticos específicos, constituyéndose en un área intermedia entre el descubrimiento de un nuevo conocimiento y su aplicación práctica a través de la cual se trata de transformar los conocimientos científicos en tecnologías. Con ella se pretende aplicar la ciencia para mejorar y ampliar el dominio del hombre sobre la realidad, con el fin de resolver los problemas importantes de la humanidad. (RODRIGUEZ, 2011).

2.1.2. Nivel de investigación

La presente investigación posee un nivel explicativo, ya que, ésta busca explicar las razones que causan estos problemas planteados en el estudio. (Behar, 2008). La misma que coadyuva a plantear los fenómenos y en qué nivel se encuentran, que se encuentran vinculadas a la comprobación de hipótesis causante (variable independiente) sobre resultados en hechos verificables o comprobables (variable dependiente). También este nivel de investigación implica el esfuerzo de los investigadores y tener una capacidad de análisis e interpretación.

2.1.3. Diseño de investigación

El diseño empleado en la presente investigación es experimental, en vista que se desarrollarán procedimientos de análisis de suelos contaminados tanto en laboratorio como en campo; así como la comparación de la eficiencia de la remediación con cada una de las especies nativas.

Behar (2008), nos menciona que “la investigación se caracteriza por la aplicación o utilización de los conocimientos que se adquieren buscando así confrontar la teoría con la realidad” (p.20).

De la misma forma acerca de la investigación experimental manifiesta: “Se refiere a la manipulación deliberada de una o más variables independientes para determinar los efectos de esa manipulación sobre una o más variables dependientes” (BEHAR, Daniel, 2008, p.47).

2.2.Operacionalización de variables

2.2.1. Variables

Las variables según Behar (2008) “se entienden como aquellas características que se busca estudiar, conocer, observar y medir, para finalmente emitir una opinión, según los resultados obtenidos” (p. 53).

En la presente investigación se tiene dos variables:

- Variable independiente: *Lentinus edodes*, *Pleurotus ostreatus* y *Agaricus bisporus*.
- Variable dependiente: Remediación de suelos contaminados por plomo y cadmio.

2.2.2. Matriz de operacionalización de variables

Tabla 5. Matriz de operacionalización de variables

	VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIENSIONES	INDICADORES
INDEPENDIENTE	<i>Lentinus edodes, Pleurotus ostreatus y Agaricus bisporus</i>	Los hongos de pudrición blanca o filamentosos, tienen características que lo hacen atractivos para su aplicación en la remediación de suelos con bajos requerimiento tecnológico. Capaces de crecer bajo estrés ambiental, limitando el crecimiento bacteriano. (Da Silva, R, 2009)	Se determinará la eficiencia de los tres hongos para determinar cual de ellos tiene mas efecto en la remediación del suelo contaminado con plomo y cadmio, luego de realizado el proceso de experimentación, en 3 repeticiones por cada tratamiento, las mismas que permitirán determinar verazmente el objetivo de estudio.	Características del hongo (<i>Lentinus edodes, Pleurotus ostreatus y Agaricus bisporus</i>)	Crecimiento de micelio
				Grano de Trigo	<i>Lentinus edodes</i>
					<i>Pleurotus ostreatus</i> <i>Agaricus bisporus</i>
Tiempo	3 granos, 9 granos y 15 granos				
					5 días, 10 días y 15 días
DEPENDIENTE	Remediación de Suelos	Tarea o conjunto de tareas a desarrollarse en un sitio contaminado con la finalidad de eliminar o reducir contaminantes, a fin de asegurar la protección de la salud humana y la integridad de los ecosistemas. (MINAM, 2016, p. 15)	Se tomará 2 muestras de suelo, el cual, según la guía de muestro para suelo, debe ser de 1 metro de profundidad, la segunda muestra será de una profundidad de 40 cm, para ello se extraerá 50 kg de suelo por cada muestra.	Concentración de metales pesados	Nivel de concentración del Plomo inicial
					Nivel de concentración del Cadmio inicial
				Propiedades fisicoquímicas	Salinidad
					pH
					Capacidad de intercambio catiónico
					Textura
					K
				P	
Materia orgánica					

Fuente: elaboración propia

2.3. Población, muestra y muestreo

2.3.1. Población

Se ha tomado como población el suelo, ubicado en la ciudad de La Oroya Antigua, cuyo estado se encuentra contaminado con metales pesados; asimismo, es necesario precisar que, nuestra población está ubicada en este distrito del Perú, nuestra experimentación no se llevó a cabo *In Situ*.

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014) se comprende población aquella considerada como conjunto de casos cuyas características son lugar y tiempo, son aquellas que especifican las características de la población fácilmente con la finalidad de determinar y delimitar los parámetros de muestreo (p. 174)

2.3.2. Muestra

Se recolectó del área de estudio 50 kg aproximadamente de suelo por cada muestra (muestra 1 - 40cm y muestra 2 – 1 m de profundidad), teniendo en cuenta la guía para muestreo de suelos; considerando que estas deben tener una profundidad de 100 cm; sin embargo, se optó por tomar una muestra de 40 cm de profundidad para conocer si el suelo tendrá las condiciones para la agricultura.

“La muestra es, en esencia, un subgrupo. Digamos que es un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población”. (Hernández, Fernández y Baptista 2014 p. 175).

Se trabajó con 3 réplicas para cada tratamiento.

Zona de extracción de muestra

La muestra de suelo contaminada con metales pesados fue recolectada en La Oroya antigua, el punto de muestra extraída se encuentra frente al complejo metalúrgico Doe Run Perú, con coordenadas 11°31'36" Sur 75°53'44" Oeste. (Ver anexo N° 29)

2.3.3. Muestreo

El tipo de muestreo seleccionado fue de identificación (MI), siguiendo lo establecido en la guía para muestreo de suelos dentro del Marco Legal del D.S. N° 002-2013-MINAM (p. 9).

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

2.4.1. Técnica

La técnica empleada será de observación experimental - cuasi, en razón que se realizarán análisis de las diversas muestras de suelos de la acción biológica de las diferentes especies de hongos.

2.4.2. Instrumento de recolección de datos

Se elaboró una tabla de observación de diseño único (ver anexo N° 30), en el cual se mostrará los resultados de cada análisis realizado en el laboratorio, en cuanto a la remediación del suelo en los 2 tipos de muestra de suelo; muestra 1 de 40 cm de profundidad y muestra 2 de 1 metro de profundidad, utilizando como remediador a hongos de podredumbre blanca.

Tabla 6. Instrumentos de recolección de datos

INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
INSTRUMENTO	MARCA / AÑO	DEFINICIÓN	ETAPA
Espectrofotómetro	PGInstruments AA500 /2017	Según Skoog, et al (2001), la espectroscopia de absorción atómica constituye un medio sensible para la cuantificación de más de 60 elementos metálicos, incluyendo a los metaloides.	Se utilizó para determinar el nivel de concentración de Pb y Cd.
Pie de rey digital	UBERMANN	Sirve para efectuar mediciones en mm o inch con precisión.	Se utilizó para medir en milímetros el crecimiento del micelio.

Fuente: elaboración propia

2.4.3. Validez

En esta investigación en cuanto a la validación en la tabla 7 se muestran los equipos que se utilizarán para el desarrollo de la presente investigación. En lo que respecta se explicará para que sirve cada uno de los equipos, la marca y la etapa en las que fueron utilizados para realizar los procedimientos respectivos que posteriormente llevarán al análisis de las muestras.

Tabla 7. Validación de los equipos de laboratorio

EQUIPOS DE LABORATORIO			
NOMBRE	MARCA	DEFINICIÓN	ETAPA
Incubadora	Memmert	Según Solórzano (2015), es usada para mantener a una temperatura constante los cultivos microbiológicos, y así asegurar el buen crecimiento de los microorganismos. Controla la temperatura, humedad y otras condiciones necesarias para el desarrollo del cultivo microbiológico. De $25 \pm 2^\circ \text{C}$, T° adecuada para el crecimiento de los hongos.	Se utilizó en para la obtención del micelio de los hongos y su desarrollo.
Autoclave de esterilización a vapor	Prestige	Utilizado para la esterilización de material de laboratorio. Solórzano (2015).	Se empleó en la esterilización de la paja y humedecer el suelo, para el procedimiento de sembrado.
Balanza analítica de precisión	Constant	Aparato que tiene como finalidad pesar sustancias con una sensibilidad de 1 décima de gramo.	Se utilizó en casi todo el procedimiento de análisis, para obtener las muestras de suelo a analizar.

Microscópio binocular	Olimpus	Permite observar con más detalle los preparados, secciones de órganos y tejidos microbiológicos. Este equipo está constituido por una cabeza binocular, la cual, nos permite realizar altos aumentos a los detalles.	Se utilizó para la identificación de los hongos.
Cámara de flujo laminar		Solórzano (2015), nos menciona también llamadas cabinas de seguridad biológica, tienen la finalidad de brindar protección al usuario y ambiente de los riesgos de material infeccioso, materiales biológicos, etc. Su funcionamiento es casi similar al de una campana de humo.	Se utilizó en el procedimiento de digestión de las muestras.

Fuente: elaboración propia

2.4.4. Confiabilidad

Para la confiabilidad de los equipos utilizados en el desarrollo de la investigación y para tener datos confiables, se calibraron todos los equipos antes de su uso, para ello el encargado del laboratorio de biotecnología estuvo presente para así constatar que todos los equipos utilizados se encuentren calibrados, con la finalidad que al terminar el proceso de experimentación firme un documento donde certifique que los equipos han sido calibrados correctamente por las tesisistas.

2.5. Procedimiento

2.5.1. Obtención de muestra de suelo contaminado

Nuestros puntos de monitoreo se encuentran ubicados en las coordenadas 11°31'36" Sur 75°53'44" Oeste, en donde se realizó la extracción de las muestras, siendo estas a profundidades de 40 cm y 1 metro respectivamente, de acuerdo a los procedimientos establecido en la guía para muestreo de suelos, establecido en el marco del Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM tal y conforme se describió líneas arriba; para ello, se emplearon los

siguientes materiales: (bolsas esterilizadas, guantes, mascarillas, mandil, palas, picos, wincha y barreta). Posteriormente se procedió a conducir al suelo a un ambiente adecuado para su conservación, lugar en donde se procederá al tamizado con la finalidad de separar las partículas sólidas que se encuentran en el suelo hasta obtener una muestra homogénea. Por consiguiente; de estas dos muestras, se tomaron 1 kilo de suelo correspondientemente, con la finalidad de ser analizados y conocer sus parámetros iniciales y la concentración de plomo total y cadmio total en la muestra.

2.5.2. Preparación de los medios de cultivo artificiales

Para la elaboración del medio de cultivo Papa Dextrosa Agar (PDA), se siguió los pasos del manual de producción y uso de hongos antagonistas (p.25). (ver anexo N° 31).

2.5.3. Obtención de las cepas *Lentinus edodes*, *Pleurotus ostreatus* y *Agaricus bisporus*.

Las cepas se obtuvieron del tronco de un árbol ubicado en las instalaciones de la Universidad Agraria la Molina. Para el aislamiento del cuerpo fructífero de los hongos de podredumbre blanca, se procedió a seguir lo indicado en el Manual de producción y uso hongos antagonistas (p.9 y 12). (Ver anexo N° 32 y 33)

2.5.4. Preparación del grano de trigo

Para la producción fructífera de las cepas de los 3 hongos, se procedió a inocular en granos de trigo, este proceso se realizó de acuerdo a la revista de agronomía costarricense (Romero, Omar [et al], 2010, p. 55-56). (Ver anexo N° 34)

2.5.5. Preparación de micelio secundario

Una vez obtenido el micelio primario, éste fue utilizado para inocular los granos de trigo ya preparados y esterilizados. Este grupo de bolsas con los granos inoculados se incubaron a 25°C, ya finalizado el tiempo de cultivo, a estos se le denomina como micelio secundario. Este procedimiento se repite en los 3 hongos de podredumbre blanca.

2.5.6. Preparación y obtención de la muestra biológica

Para determinar e identificar si algún microorganismo está habitando el suelo, se procedió a seguir los pasos para el aislamiento del suelo según el Manual de producción y uso hongos antagonistas (p.9). (ver anexo N° 35)

2.5.7. Determinación de plomo (Pb) y cadmio (Cd)





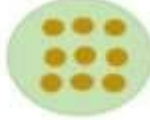




La determinación de concentración de plomo y cadmio fue realizada conforme a lo establecido en el método de digestión ácida EPA 3050B (USEPA, 1996). (Ver anexo N° 36)

2.5.8. Proceso de remediación y dosis adecuada

Para el proceso de remediación del suelo contaminado por plomo y cadmio, se procedió a utilizar el micelio secundario de los especímenes; *Pleurotus ostreatus*, *Lentinus edodes* y *Agaricus bisporus*, condicionada en 200 gr de grano de trigo ya preparados. En cada una de las placas se agregó 20gr de suelo contaminado, con 5gr de paja obtenido del establo de la Universidad Agraria la Molina que sirve como nutriente y/o sustrato para los hongos. (Zegarra, 2017).

Por consiguiente; por cada muestra de suelo (muestra 1 y muestra 2) se consideraron 3 repeticiones y 3 dosis (3 granos de trigo, 9 granos de trigo y 15 granos de trigo) por 3 tratamientos (*Pleurotus ostreatus*, *Lentinus edodes* y *Agaricus bisporus*) en 3 tiempos diferentes; es decir, con respecto al tiempo, fueron analizados cada 5 días, por ende, son en total de 81 placas petri (unidades experimentales) por muestra con suelo contaminado por metales pesados, obteniendo un total de 162 unidades experimentales. Como se presenta en la tabla 8, 9 y 10 las placas desde la dosis 1 hasta la dosis 3, llevaron granos de trigo inoculados con cada hongo, con cantidades de: 3, 9 y 15 granos (Zegarra, 2017). El suelo fue humedecido al 35%.

Tabla 8. Dosis de *Lentinus edodes* para muestra 1 y 2

	N ^o repeticiones	Tratamiento 1			Tiempo
		3 unidades de trigo inoculados con <i>L. edodes</i>	9 unidades de trigo inoculados con <i>L. edodes</i>	15 unidades de trigo inoculados con <i>L. edodes</i>	
20 gr de suelo + micelio secundario (trigo) + 5 gr de paja	R1				5 días, 10 días y 15 días
	R2				
	R3				

Fuente: elaboración propia

Tabla 9. Dosis de *Pleurotus ostreatus* para muestra 1 y 2

	N ^o repeticiones	Tratamiento 2			Tiempo
		3 unidades de trigo inoculados con <i>P. ostreatus</i>	9 unidades de trigo inoculados con <i>P. ostreatus</i>	15 unidades de trigo inoculados con <i>P. ostreatus</i>	
20 gr de suelo + micelio secundario (trigo) + 5 gr de paja	R1				5 días, 10 días y 15 días
	R2				
	R3				

Fuente: elaboración propia

Tabla 10. Dosis de *Agaricus bisporus* para muestra 1 y 2

	N ^o repeticiones	Tratamiento 3			Tiempo
		3 unidades de trigo inoculados con <i>A. bisporus</i>	9 unidades de trigo inoculados con <i>A. bisporus</i>	15 unidades de trigo inoculados con <i>A. bisporus</i>	
20 gr de suelo + micelio secundario (trigo) + 5 gr de paja	R1				5 días, 10 días y 15 días
	R2				
	R3				

Fuente: elaboración propia

2.6. Métodos de análisis de datos

Para el cumplimiento de los objetivos de la investigación se ha considerado procesar los datos con paquete estadístico de SPSS-Statistics versión 25. En una primera etapa, para

establecer los resultados desde el punto de vista descriptivo se utilizó tablas y gráficos, además de medidas de resumen adecuadas a las variables, tales como media para las variables cuantitativas, en el caso de las variables cualitativas se consideró frecuencias y porcentajes.

Para el análisis de la correlación entre las variables, se consideró los siguientes casos:

- En el caso de comparar varias medias de diferentes poblaciones se ha considerado la prueba ANOVA, previamente se ha verificado los requisitos de esta prueba, entre ellos la no existencia de valores discordantes entre todos los datos globalmente. Esta prueba ANOVA considera como hipótesis nula la igualdad de todas las medias en los grupos de análisis y como hipótesis alterna que al menos uno de los grupos presenta una media diferente.
- De rechazarse la hipótesis nula del ANOVA, considero la prueba de Tukey (la más importante de las pruebas para comparar parejas de medias) y mediante esta prueba se identificó los grupos con medias iguales y los grupos con medias diferentes.

2.7.Aspectos éticos

El siguiente estudio de investigación fue supervisado por profesionales expertos en el tema, aparte de ello, siguiendo con todos los manuales y normas para así tener un buen estudio. Por lo tanto, este estudio de investigación obtendrá resultados reales, ya que, al finalizar el estudio, la metodología, entre ellos las fases, los procesos y la dosis apta para remediación de suelos contaminados por plomo y cadmio serán publicadas y reveladas al público mediante el repositorio de la Universidad César Vallejo.

No obstante, las muestras de suelo (antes del periodo de experimentación) fueron analizadas en el laboratorio de análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria la Molina – UNALM.

III. RESULTADOS

3.1. Análisis inicial del suelo

En la tabla 11 se presenta los resultados iniciales que fueron analizados por el laboratorio de análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes. (Ver anexo N° 18)

Tabla 11. Parámetros fisicoquímicos iniciales de la muestra 1 y 2

Muestra	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	M.O. %	P (ppm)	K (ppm)	Análisis Mecánico			Clase textural	Cl C	Pb total ppm	Cd total ppm
						Arena	Limo	Arcilla				
						%	%	%				
Muestra 1 (40 cm)	7.70	1.94	0.74	40.1	152	47	35	18	Fr	6.88	23 683.45	158.25
Muestra 2 (1 metro)	7.75	2.49	0.83	49.8	183	47	27	26	Fr.Ar.A.	8.00	21 464.1	125.15

Fuente: elaboración propia

Se puede observar que para los parámetros fisicoquímicos de la muestra 1 se tiene un pH ligeramente alcalino, la salinidad del suelo es ligeramente salino, tiene un nivel bajo de materia orgánica, el fósforo disponible en el suelo es alto, sin embargo, el potasio disponible es medio y la textura del suelo es franco. Por otro lado; se observa que para la muestra 2 se tiene un pH ligeramente alcalino, la salinidad del suelo es ligeramente salino, en cuanto a materia orgánica un porcentaje bajo, por otro lado, se tiene una concentración alta de fósforo y una concentración media de potasio, como textura de suelo se determinó un suelo franco arcilloso arenoso. Por último, en cuanto a la concentración de los metales en el suelo, estos sobrepasan los estándares de calidad ambiental (ver anexo N° 37).

3.2. Resultados de la concentración del plomo (Pb), cadmio (Cd) y el crecimiento micelial (mm) de las 2 muestras de suelos.

En las siguientes tablas de recolección de datos se puede visualizar la concentración final de plomo, cadmio en el suelo y el crecimiento micelial, de acuerdo con los diferentes periodos de tiempo (5, 10 y 15 días), a la vez con las diferentes dosis (3, 9 y 15) de trigo inoculados con el micelio secundario de los 3 hongos ya mencionados.

Tabla 12. Concentración final de la muestra 1 y 2 en el periodo de tiempo de 5 días

Tratamiento 1: <i>Lentinus edodes</i>											
FECHA	MUESTRA	CODIFICACIÓN	PROPIEDADES FÍSICAS			GRANOS DE TRIGO			TIEMPO (DÍAS)		
			CRECIMIENTO MICELIAL (mm)	CONCENTRACIÓN DE PLOMO mg/kg	CONCENTRACIÓN DE CADMIO mg/kg	3	9	15	5	10	15
11/10/19	40 cm	R3.1	14.13	2832.2	85.2	X			X		
11/10/19	40 cm	R3.2	12.8	3259.8	85.3	X			X		
11/10/19	40 cm	R3.3	12.65	3218.5	85.2	X			X		
11/10/19	40 cm	R9.1	15.47	2797.1	81.1		X		X		
11/10/19	40 cm	R9.2	17.66	2691.8	78.3		X		X		
11/10/19	40 cm	R9.3	14.01	3745.3	85		X		X		
11/10/19	40 cm	R15.1	14.53	3534.6	92.1			X	X		
11/10/19	40 cm	R15.2	15.55	3136.9	89			X	X		
11/10/19	40 cm	R15.3	13.6	2165	62.5			X	X		
11/10/19	1 metro	R3.1	22.3	1813.8	39.7	X			X		
11/10/19	1 metro	R3.2	23	2586.4	52.8	X			X		
11/10/19	1 metro	R3.3	28.63	2445.9	52.8	X			X		
11/10/19	1 metro	R9.1	12.42	1682.7	34.8		X		X		
11/10/19	1 metro	R9.2	20.88	2305.5	56.3		X		X		
11/10/19	1 metro	R9.3	14.21	2768.1	50.4		X		X		
11/10/19	1 metro	R15.1	15.51	2410.8	53.5			X	X		
11/10/19	1 metro	R15.2	14.8	1688	34.8			X	X		
11/10/19	1 metro	R15.3	18.38	2445.9	51.4			X	X		

Fuente: elaboración propia

Tabla 13. Concentración final de la muestra 1 y 2 en el periodo de tiempo de 5 días

Tratamiento 2: <i>Pleurotus ostreatus</i>											
FECHA	MUESTRA	CODIFICACIÓN	PROPIEDADES FÍSICAS			GRANOS DE TRIGO			TIEMPO (DÍAS)		
			CRECIMIENTO MICELIAL (mm)	CONCENTRACIÓN DE PLOMO mg/kg	CONCENTRACIÓN DE CADMIO mg/kg	3	9	15	5	10	15
11/10/19	40 cm	R3.1	21.22mm	3042.9	89.3	X			X		
11/10/19	40 cm	R3.2	19.67mm	3394.1	43.9	X			X		
11/10/19	40 cm	R3.3	17.51mm	3042.9	86.6	X			X		
11/10/19	40 cm	R9.1	20.28mm	2586.4	83.1		X		X		
11/10/19	40 cm	R9.2	19.37mm	3323.9	97.6		X		X		
11/10/19	40 cm	R9.3	16.35mm	2797.1	85.2		X		X		
11/10/19	40 cm	R15.1	18.77mm	6343.9	87.1			X	X		
11/10/19	40 cm	R15.2	20.15mm	3148.3	85.2			X	X		
11/10/19	40 cm	R15.3	19.75mm	2867.3	88.6			X	X		
11/10/19	1 metro	R3.1	18.15mm	1743.6	47.3	X			X		
11/10/19	1 metro	R3.2	19.36mm	2024.5	52.8	X			X		
11/10/19	1 metro	R3.3	25.10mm	2733	46.5	X			X		
11/10/19	1 metro	R9.1	22.31mm	2481.1	56.9		X		X		
11/10/19	1 metro	R9.2	19.60mm	1146.6	34.9		X		X		
11/10/19	1 metro	R9.3	20.40mm	1778.7	46.6		X		X		
11/10/19	1 metro	R15.1	17.59mm	2024.5	52.1			X	X		
11/10/19	1 metro	R15.2	15.37mm	1884.1	52.8			X	X		
11/10/19	1 metro	R15.3	9.71mm	1813.8	56.3			X	X		

Fuente: elaboración propia

Tabla 14. Concentración final de la muestra 1 y 2 en el periodo de tiempo de 5 días

Tratamiento 3: <i>Agaricus bisporus</i>											
FECHA	MUESTRA	CODIFICACIÓN	PROPIEDADES FÍSICAS			GRANOS DE TRIGO			TIEMPO (DÍAS)		
			CRECIMIENTO MICELIAL (mm)	CONCENTRACIÓN DE PLOMO	CONCENTRACIÓN DE CADMIO	3	9	15	5	10	15
11/10/19	40 cm	R3.1	7.67	2867.3	79.7	X			X		
11/10/19	40 cm	R3.2	7.73	3148.3	83.8	X			X		
11/10/19	40 cm	R3.3	7.41	3084.2	81.1	X			X		
11/10/19	40 cm	R9.1	18.02	3148.3	84.5		X		X		
11/10/19	40 cm	R9.2	17.1	3172	82.3		X		X		
11/10/19	40 cm	R9.3	15.67	2621.5	73.5		X		X		
11/10/19	40 cm	R15.1	10.11	3394.1	92.8			X	X		
11/10/19	40 cm	R15.2	10.21	2656.1	81.1			X	X		
11/10/19	40 cm	R15.3	9.76	2867.3	83.8			X	X		
11/10/19	1 metro	R3.1	13.35	1692.2	33.5	X			X		
11/10/19	1 metro	R3.2	17.87	1699.9	36.8	X			X		
11/10/19	1 metro	R3.3	20.06	2410.8	55.6	X			X		
11/10/19	1 metro	R9.1	13.59	1919.2	52.1		X		X		
11/10/19	1 metro	R9.2	17.7	1708.5	40.4		X		X		
11/10/19	1 metro	R9.3	16.69	2662.8	50.1		X		X		
11/10/19	1 metro	R15.1	15.97	1954.3	45.2			X	X		
11/10/19	1 metro	R15.2	7.35	2645.2	45.3			X	X		
11/10/19	1 metro	R15.3	12.5	1954.3	45.2			X	X		

Fuente: elaboración propia

Tabla 15. Concentración final de la muestra 1 y 2 en el periodo de tiempo de 10 días

Tratamiento 1: <i>Lentinus edodes</i>											
FECHA	MUESTRA	CODIFICACIÓN	PROPIEDADES FÍSICAS			GRANOS DE TRIGO			TIEMPO (DÍAS)		
			CRECIMIENTO MICELIAL (mm)	CONCENTRACIÓN DE PLOMO mg/kg	CONCENTRACIÓN DE CADMIO mg/kg	3	9	15	5	10	15
16/10/19	40 cm	R3.1	20.41	3218.5	93.5	X			X		
16/10/19	40 cm	R3.2	22.57	3218.5	90	X			X		
16/10/19	40 cm	R3.3	25.1	2621.5	69.3	X			X		
16/10/19	40 cm	R9.1	19.94	3534.6	91.4		X		X		
16/10/19	40 cm	R9.2	25.9	3359	89.3		X		X		
16/10/19	40 cm	R9.3	24.5	3078	89.3		X		X		
16/10/19	40 cm	R15.1	27.74	3148.3	88			X	X		
16/10/19	40 cm	R15.2	28.68	3253.6	86.6			X	X		
16/10/19	40 cm	R15.3	23.58	3464.3	88			X	X		
16/10/19	1 metro	R3.1	23.86	2305.5	58.3	X			X		
16/10/19	1 metro	R3.2	30.28	2902.5	54.2	X			X		
16/10/19	1 metro	R3.3	39.33	3429.2	60.4	X			X		
16/10/19	1 metro	R9.1	26.72	3183.4	56.3		X		X		
16/10/19	1 metro	R9.2	24.22	2867.3	57.6		X		X		
16/10/19	1 metro	R9.3	16.78	2797.1	56.9		X		X		
16/10/19	1 metro	R15.1	24.11	3078	61.3			X	X		
16/10/19	1 metro	R15.2	18.22	3078	56.9			X	X		
16/10/19	1 metro	R15.3	21.96	2762	55.6			X	X		

Fuente: elaboración propia

Tabla 16. Concentración final de la muestra 1 y 2 en el periodo de tiempo de 10 días

Tratamiento 2: <i>Pleurotus ostreatus</i>										
FECHA	MUESTRA	CODIFICACIÓN	PROPIEDADES FÍSICAS			GRANOS DE TRIGO			TIEMPO (DÍAS)	
			CRECIMIENTO MICELIAL (mm)	CONCENTRACIÓN DE PLOMO mg/kg	CONCENTRACIÓN DE CADMIO mg/kg	3	9	15	5	10
16/10/19	40 cm	R3.1	19.64	3323.9	92.1	X				X
16/10/19	40 cm	R3.2	26.31	3007.8	89.3	X				X
16/10/19	40 cm	R3.3	18.17	3007.8	87.3	X				X
16/10/19	40 cm	R9.1	19.39	2691.8	88		X			X
16/10/19	40 cm	R9.2	21.96	2797.1	92.1		X			X
16/10/19	40 cm	R9.3	17.21	2832.2	89.3		X			X
16/10/19	40 cm	R15.1	16.5	2586.4	81.1			X		X
16/10/19	40 cm	R15.2	13.3	2516.2	71.4			X		X
16/10/19	40 cm	R15.3	17.1	2972.7	88			X		X
16/10/19	1 metro	R3.1	18.22	1743.6	53.5	X				X
16/10/19	1 metro	R3.2	22.21	2762	74.9	X				X
16/10/19	1 metro	R3.3	25.14	2340.6	62.5	X				X
16/10/19	1 metro	R9.1	19.15	2516.2	56.9		X			X
16/10/19	1 metro	R9.2	23.16	2024.5	54.9		X			X
16/10/19	1 metro	R9.3	17.5	2129.9	59.7		X			X
16/10/19	1 metro	R15.1	17.27	2340.6	66.6			X		X
16/10/19	1 metro	R15.2	20.06	1708.5	50.7			X		X
16/10/19	1 metro	R15.3	18.44	2410.8	63.8			X		X

Fuente: elaboración propia

Tabla 17. Concentración final de la muestra 1 y 2 en el periodo de tiempo de 10 días

Tratamiento 3: <i>Agaricus bisporus</i>										
FECHA	MUESTRA	CODIFICACIÓN	PROPIEDADES FÍSICAS			GRANOS DE TRIGO			TIEMPO (DÍAS)	
			CRECIMIENTO MICELIAL (mm)	CONCENTRACIÓN DE PLOMO mg/kg	CONCENTRACIÓN DE CADMIO mg/kg	3	9	15	5	10
16/10/19	40 cm	R3.1	14.64	3078.0	88.6	X				X
16/10/19	40 cm	R3.2	24.39	3323.9	92.8	X				X
16/10/19	40 cm	R3.3	26.10	3499.3	93.5	X				X
16/10/19	40 cm	R9.1	33.03	3394.1	96.2		X			X
16/10/19	40 cm	R9.2	30.64	3113.2	89.3		X			X
16/10/19	40 cm	R9.3	27.43	3042.9	88.0		X			X
16/10/19	40 cm	R15.1	20.03	3078.0	92.8			X		X
16/10/19	40 cm	R15.2	22.90	3218.5	87.3			X		X
16/10/19	40 cm	R15.3	7.22	3394.1	91.4			X		X
16/10/19	1 metro	R3.1	27.23	2937.6	68	X				X
16/10/19	1 metro	R3.2	29.72	2621.5	64.5	X				X
16/10/19	1 metro	R3.3	24.73	2621.5	62.5	X				X
16/10/19	1 metro	R9.1	11.95	2656.6	63.1		X			X
16/10/19	1 metro	R9.2	21.18	2832.2	63.1		X			X
16/10/19	1 metro	R9.3	21.34	2270.4	57.6		X			X
16/10/19	1 metro	R15.1	22.11	2235.2	56.3			X		X
16/10/19	1 metro	R15.2	21.34	2340.6	56.9			X		X
16/10/19	1 metro	R15.3	21.64	2621.5	62.5			X		X

Fuente: elaboración propia

Tabla 18. Concentración final de la muestra 1 y 2 en el periodo de tiempo de 15 días

Tratamiento 1: <i>Lentinus edodes</i>											
FECHA	MUESTRA	CODIFICACIÓN	PROPIEDADES FÍSICAS			GRANOS DE TRIGO			TIEMPO (DÍAS)		
			CRECIMIENTO MICELIAL (mm)	CONCENTRACIÓN DE PLOMO mg/kg	CONCENTRACIÓN DE CADMIO mg/kg	3	9	15	5	10	15
21/10/19	40 cm	R3.1	28.23	3288.7	81.7	X					X
21/10/19	40 cm	R3.2	28.21	3569.7	85.9	X					X
21/10/19	40 cm	R3.3	31.91	3745.3	87.3	X					X
21/10/19	40 cm	R9.1	29.84	3464.3	87.3		X				X
21/10/19	40 cm	R9.2	32.54	3323.9	80.4		X				X
21/10/19	40 cm	R9.3	30.42	3464.3	79		X				X
21/10/19	40 cm	R15.1	30.29	3113.2	88.6			X			X
21/10/19	40 cm	R15.2	31.78	2129.9	58.3			X			X
21/10/19	40 cm	R15.3	31.08	3183.2	85.9			X			X
21/10/19	1 metro	R3.1	39.03mm	2726.9	60.4	X					X
21/10/19	1 metro	R3.2	46.10mm	2551.3	59.7	X					X
21/10/19	1 metro	R3.3	38.57mm	2551.3	56.9	X					X
21/10/19	1 metro	R9.1	32.15mm	2832.2	59		X				X
21/10/19	1 metro	R9.2	31.04mm	2340.6	59.7		X				X
21/10/19	1 metro	R9.3	30.61mm	2340.6	59		X				X
21/10/19	1 metro	R15.1	39.60mm	2621.9	57.6			X			X
21/10/19	1 metro	R15.2	32.13mm	2937.3	59.7			X			X
21/10/19	1 metro	R15.3	36.65mm	3359	72.1			X			X

Fuente: elaboración propia

Tabla 19. Concentración final de la muestra 1 y 2 en el periodo de tiempo de 15 días

Tratamiento 2: <i>Pleurotus ostreatus</i>											
FECHA	MUESTRA	CODIFICACIÓN	PROPIEDADES FÍSICAS			GRANOS DE TRIGO			TIEMPO (DÍAS)		
			CRECIMIENTO MICELIAL (mm)	CONCENTRACIÓN DE PLOMO mg/kg	CONCENTRACIÓN DE CADMIO mg/kg	3	9	15	5	10	15
21/10/19	40 cm	R3.1	33.14	3183.4	86.6	X					X
21/10/19	40 cm	R3.2	22.97	2656.6	85.9	X					X
21/10/19	40 cm	R3.3	20.25	2656.6	86.6	X					X
21/10/19	40 cm	R9.1	33.83	2621.5	85.9		X				X
21/10/19	40 cm	R9.2	31.21	2937.6	90		X				X
21/10/19	40 cm	R9.3	26.6	2867.3	82.4		X				X
21/10/19	40 cm	R15.1	22.61	2832.2	83.8			X			X
21/10/19	40 cm	R15.2	27.71	2551.3	79.7			X			X
21/10/19	40 cm	R15.3	26.78	3007.8	83.1			X			X
21/10/19	1 metro	R3.1	24.03	2726.9	58.3	X					X
21/10/19	1 metro	R3.2	35.7	2586.4	57.6	X					X
21/10/19	1 metro	R3.3	27.41	2305.5	52.8	X					X
21/10/19	1 metro	R9.1	35.11	2410.8	56.3		X				X
21/10/19	1 metro	R9.2	34.26	2445.9	56.3		X				X
21/10/19	1 metro	R9.3	27.62	2410.8	52.8		X				X
21/10/19	1 metro	R15.1	21.74	2726.9	54.9			X			X
21/10/19	1 metro	R15.2	29.33	2059.7	48.7			X			X
21/10/19	1 metro	R15.3	27.08	2551.3	57.6			X			X

Fuente: elaboración propia

Tabla 20. Concentración final de la muestra 1 y 2 en el periodo de tiempo de 15 días

Tratamiento 3: <i>Agaricus bisporus</i>											
FECHA	MUESTRA	CODIFICACIÓN	PROPIEDADES FÍSICAS			GRANOS DE TRIGO			TIEMPO (DÍAS)		
			CRECIMIENTO MICELIAL(mm)	CONCENTRACIÓN DE PLOMO mg/kg	CONCENTRACIÓN DE CADMIO mg/kg	3	9	15	5	10	15
21/10/19	40 cm	R3.1	42	3148.3	85.9	X					X
21/10/19	40 cm	R3.2	34.81	2832.2	86.6	X					X
21/10/19	40 cm	R3.3	30.88	2726.9	86.3	X					X
21/10/19	40 cm	R9.1	22.09	2972.7	85.2		X				X
21/10/19	40 cm	R9.2	27.59	3007.8	79		X				X
21/10/19	40 cm	R9.3	23.05	2656.6	85.2		X				X
21/10/19	40 cm	R15.1	29.63	2726.9	83.8			X			X
21/10/19	40 cm	R15.2	31.21	2762	78.3			X			X
21/10/19	40 cm	R15.3	30.33	2726.9	76.9			X			X
21/10/19	1 metro	R3.1	37.15	2762.0	58.3	X					X
21/10/19	1 metro	R3.2	46.51	2165.0	50.1	X					X
21/10/19	1 metro	R3.3	41.14	2762.0	54.9	X					X
21/10/19	1 metro	R9.1	28.04	2726.9	55.6		X				X
21/10/19	1 metro	R9.2	10.72	2762.0	57.6		X				X
21/10/19	1 metro	R9.3	31.30	1849.0	43.9		X				X
21/10/19	1 metro	R15.1	30.78	2340.6	54.2			X			X
21/10/19	1 metro	R15.2	25.12	2551.3	52.8			X			X
21/10/19	1 metro	R15.3	30.38	2621.5	48.7			X			X

Fuente: elaboración propia

3.3. Resultados de la comparación de eficiencia para el tratamiento de plomo y cadmio

Hipótesis nula: Los resultados de eficiencia en el tratamiento de plomo y cadmio es el mismo.

Hipótesis alterna: Los resultados de eficiencia en el tratamiento de plomo y cadmio no es el mismo.

Interpretación: Como $Sig = 0.00 < 0.05$ se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, se concluye que los mejores resultados de eficiencia se observaron con el tratamiento del plomo. (ver anexo N° 38 y 39)

3.4. Hipótesis específica 1

Las propiedades físicas (crecimiento de micelio) favorecen significativamente en la remediación de los suelos contaminados por plomo y cadmio proveniente de La Oroya antigua, Lima - Perú, durante el periodo 2019.

3.4.1. Con relación al tratamiento

Hipótesis nula: El crecimiento de micelio promedio (mm) es el mismo según tratamiento.

Hipótesis alterna: El crecimiento de micelio promedio (mm) no es el mismo según tratamiento

Interpretación: Como $\text{Sig}=0.135 > 0.05$ se acepta a hipótesis nula, y sobre la base de la información del anexo 40 y anexo 41 se puede concluir que el crecimiento del micelio es el mismo para los tres tratamientos considerados en la investigación. **(Ver anexo N° 40 y 41)**

3.4.2. Con relación al tiempo

Hipótesis nula: El crecimiento promedio (mm) del micelio es el mismo según tiempo.

Hipótesis alterna: El crecimiento promedio (mm) del micelio no es el mismo según tiempo.

Interpretación: Como $\text{Sig}=0.000 < 0.05$ se rechaza la hipótesis nula de la prueba ANOVA y se acepta la hipótesis alterna que indica que al menos uno de los tiempos analizados genera un resultado diferente, sobre la base de la prueba de Tukey (anexo 43) y (anexo 44) se puede concluir que a los 15 días se encuentra valores más altos del crecimiento del micelio. **(Ver anexo N° 42, 43 y 44)**

3.4.3. Con relación a profundidad

Hipótesis nula: El crecimiento promedio (mm) del micelio es el mismo según profundidad.

Hipótesis alterna: El crecimiento promedio (mm) del micelio no es el mismo según profundidad.

Interpretación: Como $\text{Sig}=0.126 > 0.05$ se acepta la hipótesis nula de la prueba t para muestras independientes, se puede concluir que las dos profundidades analizadas generan un crecimiento micelial promedio estadísticamente iguales. **(Ver anexo N° 45 y 46)**

3.4.4. Con relación a dosis (número de trigo)

Hipótesis nula: El crecimiento promedio (mm) del micelio es el mismo según dosis (número de granos de trigo).

Hipótesis alterna: El crecimiento promedio (mm) del micelio no es el según dosis (número de granos de trigo)

Interpretación: Como $\text{Sig}=0.057 > 0.05$ se acepta la hipótesis nula de la prueba ANOVA, se concluye que el número de granos de trigo analizados es el mismo para las diferentes dosis analizadas. **(ver anexo N° 47 y 48)**

3.5.Hipótesis específica 2

La dosis óptima determinará la eficiencia en la remediación de los suelos contaminados por plomo y cadmio proveniente de La Oroya antigua, Lima - Perú, durante el periodo 2019.

Hipótesis nula: la eficiencia media es la misma según tratamiento.

Hipótesis alterna: la eficiencia media no es la misma según tratamiento.

Interpretación: Como $\text{Sig}=0.00 < 0.05$ se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, se concluye que al menos uno de los tratamientos genera un resultado medio diferente en la media de la eficiencia. Como $\text{Sig}=0.949 > 0.05$ se acepta la hipótesis nula, se puede concluir que la eficiencia media es la misma para los tres tratamientos. Sobre la base de la prueba de Tukey (anexo 50 y (anexo 51) se puede concluir que los tratamientos 2 y 3 tienen una mejor eficiencia que el tratamiento 1. **(Ver anexo N° 49, 50 y 51)**

Hipótesis nula: la eficiencia media es la misma según dosis (número de granos de trigo).

Hipótesis alterna: la eficiencia media no es la misma según dosis (número de granos de trigo).

Interpretación: Para la eficiencia del plomo, como $\text{Sig}=0.507 > 0.05$ se acepta la hipótesis nula y se concluye que los resultados eficiencia son estadísticamente iguales, sin importar el número de granos de trigo.

Como $\text{Sig}=0.916 > 0.05$ se acepta la hipótesis nula, se puede concluir que la eficiencia media es la misma para las tres dosis analizadas. **(Ver anexo N° 52)**

3.6.Hipótesis específica 3

El tiempo óptimo empleado resulta ser eficiente en la remediación de los suelos contaminados por plomo y cadmio proveniente de La Oroya antigua, Lima - Perú, durante el periodo 2019.

Hipótesis nula: la eficiencia media es la misma según tiempo.

Hipótesis alterna: la eficiencia media no es la misma según tiempo.

Interpretación: Como $\text{Sig}=0.001 < 0.05$ se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, se concluye que al menos uno de los tiempos genera un resultado medio diferente en la media de la eficiencia en el tratamiento del plomo.

Como $\text{Sig}=0.000 < 0.05$ se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, se concluye que al menos uno de los tiempos genera un resultado medio diferente en la media de la eficiencia en el tratamiento del cadmio. **(Ver anexo N° 53)**

Sobre la base de lo observado en la prueba de Tukey (anexo 54 y 55) y (anexo 56) se concluye que tanto en el tratamiento cadmio y plomo los mejores resultados se encuentran en el tiempo de 5 días. **(Ver anexo N° 54, 55 y 56)**

IV. DISCUSIÓN

Dentro de los hallazgos encontrados aceptamos la hipótesis general que establece que las 3 especies de podredumbre blanca son eficientes para la remediación de suelos contaminados por plomo y cadmio.

Estos resultados guardan relación con lo que sostiene Zegarra (2017) quién utiliza el hongo *Pleurotus ostreatus* para la biorremediación de suelos contaminados por plomo en el laboratorio, la misma que obtiene una eficiencia de remediación de 29.4% de plomo, utilizando para ello como sustrato y/o nutriente el aserrín; sin embargo, Perez y Bibiana (2017), utilizando sustrato de cebada remueven 89.20 % de cadmio y 44.5 % de plomo y con el sustrato de cacao 90.9 % de cadmio y 55 % de plomo; no obstante, en la presente investigación se ha determinado que para la eficiencia con relación al plomo, los hongos que remedian con mayor porcentaje son *Pleurotus ostreatus* y *Agaricus bisporus* con un porcentaje de 92%; mientras que para el cadmio las 3 especies fungicas son eficientes con un porcentaje de remediación del 72 %, utilizando para ambos paja como sustrato. Esto es acorde a lo que en este estudio se haya.

Pero, en lo que no concuerda el estudio de la autora referida con el presente, si bien cierto ella ha realizado el análisis de sus datos el día 4, día 8 y día 11 no ha considerado dentro de su investigación el tiempo óptimo en el que se determinó la eficiencia de remediación.

En lo que respecta al crecimiento micelial, concordamos con Sifuentes (2014), que obtuvo un crecimiento de 2.20 cm sin sustrato y 2.17 cm con sustrato y Zegarra (2017), quien indica que en los 3 periodos de tiempo el crecimiento micelial fue el mismo en cuanto a tratamiento (*Pleurotus ostreatus*), pero sin embargo, los datos recopilados en esta investigación nos indican que en el día 15 se tienen valores altos del crecimiento micelial, de acuerdo a los antecedentes recopilados, queda en evidencia que no existe diferencia significativa en cuanto a los sustratos (paja y aserrín); por el contrario, Perez y Viviana (2017), afirman que el crecimiento del hongo se base específicamente en el sustrato utilizado (cacao y cebada).

Con relación a la dosis adecuada no concordamos en su totalidad con Zegarra (2017), puesto que en su investigación ella determina que su dosis óptima para la remediación es de 3 granos de trigo inoculados con *Pleurotus ostreatus*, por el contrario a la presente investigación que como resultado para la dosis óptima de remediación se obtuvo que no existe una diferencia significativa entre las 3 dosis (3, 9 y 15 granos de trigo inoculados), es decir que las 3 dosis resultan eficientes para la remediación de suelos contaminados con plomo y cadmio.

De acuerdo a los antecedentes recopilados en la presente investigación se aprecia que no existen datos con relación al tiempo óptimo en el que los tratamientos resultan eficientes, por lo que es preciso señalar que en ésta investigación con relación al tiempo se ha comprobado que el tiempo óptimo de remediación es de 5 días para cada tratamiento en lo que respecta a plomo, cadmio, muestra 1 y muestra 2.

Según Whang, et al (2019), quienes determinaron que el *Pleurotus ostreatus* tiene una alta tolerancia al plomo en altas concentraciones, obteniendo como resultado un 53.7 % de eliminación de plomo por el método biológico bisorción extracelular, que consiste en la acumulación de los metales en la membranas y vacuolas de estos hongos, resultando por lo tanto ser una metodología que utiliza microorganismos que se encuentran disponibles en los recursos naturales, por ello estamos totalmente de acuerdo con ésta metodología para remediar suelos contaminados por metales pesados.

Mãicãneanu, Andrada, et. al (2014), en su investigación de las características de biosorción de iones de cadmio y zinc en soluciones utilizando para ello el *Agaricus bisporus*, obtuvieron una remoción de 76.10 % para cadmio y 70.09 % de zinc, por el contrario a nuestra investigación respecto al cadmio se obtuvo una remediación entre 38 % a 72% se podría inferir que los resultados variaron de acuerdo al tipo de muestra con la que se trabaja, en este caso para Mãicãneanu, Andrada, et. al (2014) utiliza soluciones acuosas, mientras que en la presente investigación se utiliza muestras de suelo.

V. CONCLUSIONES

- Se determinó que el *Pleurotus ostreatus* y *Agaricus bisporus* resultan ser más eficientes para la remediación de plomo, mientras que para remediar suelos contaminados con cadmio, los 3 hongos resultan ser eficientes.
- Se determinó que las 3 dosis utilizadas en la presente investigación son eficientes para la remediación de suelos contaminados por plomo y cadmio proveniente de La Oroya antigua.
- Se ha logrado determinar que el tiempo óptimo para la remediación de suelos contaminados provenientes de La Oroya es a los 5 días; es decir que en el día 5 se encuentran los mejores resultados de remediación.
- Al determinar nuestros objetivos específicos pudimos evaluar la eficiencia del *Lentinus edodes*, *Pleurotus ostreatus* y *Agaricus bisporus*, obteniendo resultados favorables en lo que respecta a la remediación con relación a plomo y cadmio.
- Se ha utilizado el método estadístico ANOVA con la finalidad de comprar promedios en más dos grupos en razón a que los datos obtenidos tienen relación por lo tanto se determina que son paramétricos.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda tomar los datos y resultados de esta investigación como base para próximos estudios de remediación donde se requiera comprobar el poder fúngico de los hongos de podredumbre blanca.
- Dosificar en un rango mayor a lo establecido para obtener resultados óptimos y evitar desarrollo del hongo en el transcurso del tiempo.
- Se recomienda el uso de hongos debido al bajo costo, se puede encontrar muy fácilmente y son muy abundantes en muchos ecosistemas y a diferencia de las bacterias, no requieren un pre acondicionamiento al contaminante.
- Realizar un estudio profundo del suelo que permita identificar qué tipo de contaminantes se encuentran presentes en dicho lugar con la finalidad de establecer una metodología adecuada.
- Ejecutar nuevas investigaciones donde se vean involucrados el *Lentinus edodes* y *Agaricus bisporus* para la remediación de suelos contaminados con metales pesados.
- Se sugiere que se analice de manera independiente los hongos con la finalidad de determinar el porcentaje de absorción de metales pesados.

REFERENCIAS

Activos Mineros S.A.C. (2012). Remediación de Suelos Contaminados. [Fecha de Consulta: 22 de abril 2019]. Disponible en: <http://www.activosmineros.com.pe/amsac/index.php/proyectos-en-ejecucion>

AIRA, M., PIONTELLI, L., JATO, R., y TORO, M. (2003). Concentración atmosférica invernal de propágulos fúngicos en un mercado interior de abastos en Valparaíso. Boletín Micológico, 29 – 37.

ALVARADO, Carlos [et al]. Hongos micorrizicos arbusculares y la fitorremediación de plomo. Revista Int. Contam. Ambient [en línea]. Agosto 2011, vol. 27, no. 4 [fecha de consulta: 05 de abril de 2019]. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992011000400008&Ing=es&nm_iso>

ISSN: 0188-4999

ARCE, S., & CALDERÓN, M. Suelos Contaminados con plomo en la Ciudad de La Oroya – Junín y su impacto en las aguas del Río Mantaro. Rev. Del Instituto de Investigación FINGMMG-UNMSM, [en línea]. 2017. Vol. 20. N° 40. [Fecha de consulta 20 abril 2019]. Disponible en: <http://tramite.ingemmet.gob.pe/BusquedaGeodoc/images/biblioteca/RFIGMMG-40-48.pdf>

BEHAR Rivero, Daniel S. Metodología de la investigación [en línea]. Editorial Shalom, 2008 [fecha de consulta: 03 mayo 2019]. Disponible en: <http://rdigital.unicv.edu.cv/bitstream/123456789/106/3/Libro%20metodologia%20inves%20tigation%20este.pdf>.

ISBN: 9789592127837

BANO, Anna [et al]. Bisorption of heavy metals by obligate halophilic fungi. [en línea]. Febrero 2018, vol, 199. [Fecha de consulta: 06 de mayo del 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653518302455?via%3Dihub>

BELTRAN, Mayra y Gómez, Alida. (2016). Biorremediación de metales pesados cadmio (Cd), cromo (Cr) y mercurio (Hg) mecanismos bioquímicos e ingeniería genética : una revisión. Universidad Militar Nueva Granada: Colombia, vol. 12, No. 2, pp. 172-197. [Fecha de consulta: 04 de septiembre 2019]. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.18359/rfcb.2027>

ISSN: 1900-4699

Cañedo, Verónica y Ames Teresa (2004). Manual de laboratorio para el manejo de hongos entomopatógenos. Centro internacional de la papa (CIP), Lima, Perú, 62pp

ISBN: 92-9060-238-4

CCOA Garay, Edith. Biorremediación de suelo contaminado por hidrocarburos de aceites residuales automotrices empleando hongos *Pleurotus ostreatus* y *Aspergillus níguer*, Puente Piedra – 2017. Tesis (Ingeniero Ambiental). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2017. 51 pp.

Chapter 20 – Significances of Fungi in Bioremediation of Contaminated Soil, india por Pankaj Kumar Chaurasia [et al]. ScienceDirect [en línea]. Febrero 2019 [fecha de consulta: 04 de mayo]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780444641915000201?via%3Dihub#>

CHAVEZ Rodriguez, Luciana. Fitorremediación con especies nativas en suelos contaminados por plomo. Tesis (Ingeniero ambiental). Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina, 2014. Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2435/T01-C517-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CARREÑO, Santa [et al]. Growth of three tropical edible fungi in culture mediums and agricultural waste. Revista Mexicana de ciencias agrícolas [en línea]. Diciembre 2014, vol. 5 no. 8 [fechs de consulta: 11 de agosto de 2019]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/275212739_Crecimiento_de_tres_hongos_co

[mestibles tropicales en medio de cultivo y residuos agricolas?fbclid=IwAR3Ee9Jv-zEBg_tguQR_mP5EW-2ESpfb1VFF2gy-jhl8lQg2qNWMFq0P3CY](https://doi.org/10.1016/j.ram.2016.11.004)

CAMACHO, Reyna [et al]. Producción de enzima ligninilíticas durante la degradación del herbicida paraquat por hongos de la pudrición blanca. Revista argentina de microbiología [en línea]. Noviembre 2016, vol. 49 no. 2 [fecha de consulta: 10 de agosto de 2019]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ram.2016.11.004>

ISSN: 0325-7541

COVARRUBIAS, S.A., García Berumen. J.A., & Peña Cabriales, J.J. (2015). El papel de los microorganismos en la biorremediación de suelos contaminados con metales pesados. Acta Universitaria, vol. 25, No. 3, pp. 40-45. [Fecha de consulta: 04 de septiembre 2019]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5620934>

ISSN: 0188-6266

DA SILVA, R. Remediación de suelos contaminados con organoclorados por hongos basidiomicetos en bioreactores. Instituto de botánica de secretaria de medio ambiente.

Degradation of 2,2',4,4'-tetrabromodiphenyl ether by *Pycnoporus sanguineus* in the presence of copper ions, china por Meiqian Wang [et al]. ScienceDirect [en línea]. Marzo 2019 [Fecha de consulta: 03 mayo 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1001074218330134>

Detection of heavy metals indifferent soil samples and their bioremediation with the help of fungus *Cunninghamella sp*, India por Neeti Nayak. STM Journals [en línea]. 2018, vol. 8. [Fecha de consulta: 02 de mayo de 2019].

ISSN: 2231-3826

Doe Run Perú S.R.L. (Marzo de 2015). Complejo Metalúrgico La Oroya. [Fecha de consulta 20 abril 2019]. Disponible en: <http://doerun.com.pe>.

First report of wild *Agaricus bisporus* (Basidiomycota, Agaricaceae) from Tlaxcala and Veracruz, Mexico por Gerardo Mata [et al]. Revista Mexicana de Biodiversidad [en línea]. 2015, vol. 87. [Fecha de consulta: 17 Agosto del 2019]. Disponible en : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1870345316000300>

ISSN: 1870-3453

GARCÍA, Carlos., Yunta, Felipe y Eymar, Enrique. Bioremediation of multi-polluted soil by spent mushroom (*Agaricus bisporus*) substrate: Polycyclic aromatic hydrocarbons degradation and Pb availability. Revista journal of hazardous materials [en línea]. Julio 2015, vol. 300 [fecha de consulta: 24 de mayo de 2019]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2015.07.008>

ISSN: 0304-3894

GAYOSO, M. Obtenido de [En línea]. [fecha de consulta: 02 de mayo]. Disponible en: https://www.digeset.ucol.mx/tesis_posgrado/pdf/Martha%20Gayoso%20Canales.pdf

GONZALES, Maria. Recuperación de suelos contaminados con metales pesados utilizando plantas y microorganismos rizosféricos. Revista terra latinoamericana [en línea]. Enero-Marzo 2005, vol.23, no. 1 [fecha de consulta: 05 de abril de 2019]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57323104>

ISSN: 2395-8030

GUERRERO, T., RUIZ, S., y MARTÍNEZ, C. (2003). Aislamiento de hongos en instalaciones deportivas de la UNAM. Revista de la Facultad de Medicina UNAM, 93 – 96.

GURURAJAN, Karichma y Belur, Prasanna. Screening and selection of indigenous metal fungal isolates for heavy metal removal. Revista environmental technology & innovation [en línea]. Febrero 2018, vol. 9 [fecha de consulta: 08 de junio de 2019]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.eti.2017.11.001>

ISSN: 2352-1864

HARO Tello, Paolo, Degradación del brodifacoum en suelos mediante el uso del hongo *Pleurotus ostreatus*. Tesis (Ingeniero en biotecnología ambiental). Ecuador: Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, 2016. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/6660/1/236T0262.PDF>

HERNÁNDEZ, H., Sánchez, J y Clavo, L. Estudio de cinco cepas nativas de *Pleurotus* de la región de Tapachula, Chiapas, Mexico

HERNÁNDEZ, R Y López, C. evaluación del crecimiento y producción de *Pleurotus ostreatus* sobre diferentes residuos agroindustriales del departamento de Cundinamarca. Tesis (Microbiólogo industrial). Bogotá: Colombia, 2008.

HERRERA, T. y ULLOA, M. (1990). El reino de los hongos. Micología básica y aplicada. Mexico.

HINESTROZA L. I. [et al], 2008. Aspectos relacionados con la producción de *Lentinus edodes* (shiitake): una seta con alto potencial alimenticio y medicinal. Puebla. México, vol. 1, No. 2, pp. 16 – 21. [Fecha de consulta: 04 de mayo 2019]. Disponible en: [https://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No2-Vol-1/TSIA-2\(1\)-Hinestroza-Cordoba-et-al-2008b.pdf](https://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No2-Vol-1/TSIA-2(1)-Hinestroza-Cordoba-et-al-2008b.pdf)

Jacob, JM, Karthik, C., Saratale, RG., Kumar, SS., Prabakar, D., Kadirvelu, K., y Pungazhendhi, A. (2018). Enfoques biológicos para hacer frente a la contaminación por metales pesados: un estudio de la literatura. Diario de Gestión Ambiental, 217 pp, 56-70. Doi: 10.1016/j.jenvman.2018.03.077

JAVAID, Amna [et al]. Removal of heavy metals by adsorption on *Pleurotus ostreatus*. Revista Biomass and bioenergy [en línea]. Enero 2011, vol. 35, no.5 [fecha de consulta: 15 de junio de 2019]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2010.12.035>

Jiang, B., Adebayo, A., Jia, J., Xing, Y., Deng, S., Guo, L., Zhang, D. (2018). Impacts of heavy metals and soil properties at a Nigerian e-waste site on soil microbial community. Journal of Hazardous Materials. Doi: 10.1016/j.jhazmat.2018.08.060

KING, B. y ENDERSON, W. (1980). A bacterial contribution to wood nitrogen. Int. Biodet., 79 – 84.

Lead immobilization by geological fluorapatite and fungus *Aspergillus niger*, china por Zhen Li [et al]. ScienceDirect [en línea]. Diciembre 2016 [fecha de consulta: 05 de mayo]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389416307737?via%3Dihub>

LEMACHE, Pérez, Enitt Bibiana, Determinación de la capacidad de remoción de cadmio y plomo por hongos de la podredumbre blanca *Pleurotus ostreatus* en suelos de la Zona el TIMBRE Cantón QUININDE. Tesis (Ingeniera en biotecnología ambiental). Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2017. Disponible en: <http://dspace.esepoch.edu.ec/bitstream/123456789/8540/1/236T0320.pdf>

LIN, L [et al]. Removal of Cu (II) and Ni (II) from aqueous solutions using batch and fixed-bed ion exchange processes. Revista desalination [en línea]. Marzo 2008, vol. 225, no. 1-3 [fecha de consulta: 10 de junio]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0011916408001057?via%3Dihub>

ISSN: 0011-9164

Linear and nonlinear regression analysis for heavy metals removal using *Agaricus bisporus* macrofungus por Andrada Mãicãneanu [et al]. Arabian Journal of Chemistry [en línea]. Marzo 2014 [Fecha de consulta: 15 de Agosto del 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878535214000586?via%3Dihub>

Liu, L., Li, W., Song, W., & Guo, M. (2018). Remediation techniques for heavy metal-contaminated soils: Principles and applicability. Science of The Total Environment, 633pp, 206–219. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.16>

Lozada, José (2014). “Investigación Aplicada: Definición, Propiedad intelectual e industrial”. Centro de Investigación en Mecatrónica u Sistemas Interactivos, Universidad Tecnológica Indoamericana, Quito.

MARTÍNEZ, J. (2012). Cultivo de *Pleurotus ostreatus* en el valle de El fuerte, Sinaloa: una alternativa de aprovechamiento de esquilmos agrícolas. Valle El Fuerte.

Management of heavy metal polluted soils: perspective of arbuscular mycorrhizal fungi, India por Krishnamoorthy R [et al]. 2019 [Fecha de consulta: 04 de mayo del 2019]. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-981-13-2772-8_4

Marandi, R., Doulati, F., Amir, A. (2010). "Biosorption of Lead (II) and Zinc (II) ions by pre-treated biomass of phanerochaete chrysosporium". IJMEI [En línea] Febrero 2010 [Fecha de consulta: 03 mayo 2019]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/266230257_Biosorption_of_LeadII_and_Zinc_II_ions_by_pre-treated_biomass_of_phanerochaete_chrysosporium?fbclid=IwAR3wnHBoDaVnlwTPjK2XvdPoe8eA_Gag_d_D6mOrsPpzf3k8ux2i-Aml9iI

Mechanisms of Cd and Cr removal and macrofungus *Pleurotus ostreatus* HAU-2. Por Xuanzhen Li [et al]. Journal of hazardous materials [en línea]. 2017. [Fecha de consulta: 03 de mayo del 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389427300663>

MINISTERIO DEL AMBIENTE (Perú). Of 2014: Guía para muestreos de suelos. Lima: 2014. 38 pp. [Fecha de consulta 20 abril 2019]. Disponible en: http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/04/GUIA-MUESTREO-SUELO_MINAM1.pdf

Ministerio del Ambiente (Perú). Of. 2013: Estándares de calidad ambiental (ECA) para suelos. Lima, 2013. 5 pp.

Ministerio del Ambiente. Estándares de calidad ambiental (ECA) para suelo. Lima: 2017. 4pp.

MINISTERIO DE AGRICULTURA (Perú). Manual de producción y uso de hongos antagonistas. Lima: 2013. 34 pp. [Fecha de consulta 01 junio 2019]. Disponible en: <https://www.senasa.gob.pe/senasa/descargasarchivos/2017/09/Manual-de-Producci%C3%B3n-y-Uso-de-Hongos-Antagonistas.pdf>

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO (Perú). Of 2017: Manual de procedimientos de los análisis de suelos y agua con fines de riego. Lima: 2017. 98 pp.

[Fecha de consulta 29 abril 2019]. Disponible en: http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/504/1/Bazan-Manual_de_procedimientos_de_los.pdf.

MINISTERIO DEL AMBIENTE (Perú). Of 2013: Guía para el muestreo de suelos en el marco del D.S. N° 002-2013-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental para suelos. Lima: 2013. 58 pp. [Fecha de consulta 18 abril 2019]. Disponible en: <http://www.iambientales.com/old/wp-content/uploads/2014/04/Guia-Muestreo-Eca-Suelo.pdf>

MOHAMMADIAN, Elham [et al]. Tolerance to heavy metals in filamentous fungi isolated from contaminated mining soils in the Zanzan province, Iran. *Revista chemosphere* [en línea]. Julio 2017, vol, 185 [fecha de consulta: 21 de junio]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.07.022>
ISSN: 0045-6535

MORALES Fonseca, Diana y RUIZ Tovar, Katherine. Determinación de la capacidad de remoción de cadmio, plomo y según por hongo de la podredumbre blanca inmovilizados. Tesis (Microbiólogo industrial). Colombia: Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias, 2008. 139 pp.

NORDBERG, Gunnar. Metales: Propiedades químicas y toxicidad. *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo* Vol. IX. [en línea] [Fecha de consulta 06 abril 2019]. Disponible en: <http://www.cucba.udg.mx/sites/default/files/proteccioncivil/normatividad/Enciclopedia%20de%20salud%20y%20seguridad%20en%20el%20trabajo.pdf>

Ogundele, L., Owoade, O y Olise, F. heavy metals un industrially emitted particulate matter in Ile-Ife, Nigeria. *Environmental Research*, vol. 156: 320-325, julio 2017. [Fecha de consulta: 09 de mayo 2019]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.03.051>

ORTÍZ, I., SANZ, J., DORADO, M. y VILLAR, S. (2007). Metales pesados. La contaminación de los suelos. Técnicas de recuperación de suelos contaminados. Alcalá: Universidad de Alcalá.

PAPINUTTI, Leandro. Hongos causantes de pudrición blanca: la utilización de sus enzimas ligninolíticas para el desarrollo de tecnologías de biorremediación. Revista eco: ciencia y naturaleza [en línea]. Enero 2011, no. 24 [fecha de consulta: 10 de agosto de 2019]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/236876750>

ISSN: 1851-0620

Removal and tolerance mechanism of Pb by a filamentous fungus, China por Youjing Wang [et al]. ScienceDirect [en línea]. Febrero 2019, vol. 225. [Fecha de consulta: 07 de mayo del 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653519304631?via%3Dihub>

Reuer, M.; Brower, N.; Koball, J.; Hinostraza, E.; De la Torre, M.; Hurtado, J.; Echevarria, S. (2012). "Lead, Arsenic, and Cadmium Contamination and Its Impact on Children's Health in La Oroya, Peru". [en línea] [Fecha de consulta 06 abril 2019]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.5402/2012/231458n>

REVISTA La Agenda Minera [en línea]. Lima: MINAM, 2015 [fecha de consulta 20 abril 2019]. Disponible en: <http://semanaeconomica.com/article/sectores-y-empresas/medio-ambiente/168723-la-oroya-remediacion-de-suelos-ha-sido-completada-al-80-según-el-mem/>

REVISTA Ministerio del Ambiente [en línea]. Lima, 2016 [Fecha de consulta: 03 mayo 2019]. Disponible en: http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2015/02/2016-05-30-Conceptos-propuesta-Glosario.pdf?fbclid=IwAR34rJMVMPh5nKZJUxyi_UuAqPO11f78Vma6acMBqM_UhjKw5PG3ky9b1rs

Rezvani, M. y Zaefarian, F. Factores de bioacumulación y translocación de cadmio y plomo en *Aeluropus littoralis*. Revista Australiana de Ingeniería Agrícola [en línea] mayo 2011, vol. 2, No. 4 [Fecha de consulta: 7 de mayo de 2019]. Disponible en: http://www.sciencej.com/rezvani_2_4_2011_114_119.pdf

ISSN: 1836-9448

ROBERTO Hernández, Carlos Fernández y María Baptista. Metodología de la investigación [en línea]. Editorial McGRAW – HILL, 2014 [fecha de consulta: 20 de mayo]. Disponible en: https://periodicooficial.jalisco.gob.mx/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf

ISBN: 978-1-4562-2396-0

RODRIGUEZ, Walabonso. Guia de Investigación científica [en línea]. 1 era Edición. Perú: Asociación Civil Universitaria. 2011. [fecha de consulta: 02 de mayo]. Disponible en: http://repositorio.uch.edu.pe/bitstream/handle/uch/23/rodriguez_arainaga_walabonso_guia%20investigacion_cientifica.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ISBN: 978-612-4109-04-1

RODRÍGUEZ, R. (1996). Caracterización de cepas del hongo comestible *Pleurotus* spp en medios de cultivo y su evaluación en substratos lignocelulosicos forrajeros para la producción de carpoforos.

RODRÍGUEZ, Natalia., Mclaughlin, Michael y Pennock, Daniel. Soil pollution a hidden reality. [en línea]. Rome: FAO, 2018. [fecha de consulta: 09 mayo de 2019]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/I9183EN/i9183en.pdf?fbclid=IwAR0zQYV-g71ySWRJPovGBIFDIy5FtnwSNYGULv2zTMiEFjkybCDGaL607Rk>

ISBN: 978-92-5-130505-8

Reyes, Y.C., Vergara, I., Torres, O.E., Díaz-Lagos, M., & González, E.E. Contaminación por metales pesados: implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. Revista Ingeniería Investigación y Desarrollo [en línea]. 2016, 16 (2), pp. 66-77 [fecha de consulta: 05 de mayo de 2019]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es>

ISSN: 2422-4324

ROSE, Pawan y Devi, Rani. Heavy metal tolerance and adaptability assessment of indigenous filamentous fungi isolated from industrial wastewater and sludge samples.

Revista Beni-Suef university journal of basic and applied sciences [en línea]. Agosto 2018, vol. 7, no. 4 [fecha de consulta: 09 de mayo de 2019]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.bjbas.2018.08.001>

ROMERO, Omar [et al]. Evaluación de la capacidad productiva de *pleurotus ostreatus* con el uso de hoja de plátano (*musa paradisiaca* l., cv. roatan) deshidratada, en relación con otros sustratos agrícolas. Revista de Agronomía costarricense [en línea]. Mayo 2010, vol. 34 no.1 [fecha de consulta: 10 de agosto de 2019]. Disponible en: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/ac/v34n1/a05v34n1.pdf>

ISSN: 0377-9424

SAUCEDO, E. suelos contaminados con elementos potencialmente tóxicos un nuevo método de detección. [en línea]. 2014 [fecha de consulta: 20 de mayo de 2019].

ISBN: 978-1-4633-9696-1

SÁNCHEZ, José., Royse, Daniel., & Leal, Hermilio. Cultivo, mercadotecnia e inocuidad alimenticia de *Agaricus bisporus* [en línea]. México: ECOSUR, Inc., 2007 [fecha de consulta: 01 de septiembre 2019]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/279340093_El_genero_Agaricus

ISBN: 978-970-9712-55-1

SÁNCHEZ, Juan [et al]. Simultaneous biosorption of lead and cadmium from aqueous solution by fungal biomass. Revista temas agrarios [en línea]. Enero – junio 2014, vol. 19, no.1 [fecha de consulta: 20 de mayo]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/306279002_BIOSORCION_SIMULTANEA_DE_PLOMO_Y_CADMIO_EN_SOLUCION_ACUOSA_POR_BIOMASA_DE_HONGOS_Penicillium_sp_SIMULTANEOUS_BIOSORPTION_OF_LEAD_AND_CADMIUM_FROM_AQUEOUS_SOLUTION_BY_FUNGAL_BIOMASS_Penicillium_sp

ISSN: 2389-9182

Significances of Fungi in Bioremediation of Contaminated Soil, India por Pankaj Kumar Chaurasia [et al]. ScienceDirect [en línea]. Febrero 2019 [Fecha de consulta: 04 de mayo]

del 2019]. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780444641915000201?via%3Dihub#>

SIFUENTES Vásquez, Enith. Producción de inóculo de *Pleurotus ostreatus* para uso en biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos de petróleo. Tesis (Biólogo). Lima: Universidad Agraria La Molina, 2014. 75 pp.

Simultaneous bisorption of cadmium (II) and lead (II) ions by pretreated biomass of *Phanerochaete chrysosporium*, china por Qingbiao Li [et al]. ScienceDirect [en línea]. Feberero 2004 [fecha de consulta: 04 de mayo]. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1383586603001874?via%3Dihub>

SOLÓRZANO Solórnazo, Stalin L. Laboratorio de microbiología [en línea]. Editorial: UTMACH, 2015 [fecha de consulta: 01 de junio 2019]. Disponible en:
www.utmachala.edu.pe

ISBN: 978-9978-316-13-9

Sun, Z., Xie, X., Wang, P., Hu, Y., y Cheng, H. (2018). Contaminación por metales pesados causada por actividades mineras de mineral de metal a pequeña escala: un estudio de caso de una mina polimetálica en el sur de China. *La ciencia del medio ambiente total*, 639pp, 217–227. Disponible en: <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.176>

Trabajos de remediación de suelos en la oroya tienen 80 % de avance y concluirán el 2017 [en línea]. Andina agencia peruana de noticias. 5 de setiembre del 2015. [fecha de consulta: 08 de mayo de 2019]. Disponible en: <https://andina.pe/agencia/noticia-trabajos-remediacion-suelos-la-oroya-tienen-80-avance-y-concluiran-2016-573789.aspx?fbclid=IwAR37AmRyz7JyMv4xevUMhbg9YQNjCcQ84a1uFz56HDj7RnoXOBKIOoUWNa4>

United States Environmental Protection Agency (USEPA) (1996). Method 3050 B: Acid digestion of sediment, sludges, and soils. CD-ROM. 3050B – 1. Revisión 2, Washington, D. C.

Un informe lanza la alarma sobre la contaminación del suelo [en línea]. Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura. 2 de mayo de 2018 [fecha de consulta: 08 de mayo de 2019]. Disponible en: <http://www.fao.org/news/story/es/item/1127218/icode/?fbclid=IwAR0gW2X2pIctIHQeHL00PUrilyl8KTZS0uQ3bPQH6WoHgSxWUGKgR3-j1A0>

ZHANG, Shimin [et al]. Improvement of tolerance to lead by filamentous fungus *Pleurotus ostreatus* HAU-2 and its oxidative responses. *Revista chemosphere* [en línea]. Mayo 2016, vol. 150 [fecha de consulta: 05 de mayo de 2019]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.02.003>

ISSN: 0045-6535

ZEGARRA Minaya, Regina. Capacidad del hongo *Pleurotus ostreatus* para la biorremediación de suelos contaminados por Plomo (Pb) en el laboratorio – 2017. Tesis (Ingeniero Ambiental). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2017. 99 pp.

ANEXOS

Anexo I. Matriz de consistencia

TÍTULO	PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN			VARIABLE	Definición conceptual
	PROBLEMA GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	OBJETIVO GENERAL	V. INDEPENDIENTE	
Eficiencia de <i>Lentinus edodes</i> , <i>Pleurotus ostreatus</i> y <i>Agaricus bisporus</i> para la remediación de suelos contaminados por plomo y cadmio proveniente de La Oroya Antigua, Lima - Perú, 2019	¿Cuál será la eficiencia de <i>Lentinus edodes</i> , <i>Pleurotus ostreatus</i> y <i>Agaricus bisporus</i> para la remediación de los suelos contaminados por plomo y cadmio proveniente de La Oroya antigua, durante el periodo 2019?	<i>Lentinus edodes</i> , <i>Pleurotus ostreatus</i> y <i>Agaricus bisporus</i> son eficientes en la remediación de los suelos contaminados por plomo y cadmio proveniente de La Oroya antigua, Lima – Perú, durante el periodo 2019.	Evaluar la eficiencia de <i>Lentinus edodes</i> , <i>Pleurotus ostreatus</i> y <i>Agaricus bisporus</i> en la remediación de suelos contaminados por plomo y cadmio proveniente de La Oroya antigua, Lima - Perú, durante el periodo 2019.	<i>Lentinus edodes</i> , <i>Pleurotus ostreatus</i> y <i>Agaricus bisporus</i>	Los hongos de pudrición blanca o filamentosos, tienen características que lo hacen atractivos para su aplicación en la remediación de suelos con bajos requerimiento tecnológico. Capaces de crecer bajo estrés ambiental, limitando el crecimiento bacteriano.
	PROBLEMAS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	V. DEPENDIENTE	
	¿Qué hongo resulta más eficiente en la remediación de los suelos contaminados por plomo y cadmio proveniente de La Oroya antigua, Lima - Perú, durante el periodo 2019?	Las propiedades físicas (crecimiento de micelio) favorecen significativamente en la remediación de los suelos contaminados por plomo y cadmio proveniente de La Oroya antigua, Lima - Perú, durante el periodo 2019.	Determinar el hongo más óptimo para la remediación de los suelos contaminados por plomo y cadmio proveniente de La Oroya antigua, Lima - Perú, durante el periodo 2019.	Remediación de suelos	Tarea o conjunto de tareas a desarrollarse en un sitio contaminado con la finalidad de eliminar o reducir contaminantes, a fin de asegurar la protección de la salud humana y la integridad de los ecosistemas. (MINAM, 2016, p. 15)
	¿Cuál es la dosis óptima para determinar la eficiencia de <i>Lentinus edodes</i> , <i>Pleurotus ostreatus</i> y <i>Agaricus bisporus</i> en la remediación de los suelos contaminados por plomo y cadmio proveniente de La Oroya antigua, Lima – Perú, durante el periodo 2019?	La dosis optima determinará la eficiencia en la remediación de los suelos contaminados por plomo y cadmio proveniente de La Oroya antigua, Lima - Perú, durante el periodo 2019.	Determinar la dosis óptima para la remediación de los suelos contaminados por plomo y cadmio proveniente de La Oroya antigua, Lima - Perú, durante el periodo 2019.		
¿Cuál es el tiempo óptimo para lograr la eficiencia de <i>Lentinus edodes</i> , <i>Pleurotus ostreatus</i> y <i>Agaricus bisporus</i> en la remediación de los suelos contaminados por plomo y cadmio proveniente de La Oroya antigua, Lima - Perú, durante el periodo 2019?	El tiempo optimo empleado resulta ser eficiente en la remediación de los suelos contaminados por plomo y cadmio proveniente de La Oroya antigua, Lima - Perú, durante el periodo 2019.	Determinar el tiempo adecuado u óptimo en la remediación de suelos contaminados con plomo y cadmio proveniente de La Oroya antigua, Lima – Perú, durante el periodo 2019.			

Fuente: elaboración propia

Anexo 2. Informe de identificación del hongo *Lentinus edodes*

LENTINULA EDODES (schitake)

DESCRIPCIÓN

Lentinula edodes, es un hongo comestible, se caracteriza por crecer en troncos, por no tener anillo ni volva y por su consistencia subcarnosa, este hongo es de color café pardusco o color cuero (Guzmán G. et al, 1993).

El píleo mide 5-20 cm de ancho, es convexo o casi plano superficie seca y fibrosa apresada, cutícula rompiéndose en escamas, contexto blando, de color claro y pardo rojizo oscuro, firme, correaosa carnosa en estado adulto y suave en especímenes inmaduros; sabor agrio, olor ligero, pero no característico. Láminas blancas o pálidas tornándose pardo rojizo y en algunas veces manchado, por la edad, bordes detalladamente cerrados a dentados (Chang S.T y Hayes W.A., 1978).

Las esporas miden 5.5-6.5 por 3-3.5 μ m y de forma subcilíndricas no amiloides, lisas de pared delgada. Basidios tetrasporados, trama laminar entre tejidos y no claramente distintas del contexto, Micelio hialino con tabiques o gancho de conexión (Chang S.T. y Hayes W.A., 1978).

USOS:

Medicinal; Es utilizado en la medicina tradicional China, estimula el sistema inmunitario.

Comestible; Presenta un alto valor nutricional.

TAXANOMÍA

Reino	Fungi
Filo	Basidiomycota
Clase	Agaricomycetes
Orden	Agaricales
Familia	Marasmiaceae
Genero	<i>Lentinula</i>
Especie	<i>Lentinula edodes</i>
Nombre común	Schitake

Anexo 3. Fotos microscópicas del Lentinus edodes



Cuerpos fructíferos



Hifas con tabiques o ganchos de conexión

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Carlos Torres Limache'.

Carlos Torres Limache
Ing. Agrónomo - SENASA

Anexo 4. Informe de identificación del hongo Pleurotus ostreatus

PLEUROTUS OSTREATUS

DESCRIPCIÓN

Pileo de forma plano convexo, deprimido de 0.2 cm a 1 cm, de margen recto estípite de forma central de color blanco, liso, himenio formado por lamelas de color beige a crema, con crecimiento cespitoso formando racimos, lignícola, color de micelio blanco, esporada blanca con apículos en uno de sus extremos.

Textura: Suave, de consistencia carnosa de olor agradable.

USOS

Pertenece a los hongos comestibles y medicinales también es utilizado en remediación de suelos y aguas por hidrocarburos y metales pesados según Christian Door, (1990), y Pavlich, (2001).

TAXANOMÍA

Reino	Fungi
División	Basidiomycota
Sud – división	Agaricomycotina
Clase	Agaricomycetes
Subclase	Agaricomycetideae
Orden	Agaricales
Familia	Pleurotaceae
Género	<i>Pleurotus</i>
Especie	<i>Pleurotus Ostreatus</i>
Nombre común	Hongos ostra

Según NCBI (2015) y CoL (2016)

Anexo 5. Fotos microscópicas del Pleurotus ostreatus



Fig. 1. Cuerpos fructíferos

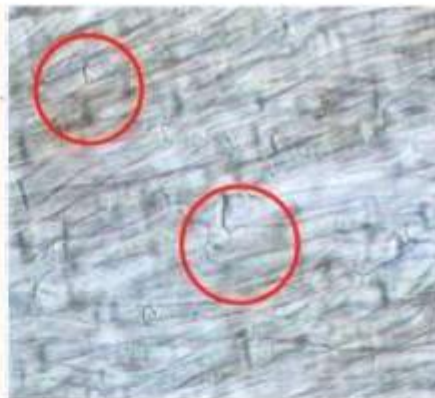


Fig. 2. Hifas con gancho de conexión o tabiques

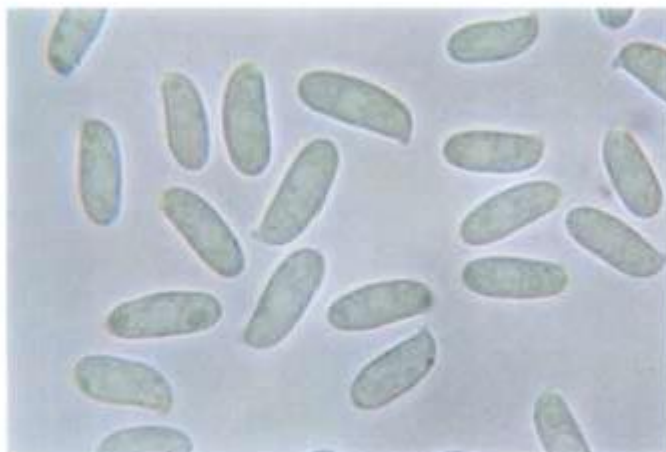


Fig. 3. Esporas cilíndricas, con apículo en uno de sus extremos

Carlos Torres Limache
Ing. Fitopatólogo SENASA

Anexo 6. Informe de identificación del hongo *Agaricus bisporus*

Agaricus bisporus

DESCRIPCIÓN

Es una especie de hongo basidiomiceto de la familia agaricales nativo de Europa y América del Norte, su nombre científico *Agaricus bisporus* cultivado para uso en gastronomía y utilizado comúnmente en cocina (Guzmán G. et al, 1993).

A. bisporus tiene un sombrero redondeado y ligeramente aplanado en la parte superior, durante su crecimiento este sombrero está unido al pie por un anillo simple, hacia el final de su desarrollo se abre, exponiendo las laminillas típicas de las agaricáceas. Estas laminillas no están sujetas al pie, y cambian gradualmente de un color rosado a pardo oscuro. El sombrero puede alcanzar los 18 cm de diámetro, y el pie hasta 8 cm de largo y 3 cm de diámetro su micelio hialino (Chang S.T. y Hayes W.A,1978).

El rasgo distintivo de *A. bisporus* es microscópico, sus esporas miden de 5-5-8-5 μm por 4-6.5 μm , de forma elíptica, se presentan dos por cada basidio, en lugar de cuatro como es habitual en otros *Agaricus*, las esporas son elipsoidales, con pequeñas vacuolas en su interior y paredes gruesas desprovistas de poro germinativo y con un pequeño saliente o apículo por donde se sujetan al basidio.

USOS:

Medicinal; Es utilizado en la medicina tradicional China, estimula el sistema inmunitario.

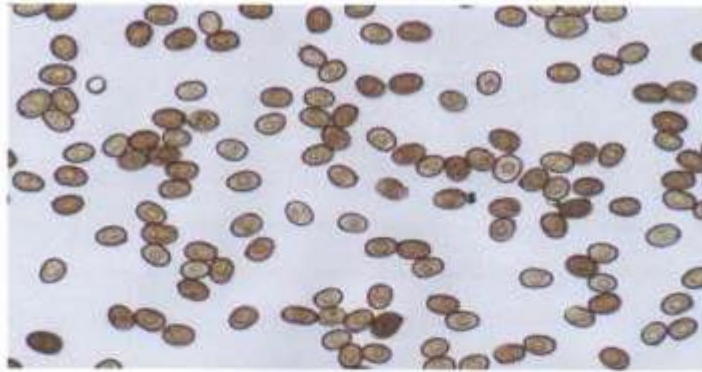
Comestible; Presenta un alto valor nutricional.

TAXANOMÍA

Reino	Fungi
Filo	Basidiomycota
Clase	Agaricomycetes
Sub-clase	Agaricomycetidae
Orden	Agaricales
Familia	Agaricaceae
Genero	<i>Agaricus</i>
Especie	<i>Agaricus bisporus</i>

(J.E.Lange) Imbach 1946

Anexo 7. Fotos microscópicas del Agaricus bisporus



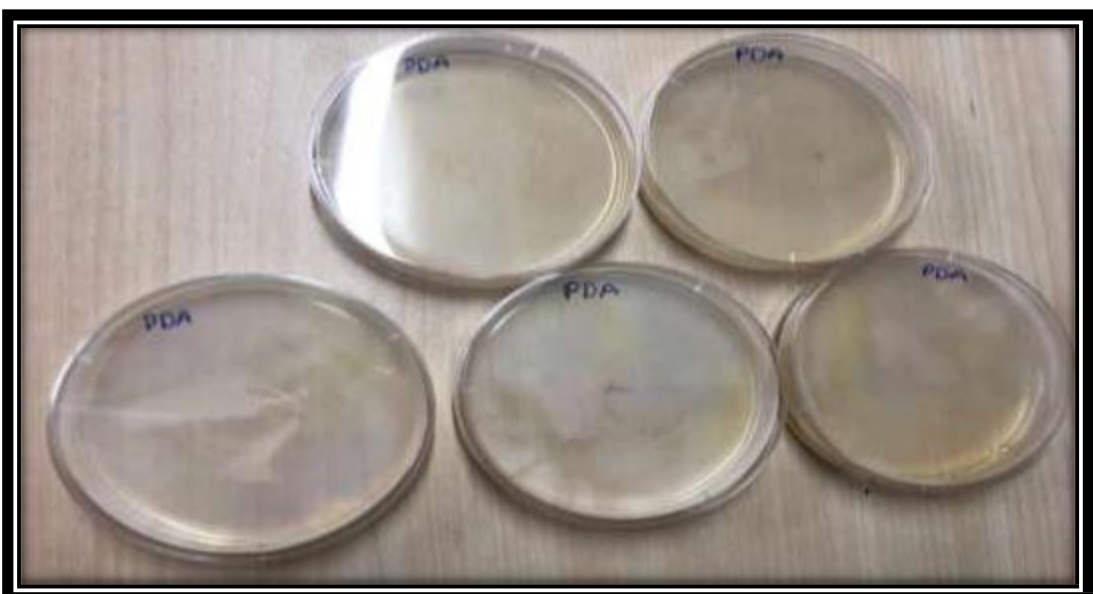
(Esporas elípticas con pequeñas vacuolas) (J.E.Lange) Imbach 1946



(Laminillas características de los agaricales)

Carlos Torres Rimache
Ing, Agrónomo del SENASA PERU

Anexo 8. Preparación del medio de cultivo PDA



Anexo 9. Micelio puro del Lentinus edodes



Anexo 10. Micelio puro del Pleurotus ostreatus



Anexo 11. Micelio puro del Agaricus bisporus



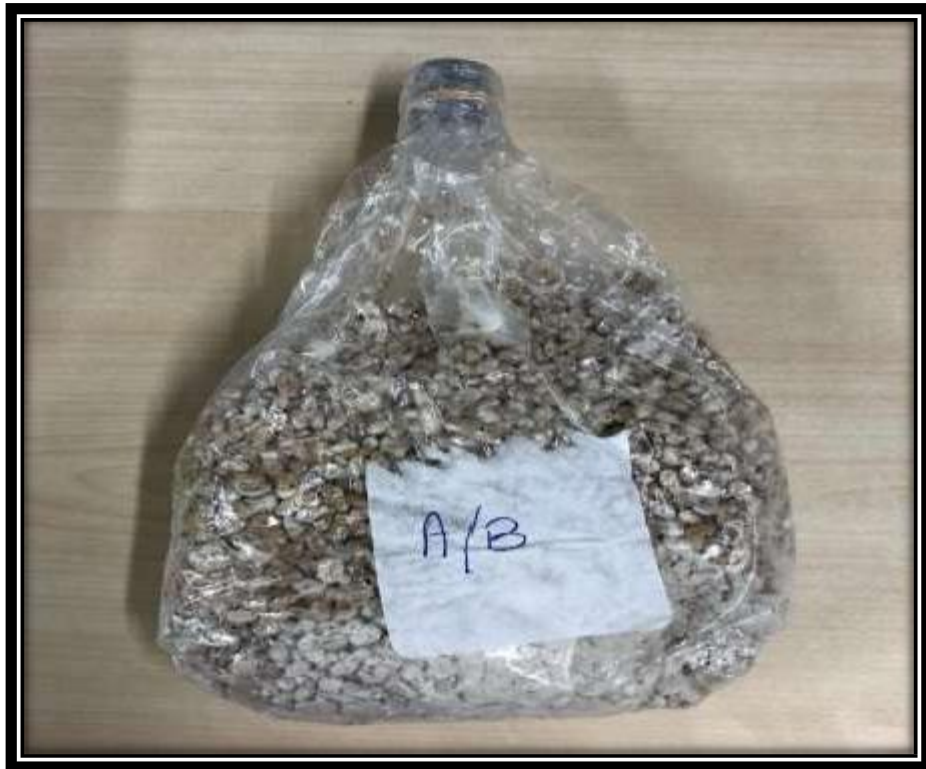
Anexo 12. Semillas de trigo inoculado con el micelio secundario del Lentinus edodes



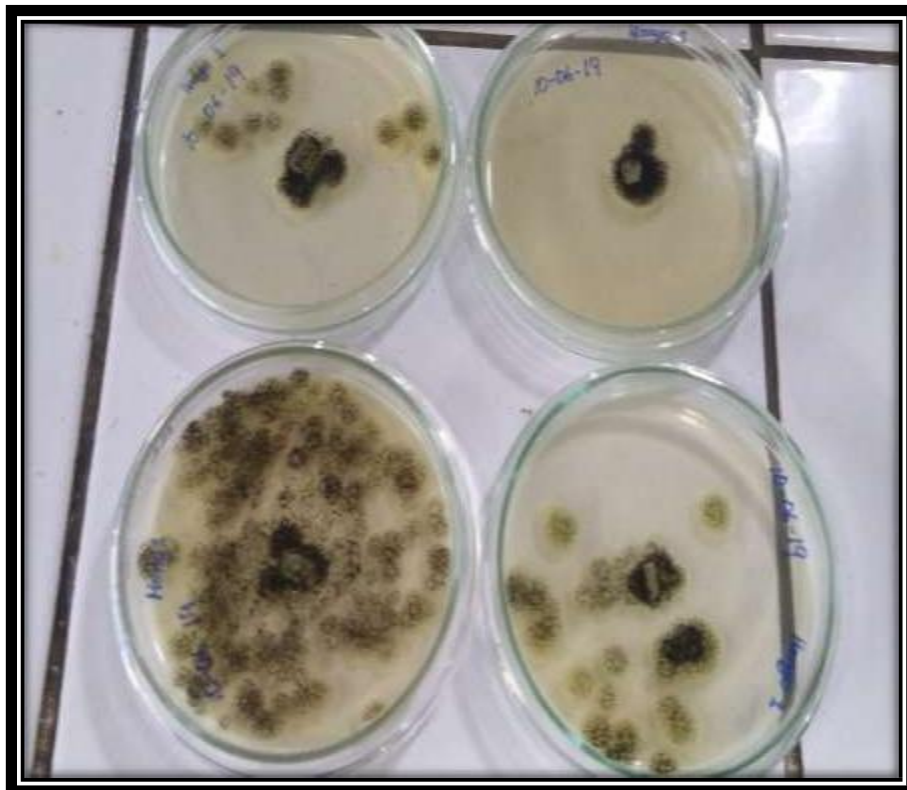
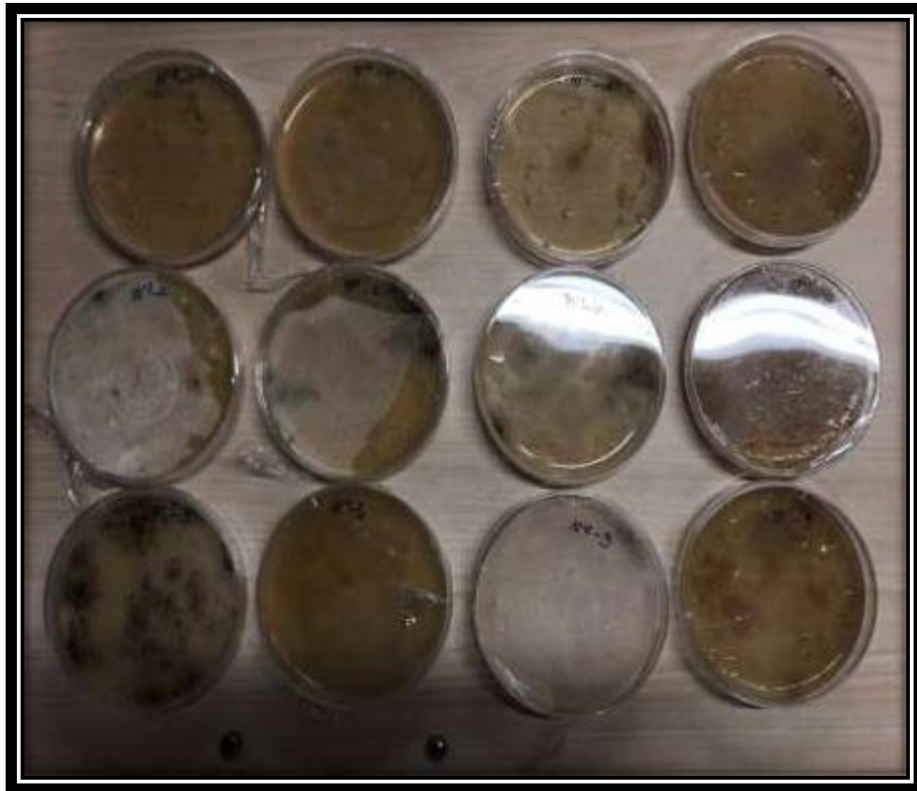
Anexo 13. Semilla de trigo inoculado con el micelio secundario del Pleurotus ostreatus



Anexo 14. Semilla de trigo inoculado con el micelio secundario del Agaricus bisporus



Anexo 15. Análisis biológico del suelo



Anexo 16. Informe de identificación del hongo Aspergillus niger

ASPERGILLUS NIGER

Características macroscópicas: Colonias de color negro o marrón muy oscuro; reverso incoloro a amarillo; colonia densa, granular a flocosa. Micelio blanco apenas visible; reverso incoloro; textura granular a flocosa.

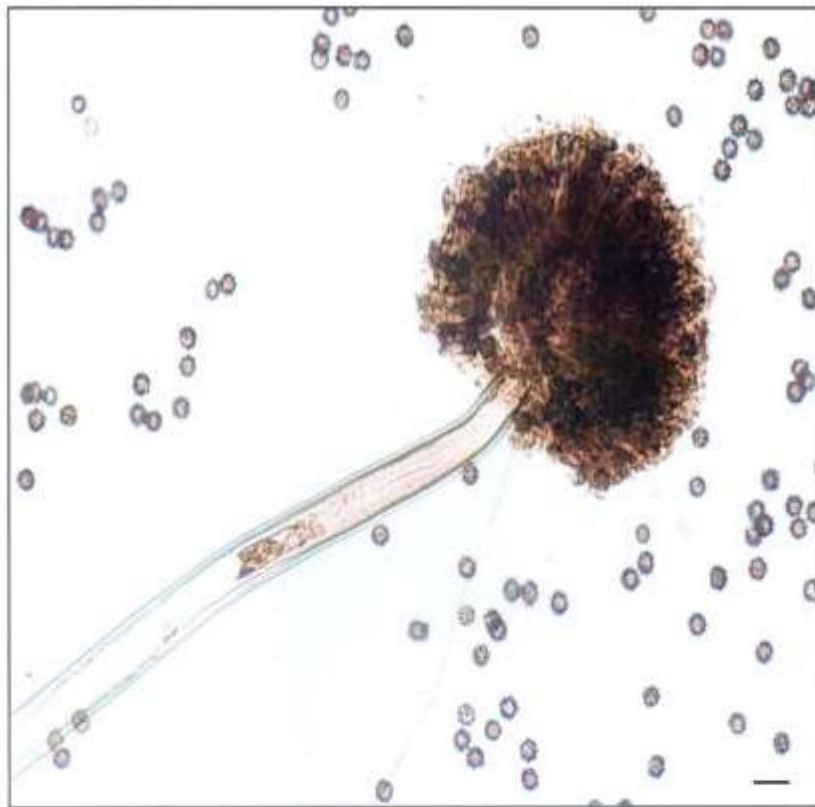
Características microscópicas, Cabezas conidiales biseriadas y radiales; estipes de paredes gruesas, lisos, hialinos, amarillentos o de color marrón pálido en especial cerca de la vesícula. Vesícula casi esférica; métulas ocupando toda la superficie de la vesícula. Conidios globosos de color marrón, normalmente muy rugosos con crestas irregulares y protuberancias. (Rev Iberoam Micol 2000; 17: S79-S84 S79)

TAXANOMÍA

Reino	Fungi
División	Deuteromycota
Sub división	Eumycota
Clase	Deuteromycetes
Subclase	Plectomycetidae
Orden	Eurotiales
Familia	Eurotiaceae
Género	<i>Aspergillus</i>
Especie	<i>Aspergillus niger</i>

(Useche Y., Peña Venegas C., Cardona Venegas G, 2007)

Anexo 17. Fotos microscópicas del Aspergillus niger



Conidióforo y esporas de *Aspergillus niger*

Carlos Torres Limache
Ing. Agrónomo - SENASA

Anexo 18. Análisis inicial de los parámetros físicoquímicos de la muestra 1 y muestra 2



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : DINORA MELÉNDEZ CAMPOS

Departamento : JUNÍN
 Distrito : LA OROYA
 Referencia : H.R. 69799-106C-19

Bolt.: 3453

Provincia : YAULI
 Predio :
 Fecha : 13/09/19

Número de Muestra		pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO ₂ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
Lab	Claves							Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³ + H ⁺			
7278	T1 suelo 40 cm	7.70	1.94	17.60	0.74	40.1	152	47	35	18	Fr.	6.88	5.70	0.68	0.31	0.18	0.00	6.88	6.88	100
7279	T1 suelo 1 metro	7.75	2.49	22.40	0.83	49.8	183	47	27	26	Fr.Ar.A.	8.00	6.56	0.95	0.37	0.11	0.00	8.00	8.00	100

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ;
 Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso.



Braulio La Torre Martínez
Ing. Braulio La Torre Martínez
 Jefe del Laboratorio

*Anexo 19. Sembrado de las semillas de trigo inculados con el micelio secundario del hongo *Lentinus edodes**



Anexo 20. Sembrado de las semillas de trigo inculados con el micelio secundario del hongo Pleurotus ostreatus



Anexo 21. Sembrado de las semillas de trigo inculados con el micelio secundario del hongo Agaricus bisporus



Anexo 22. Unidades experimentales



Anexo 23. Medición del crecimiento micelial (mm)



Anexo 24. Secado de las muestras



Anexo 25. Tamizado de las muestras



Anexo 26. Digestión ácida de las muestras



Anexo 27. Lectura de las muestras en EAA



Anexo 28. Partes del hongo

- **Cutícula:** Membrana exterior que recubre el sombrero y el pie. Fundamental para determinar la especie, tanto por su estructura como por su color. La cutícula puede ser lisa, rugosa, seca, viscosa, presentar restos en forma de escama, verrugas, estrías y también puede estar fuertemente adherida al sombrero, o ser fácilmente separable.
- **Píleo:** La parte más ancha de la seta. Situado encima del pie, puede presentar una amplia gama de colores y tiene la forma de un paraguas, aunque con muy diferentes diseños: esféricos, acopados, cónicos, acampanados, ramificados.
- **Himenóforo:** Parte inferior del sombrero, sostiene al himenio, donde se encuentran las esporas de origen sexual.
- **Pie:** Sostiene el píleo, puede ser recto o curvado y comúnmente cilíndrico.
- **Anillo:** Parte residual procedente del velo y situado bajo el sombrero cuando éste se expande, tiene como misión proteger el himenio y facilitar la maduración de las esporas.
- **Volva:** Parte subterránea y membranosa que rodea la base del pie de algunas especies en forma de círculos, cónica o libres, de pie esférico.

Anexo 29. Recolección de muestra



Anexo 30. Cuadro de recolección de datos

Tratamiento 1: <i>Lentinusedodes</i>											
FECHA	MUESTRA	CODIFICACIÓN	PROPIEDADES FÍSICAS			GRANOS DE TRIGO			TIEMPO (DÍAS)		
			CRECIMIENTO MICELIAL (mm)	CONCENTRACIÓN DE PLOMO	CONCENTRACIÓN DE CADMIO	3	9	15	5	10	15
11/10/19	40cm	R3.1				X			X		
11/10/19	40cm	R3.2				X			X		
11/10/19	40cm	R3.3				X			X		
11/10/19	40cm	R9.1					X		X		
11/10/19	40cm	R9.2					X		X		
11/10/19	40cm	R9.3					X		X		
11/10/19	40cm	R15.1						X	X		
11/10/19	40cm	R15.2						X	X		
11/10/19	40cm	R15.3						X	X		

Anexo 31. Papa Dextrosa Agar (PDA)

2. Papa - Dextrosa - Agar (PDA)

Papa	250 g
Dextrosa	18 g
Agar	18 g
Agua destilada	1000 ml

Preparación:

- Lavar la papa, pelarla, pesarla, picarla en trozos pequeños
- Ponerla a hervir en 1000 ml de agua destilada, por más o menos 35 minutos.
- Filtrar a través de una gasa.
- Completar a un litro y agregar el agar y la dextrosa, mezclar bien.
- Distribuir en frascos erlenmeyer de 500 ml de capacidad a razón de 250 ml por frasco,.
- Taponar con algodón y papel platina
- Esterilizar en autoclave por 15 minutos a 121° C y 15 libras de presión.

Anexo 32. Aislamiento de muestra

Procesamiento de muestras

Las muestras recolectadas, son llevadas al laboratorio y procesadas para aislar el hongo antagonista de la siguiente manera:

Las hojas, raíces y frutos son lavados con agua de caño para retirar la tierra, luego son desinfectados sumergiéndolos en lejía al 0.5% por 1 minuto, se enjuaga 3 veces con agua destilada estéril, y se seca poniéndolos sobre un papel filtro o toalla estéril . Las muestras así procesadas pueden ponerse en cámara húmeda o sembrarse directamente.

Aislamiento

De hojas: Se cortan pedacitos de hoja de 1 x 1 mm del borde de la lesión hacia fuera y se siembra en placas de Petri conteniendo medio de cultivo, PDA o SDA mas antibiótico al 0.05%, colocando 3 ó 4 pedacitos por placa.

De raíces: Se cortan pedacitos de raíces del borde de la lesión y se procede a sembrarlos igual que las hojas

De frutos: Se puede sembrar pedacitos de fruto directamente en las placas con medio o poner en cámara húmeda y dejar incubar a medio ambiente por 3 a 5 días hasta observar el desarrollo del hongo antagonista sobre la lesión y luego aislar, sembrando 3 ó 4 puntos por placa.

Anexo 33. Micelio puro

Cultivos puros

Un cultivo puro es aquel en que está presente únicamente el hongo de interés sin ningún tipo de contaminantes. Los cultivos puros se obtienen a partir del reaislamiento del hongo a partir del cepario de producción, el cual es sembrado en placas de Petri conteniendo medio de cultivo PDA o SDA. El cultivo puro es la fuente de inóculo para iniciar el proceso de producción y es utilizado para inocular los medios líquidos.

Anexo 34. Preparación del trigo

El inóculo se preparó con semilla de trigo (*Triticum aestivum* L.), el tratamiento consistió en hervir 500 g de trigo durante 20 min en 5 l de agua, y se dejó reposar durante 30 min. Posteriormente se escurrió en un recipiente de plástico con capacidad de 10 kg durante 60 min; se le adicionó la cantidad de 5 g de cal y 20 g de yeso y se homogenizó junto con el trigo. Posteriormente se colocaron 500 g de trigo en frascos con capacidad de 700 g y se esterilizó durante 60 min a 121°C. Cuando los frascos se enfriaron, se inocularon con 0,25 cm² de agar colonizado de la cepa CP-50 de *P.ostreatus* dentro de la campana de flujo laminar (VECCO, MÉXICO) y se incubaron a temperatura ambiente durante 25 días (Valencia del Toro et al. 2003). Para la siembra de la cepa, los sustratos fueron pasteurizados en agua caliente a 80°C/1 h., transcurrido el tiempo de pasteurización, los sustratos se transportaron al área de siembra para permitir su enfriamiento y el escurrimiento del exceso de humedad alrededor de 30 min. Posteriormente se procedió a la siembra; se prepararon bolsas de plástico de 6 kg (peso húmedo) de cada sustrato, cultivadas homogéneamente con la "semilla" previamente preparada en una relación 1:10. Las muestras sembradas se incubaron a temperatura ambiente (26±2°C), cuando el micelio del hongo colonizó completamente los sustratos, y mostró la aparición de primordios. Las bolsas se trasladaron al cuarto de fructificación donde se propiciaron condiciones apropiadas de humedad (70-80%), temperatura (26°-28°C), luz diurna indirecta, y aeración (extracción de aire por 1 h, cada 8 h), en total se prepararon 4 repeticiones por cada tratamiento y 2 réplicas en diferentes periodos de producción (Burgos 1995).

Anexo 35. Muestra biológica

De suelo. Homogenizar la muestra de suelo y pesar 10 g, ponerlo en 90 ml de agua destilada estéril, agitar durante 20 a 30 minutos en un agitador orbital, a 160 ppm, posteriormente se toma 1 mL y se pone a un tubo de prueba conteniendo 9 mL de agua destilada estéril, se realizan diluciones y se siembra 0,1 ml de la dilución 10⁻⁴, en placas de Petri conteniendo medio de cultivo PDA o SDA mas antibiótico al 0.05%,

Las placas preparadas se ponen a incubar a 28 °C por 5 a 10 días, hasta que se observa el desarrollo del hongo antagonista si se encuentra presente en la muestra procesada

Una vez desarrollado el hongo se hacen montajes en lactofenol y se observa al microscopio para identificar la presencia de *Trichoderma* spp. De las placas mejor

LABORATORIO DE ANTAGONISTAS
SCB - SENASA

MÉTODO 3050B

DIGESTIÓN ÁCIDA DE SEDIMENTOS, LODOS Y SUELOS

7.0 Procedimiento para la digestión ácida:

1. Mezclar la muestra a fondo para conseguir la homogeneidad y el tamiz, si es apropiado y necesario, usando un tamiz USS # 10. Para cada procedimiento de digestión, pesar con precisión de 0,01 g más cercano y transferir un 1-2 g de la muestra (peso húmedo) o muestra de 1 g (peso en seco) a un recipiente de digestión.

2. Para la digestión de las muestras para el análisis por GFAA o ICP-MS, añadir 10 ml de 1: 1 HNO₃. Mezclar la suspensión, y cubrir con un vidrio de reloj o un dispositivo de recuperación de vapor. Calentar la muestra a 95miC ± 5miC y reflujo durante 10 a 15 minutos sin hervir. Permitir que la muestra se enfríe, añadir 5 ml de HNO₃ concentrado, Reemplace la tapa, y el reflujo durante 30 minutos. Si se generan humos marrones, indicando la oxidación de la muestra por HNO₃, Repetir este paso (adición de 5 ml de HCl conc.) Una y otra hasta que no humos marrones se desprenden por la muestra que indica la reacción completa con HNO₃. El uso de un vidrio de reloj acanalado o sistema de recuperación de vapor, ya sea permitir que la solución se evapore a aproximadamente 5 ml sin hervir o calor a 95miC ± 5miC sin hirviendo durante dos horas. Mantener una cubierta de solución sobre el fondo del recipiente en todo momento.

3. Después de la etapa en la Sección 2 se ha completado y la muestra se ha enfriado, añadir 2 ml de agua y 3 ml de 30% H₂O₂. Cubrir el recipiente con un vidrio de reloj o un dispositivo de recuperación de vapor y devolver el recipiente de cubierta a la fuente de calor para el calentamiento y para iniciar la reacción de peróxido. Se debe tener cuidado para asegurar que las pérdidas no se producen debido a la efervescencia excesivamente vigoroso. Calentar hasta que la efervescencia disminuye y enfriar el recipiente.

3.3. Continuar añadiendo 30% H₂O₂ en 1 mL alícuotas con calentamiento hasta que la efervescencia es mínimo o hasta la aparición de la muestra general es sin cambios.

NOTA: No agregue más de un total de 10 ml de 30% de H₂O₂.

4. Después de enfriar, diluir a 100 ml con agua. Partículas en el digestato entonces deben eliminarse por filtración, mediante centrifugación, o permitiendo que la muestra se asiente. La muestra está ahora lista para el análisis por GFAA o ICP-MS.

5. Filtración - Filtrar a través de Whatman No. 41 papel de filtro (o equivalente).

6. Lectura en el espectrofotómetro de absorción atómica EAA.

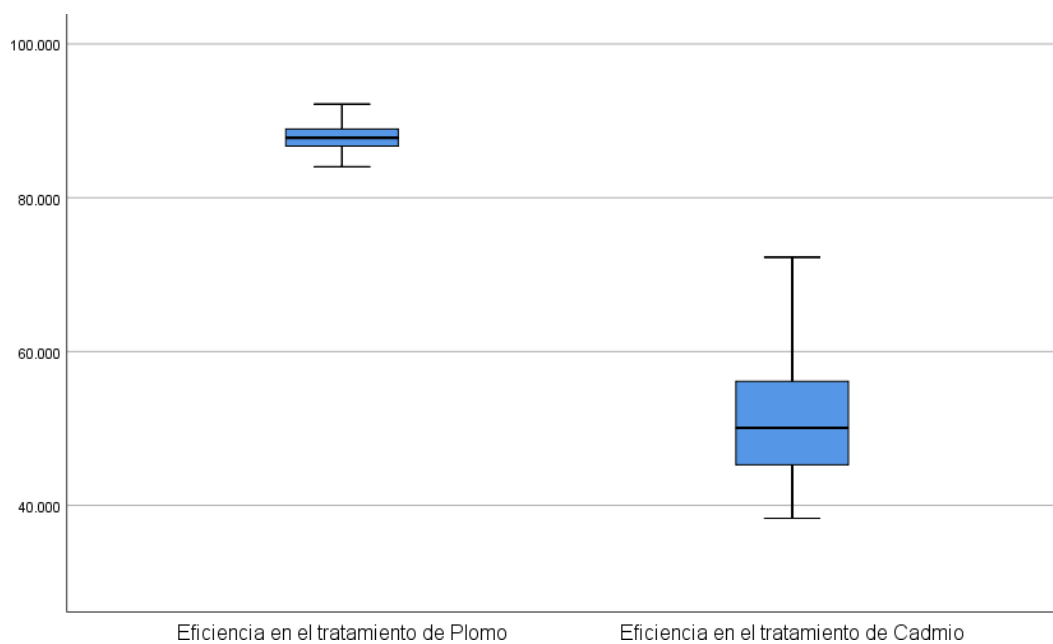
Anexo 37. Estándares de calidad ambiental (ECA) para suelo

ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA) PARA SUELO				
Parámetros en mg/kg PS ⁽²⁾	Usos del Suelo ⁽¹⁾			Métodos de ensayo ^{(7) y (8)}
	Suelo Agrícola ⁽³⁾	Suelo Residencial/Parques ⁽⁴⁾	Suelo Comercial ⁽⁵⁾ /Industrial/Extractivo ⁽⁶⁾	
ORGÁNICOS				
Hidrocarburos aromáticos volátiles				
Benceno	0,03	0,03	0,03	EPA 8260 ⁽⁹⁾ EPA 8021
Tolueno	0,37	0,37	0,37	EPA 8260 EPA 8021
Etilbenceno	0,082	0,082	0,082	EPA 8260 EPA 8021
Xilenos ⁽¹⁰⁾	11	11	11	EPA 8260 EPA 8021
Hidrocarburos poliaromáticos				
Naftaleno	0,1	0,6	22	EPA 8260 EPA 8021 EPA 8270
Benzo(a) pireno	0,1	0,7	0,7	EPA 8270
Hidrocarburos de Petróleo				
Fracción de hidrocarburos F1 ⁽¹¹⁾ (C6-C10)	200	200	500	EPA 8015
Fracción de hidrocarburos F2 ⁽¹²⁾ (>C10-C28)	1200	1200	5000	EPA 8015
Fracción de hidrocarburos F3 ⁽¹³⁾ (>C28-C40)	3000	3000	6000	EPA 8015
Compuestos Organoclorados				
Bifenilos policlorados - PCB ⁽¹⁴⁾	0,5	1,3	33	EPA 8082 EPA 8270
Tetracloroetileno	0,1	0,2	0,5	EPA 8260
Tricloroetileno	0,01	0,01	0,01	EPA 8260
INORGÁNICOS				
Arsénico	50	50	140	EPA 3050 EPA 3051
Bario total ⁽¹⁵⁾	750	500	2 000	EPA 3050 EPA 3051
Cadmio	1,4	10	22	EPA 3050 EPA 3051
Cromo total	**	400	1 000	EPA 3050 EPA 3051
Cromo VI	0,4	0,4	1,4	EPA 3060/ EPA 7199 ó DIN EN 15192 ⁽¹⁶⁾
Mercurio	6,6	6,6	24	EPA 7471 EPA 6020 ó 200.8
Plomo	70	140	800	EPA 3050 EPA 3051
Cianuro Libre	0,9	0,9	8	EPA 9013 SEMWW-AWWA-WEF 4500 CN F o ASTM D7237 y/ó ISO 17690:2015

Anexo 38. Prueba para comparar los niveles de eficiencia en el tratamiento de plomo y cadmio según la prueba t para muestras independientes

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias		
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilatera)
Datos	Se asumen varianzas iguales	181,018	,000	59,445	322	,000
	No se asumen varianzas iguales			59,445	180,547	,000

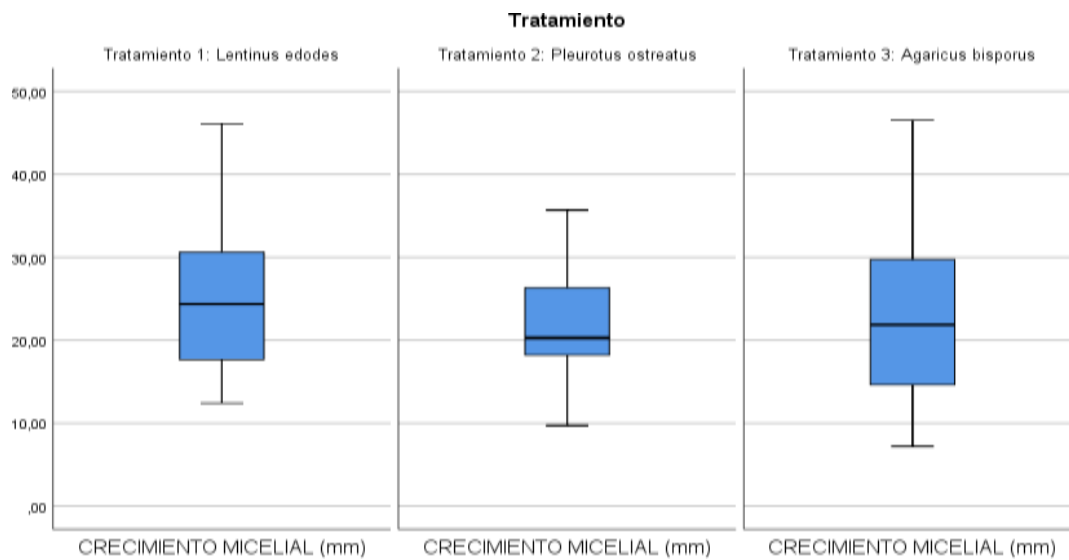
Anexo 39. Valores de eficiencia en el tratamiento de plomo y cadmio



Anexo 40. Prueba ANOVA para comparar el crecimiento de micelio según tratamiento

ANOVA	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	261,973	2	130,987	2,031	,135
Dentro de grupos	10252,680	159	64,482		
Total	10514,654	161			

Anexo 41. Comparación del crecimiento de micelio según tratamiento



Anexo 42. Prueba ANOVA para comparar el crecimiento de micelio según tiempo

ANOVA	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	5695,114	2	2847,557	93,943	,000
Dentro de grupos	4819,540	159	30,312		
Total	10514,654	161			

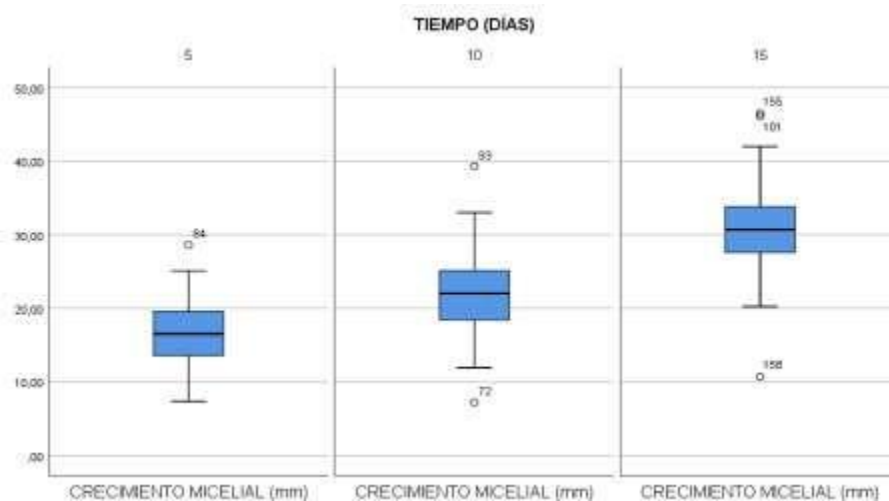
Anexo 43, Prueba de Tukey para comparar el crecimiento micelial (mm) según tiempo en días

Subconjunto para alfa = 0.05				
TIEMPO (DÍAS)	N	1	2	3
5	54	16,30		
10	54		22,26	
15	54			30,75
Sig.		1,0	1,0	1,0

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 54,000.

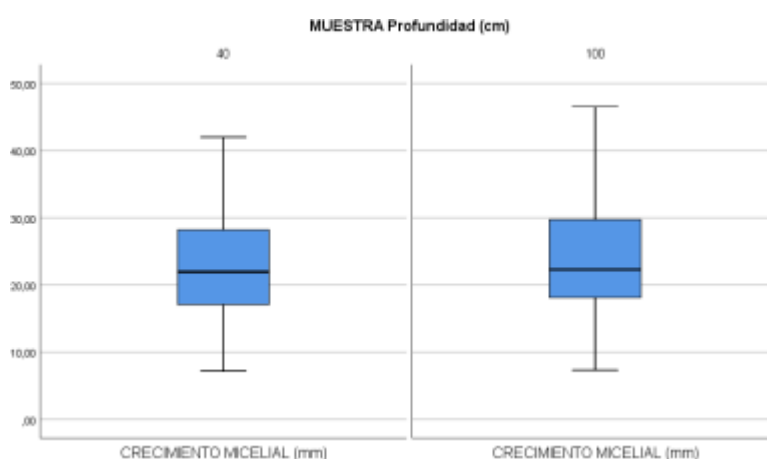
Anexo 44. Comparar el crecimiento de micelio según tiempo



Anexo 45. Prueba para comparar el crecimiento de micelio según profundidad

		Prueba de Levene de		prueba t para la igualdad de		
		igualdad de		medias		
		varianzas				
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)
CRECIMIENTO MICELIAL (mm)	Se asumen varianzas iguales	,509	,477	-	160	,126
				1,537		
	No se asumen varianzas iguales			-	157,8	,126
				1,537		

Anexo 46. Comparar el crecimiento de micelio según profundidad



Anexo 47. Prueba ANOVA para comparar la eficiencia en la remediación de los suelos contaminados por plomo y cadmio

ANOVA		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Eficiencia en el tratamiento de Plomo	Entre grupos	58,041	2	29,020	9,111	,000
	Dentro de grupos	506,466	159	3,185		
	Total	564,507	161			
Eficiencia en el tratamiento de Cadmio	Entre grupos	6,065	2	3,033	,052	,949
	Dentro de grupos	9258,726	159	58,231		
	Total	9264,791	161			

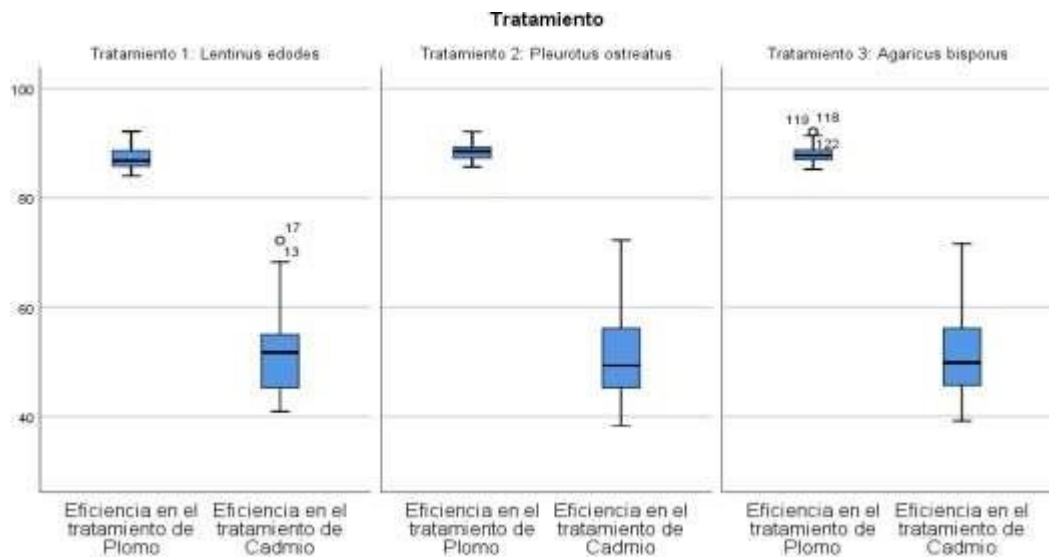
Anexo 48. Prueba de Tukey para comparar la eficiencia en el tratamiento del plomo

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Tratamiento 1: <i>Lentinus edodes</i>	54	87,20	
Tratamiento 3: <i>Agaricus bisporus</i>	54		88,07
Tratamiento 2: <i>Pleurotus ostreatus</i>	54		88,66

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 54,000.

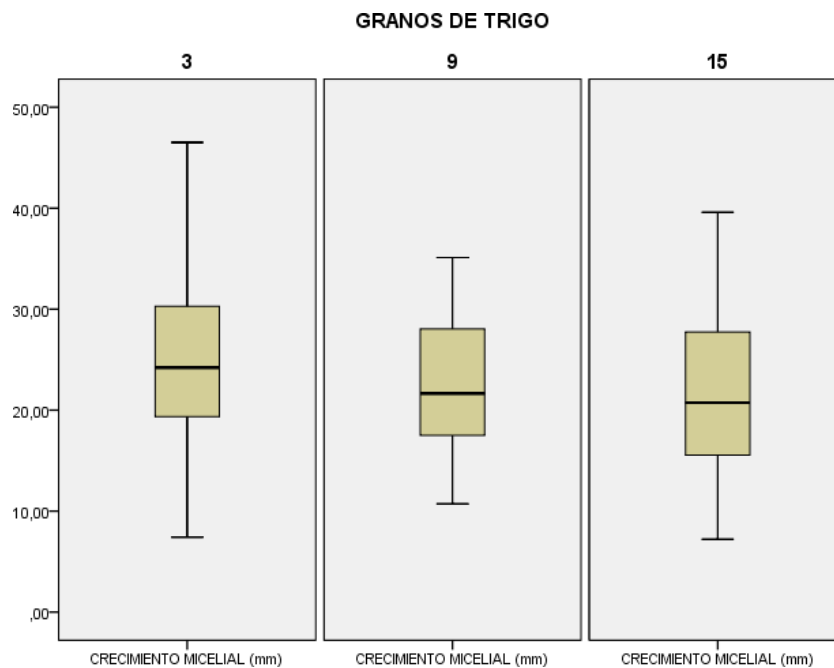
Anexo 49. Comparar la eficiencia en el tratamiento del plomo y cadmio.



Anexo 50. Prueba ANOVA para comparar el crecimiento micelial según número de granos

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	372,312	2	186,156	2,918	,057
Intra-grupos	10142,342	159	63,788		
Total	10514,654	161			

Anexo 51. Comparar el crecimiento de micelio según dosis (número de granos de trigo)



Anexo 52. Prueba ANOVA para comparar la eficiencia en la remediación de los suelos contaminados por plomo y cadmio según tiempo

ANOVA		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Eficiencia en el tratamiento de Plomo	Entre grupos	44,89	2	22,445	6,87	,001
	Dentro de grupos	519,62	159	3,268		
	Total	564,51	161			
Eficiencia en el tratamiento de Cadmio	Entre grupos	1231,04	2	615,519	12,18	,000
	Dentro de grupos	8033,75	159	50,527		
	Total	9264,79	161			

Anexo 53. Prueba ANOVA para comparar la eficiencia en la remediación de los suelos contaminados por plomo y cadmio según la dosis considerada.

ANOVA de un factor

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Eficiencia en el tratamiento de Plomo	Inter-grupos	4,799	2	2,400	,682	,507
	Intra-grupos	559,707	159	3,520		
	Total	564,507	161			
Eficiencia en el tratamiento de Cadmio	Inter-grupos	10,224	2	5,112	,088	,916
	Intra-grupos	9254,567	159	58,205		
	Total	9264,791	161			

Anexo 54. Prueba de Tukey para analizar la eficiencia en el tratamiento de Plomo

TIEMPO (DÍAS)	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
10	54	87,4519	
15	54	87,7771	
5	54		88,6950

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Anexo 55. Prueba de Tukey para analizar la eficiencia en el tratamiento de Cadmio

TIEMPO (DÍAS)	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
10	54	48,2018	
15	54	51,2969	
5	54		54,9465

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 54,000.

Anexo 56. Comparar la eficiencia en la remediación de los suelos contaminados por plomo y cadmio según tiempo

