



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

“Evaluación del efecto de la combinación de la paja de trigo e inóculos de *Pleurotus ostreatus* en la biosorción de cadmio en suelos, 2019”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**  
**Ingeniera Ambiental**

**AUTOR:**

Br. Shandell Castillo Palomino (ORCID: 0000-0002-9491-9610)

**ASESOR:**

Mg. Alcides Garzon Flores (ORCID: 0000-0002-0218-8743)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

**Lima–Perú**

**2019**

### **Dedicatoria**

El presente trabajo está dedicado en primer lugar a Dios, que permitió que todo esto sea posible y no dejó que desvanezca, a mis padres Víctor Castillo y Carmen Rosa Palomino por apoyarme y aconsejarme en todo momento, a mi hermana Shantall Castillo por su apoyo incondicional y aliento y a mis abuelos por su preocupación.

### **Agradecimiento**

Agradezco al Ing. Wilber Quijano por el apoyo que me brindó para el desarrollo de la tesis, a John Chu por el apoyo incondicional y desmedido, a mi asesor por la comprensión y consejos y a todos los que me han sido parte de esta investigación.

## Página del Jurado

## Declaratoria de Autenticidad

### Declaratoria de Autenticidad

Yo, Shandell Castillo Palomino con DNI N° 73428341, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y autentica. Asimismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda antes 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 de la Universidad Cesar Vallejo.

Lima, 10 de diciembre 2019



---

Shandell Castillo Palomino

DNI: 73428341

## ÍNDICE

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Página del Jurado .....	iv
Declaratoria de Autenticidad .....	<b>v</b>
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT.....	vii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MÉTODO .....	21
2.1. Tipo y Diseño de Investigación.....	21
2.2. Operacionalización de variables.....	22
2.3. Población, muestra y muestreo.....	24
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad .....	25
2.5. Procedimiento .....	26
2.6. Métodos de Análisis de Datos.....	33
2.7. Aspectos Éticos.....	33
III. RESULTADOS .....	34
IV. DISCUSIÓN .....	54
V. CONCLUSIONES .....	56
VI. RECOMENDACIONES .....	57
REFERENCIAS .....	58
ANEXOS .....	68

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: ECA suelo para Cadmio .....</i>	<i>11</i>
<i>Tabla 2: Operacionalización de variables .....</i>	<i>23</i>
<i>Tabla 3: Puntos de muestreo .....</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 4: Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 5: Diseño Metodológico – 98,30 ppm .....</i>	<i>30</i>
<i>Tabla 6: Diseño Metodológico – 138,45 ppm .....</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 7: Características iniciales del suelo .....</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 8: : Resultados de la concentración de Cadmio del antes y después del tratamiento. .....</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 9: Resultados de la concentración de cadmio en suelo – 98,30 mg/kg .....</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 10: Resultados de la concentración de cadmio en suelo – 138,45 mg/kg.....</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 11: Resultados de los parámetros químicos y físicos de la muestra inicial - 98,30 mg/kg .....</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 12: Resultados de los parámetros químicos y físicos de la muestra inicial – 138,45 mg/kg .....</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 13: Resultados del radio de la colonia con 98,30 mg/kg – Día 5.....</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 14: Resultados del radio de la colonia con 138,45 ppm – Día 5 .....</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 15: Resultados del radio de la colonia con 98,30 ppm – Día 10 .....</i>	<i>39</i>
<i>Tabla 16: Resultados del radio de la colonia con 138,45 ppm – Día 10.....</i>	<i>40</i>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1: Diseño experimental.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 2: Distribución equidistante para el muestreo.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 3: Diagrama del diseño experimental – 98,30 ppm. ....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 4: Diagrama del diseño experimental – 138,45 ppm.....</i>	<i>32</i>

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<i>Gráfico 1: Biosorción de cadmio en diferentes concentraciones .....</i>	<i>35</i>
<i>Gráfico 2: Crecimiento del hongo Pleurotus ostreatus – 98,30 mg/kg .....</i>	<i>41</i>
<i>Gráfico 3: Crecimiento del hongo Pleurotus ostreatus – 138,45 mg/kg .....</i>	<i>41</i>
<i>Gráfico 4: Concentración de cadmio en suelo – 98,30 mg/kg.....</i>	<i>43</i>
<i>Gráfico 5: Concentración de cadmio en suelo – 138,45 mg/kg .....</i>	<i>44</i>
<i>Gráfico 6: Concentración de cadmio en suelo – días y tratamiento - 98,30 mg/kg .....</i>	<i>46</i>
<i>Gráfico 7: Interacción de la concentración de cadmio en suelo – día y tratamientos - 98,30 mg/kg .....</i>	<i>46</i>
<i>Gráfico 8: Concentración de cadmio en suelo – días y tratamiento - 138,45 mg/kg .....</i>	<i>48</i>
<i>Gráfico 9: . Interacción de la concentración de cadmio en suelo – días y tratamientos - 138,45 mg/kg .....</i>	<i>48</i>
<i>Gráfico 10: pH en suelo – días y tratamiento - 98,30 mg/kg.....</i>	<i>50</i>
<i>Gráfico 11: Interacción del pH en suelo – días y tratamientos - 98,30 mg/kg .....</i>	<i>50</i>
<i>Gráfico 12: pH en suelo – días y tratamiento - 138,45 mg/kg .....</i>	<i>52</i>
<i>Gráfico 13: Interacción del pH en suelo – días y tratamientos - 138,45 mg/kg .....</i>	<i>52</i>

## ÍNDICE DE IMÁGENES

<i>Imagen 1: Prueba de ANOVA para la concentración cadmio en el suelo - 98,30 mg/kg ..</i>	<i>42</i>
<i>Imagen 2: Prueba de Tukey para la concentración cadmio en el suelo – 98,30 kg/mg .....</i>	<i>42</i>
<i>Imagen 3: Prueba de ANOVA para la concentración cadmio en el suelo – 138,45 mg/kg</i>	<i>42</i>
<i>Imagen 4: Prueba de Tukey para la concentración cadmio en el suelo – 138,45 mg/kg ...</i>	<i>43</i>
<i>Imagen 5: Prueba de ANOVA para la concentración cadmio en el suelo por días – 98,30 mg/kg .....</i>	<i>45</i>

<i>Imagen 6: Prueba de Tukey para la concentración cadmio en el suelo – 98,30 mg/kg .....</i>	<b>45</b>
<i>Imagen 7: Prueba de ANOVA para la concentración cadmio en el suelo por días – 138,45 mg/kg .....</i>	<b>47</b>
<i>Imagen 8: Prueba de Tukey para la concentración cadmio en el suelo por días – 138,45 mg/kg .....</i>	<b>47</b>
<i>Imagen 9: Prueba de ANOVA para el pH en el suelo – 98,30 mg/kg .....</i>	<b>49</b>
<i>Imagen 10: Prueba de Tukey para el pH en el suelo – 98,30 mg/kg .....</i>	<b>49</b>
<i>Imagen 11: Prueba de ANOVA para el pH en el suelo – 138,45 mg/kg .....</i>	<b>51</b>
<i>Imagen 12: Prueba de Tukey para el pH en el suelo – 138,45 mg/kg .....</i>	<b>51</b>

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación plantea como objetivo principal, evaluar el efecto de la combinación del inóculo de *Pleurotus ostreatus* y paja de trigo en la biosorción de cadmio en suelo. La población está conformada por suelo proveniente de Junín del cual fue adquirido y contaminado a dos concentraciones (98,30 mg/kg y 138,45 mg/kg) en la Universidad Agraria La Molina de la Facultad de Ingeniería Agrícola. Para la cual se planteó el trabajo bajo el diseño completo al azar con arreglo factorial (3x4), que constó de 3 tratamientos, 4 repeticiones y la toma de muestras el 5, 10, 15, 20 días, con la finalidad de determinar la eficiencia del tratamiento para ambas concentraciones de cadmio, el nivel y el tiempo óptimo de tratamiento, evaluar la relación que tiene el pH del suelo en la biosorción de cadmio durante el periodo del tratamiento y determinar las características de crecimiento del inóculo de *Pleurotus ostreatus*. Los resultados obtenidos de la concentración de cadmio para la muestra inicial de 98,30 mg/kg, con el tratamiento más eficiente, que fue el tratamiento 1 (4 granos) con 66,89 mg/kg, teniendo un porcentaje de 31,95% de biosorción y para la muestra inicial de 138,45 mg/kg con el tratamiento más eficiente, el cual también fue el tratamiento 1 (4 granos) con 93,46 mg/kg teniendo un porcentaje de 32,49 % de biosorción del metal, se determinó que la mayor biosorción se dio para el suelo con 138,45 mg/kg de cadmio con un 32,49 % de biosorción, así también se determinó el comportamiento del pH en el suelo durante el tiempo que duró el tratamiento, concluyendo que el pH más ácido se reflejaba cuando había mayor biosorción, por lo que dicho parámetro es indicador de la biosorción del metal, se determinó que el nivel y día óptimo del tratamiento para una mayor biosorción fue el tratamiento 1 en el día 20 y por último se determinó el crecimiento del hongo, concluyendo que el mayor crecimiento se dio para el día 10, puesto que para esos días, el hongo cubría toda la placa Petri y no permitió continuar con la evaluación del crecimiento para los días restantes, por lo que se obtuvo que el mayor crecimiento en el día 10 fue de 24,92 mm de radio de colonia para el suelo con 98,30 mg/kg y 26,56 mm para el suelo con 138,45 mg/kg.

**Palabras clave:** *Pleurotus ostreatus*, biosorción, Cadmio, inóculos.

## ABSTRACT

This research work aims to evaluate the effect of the combination of the inoculum of *Pleurotus ostreatus* and wheat straw on the biosorption of cadmium in the soil. The population is made up of soil from Junín, from which it was acquired and contaminated at two concentrations (98.30 mg/kg and 138.45 mg/kg) at the La Molina Agrarian University of the Faculty of Agricultural Engineering. For which the work was raised under the complete random design with factorial arrangement (3x4), which consisted of 3 treatments, 4 repetitions and the sampling on 5, 10, 15, 20 days, in order to determine the efficiency of the treatment, the level and the optimal time of treatment, evaluate the behavior of the soil pH during the days of sampling, determine the growth characteristics of the *Pleurotus ostreatus* inoculum and compare the treatment efficiency at the two different concentrations of cadmium. The results obtained from the concentration of cadmium for the initial sample of 98.30 mg/kg, with the most efficient treatment, which was treatment 1 (4 grains) with 66.89 mg/kg, having a percentage of 31, 95 % of biosorption and for the initial sample of 138.45 mg/kg with the most efficient treatment, which was also treatment 1 (4 grains) with 93.46 mg/kg having a percentage of 32.49 % biosorption of the metal, it was determined that the highest biosorption was given to the soil with 138.45 mg/kg of cadmium with 32.49 % biosorption, so also the behavior of the pH in the soil was determined during the duration of the treatment, concluding that the most acidic pH was reflected when there was greater biosorption, so that this parameter is an indicator of the biosorption of the metal, it was determined that the optimal level and day of treatment for a greater biosorption was treatment 1 on day 20 and for The fungus growth was determined, concluding that The highest growth was given for day 10 of treatment since for those days, the fungus covered the entire Petri dish and did not allow further evaluation of the growth for the remaining days, so that the highest growth was obtained on day 10 it was 24.92 mm of colony radius for the soil with 98.30 mg/kg and 26.56 mm for the soil with 138.45 mg/kg.

Keywords: *Pleurotus ostreatus*, biosorption, Cadmium, inoculums.

## I. INTRODUCCIÓN

Debido a la diversidad geológica y geográfica del Perú, se desarrollan actividades económicas, entre ellas se tiene a la minería como la principal y la más importante en el país; sin embargo, es la que genera mayor contaminación, impactando al suelo, aire y agua mediante los relaves mineros, que contienen altos contaminantes como los metales pesados (Pb, Cd, Hg, As, Mn, entre otros) (Chávez, 2014, p.56).

Al inicio de los años 90 en el Perú, ya existía el aumento de empresas mineras a gran escala, la cual generarían diversas proporciones de metales pesados (Zegarra, 2017, p.34). Sin embargo, no fue la única actividad en progreso, ya que las actividades industriales y agrícolas estuvieron en aumento por lo que los niveles de peligrosidad de los metales pesados también crecieron en el medio ambiente (Zeng, 2012, p.2).

Estos metales pesados son peligrosos, ya que son bioacumulables en los sedimentos o tejidos de los organismos vivos, siendo los pasivos ambientales una de las fuentes principales de contaminación en agua y suelo (Pérez, 2017, p.10).

Considerando su característica tóxica, éstos pueden entrar en contacto con las personas mediante el agua, los alimentos, el aire, o pueden ser absorbidos en la piel, siendo así unos de los contaminantes más relevantes que afectan los componentes abióticos del ambiente (Saucedo, 2014, p.14).

En este trabajo se dará enfoque al cadmio, ya que es uno de los principales contaminantes que pueden encontrarse en la dieta, afectando severamente a la salud, siendo éstos acumulativos en el organismo y presentan una mayor permanencia y alta capacidad de movilización en agua, suelo y aire (Chávez, 2014, p.11).

El cadmio es un metal pesado altamente tóxico e innecesario, aplicado en industrias manufactureras, agricultura y campo militar (Zeng, 2012, p.3).

En la actualidad las personas están constantemente propensas a la exposición al Cadmio, siendo una amenaza relevante para la salud humana, ya que comprometen la seguridad alimentaria. Ya que estos metales en concentraciones elevadas en los alimentos, provocan lesiones en la piel y al sistema nervioso. (Pérez, 2017, p.11).

Y la sobreexposición a dicho metal produciría enfermedades agudas como anemia, arritmia

cardiaca, melanosis, entre otros, estos pueden ser mortales si no se toman medidas preventivas para mitigar el contaminante del suelo (Chaurasia, 2019, p.12).

Según DIGESA (2013), dicho contaminante presentaría efectos en la salud de las personas, como daño a nivel renal debido a la exposición directa o indirecta de éstos, siendo un riesgo importante ya que en la actualidad no existen tratamientos para la desintoxicación de ciertos metales (p.34).

El problema más preocupante es que estos metales pesados no se pueden eliminar del cuerpo y así estos se encuentran en muy baja escala, tienen un efecto acumulativo ya que cuentan con un gran peso molecular y en altas concentraciones puede causar envenenamiento en las personas, dando como consecuencia la mortalidad o el agravamiento en la salud de las personas, deterioro del hábitat y ecosistemas además de la perpetuación a otros medios naturales (Pérez, 2017, p.12).

Este metal es generado por los subproductos de las minas metalúrgicas, lodos procedentes de aguas residuales utilizadas en la agricultura y el uso de fertilizantes fosfatados; siendo éste, más del 50 % de la entrada total del cadmio a los suelos, pudiendo acumularse e ingresar a la cadena alimenticia y afectar seriamente a la salud de la población mediante los cultivos (Chávez, 2014, p.21).

Con respecto a los componentes que son afectados por estos metales pesados, se sabe que desde la década de los 90, cuando recién se promulgada el código del medio ambiente en nuestro país, se iniciaron a tocar asuntos ambientales para los problemas de contaminación de aire, suelo, agua y los efectos en la salud.

Además, se sostiene al respecto que:

Un caso particular en el Perú sobre la contaminación por metales pesados es la problemática actual con los cultivos de cacao, ya que el Perú cuenta con 1 207 hectáreas de cultivo de cacao en varias regiones, para el consumo humano interno y para exportación; sin embargo, dichos cultivos se encuentran amenazados por la contaminación de Cadmio; según la OMS y la FAO, el nivel máximo de cadmio en chocolate es de 0,6 a 2 mg/kg, pero en enero del 2019 entra en vigencia el Reglamento de la Comisión de la Comunidad Europea N° 188/2006, donde los niveles máximos para chocolates son de 0,1 a 0,8 mg/kg, y en algunas zonas de Tingo María se encontraron niveles de cadmio mayores con referencia a esta última normativa (Arévalo, 2019, p.45).

Según OC (2018), en su publicación “Bioacumulación de cadmio en el cacao en la

comunidad nativa de Pakun, Perú”, menciona que los metales pesados pueden llegar al suelo mediante los efluentes mineros, residuos sólidos, pero sobre todo por el uso de los fertilizantes, siendo el Cadmio uno de los metales con mayor presencia en el suelo. Asimismo; en el cacao, el cadmio se acumula en las semillas, por lo que la ingesta es directa o indirectamente para las personas y esto produce daños al hígado, pulmón, páncreas y hueso ocasionando cánceres de próstata, pulmón y páncreas (p.16).

Asimismo, recientes estudios han indicado que los suelos y los granos en zona de cultivo de cacao pueden llevar a problemas de consumo y exportación, debido a los riesgos para la salud humana (Covarrubias y Peña, 2016, p.41).

Sin embargo, los componentes inorgánicos y orgánicos pueden ser removidos del suelo y agua mediante la biorremediación, lo cual es un tratamiento que consiste en la reducción de un contaminante mediante organismos naturales como plantas, microorganismos u hongos, para convertir sustancias muy tóxicas en menos tóxicas (Jara y Gómez, 2011, p.25).

La biorremediación consta del uso adecuado de un microorganismo, en este caso de un hongo de pudrición blanca, que cumple un papel neutralizador del metal pesado en estudio, transformando al metal en menos tóxicos o inocuas, dicho tratamiento se puede dar in situ y ex situ; la técnica in situ tiene cierta ventaja ya que implica realizar menos costos además que se reduce la generación de residuos hacia el suelo. Y para la técnica ex situ es la que en su mayoría se aplica, en el cual es necesaria la excavación del suelo a tratar y se maneja mediante un sistema controlado (Pérez, 2017).

Aunque en las últimas décadas se han centrado en el uso de bacterias para la biorremediación, cabe indicar que la capacidad de los hongos ofrece un gran potencial para el tratamiento de los contaminantes. Esto es debido al sistema enzimático, en el crecimiento y desarrollo rápido del micelio, lo cual logra que acumule metales pesados, como el cadmio, cobre, mercurio, plomo, entre otros. (Huaytanés, 2013).

Para la década de los 80, se incrementó el interés por utilizar un hongo de pudrición blanca (lignívoros), pertenecientes a la clase Basidiomiceto, siendo éste un hongo que degrada la lignina de la madera (Jara y Gómez, 2017, p.35).

Su poder remediador en suelo, es debido a la extensión que tiene sus hifas que crecen de manera alargada, éstas penetran el suelo y producen enzimas que degradan contaminantes

presentes como los metales pesados los cuales en algunos casos no son biodegradables ni biodisponibles para otros microorganismos (Ventura, 2015, p.16).

Para que este hongo pueda cumplir su función, necesita esencia lignocelulosa para su crecimiento, por lo que es posible adicionar al sitio contaminado un sustrato rico en lignocelulosa como la paja de trigo, madera, paja de cereales y cáscaras, que promueven y ayudan a reducir dichos contaminantes, además de que éstos son de bajo costo (Quintero, 2011, p.12).

Estos sustratos son utilizados como fuente principal de alimento y energía para que el hongo pueda realizar un buen crecimiento, además de contar con las condiciones de temperatura, pH y humedad óptimas para su adecuado desarrollo (Bayas y López, 2017, p.23).

El primer trabajo que se realizó con dicho hongo, determinó que éste puede reducir componentes químicos, además que es muy tolerable a un nivel elevado de contaminantes y su capacidad de reproducirse en condiciones extremas (Quintero, 2011, p.15).

Por lo que en Colombia, Quintero estudió la capacidad de degradación del hongo de pudrición blanca en los plaguicidas, puesto que dicho hongo tiene un amplio rango de compuestos xenobióticos, donde incluye al plaguicida como potencial contaminante a degradar; sin embargo se observó que gran número de estos compuesto entre ellos los plaguicidas no se degradan y así se pudo descubrir nuevos mecanismos empleados por los hongos como su sistema oxidativo, dando como resultado diferencias significativas entre las dos biopilas, obteniéndose 94% de remoción de TPH en 120 días y un 84% en solo 40 días, siendo el consorcio mucho más apto, donde se demostró dicho mecanismo de las enzimas ligninolíticas que aceleran la degradación de todos los xenobióticos, que deben presentar potenciales de ionización (PI)  $< 7,55$  eV y los plaguicidas tienen un PI con valores superiores, ocasionando que el mecanismo ligninolítico no pueda degradar dicho compuesto, ya que los mecanismos de degradación de los plaguicidas son intracelulares de origen reductivo y poco oxidativo (2011, p.13).

También se utilizó el hongo *Pleurotus ostreatus* para remediar suelo contaminado por Plomo (Pb) utilizando aserrín como suplemento, lo cual facilitó un crecimiento más rápido del hongo, con el propósito de determinar la absorción de la semilla y determinar la reducción de la concentración de plomo en el suelo, lo cual se obtuvieron como resultados lo siguiente: se redujo 29,4% de plomo en el suelo con el tratamiento 1 (que constaba de 3 semillas) y al

doceavo día, se redujo la cantidad de plomo a 65,13 mg/kg. Por lo que se concluyó optando por el tratamiento más eficiente que fue el T1 (tratamiento 1) con una cantidad de 3 semillas inoculadas por dicho hongo de pudrición blanca. (Zegarra, 2017, p.2).

Asimismo, Rojas y Hormaza (2015) evaluaron la biorremediación de los colorantes textil azul brillante AB en residuos de flores, y utilizaron tres hongos, los cuales fueron: *Pleurotus ostreatus*, *Pleurotus pulmonarius* y *Trametes versicolor*, se trabajaron con las condiciones aptas y por medio de la fermentación en estado sólido, además se evaluó la cinética del proceso y se cuantificó la actividad enzimática, alcanzando un porcentaje del AB de 99,14% y del 99,19% para el Cu<sub>2</sub>, por otro lado con respecto al crecimiento, para el Cu<sub>2</sub> necesito 10 días para que este sea biorremediado 92% del AB. Y para las enzimas, dio como resultado a la “lacasa” con la mayor actividad, tanto en cepas individuales como en consorcios, siendo de 6,98 U<sub>lac</sub>/g<sub>ss</sub> (p.4).

Así también Sifuentes (2014) evaluó el crecimiento del hongo *Pleurotus ostreatus* en medio sólido para producir un inóculo de hongo y el crecimiento de este en suelo contaminado por petróleo, asimismo se logró obtener inóculos de trigo y cebada, donde estos sustratos se colonizaron en cuatro semanas, pero obteniendo como resultado el inóculo preparado con trigo, el de mayor crecimiento siendo de 1 210,40 m/g. y en segundo lugar, un crecimiento de 106 000 cm/g y 105 3.60 m/g de cebada, además se midió la velocidad de colonización en un suelo contaminado con petróleo de 10 000 ppm. Y se dio como resultado diferencias en el diámetro en distintos tratamientos, ya que el tratamiento con cebada tuvo mayores niveles de colonización en suelo diferenciando del crecimiento con el suplemento de torta de soya y aserrín (p.3).

Bajo el título “Ligninolytic enzyme production by white rot fungi during paraquat (herbicide) degradation”, Camacho [et.al.] (2016) evaluó la capacidad de los hongos de podredumbre blanca en degradar compuestos contaminantes que poseen estructuras parecidas a la lignina, como es el paraquat, donde en 06 cepas fúngicas se mostraron tolerancia al herbicida en el cultivo en medio sólidos; pero tres de ellas mostraron que si podían degradar del 32, el 26 y el 47% en ese orden (de las especies *Polyporus tricoloma*, *cilindrobasidium laeve* y *deconica citrispora*), después de los 12 días de cultivo, como resultado dió que la mayor degradación se reflejó en las enzimas lacasa y Mn- peroxidasa debido a la que el herbicida estuvo disminuyendo. Dando como resultado que la degradación del contaminante estaría asociado a las enzimas de los hongos de la podredumbre blanca (p.5).

Así también, Mouso, Diorio y Forchiassin (2007) emplearon *Stereum hirsutum*, hongo de pudrición blanca de madera, que mostró un nivel alto de desarrollo durante fermentación en estado sólido, utilizando salvado de soja como suplemento, con lo que resultó una mayor actividad decolorante a la xilidina, índigo - carmín y verde de malaquita. Los valores que se obtuvieron de decoloración con una relación de 30 gr de peso fresco en total en 500 ml de solución de verde de malaquita con 42 U/l de lacasa. Para los máximos de decoloración no coincidieron las mayor actividad enzimática, pero la función oxidante de la lacasa producida por este hongo en los colorantes, se logró confirmar con el análisis de electroforético, lo cual relacionamos la actividad de la enzima y la decoloración, y la destoxificación se estableció en base al crecimiento de *Phanerochaete chrysosporium*, dicho hongo es sensible al verde de malaquita, ya que los resultados mostraron diferencias entre los sustratos, siendo el cultivo a los 13 días fue eficaz en la degradación de índigo carmín y de verde malaquita, asimismo los cultivo de 17 días fueron más eficaces con la xilidina (p.2).

En el caso de Hernández y López (2012), en su tesis “Evaluación del crecimiento y producción de *Pleurotus ostreatus* sobre diferentes residuos agroindustriales del Departamento de Cundinamarca”, se emplearon como sustratos a los residuos agroindustriales (capacho de uchuva, cáscara de arveja y tusa de mazorca) teniendo al aserrín como sustrato de control. Se procedió a evaluar a los sustratos empacados en bolsas de 1 kg, lo cual el 78% era de residuo agroindustrial e inoculadas con 3 semillas del hongo.

También se evaluó el tiempo de crecimiento del micelio, diámetro y el número de hongos por bolsa, peso fresco, rendimiento y la eficiencia biológica. Como resultados se obtuvo que el sustrato de capacho de uchuva alcanzó la eficiencia de 76,1% en un periodo de 41 días de crecimiento con una rentabilidad de 39,03 kg/m<sup>2</sup> con las características organolépticas óptimas, por lo que se considera a este sustrato como el adecuado y eficiente para cultivar este hongo (p.13).

Para Chan [et al.] (2014) en su artículo “Toxicidad *in vitro* de los herbicidas atrazina y paraquat sobre el crecimiento vegetativo y la esporulación de hongos saprobios del suelo”, se evaluaron diferentes concentraciones de atrazina (de un herbicida) sobre el crecimiento enzimático de ocho macro hongos ligninolíticos aislados en México. El crecimiento micelial fueron significativamente ( $p < 0,05$ ) afectados por la dosis de atrazina de 468, 937, 1875 y 3750 mg/l adicionadas al cultivo; para la cepa 1 que fue *Pleurotus sp*, se dio una tolerancia mayor a la atrazina siendo no muy altas sus actividades enzimáticas. Así mismo para

*Pycnoporus sanguineus* la cepa número 2 y las cepas *Daedalea elegans* y *Trametes máxima*, mostraron alta lacasa (62,7, 31,9 y 29,3 U mg/ proteína respectivamente) con atrazina de 937 mg/l.

Por lo que podrían ser consideradas dichas cepas para futuros estudios en la micoremediación de atrazina son *Pleurotus sp.* y *P. sanguineus* y *T. máxima*, lo cual se confirma el incremento de la lacasa y MnP en macro hongos con ayuda de la atrazina (p.4).

Asimismo, Trigo (2017) realizó la evaluación del uso de *Amaranthus hybridus* y micorrizas arbusculares para reducir Cadmio en suelo en la región Huánuco, donde existen cultivos de cacao, donde en dicha zona, la concentración de este metal fue de 1,48 mg/kg. El desarrollo de la tesis constó de 30 parcelas de 1m<sup>2</sup> in situ, lo cual se realizaron 6 tratamientos, donde dos tratamientos de micorrizas arbusculares (dosis de 2,5 y 5 gr/m<sup>2</sup>), el tercer y cuarto tratamiento con *Amaranthus hybridus*, contando con 16 plantas y 8 respectivamente, el quinto se contó con 16 plantas y 2,5 gr de micorrizas/m<sup>2</sup> el ultimo tratamiento con 8 plantas y 5 gr de micorrizas/m<sup>2</sup>. Se monitorearon mensualmente el crecimiento de *Amaranthus hybridus* para que luego de tres meses, se realice el análisis de cadmio, por lo que dió como resultado que para el tratamiento N° 3, 4, 5 y 6 fueron similares, lo cual se encontraron de doce a trece hojas/planta a 10 cm promedio de alto, además se determinó que para la reducción del cadmio, el tratamiento 3 y 4 tiene mayor eficiencia y el tratamiento 6 obtuvo una eficiencia de 54% para cadmio, concluyendo que el *Amaranthus hybridus* tiene mayor eficiencia que la micorrizas en suelo contaminado con cadmio (p.3).

Para Mejía (2016) en su tesis “Uso del hongo *Pleurotus ostreatus* para la remoción de Pb en los suelos de Carabayllo – Lima, 2016”, tuvo como objetivo determinar la reducción del Plomo en los suelos del distrito de Carabayllo, utilizando el hongo *Pleurotus ostreatus*, donde se analizaron 6 tratamientos (6%, 12%, 16%, 20%, 24% y 28% de sustrato en 30 días), trabajando con indicadores como temperatura del ambiente, temperatura del sustrato y humedad, así también las características morfológicas del hongo; por lo que se obtuvo como resultado; que el tratamiento 6% y 12% de sustrato no llegaron a fructificar por tanto no hubo remoción del metal pero éstos fueron los tratamientos donde el hongo se colonizó más; en tanto el tratamiento 16 y 20% se ramificó pero no como los otros tratamientos; y el tratamiento 24%, el hongo logró desarrollarse hasta brotar; sin embargo, el tratamiento 28% se logró disminuir la concentración del plomo y el hongo llegó a fructificar. Este último tratamiento llegó a reducir en plomo de 136,3 ppm a 90,78, lo cual obtuvo un 67% de

remoción en el suelo (p.4).

En la tesis “Biorremediación con Inóculos de *Pleurotus ostreatus* para recuperar suelos contaminados con metales pesados en La Florida Cajamarca, 2016”, se aplicó un diseño experimental completamente al azar, con tres repeticiones y 4 tratamientos, lo que hace un total de 12 macetas experimentales, empleando el hongo *Pleurotus ostreatus* durante 6 meses. Los tratamientos constaron de una muestra de control (muestra N°1), 50 gr de hongo con 950 gr de suelo contaminado (muestra N°2), 100 gr de hongo con 900 gr de suelo contaminado (muestra N°3) y 150 gr de hongo con 850 gr de suelo contaminado (muestra N°4) cada una con 3 repeticiones. La cual concluyó con una dosificación que en promedio disminuyó 65,7% el plomo en suelo. De los tratamientos, el más eficiente fue el tratamiento 4 ya que logró disminuir de 93 mg/kg de suelo a 65,3 mg/kg, lo cual es una eficiencia de 29,78 %. (Jiménez, 2017, p.3)

Y para Pérez y Vásquez (2018, p.5), en su tesis “Influencia de la concentración de semilla inoculada con *Pleurotus ostreatus* en la absorción de metales pesados en suelos contaminados, Algamarca Cajamarca” tuvo como objetivo evaluar influencia de la concentración de inoculación con *Pleurotus ostreatus* en la absorción de metales en Cajabamba, la cual se desarrolló en 30 días, con un diseño experimental de 4T x 3R. Dentro de éste experimento se llegó a evaluar 12 macetas de 1 kg cada una. La dosificación fue de la siguiente manera: 100 gr, 150 gr, 200 gr y 250 gr. Donde se llegó a la conclusión que el porcentaje de absorción fue de 70% en los metales; estos fueron: Ag, Fe, Hg, Mo y Se no tuvieron variación, además que el mejor tratamiento fue el tercero (T: 3) de 200 gr de P.o + 800 gr de Sc.

Por último, en la tesis de Guanilo y Carhuatocto (2019) “Remediación mediante *Pleurotus ostreatus* y *Trametes versicolor* en suelos contaminados por Metamidofos y Cadmio en la zona de Ninabamba, Cajamarca” en su investigación realizada en Ninabamba Cajamarca, el objetivo fue determinar la concentración de Metamidofos, Cadmio y determinar cuáles son las características fisicoquímicas del suelo al aplicar los hongos en suelos agrícolas, tuvo un diseño experimental donde contó de tres tratamientos con tres repeticiones con un suplemento (aserrín), se obtuvo como resultado que existe reducción del plaguicida con la aplicación de los dos hongos, con un valor inicial de 0.24 mg/kg a 0.073 mg/kg y una eficacia de 69 %, de igual manera para el Cadmio con un muestra inicial de 6 mg/kg a 0.04 mg/kg, teniendo una eficacia de 99 %. Para las características fisicoquímicas, dio como resultado

que hubo reducción en la conductividad de 221  $\mu\text{s}/\text{cm}$  a 206  $\mu\text{s}/\text{cm}$  y con respecto al pH, este no varió significativamente y permaneció en un rango de 6 a 7.

En el constructo teórico, Arrigada, Ocampo y Herrera (2017) indican que los metales pesados no son biodegradables, pero sí son bioacumulables. En el caso del Cu, Ni y Cd poseen una gran habilidad para unirse con gran variedad de moléculas orgánicas. El proceso de bioacumulación es debido a la imposibilidad del organismo afectado para eliminar el contaminante, lo que provoca que aumente la concentración dentro del mismo (p.34).

Para Valdés (1999), una de las fuentes de contaminación es de manera natural como la contaminación química por la formación de menas y erupciones volcánicas, entre otros (p.18). Asimismo, Montoya (2017) menciona que la contaminación del suelo es debido a la contribución de elementos que rompen el equilibrio entre el medio físico, biológico y químico (p.34).

Asimismo, sus efectos tóxicos dependen de las interacciones que allí formen pues los metales muestran mucha afinidad por grupos sulfhídrico y en menor medida por grupos amino, fosfato, carboxilo, imidazol e hidroxilo, la cual pertenecen a enzimas y otras proteínas principales. Los metales pesados en el componente suelo pueden interactuar con los oxihidróxidos, arcillas, materia orgánica, ácidos húmicos, carbonatos, sulfatos, entre otros; por lo que presentan procesos de quelación, precipitación, oxidación, reducción, adsorción, etcétera, siendo estos benéficos o dañinos (Bautista, 1999, p.67).

En los suelos, los metales pesados, pueden estar de diversas maneras como: retenidos o disueltos en la solución del suelo por procesos de adsorción, complejación y precipitación o estar absorbido por las plantas, la cual posteriormente se incorporan en la cadena trófica. (Huaynates, 2013, p.60).

Según Cañizares (2000), define que la contaminación se da a través de la degradación química que posibilita total o parcialmente la productividad del mismo, a causa de la acumulación de sustancias tóxicas en altas concentraciones, la cual superan la capacidad de amortiguación natural del suelo (p.43).

Asimismo, Coello (2011) indica que la industrialización es la que genera la mayor contaminación por metales en el ambiente, que genera infertilidad en suelos y para los cuerpos de agua se ve afectado en la manera que se va involucrando su empleo para la humanidad (p.45).

Al mismo tiempo, Covarrubias y Peña (2017) indica que el cadmio fue descubierto por primera vez como impureza del carbonato de zinc, pertenece al grupo IIB de los metales pesados; es relativamente inestable y está presente en la naturaleza como sulfuro de zinc; la actividad generadora en su mayoría es la producción de baterías, pigmentos, revestimiento de metales y el uso indiscriminado de los fertilizantes (p.33).

Este metal es un elemento natural de la corteza terrestre, se encuentra como mineral combinado con oxígeno, cloro o azufre, por lo que los compuestos de cadmio pueden existir en varias fases, encontrándose en el aire, agua y suelo, y ser bioacumulativos en los organismos biológicos (Zhang, 2019, p.23).

Según Chen [et al.] (2014) el cadmio (Cd) es un contaminante que es altamente tóxico para todas las células vivas (p.29). Éste es metal traza sin funciones biológicas esenciales, por lo cual es tóxico para las plantas, animales y humanos incluso a bajas concentraciones (Gramlich, 2014, p.13).

Este metal a manera de impureza, está asociado a minerales de zinc y de fósforo, por lo que varios fertilizantes pueden contener dicho metal; en las plantas, la absorción de cadmio es determinada por la concentración en el suelo por el pH y las especies vegetales y en los suelos ácidos es más disponible para las plantas (Jarosz-Wilkolazka, 2002, p.2).

Y la captación y acumulación de cadmio en el citoplasma generalmente causa daños en varios niveles, incluidos los fisiológicos, bioquímicos, celulares y moleculares. (Zhao [et al.], 2016, p.18). Este metal entra al organismo mediante los alimentos, el agua, el cigarro y está presente en la vida del hombre por 10 años, siendo altamente tóxico, almacenándose en los órganos como el hígado y riñón (Jara y Gómez, 2011, p.48).

Por lo que para Zhang (2019), el cadmio se considera un metal pesado tóxico que se acumula en los sistemas vivos, su exposición se puede dar ambientalmente como ocupacional, teniendo como efecto el retraso del crecimiento y toxicidad del sistema orgánico, renal y hepático (p.4).

La Environmental Protection Agency (EPA) indicó que el cadmio es cancerígeno en seres humanos, asimismo siendo un contaminante ambiental es el agente causante de varias enfermedades humanas (Munive, 2018, p.31).

Según Rodríguez [et. al] (2018), el origen de la contaminación por metales, se debe a que

estos al meteorizarse, se concentran y pueden llegar a ser muy tóxicos en el suelo, ya que se acumulan en alguna planta y posteriormente puede ser ingerido por animales y/o personas. Además, el suelo también es alterado debido a las actividades antropogénicas, sin embargo; las características del suelo tienen a capacidad de fijar o disminuir la toxicidad de los metales (p.19).

Estos se acumulan en la superficie del suelo, siendo accesibles a las raíces de los cultivos, estos se reducen lentamente mediante la lixiviación, el consumo por plantas, erosión, entre otros; las disponibilidades de iones de metales en el suelo son de un alto nivel y la concentración puede ser alta de acuerdo a las actividades industriales, por lo que la contaminación de suelos con metales pesados suele ir acompañada de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) (Baldrian, 2003, p.9).

Para Munive (2018), los efectos que causa este metal en la salud de las personas pueden ser: bronquitis, infertilidad, hipertensión, alteración neurológica, enfisema y cáncer de próstata. Por lo que dicho metal es considerado el más peligroso si es encontrado presente en la alimentación. Hubo un caso representativo sobre envenenamiento con Cadmio, fue la enfermedad Itai – Itai, ocurrida en Japón; asimismo, en China en una investigación se demostró que el 14,89% de cadmio del suelo se transfirió al arroz y este posteriormente fue digerido por la población (p.22).

El cadmio puede dañar el ADN, en plantas como en animales, exhibe efectos dañinos en las células, alterando las funciones fisiológicas (Paredes, 2018, p.11).

Según el D.S. 002-2013-MINAM, la legislación ambiental en el Perú enfocada en suelo, tiene como enfoque principal en los estándares de calidad ambiental de suelo (ECA), aprobados por el D.S. 011-2017-MINAM, con la finalidad de mejorar los niveles de salud de las personas y el medio ambiente. En la siguiente tabla se presenta los ECA de Cadmio para suelo:

*Tabla 1: ECA suelo para Cadmio*

mg/kg	Suelo agrícola	Suelo residencial y parques	Suelo comercial, industrial extractivo.	Métodos de ensayo
<b>INORGÁNICOS</b>				
<b>Metal: Cadmio</b>	1,4	10	22	EPA 3050 EPA 3051

*Fuente: Elaboración propia*

En el Artículo 8º, menciona que, si los ECAs para suelo son superados en concentración, las personas naturales y jurídicas deberán realizar acciones para la remediación de sitios contaminados mediante el Plan de Descontaminación de Suelo (PDS).

Así también, se cuenta con “Los criterios para la gestión de sitios contaminados” (D.S N° 012-2017-MINAM), donde se evalúa de acuerdo a las tres fases secuenciales:

- Fase de identificación
- Fase de caracterización
- Fase de elaboración del plan dirigido a la remediación

La fase de elaboración del plan dirigido a la remediación se elabora cuando en la fase de caracterización se necesite ejecutar medidas de remediación.

Para las medidas de remediación se tiene que reducir el contaminante hasta alcanzar el ECA y medidas de aseguramiento para evitar la dispersión de los contaminantes y no implique riesgos a la salud.

Según el D.S N° 012-2017-MINAM, toda mención a los PDS se debe entender como plan dirigido a la remediación del suelo.

La biorremediación es uno de los métodos más efectivos para el control de contaminantes tóxicos en el ambiente, es un método que trae ventajas como el bajo costo, condiciones de reacción, reproducción rápida de los microorganismos y sus resultados eficientes en la mitigación de diversos contaminantes. La mayoría de los microorganismos, incluyendo las bacterias y hongos se estudiaron para la mitigación de contaminantes, entre ellos, el hongo de la podredumbre blanca, que se ha aplicado para la reducción de contaminantes tóxicos y metales pesados debido a la bio absorción de metales pesados y su capacidad de degradar los xenobióticos (Chander y Arora, 2014, p.28).

Según López (2011), este método se fundamenta en que distintas especies microbianas capacitadas en alterar el estado oxidativo de los metales, lo cual esto provoca la disminución del grado de toxicidad o el aumento de la capacidad de acumulación de los microorganismos intracelularmente (p.7).

Asimismo, para la eficacia de la biorremediación, se debe considerar ciertos factores del proceso como: microorganismo, el metal, propiedades físico-químicas del entorno; así

también como pH, temperatura, humedad o características geológicas del ambiente contaminado (López, 2011, p.7).

Para Ventura (2003), la biorremediación del suelo puede ser *in situ* o *ex situ*, la técnica *in situ* tiene ventaja con respecto a la *ex situ* debido a que implica un menor costo y también porque reduce la generación de residuos; sin embargo, la *ex situ* es la que se utiliza con mayor frecuencia ya que se utiliza microorganismos autóctonos. (p.34)

En la actualidad ciertos hongos tienen propiedades únicas para biorremediar los sitios contaminados radiactivamente. La micoremediación es la eliminación, supresión y destrucción de los contaminantes en el suelo, mediante el uso de hongos para evitar cualquier tipo de efectos dañinos para el medio ambiente y salud poblacional (Zhunio, 2015, p.20).

Sin embargo, los hongos varían sustancialmente con el tipo de contaminante y las condiciones de reacción, por lo que se debe estudiar las interacciones de los hongos con los contaminantes objetivo a mitigar (Zhang [et. al], 2018, p.8).

Sánchez (2001) menciona que los hongos del género *Pleurotus* ocupan el segundo lugar en el mercado mundial, y es el más popular en China, éstos pertenecen al grupo de los hongos de la Podredumbre blanca, ya que producen un micelio blanco y se cultiva en sustratos lignocelulósicos, estos hongos se comercializan y tiene un valor económico importante. Las especies de este género crecen en un corto tiempo a comparación de otros hongos. El cuerpo fructífero no suele ser atacado por plagas, la cultivación es sencilla, económica además de conseguir un alto rendimiento, utiliza más sustratos, mucha tolerancia química y temperatura. Además, estos hongos tienen gran contenido de agua y bajo valor calorífico (p.44).

De acuerdo a Coello (2011) la clasificación y morfología de este hongo taxonómicamente es lo siguiente (p.20):

REINO: Fungi

DIVISIÓN: Basidiomycota

CLASE: Himenomycetes

ORDEN: Agaricales

FAMILIA: Tricholomataceae

GÉNERO: *Pleurotus*

ESPECIE: *Ostreatus*

Asimismo, Sánchez (2001) menciona que, para un mejor crecimiento de este hongo, existen rangos establecidos; siendo un rango óptimo para pH de 5.5 y 6.5 (p.59).

Con respecto a la temperatura, Sánchez (2001) se requiere un rango de 20 a 28°C y el tiempo de colonización se da los 15 o 20 primeros días (p.59).

Para Zegarra (2017), el hongo es reconocido y recomendado debido a su gran valor nutricional, éste contiene una cantidad elevada de ácidos aminados y tiene cierta ventaja con respecto a las plantas, ya que es mucho más nutritivo (p.31).

Estos hongos son reconocidos por degradar lignina y gran variedad de compuestos orgánicos estructuralmente similares (Varnero, Quiroz y Álvarez, 2010, p.38).

Bellettini [et al.] (2016) afirma que la mayoría de los metales pesados son esenciales para el metabolismo de los hongos; sin embargo, tanto como los metales pesados esenciales y los no esenciales son iguales de tóxicos para estos hongos cuando tienen un nivel alto de concentración. Así mismo los metales esenciales son el hierro, manganeso, molibdeno, zinc y níquel; y los metales no esenciales son el cadmio, mercurio, plomo y plata (p.28).

Para Rodríguez [et. al] (2008) el emplear el micelio, lo más importante a considerar es que debe haber una fuente de carbón puesto que es una base esencial para éste (p.5).

Por lo que dicho hongo debe conseguir un sustrato para su cultivo, ya que así favorecería una mayor producción de biomasa. Estos sustratos pueden ser restos de madera, la paja de trigo, coronta de maíz, aserrín, arroz, alfalfa, bagazo de caña de azúcar, que pueden ser empleadas en la producción de inóculos ex-situ e in-situ o mezclados en el suelo contaminado y así incrementar la degradación (Baldrian, 2003, p.5).

Este sustrato de lignocelulosa es esencial para el crecimiento del hongo y cumple una función importante en las enzimas celulítica y hemicelulolítica para suministrar nutrientes al hongo y así permitir el crecimiento de éste (Baldrian, 2003, p.8).

Según Toscano [et. al] (2015), la paja de trigo es la más abundante disponibles agrícolamente, presenta una biomasa lignocelulósica, siendo una mezcla de celulosa (30–40%), hemicelulosa (20-30%) y lignina (15-20%) (p.54).

Siendo la paja de trigo importante de acuerdo al material lignocelulósicos, ya que la celulosa que contiene es el principal componente de la pared celular en las plantas, las hemicelulosas son un grupo de polisacáridos compuesto por hexosas y pentosas, y el más importante es la lignina, por contener tres diferentes unidades monoméricas como: alcoholes de sinapilo, coniferilo y pcoumarilo; los cuales se polimerizan después de una oxidación enzimática (Toscano [et al.], 2015, p.39).

Chaurasia, Bharati y Mani (2019) también menciona que en la actualidad se utiliza como compost para suelo, aunque la mayor parte siempre es descartada o se quema en campo abierto. La biomasa a partir de las plantas puede considerarse un carbón neutral en su mismo ciclo de vida de la planta, entre los restos agrícolas son atractivos por su bajo costo y alta disponibilidad, entre ellos se encuentran la mazorca, el bagazo, paja de trigo, paja de arroz, entre otros (p.65).

Los sustratos como única fuente de carbono y energía no se metabolizan por los mismos microorganismos ya que son incapaces, pero pueden transformarlo si se les añade un co- sustrato o también llamado suplemento, a esto se llama co-metabolismo, lo cual se realiza cuando un microorganismo transforma a un compuesto, sin ser su fuente principal de energía y carbono (Moreno y Ospina, 2008, p.17).

El sustrato superior a otros tipos de residuos agrícolas en la colonización y tasas de producción es a paja de trigo (Belletini [et al.], 2016, p.14).

Asimismo, Sánchez (2015) indica que el hongo contiene carbohidratos y fibra cruda en contenidos altos, de la cual el 47% de fibra dietética. Y dentro de los carbohidratos se encuentran las hexosas, sacarosa, azúcares- ácidos, metil-pentosa y quitina (p.45).

Hernández y López (2016) mencionan que el hongo *Pleurotus ostreatus* es de gran importancia económica, medicinal y gastronómica, teniendo una actividad particular la cual es degradar compuestos lignocelulósicos, con ayuda de la enzima lacasa, Mn peroxidasa y glucosa oxidasa (p.32).

Según Barba [et al.] (2016) los hongos basidiomicetos, producen la lacasa extracelular en pocas cantidades y las enzimas lignocelulolíticas son afectadas por varios factores como: pH, temperatura, velocidad de aireación y composición del medio, estos cortan los enlaces de la celulosa, la hemicelulosa y la lignina de madera (p.53).

Para Gutiérrez y Martínez (1996), la lacasa es una oxidasa de cobre azul que promueve la reducción de cuatro electrones del oxígeno al agua. La enzima tiene un amplio sustrato de compuestos aromáticos que contienen grupos amina e hidroxilo. Dado que este es componente de descomposición de la lignina de los hongos de pudrición blanca, donde la lacasa es la encargada de la degradación del componente de la madera (p.8).

En presencia de mediadores redox, la lacasa también puede oxidar sustratos no fenólicos, y se ha utilizado con éxito para la degradación de xenobióticos. El hongo *Pleurotus ostreatus* es un basidiomiceto y tiene un excelente rendimiento de biodegradación que determina su potencial de crecimiento y competencia con los microorganismos naturales y la degradación de los xenobióticos (Kerslen y Kirk, 1996, p.43).

Shao [et al.] (2018) menciona que se tiene en consideración la expresión de genes de lacasa y la producción de enzima respecto a las condiciones de cultivo, muchos compuestos regulan la actividad enzimática incluyendo los sustratos aromáticos. Donde los metales pesados son importantes moduladores de la actividad de la lacasa, dichos metales presentes en la naturaleza o los producidos por los hombres como (Cd, Hg, Pb) que presentan un grave problema al medio ambiente (p.25).

Según Chander y Arora (2017), la enzima Manganese per oxidasa tiene acción oxidante formando radicales  $Mn^3$  a partir de  $Mn^7$ . El  $Mn^3$  se estabiliza formando quelatos con ácidos carboxílicos que funcionan como mediadores difusores de bajo peso molecular, eliminando electrones e hidrógenos, de forma no específica a moléculas orgánicas (p.86).

Se ha detectado el mecanismo de oxidación de las enzimas que degradan la lignina y cataliza la degradación de los xenobióticos como las dioxinas, los colorantes, hidrocarburos poli aromáticos, metales pesados, entre otros (Quintero, 2011, p.20).

Grandes cantidades de enzimas de manganeso inhiben esto al producir biomasa fúngica que interrumpe el ciclo catalítico de la enzima y la cantidad de peróxido de hidrógeno que afecta el crecimiento de hongos (Moreno y Ospina, 2008, p.22).

Para Ortiz (2007), una forma de reducir los contaminantes es a través de la formación compleja y de adsorción de óxido reducción, esto se debe a las propiedades del suelo como: la textura, porosidad, estructura, capacidad de intercambio catiónico y pH (p.45).

Barceló y Poschenrieder (1989) mencionan que los metales pesados no se destruyen, solo

son neutralizados; además el cambio o alteración de las condiciones del suelo conllevaría a que estos metales se liberen (p.34). Además, Li (2018) menciona que se descubrió que los hongos de podredumbre blanca podrían sobrevivir bajo concentraciones elevadas de metales pesados, por inmovilización utilizando sus compuestos quelantes extracelulares e intracelulares (como ácido oxálico y compuesto de tiol) (p.5).

Y según Lloyd Macaskie (2000), la dinámica y la disponibilidad de estos metales son influenciadas por el potencial redox y por las condiciones fisicoquímicas del suelo, ya que este último son los que a gran medida condicionan los mecanismos de retención de los metales como: extracción y complejación. Del mismo modo, los hongos del suelo pueden interactuar a través de mecanismos de bioacumulación, biosorción, estabilización y biotransformación (p.35).

Para Sánchez, Marrugo y Urango (2013), los hongos, incluyendo las levaduras, han recibido una especial atención con relación a la biosorción de metales (p.8).

La acumulación de iones por biomasa integra parece que se lleva a cabo por biosorción independiente del metabolismo, siendo la pared celular el sitio de acumulación. Dentro de los componentes estructurales de la pared, se encuentra un esqueleto de quitina que es un polímero formado por unidades de N-acetilglucosamina unidos por enlaces  $\beta$  (1-4)-glucosídicos, dicho esqueleto está entrelazado por una matriz amorfa de polisacáridos y proteínas (Zhunio, 2016, p.10).

La tolerancia al metal es la capacidad del hongo para sobrevivir a la toxicidad de éste, esto se da mediante un mecanismo de respuesta a la contaminación por metales (Mohammadian, 2017, p.7)

Se sabe que los hongos pueden acumular grandes cantidades de metales en sus paredes celulares mediante la biosorción (Mohammadian, 2017, p.7)

La capacidad de la biosorción (adsorción y absorción) del hongo, se puede dar en suelos contaminados por metales por lo que es de gran interés investigar sobre el efecto que tiene el hongo de biosorción hacia los metales para bajar la concentración de éste (Mohammadian, 2017, p.7).

Para la biosorción del metal en suelo, según Zhunio (2016), todos los grupos funcionales de todas estas moléculas como grupo carboxilo, hidroxilo, sulfato, fosfato y amino deben unirse

a iones metálicos (p.9).

Cañizares (2000) menciona que la pared celular retiene el metal a través de interacciones fisicoquímicas entre el metal y los grupos amino e hidroxilo típicos de quitina presentes en la pared, así como los grupos fosfatos, sulfhídrido y carboxilo. Esta interacción en síntesis es la formación de un enlace covalente coordinado porque el ion metálico funciona como un átomo central con un orbital vacío que puede aceptar un par de electrones. Estos pares de electrones son donados específicamente por el grupo funcional mencionado. La formación de enlace implica reordenamiento de protones y puede depender del grado de protonación de la pared determinado por el pH (p.48).

Para Angarita (2001), la quelación implica la inmovilización de iones metálicos con ligandos de bajo peso molecular para crear complejos o moléculas químicamente estables. Varios estudios han demostrado que la resistencia de los hongos de la pudrición blanca y café de la madera a los metales pesado se debe al desarrollo de sideróforos o agentes quelantes, que poseen catecol y el ácido oxálico. El catecol moviliza hacia el interior de la célula fúngica el hierro (p.23).

Los quelantes forman complejos con iones de metales pesados, estos se llaman quelatos y ayudan a prevenir la toxicidad de los metales pesados en los seres vivos (Jaramillo y Patiño, 2014, p.20).

El ácido oxálico puede inmovilizar iones metálicos para formar sales de oxalato en forma de cristales reduciendo así su disponibilidad en el medio debido a la solubilidad reducida. También se encontraron que, bajo condiciones normales del proceso de degradación de la lignina, se encuentran cristales de oxalato de calcio asociados a la hifa de hongos de la podredumbre, así mismo propone que en presencia de iones metálicos el calcio es intercambiado por estos (Zhunio, 2016, p.7).

Para Beltrán (2013), los metales se unen a la superficie celular a través de mecanismos que incluyen interacciones electrostáticas, fuerzas de Van de Waals, unión covalente, interacciones redox, precipitación extracelular o la combinación de esos procesos; los grupos cargados negativamente (carboxil, hidroxil y fosforil) de la pared celular fúngica adsorben los iones metálicos y se retienen. (p.20).

Cuando el metal se une a la superficie celular, puede bioacumularse. La bioacumulación es un proceso celular que involucra un sistema de transporte de membrana que internaliza el

metal pesado presente en el entorno celular con gasto de energía, este consumo energético se realiza a través de la H<sup>+</sup>-ATPasa; cuando los metales pesados son absorbidos por el citoplasma son secuestrados por proteínas ricas en grupos sulfhidrilos llamadas metalotioneinas (MT), fitoquelatinas (FQ) y algunos nuevos péptidos de unión a metales, si se trata de hongos este es compartido dentro de las vacuolas (Beltrán, 2013, p.22).

Este proceso ocurre a través de una variedad de mecanismos fisicoquímicos como la adsorción o el intercambio iónico y cuando se utiliza biomasa viva, los mecanismos metabólicos de captación también pueden contribuir con el proceso (Cañizares, 2000).

Beltrán y Gómez (2016) dicen que esta estrategia ha sido aplicada usando biomasa de bacterias, algas, hongos y levaduras generalmente inactivadas. Varios grupos de constituyentes celulares como el grupo acetamido de la quitina, polisacáridos estructurales de los hongos, grupos sulfhidrilos, amino y carboxilo de algunas proteínas, grupos fosfato e hidroxil polisacáridos participan en la biosorción y las especies metálicas son efectivamente retenidas al interactuar con los fosfatos, proteínas y lípidos en el citoplasma celular, compitiendo con los iones de sodio, potasio y calcio en los mecanismos biológicos (p.14).

Para el caso de compuestos orgánicos, existen tres tipos de biodegradación enzimática por estos hongos, dos de tipo oxidativo y uno reductivo: Sistema de degradación de la lignina, que oxida a las moléculas orgánicas por radicales libres generados por las enzimas ligninolíticas peroxidasas, también está la Fase I del metabolismo, donde intervienen las enzimas citocromo P-450 mono oxigenasas y la Fase II, donde un conjunto de enzimas cataliza reacciones de conjugación reduciendo contaminantes (Beltrán y Gómez, 2016, p.7).

Dichos mecanismos degradan los contaminantes sin necesidad de los substratos para el crecimiento de estos, porque la degradación se realiza por cometabolismo (Quintero, 2011, p.32).

El metal estudiado en esta investigación, es el Cadmio (Cd), siendo un metal pesado no esencial para las plantas, cuya generación se puede deber al uso de fertilizantes fosfatados, y como parte de la explotación del cobre y zinc, este es absorbido por las raíces, tallos, hojas, frutos, semillas, afectando este al crecimiento de la planta y reduce la fotosíntesis (Oc Wilber [et al.], 2018, p.27).

Teniendo conocimiento del poder contaminante que posee el cadmio, se quiso dar solución para estos contaminantes que aún se mantienen en los suelos, uno de los métodos encontrados

fueron la incineración convencional, métodos químicos, entre otros, que son métodos convencionales y de un costo alto, además de generar residuos contaminantes.

Por lo que, en este sentido, la micoremediación es una técnica de remediación biológica que consta del uso de hongos para degradar, mitigar o remover toxinas del suelo. Los hongos en general fragmentan moléculas, es decir, rompen cadenas largas en otras más cortas y simples con menor toxicidad, siendo esta manera de biorremediación más innovadora y de bajo costo. (Vilacis, 2013, p.16).

Chuquin (2012), indica que una de las mayores ventajas de la remediación biológica ya que se consume menos energía y son amigables con el medio ambiente. El procedimiento se refiere al uso de hongos y plantas para la limpieza de los contaminantes (p.62).

Entonces nace la necesidad de evaluar a profundidad el efecto del hongo *Pleurotus ostreatus* en suelo contaminado con cadmio a causa de los impactos ambientales que éste contaminante genera en el medio ambiente y las personas.

Teniendo como problema general, ¿Cuál es el efecto de la combinación del inóculo *Pleurotus ostreatus* y paja de trigo como suplemento en la biosorción de cadmio en suelo?; y como problemas específicos; 1. ¿Cuál será la eficiencia de la combinación del inóculo del *Pleurotus ostreatus* y paja de trigo como suplemento en la biosorción de cadmio para las dos concentraciones en suelo?, 2. ¿Cuál será el nivel y tiempo óptimo de inoculación del *Pleurotus ostreatus* con paja de trigo como suplemento que permita una mayor biosorción de cadmio en suelo?, 3. ¿Cuál es influencia del pH del suelo en la biosorción de cadmio en suelo durante el periodo de tratamiento?, 4. ¿Cuáles son las características de crecimiento del inóculo del *Pleurotus ostreatus* con paja de trigo como suplemento en la biosorción de cadmio en suelos?.

Como hipótesis general, La combinación de los inóculos de *Pleurotus ostreatus* con paja de trigo como suplemento tienen efecto en la biosorción de cadmio en el suelo; y como Hipótesis específicas, 1. Existe una mayor eficiencia del inóculo del *Pleurotus ostreatus* con paja de trigo como suplemento con la concentración más baja de cadmio en suelo, 2. El porcentaje de la eficiencia de la combinación del inóculo del *Pleurotus ostreatus* con paja de trigo como suplemento en la biosorción de cadmio en suelo es mayor a 30 %, 3. El nivel y tiempo óptimo de inoculación del *Pleurotus ostreatus* con paja de trigo como suplemento en la biosorción de cadmio en suelo es de 10 granos de inoculación en 20 días, 4. Existe influencia positiva

del pH del suelo en la biosorción de cadmio durante el periodo de tratamiento.

En ese sentido, se propone como objetivo evaluar el efecto de la combinación del inóculo *Pleurotus ostreatus* y paja de trigo como suplemento en la biosorción de cadmio en suelo y como objetivos específicos, 1. Determinar la eficiencia de la combinación del inóculo del *Pleurotus ostreatus* con paja de trigo como suplemento en la biosorción para ambas concentraciones de cadmio en suelo, 2. Determinar el nivel y el tiempo óptimo de inoculación del *Pleurotus ostreatus* con paja de trigo como suplemento que permita una mayor biosorción de cadmio en suelo, 3. Evaluar la influencia del pH del suelo en la biosorción de cadmio durante el periodo de tratamiento, 4. Determinar las características de crecimiento del inóculo de *Pleurotus ostreatus* con paja de trigo en la biosorción de cadmio en suelo.

## II. MÉTODO

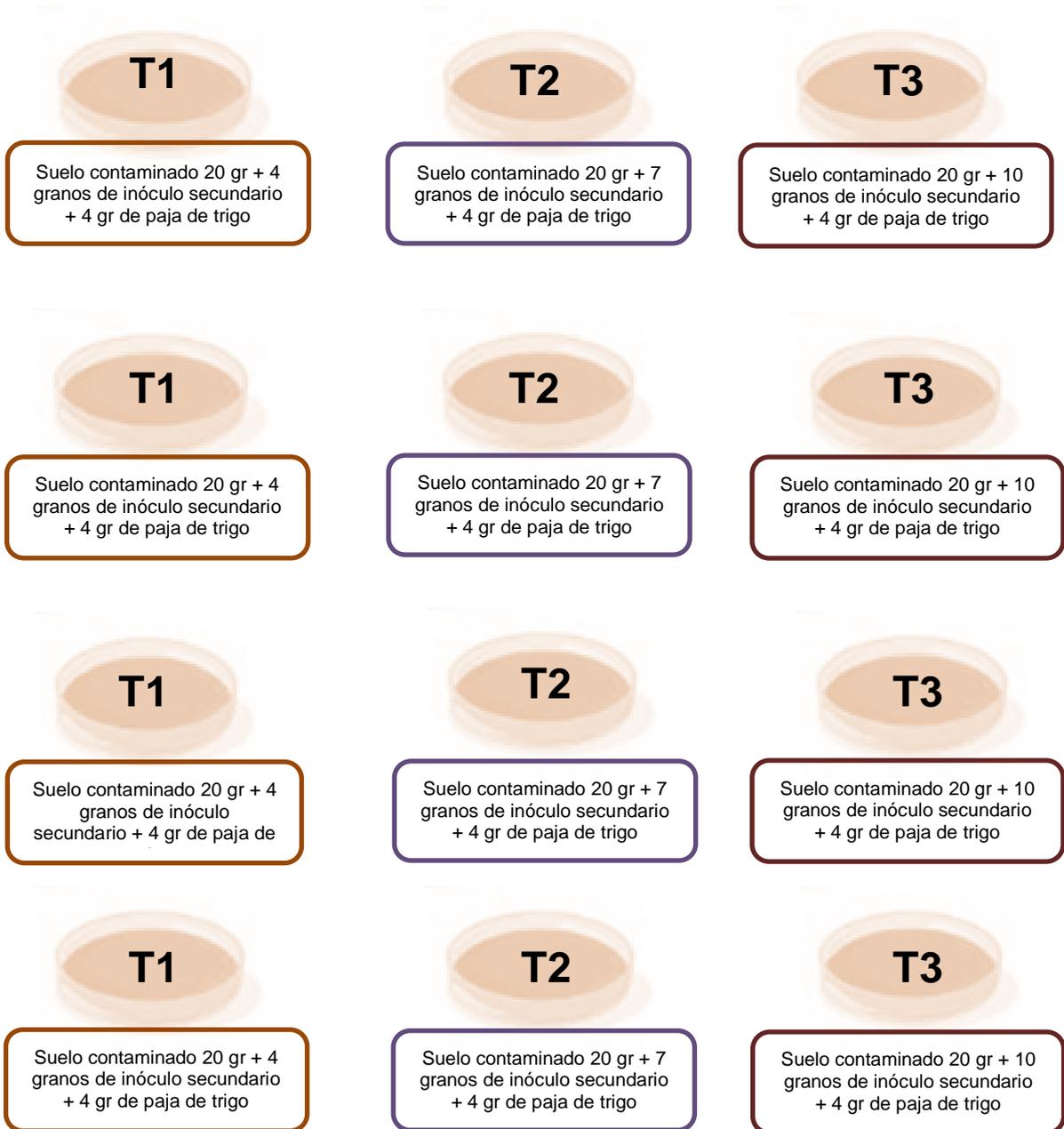
### 2.1. Tipo y Diseño de Investigación

El tipo de investigación es aplicada, ya que se parte de información obtenida por la investigación lo cual esta debe ser aplicada para resolver problemas prácticos.

El diseño de la presente investigación es experimental, ya que dicho termino se refiere cuando *“un estudio al que dirigen premeditadamente una o más variables independientes, con el fin de evaluar las consecuencias del manejo que se tiene sobre cualquiera de las dos o una sola variable dependiente, abocado a una situación de control por parte del investigador”* (Gómez, 2006, p.54).

Se realizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo factorial (3x4); éste constó de 3 tratamientos y 4 repeticiones (Ver Figura 1), la toma de muestra se realizaron cada 5 días (el experimento duró 20 días en total) éste diseño se aplicó para dos concentraciones de Cadmio (98,30 ppm y 138,45 ppm), haciendo un total de 96 unidades experimentales.

Figura 1: Diseño experimental



## 2.2. Operacionalización de variables

- **Variable independiente:** Inóculo de *Pleurotus ostreatus* y paja de trigo como suplemento.
- **Variable dependiente:** Biosorción de Cadmio en suelo.

Tabla 2: Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de mediciones
<b>Independiente</b>  Inóculo de <i>Pleurotus ostreatus</i> y paja de trigo como suplemento	Es la actividad de introducir o adicionar la semilla del hongo (esporas o micelio) al sustrato ya preparado y estéril y reproducirlo (Hernández y López, 2008).  Asimismo, la paja de trigo es un sustrato esencial que en su composición posee porcentaje de lignina y esto permite una reproducción del hongo más rápida.	Se utilizó la cepa del hongo de pudrición blanca ( <i>Pleurotus ostreatus</i> ) en granos de trigo para ser reproducidas, luego que éstas hayan sido colonizadas, fueron añadidas al suelo contaminado por Cadmio en diferentes dosis y se añadió 4 gr de paja de trigo en un periodo de 20 días.	Parámetro fisicoquímico	pH	-
				Temperatura	°C
				Humedad	%
				Tiempo	días
				Sustrato	gramos
			Características de crecimiento	Radio de colonia	Milímetros.
				Color de colonia	observación
				Tiempo	días
			Niveles de inoculación	4	granos de inóculos secundarios
				7	
10					
Tiempo	días				
<b>Dependiente:</b> Biosorción de Cadmio en suelo	Es el mecanismo por el cual disminuye el contenido de Cadmio en el suelo.	La combinación preparada del inóculo de <i>Pleurotus ostreatus</i> y paja de trigo como suplemento fueron añadidas al suelo contaminado con Cadmio para que se dé la biosorción y disminuya la concentración de éste.	Parámetro fisicoquímicos del suelo	Concentración de cadmio	mg/kg
				pH	-
				Temperatura	°C

Fuente: Elaboración propia.

### 2.3. Población, muestra y muestreo

Consta de todos los suelos contaminados con cadmio, el suelo es proveniente del departamento de Junín, éste fue adquirido en la Universidad Nacional Agraria La Molina en la facultad de Ingeniería Agrícola.

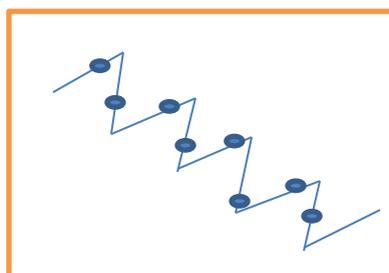
La población es el conjunto de casos que presentan ciertas características y/o propiedades que son las que se desean estudiar, cuando no se conoce el número de individuos que componen la población, se llama población infinita; y si se conoce el número de estos, se le llama población finita (Icart, Fuentelsaz y Pulpón, 2006, p.48).

La muestra es de 1,96 kg de suelo contaminado con cadmio ya que para las pruebas se necesitó 20 gr para cada unidad experimental, por lo que según el diseño completamente al azar con arreglo factorial (3x4) para dos diferentes concentraciones, se tendrían 96 unidades experimentales y adicionando las 2 muestras de las concentraciones iniciales de Cadmio, daría un total de 98 muestras en total.

La técnica de muestreo será no probabilística por convivencia, ya que se escogió la población de acuerdo al conocimiento, pero sobretodo en este caso se tomaron las muestras de acuerdo a la problemática ambiental.

Según la Guía para muestreo de suelo establece que el número de muestras y la distribución de estas, se realiza el muestreo en zigzag, lo cual consiste en dibujar un zigzag en dicha área (población) e indicar los puntos de muestreo que a su vez deben estar equidistantes (Ver Figura 2)

*Figura 2: Distribución equidistante para el muestreo*



Siendo el suelo en estudio menor a 0,1 Ha, se realizaron 4 puntos de muestreo según la Tabla N°2, en esta investigación se muestreó a una profundidad de 20 cm (muestras superficiales).

Tabla 3: Puntos de muestreo

Área (Ha)	Puntos de muestreo
0,1	4
0,5	6
1	9
2	15

Fuente: Elaboración propia.

Sin embargo, después de obtener la muestra en los 4 puntos, se tuvieron muestras compuestas, lo cual es necesario cuartear varias veces y mezclar hasta que se dé la cantidad necesaria.

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

### Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se aplicaron diversas técnicas en esta investigación, se realizaron los análisis de parámetros fisicoquímicos (pH y temperatura) a la muestra de suelo contaminado por Cadmio; asimismo, se analizó el suelo después del tratamiento con respecto a la concentración del Cadmio.

Con respecto al instrumento, se utilizaron de acuerdo a los indicadores a evaluar en cada etapa de la investigación, como las fichas de análisis de cada variable a estudiar, así mismo la técnica de muestreo, como medidas de seguridad, protocolos y materiales para la inoculación del hongo y la determinación de concentración de Cadmio en suelo, como se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 4: Técnicas e instrumentos de recolección de datos

ETAPAS	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS	RESULTADO
Análisis fisicoquímicos del suelo	pH-metro	Ficha de análisis de parámetros fisicoquímicos del suelo	Valor cuantitativo de las cantidades
Análisis del crecimiento del inóculo más paja de trigo en el suelo contaminado	Pie de rey digital	Ficha de resultados del crecimiento del inóculo con paja de trigo.	Valor cuantitativo de las cantidades
Análisis de concentración de cadmio en el suelo	Espectrofotómetro de absorción atómica.	Ficha de análisis de resultados de la	Valor cuantitativo de concentraciones

ETAPAS	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS	RESULTADO
		concentración de Cadmio.	

Fuente: Elaboración propia.

## Validación y Confiabilidad

La confiabilidad es la exactitud y el punto de equilibrio de los resultados cuando se aplica un instrumento, y se determina de manera cuantitativa (Zapata, 2005, p.67).

La totalidad de las pruebas serán analizadas en la Universidad Cesar Vallejo (laboratorio de biotecnología).

## 2.5. Procedimiento

### a) Preparación del Medio de Cultivo (*Papa Dextrosa Agar Peptona – P.D.A.P*)

Se sancocharon papas con cáscara previamente lavadas, luego se cortaron en cuadraditos y se añadieron 500 ml de agua destilada y se procedió a hervir. Al término se colocó en otro recipiente y se mezcló con 13 gr de Agar y luego se agregó 3 gr de Peptona.

Se procedió a esterilizar para evitar el crecimiento de contaminantes. Se dejó enfriar hasta que éste descienda a una temperatura tolerable para ser manipulado.

### b) Inoculación del hongo *Pleurotus ostreatus*

Luego se procede a distribuir el medio de cultivo en placas Petri estériles y se dejó en reposo para que se solidifique. Después de culminar dicho proceso se colocaron para cada placa, una parte de la cepa del *Pleurotus ostreatus* para su posterior incubación a 25 °C durante 14 días, tomando en cuenta que el micelio colonice totalmente la placa Petri (Adecuado de Sifuentes, 2000, p.14).



Fotografía 1.1: Inoculación del hongo *Pleurotus ostreatus*

### c) Preparación de los granos de trigo

Los granos de trigo (1/2 kg) se hidrataron por 2 horas, hasta obtener una humedad del 50%-60%, se dejaron secar sobre papel absorbente durante 2 horas y se añadió 1,75 gr de Carbonato de Calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) y 6,5 gr de Sulfato de Calcio ( $\text{CaSO}_4$ ) para evitar que los granos se peguen y posteriormente se mezcló, luego se introdujeron a las bolsas de polipropileno de 6x12x2 cm retirando todo el aire y se llevó a esterilizar por dos veces.



*Fotografía 1.2: Secado de los granos de trigo.*

### d) Preparación del inóculo primario

Las placas se dividieron en 8 secciones iguales para ser utilizadas en la inoculación con los granos de trigo (Sifuentes, 2000, p.13).

Para la preparación del inóculo primario, se realizó utilizando un octavo de placa con micelio para cada bolsa de polipropileno de 6x12x2 cm con los granos de trigo preparados previamente. Luego fueron incubados en una estufa eléctrica a 25 °C durante 4 semanas (Adecuado de Sifuentes, 2000, p.13).



*Fotografía 1.3: Inoculación primaria.*

#### **e) Preparación del inóculo secundario**

Teniendo el inóculo primario, se procede a utilizarlo para inocular un nuevo grupo de granos de trigo realizando el mismo procedimiento anterior.

Posteriormente a las bolsas obtenidas con grano inoculado se incubó en las mismas condiciones del inóculo primario. Finalizado el proceso a estas bolsas colonizadas se les denomina inóculo secundario.



*Fotografía 1.4: Inoculación Secundaria.*

#### f) Preparación del suelo contaminado con Cadmio

Se tamizó a 2 mm y se añadió las concentraciones de Cadmio para obtener 100 ppm y 140 ppm.

Las concentraciones se calcularon a partir de 1 000 gr/L de Cadmio que fue adquirido en la Universidad Agraria La Molina, lo cual se utilizaron 0,1 ml de dicha solución, éste se diluyó en 10 ml de agua destilada para obtener una concentración de 100 ppm. De la misma manera se realizó para la concentración de 140 ppm; diluyendo 0,14 ml en 10 ml de agua destilada, obtenida las soluciones, se procedió a distribuirlo en las placas Petri añadiendo 10 ml de cada concentración.

Luego se procedió a mandarlo a la Universidad Agraria La Molina para proceder con la digestión y lectura en el espectrofotómetro de absorción atómica, la concentración de cadmio en ambas muestras, de lo cual se obtuvo que, las concentraciones de cadmio en suelo destinado para 100 ppm, en realidad se obtuvo una concentración de 98,30 ppm y para la concentración destinada para 140 ppm, se obtuvo una concentración de 138,45 ppm.



*Fotografía 1.5: Concentraciones de Cadmio (98,30 ppm y 138,45 ppm).*

**g) Preparación de las muestras experimentales – 98,30 ppm**

Para la distribución del suelo en las placas Petri, se agregaron 20 gr de suelo contaminado a 98,30 ppm, 4 gr de paja de trigo más el inóculo secundario, estos se colocaron en la placa y estuvieron incubados por 20 días a 25 °C para el buen desarrollo del hongo. (Modificado de Zegarra, 2017, p.25).

Y se determinará la concentración de cadmio cada 5 días en un periodo de 20 días, en total se tienen 48 muestras experimentales. (Ver Figura 3)

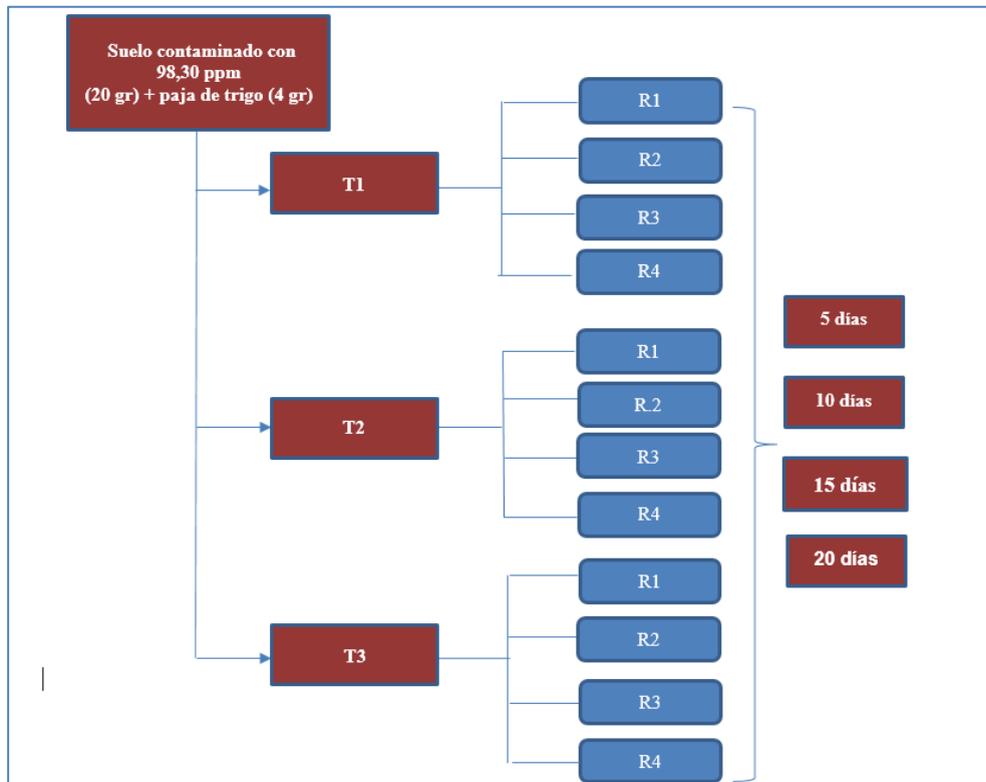
*Tabla 5: Diseño Metodológico – 98,30 ppm*

Día	Repeticiones	Concentración		
		98,30 ppm		
		Tratamientos		
		T1	T2	T3
5	r1	T1. R1. D5	T2. R1. D5	T3. R1. D5
	r2	T1. R2. D5	T2. R2. D5	T3. R2. D5
	r3	T1. R3. D5	T2. R3. D5	T3. R3. D5
	r4	T1. R4. D5	T2. R4. D5	T3. R4. D5
10	r1	T1. R1. D10	T2. R1. D10	T3. R1. D10
	r2	T1. R2. D10	T2. R2. D10	T3. R2. D10
	r3	T1. R3. D10	T2. R3. D10	T3. R3. D10
	r4	T1. R4. D10	T2. R4. D10	T3. R4. D10
15	r1	T1. R1. D15	T2. R1. D15	T3. R1. D15
	r2	T1. R2. D15	T2. R2. D15	T3. R2. D15
	r3	T1. R3. D15	T2. R3. D15	T3. R3. D15
	r4	T1. R4. D15	T2. R4. D15	T3. R4. D15
20	r1	T1. R1. D20	T2. R1. D20	T3. R1. D20
	r2	T1. R2. D20	T2. R2. D20	T3. R2. D20
	r3	T1. R3. D20	T2. R3. D20	T3. R3. D20
	r4	T1. R4. D20	T2. R4. D20	T3. R4. D20

*Fuente: Elaboración propia.*

## Diagrama de Flujo de la Investigación

Figura 3: Diagrama del diseño experimental – 98,30 ppm.



Fuente: Elaboración propia.

### h) Preparación de las muestras experimentales – 138,45 ppm

El procedimiento descrito anteriormente se dio de la misma manera para el suelo contaminado a 138,45 ppm (Modificado de Zegarra, 2017, p.25).

Se determinará la concentración de Cadmio cada 5 días en un periodo de 20 días, en total se tienen 48 muestras experimentales (Ver Figura 4).

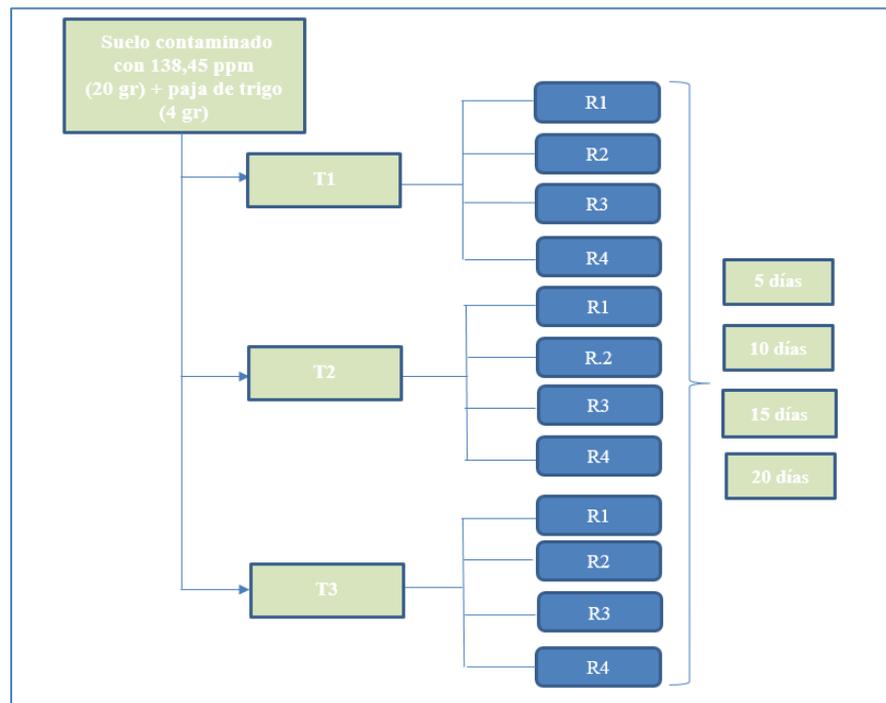
Tabla 6: Diseño Metodológico – 138,45 ppm

Día	Repeticiones	Concentración		
		138,45 ppm		
		Tratamientos		
		T1	T2	T3
5	r1	T1. R1. D5	T2. R1. D5	T3. R1. D5
	r2	T1. R2. D5	T2. R2. D5	T3. R2. D5
	r3	T1. R3. D5	T2. R3. D5	T3. R3. D5
	r4	T1. R4. D5	T2. R4. D5	T3. R4. D5
10	r1	T1. R1. D10	T2. R1. D10	T3. R1. D10
	r2	T1. R2. D10	T2. R2. D10	T3. R2. D10
	r3	T1. R3. D10	T2. R3. D10	T3. R3. D10
	r4	T1. R4. D10	T2. R4. D10	T3. R4. D10
15	r1	T1. R1. D15	T2. R1. D15	T3. R1. D15
	r2	T1. R2. D15	T2. R2. D15	T3. R2. D15
	r3	T1. R3. D15	T2. R3. D15	T3. R3. D15
	r4	T1. R4. D15	T2. R4. D15	T3. R4. D15
20	r1	T1. R1. D20	T2. R1. D20	T3. R1. D20
	r2	T1. R2. D20	T2. R2. D20	T3. R2. D20
	r3	T1. R3. D20	T2. R3. D20	T3. R3. D20
	r4	T1. R4. D20	T2. R4. D20	T3. R4. D20

Fuente: Elaboración Propia.

### Diagrama de Flujo de la Investigación

Figura 4: Diagrama del diseño experimental – 138,45 ppm



Fuente: Elaboración propia.

## **2.6. Métodos de Análisis de Datos**

Se procesarán las variables en laboratorio para obtener resultados cuantitativos.

Posteriormente serán analizados y evaluados en el Software Minitab 18, lo cual se tendrán análisis más precisos, conclusiones confiables y se relacionarán los comportamientos de la variable independiente sobre la dependiente.

En dicho software se analizará a través de la prueba de ANOVA ya que se evalúa la importancia de uno o más factores al comparar las medias de la variable de respuesta de los niveles de factores.

Asimismo, se utilizará el método de Tukey para crear relación de confianza con todas las diferencias en parejas entre las medias de los niveles de todos los factores.

Y el programa Excel 2017, para la elaboración de tablas y diagramas como parte de la presentación de los resultados y permitir una fácil interpretación.

## **2.7. Aspectos Éticos**

En la elaboración de la investigación y la aplicación de esta, son verídicos, por lo que se cuenta con referencias, fichas y citas que constatan la veracidad de la información.

Asimismo, con respecto a la ética ambiental, la investigación tiene como objetivo conservar y preservar el recurso natural en este caso, el suelo, puesto que es una fuente principal de los alimentos que se consumen y brindan diversas riquezas, por lo que se inculca con este trabajo, el cuidado de nuestros recursos, fortalecer los valores y conciencia ambiental.

### III. RESULTADOS

#### 3.1. Características iniciales del suelo

Para conocer las condiciones en las que se encuentra el suelo, se realizó la caracterización de éste. Previamente se había preparado el suelo con dos concentraciones, el análisis obtuvimos estas dos concentraciones: 98,30 ppm y 138,45 ppm de cadmio. El suelo trabajado es de tipo franco arcilloso, con un pH inicial de 6,9 y una humedad de 65%.

Tabla 7: Características iniciales del suelo

Muestra	Cd (ppm)	pH (1:1)	Clase textural
Nº1	98,30	6,9	Franco Arcilloso
Nº2	138,45	6,2	Franco Arcilloso

Fuente: Elaboración Propia.

#### 3.2. Resultados del antes y después del nivel de concentración de Cadmio en suelo

Para el tratamiento 1, que consta de 4 granos de inoculación del hongo *Pleurotus ostreatus* con 4 gr de paja de trigo, el tratamiento 2, que consta de 7 granos inoculados del mismo hongo con 4 gr de trigo y el tratamiento 3, que consta de 10 granos inoculados del mismo hongo con 4 gr de trigo; lo cual se obtuvo el nivel de concentración del metal pesado cadmio, un antes y después de los tratamientos.

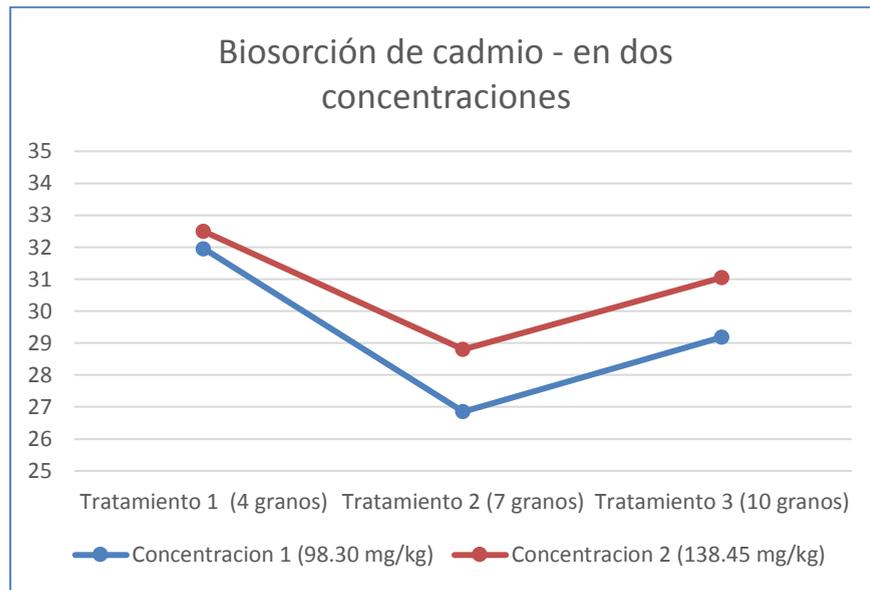
En la tabla 2, se muestra que al finalizar el tratamiento existe una mayor biosorción de 31,95 % para el suelo con 98,30 ppm. Asimismo, se calculó el máximo porcentaje de reducción para el suelo con 138,45 ppm, la cual fue de 32,49 %.

Tabla 8: : Resultados de la concentración de Cadmio del antes y después del tratamiento.

Indicador	Cd (ppm)		% de absorción
	Inicial	Final	
1	98,30	66,89	<b>31,95 %</b>
2	98,30	71,90	26,85 %
3	98,30	69,61	29,18 %
<hr/>			
1	138,45	93,46	<b>32,49 %</b>
2	138,45	98,57	28,80 %
3	138,45	95,46	31,05 %

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 1: Biosorción de cadmio en diferentes concentraciones



Fuente: Elaboración propia.

Como se puede visualizar en el Gráfico 1, la mayor eficiencia se dio para la mayor concentración (138,45 mg/kg) con un porcentaje de 32,49 % y con el suelo contaminado (98,30 mg/kg) se dio un porcentaje de 31,95 %.

### 3.3. Resultados de la concentración de Cadmio en el suelo por días

Se tomaron las muestras para cada tipo de tratamiento (4, 7 y 10 granos inoculados) con sus respectivas muestras para las dos concentraciones durante 20 días, se evaluaron las muestras en el Laboratorio de análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes – Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM); cada muestra se tomó en diferentes días como se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla 9: Resultados de la concentración de cadmio en suelo – 98,30 mg/kg

días	repeticiones	Concentración					
		98,30					
		Tratamientos					
		4	Promedio	7	Promedio	10	Promedio
5	r1	67,32	67,35	76,86	81,12	76,12	74,30
	r2	68,61		81,12		75,03	
	r3	66,84		79,61		71,74	
	r4	66,62		86,89		74,29	
10	r1	68,55	68,57	68,61	69,59	62,78	70,15
	r2	69,23		64,51		72,88	
	r3	67,33		72,70		74,79	
	r4	69,15		72,54		70,15	
15	r1	70,01	67,19	75,05	68,95	63,73	67,43
	r2	68,39		66,91		68,69	
	r3	63,16		66,91		69,87	
	r4	67,18		66,91		67,43	
20	r1	65,81	64,48	67,14	67,94	64,62	66,56
	r2	64,48		67,94		62,94	
	r3	63,16		68,75		72,12	
	r4	64,48		67,94		66,56	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 10: Resultados de la concentración de cadmio en suelo – 138,45 mg/kg

días	repeticiones	Concentración					
		138,45					
		Tratamientos					
		4	Promedio	7	Promedio	10	Promedio
5	r1	104,33	100,53	95,62	98,00	96,12	95,41
	r2	97,69		100,39		96,12	
	r3	100,53		98,00		93,30	
	r4	99,58		98,00		96,12	
10	r1	100,80	99,39	95,99	99,69	97,98	97,98
	r2	101,44		98,44		97,98	
	r3	99,38		98,44		97,98	
	r4	95,92		101,90		97,98	
15	r1	88,55	90,41	98,62	99,10	95,91	94,95
	r2	90,41		99,27		93,69	
	r3	90,41		99,27		96,52	
	r4	92,28		99,27		93,69	
20	r1	76,93	83,52	97,23	97,50	93,99	93,99
	r2	76,24		97,25		93,99	
	r3	83,46		97,25		93,99	
	r4	97,43		98,28		93,99	

Fuente: Elaboración Propia.

### 3.4. Resultados del pH del suelo por días

En la siguiente tabla, se presentan los resultados de los parámetros fisicoquímicos obtenidos en el día 5, donde el valor de pH no varía mucho en los tres tratamientos, la temperatura fue

constante (25 °C), la humedad inicia fue de 60% y todos los tratamientos contuvieron 4 gr de sustrato (paja de trigo).

Tabla 11: Resultados de los parámetros químicos y físicos de la muestra inicial - 98,30 mg/kg

días	repeticiones	Concentración					
		98,30					
		Tratamientos					
		4	Promedio	7	Promedio	10	Promedio
5	r1	5,8	5,8	6,8	6,8	6,2	6,2
	r2	5,7		6,7		6,3	
	r3	5,9		6,6		6,2	
	r4	5,9		6,9		6,2	
10	r1	5,6	5,6	6,4	6,4	6,1	6,1
	r2	5,6		6,4		6,1	
	r3	5,8		6,5		6,2	
	r4	5,5		6,6		6,1	
15	r1	5,8	5,8	6,8	6,6	6,0	6,2
	r2	5,8		6,6		6,0	
	r3	5,8		6,5		6,3	
	r4	5,9		6,6		6,3	
20	r1	5,9	5,8	6,5	6,4	6,0	6,0
	r2	5,8		6,4		6,1	
	r3	5,8		6,4		6,0	
	r4	5,8		6,4		6,0	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 12: Resultados de los parámetros químicos y físicos de la muestra inicial – 138,45 mg/kg

días	repeticiones	Concentración					
		138,45					
		Tratamientos					
		4	Promedio	7	Promedio	10	Promedio
5	r1	5,8	5,8	6,2	6,0	6,2	6,2
	r2	5,7		6,0		6,2	
	r3	5,9		6,0		6,2	
	r4	5,9		6,0		6,3	
10	r1	5,8	5,9	6,0	5,9	6,2	6,3
	r2	5,9		5,9		6,1	
	r3	5,9		5,9		6,2	
	r4	5,9		5,9		6,4	
15	r1	5,8	5,7	5,7	5,7	5,8	5,8
	r2	5,6		5,7		5,8	
	r3	5,7		5,6		5,5	
	r4	5,7		5,7		6,1	
20	r1	5,8	5,8	5,6	5,6	5,3	5,4
	r2	5,8		5,7		5,4	
	r3	5,7		5,6		5,4	
	r4	5,8		5,6		5,4	

Fuente: Elaboración Propia.

### 3.5. Resultados del crecimiento del hongo *Pleurotus ostreatus* por días

En la siguiente tabla se muestran los resultados cuantitativos y cualitativos de las características de crecimiento del hongo para el día 5.

Obteniéndose el radio de la colonia para cada diferente tipo de tratamiento; asimismo, se identificó el color de la colonia que presentó para el día 5 en los diferentes tratamientos.

En el día 5 de tratamiento, para ambas concentraciones, no se presentó ningún tipo de contaminación de algún agente externo y el color de la colonia fue de color blanco.

Tabla 13: Resultados del radio de la colonia con 98,30 mg/kg – Día 5

Fecha	Código de muestra		Propiedades físicas			Factores						
			Radio de colonia (mm)	Promedio	Color de colonia	grano / placa			Tiempo (días)			
						4	7	10	5	10	15	20
18-10-19	T1	r1	6,28	8,14	Blanco	X			X			
18-10-19		r2	10,06		Blanco	X			X			
18-10-19		r3	12,14		Blanco	X			X			
18-10-19		r4	4,07		Blanco	X			X			
18-10-19	T2	r1	9,09	10,35	Blanco		X		X			
18-10-19		r2	11		Blanco		X		X			
18-10-19		r3	10,5		Blanco		X		X			
18-10-19		r4	10,79		Blanco		X		X			
18-10-19	T3	r1	7,87	10	Blanco			X	X			
18-10-19		r2	12,38		Blanco			X	X			
18-10-19		r3	10,58		Blanco			X	X			
18-10-19		r4	9,2		Blanco			X	X			

Fuente: Elaboración Propia.

De la misma manera se determinó el radio de la colonia y color de la colonia para el día 5 de los tres tratamientos con la concentración de 138,45 mg/kg.

Tabla 14: Resultados del radio de la colonia con 138,45 ppm – Día 5

Fecha	Código de muestra		Propiedades físicas			Factores						
			Radio de colonia	Promedio	Color de colonia	grano / placa			Tiempo (días)			
						4	7	10	5	10	15	20
18-10-19	T1	r1	9,96	10,93	Blanco	X			X			
18-10-19		r2	11,24		Blanco	X			X			
18-10-19		r3	11,47		Blanco	X			X			

Fecha	Código de muestra		Propiedades físicas			Factores						
			Radio de colonia	Promedio	Color de colonia	grano / placa			Tiempo (días)			
						4	7	10	5	10	15	20
18-10-19		r4	11,04		Blanco	X			X			
18-10-19	T2	r1	13,68	13,83	Blanco		X		X			
18-10-19		r2	13,23		Blanco		X		X			
18-10-19		r3	15,39		Blanco		X		X			
18-10-19		r4	13,04		Blanco		X		X			
18-10-19	T3	r1	14,33	12,11	Blanco			X	X			
18-10-19		r2	13,94		Blanco			X	X			
18-10-19		r3	13,32		Blanco			X	X			
18-10-19		r4	11,70		Blanco			X	X			

Fuente: Elaboración Propia.

Para el día 10 de tratamiento, si se presentó contaminación por hongo en una placa, éste era el *Trichoderma harzianum*, lo cual hizo que la placa se presente con partes de color verde, evidenciando la presencia de éste y para las demás placas, el color de la colonia fue blanco.

Tabla 15: Resultados del radio de la colonia con 98,30 ppm – Día 10

Fecha	Código de muestra		Propiedades físicas			Factores						
			Radio de colonia (mm)	Promedio	Color de colonia	grano / placa			Tiempo (días)			
						4	7	10	5	10	15	20
18-10-19	T1	r1	18,53	22,89	Blanco	X			X			
18-10-19		r2	30,66		Blanco	X			X			
18-10-19		r3	21,62		Blanco	X			X			
18-10-19		r4	20,76		Blanco	X			X			
18-10-19	T2	r1	15,99	25,17	Blanco		X		X			
18-10-19		r2	27,58		Blanco		X		X			
18-10-19		r3	25,15		Blanco		X		X			
18-10-19		r4	31,94		Blanco		X		X			
18-10-19	T3	r1	26,67	26,71	Blanco			X	X			
18-10-19		r2	27,27		Blanco			X	X			
18-10-19		r3	31,50		Blanco			X	X			
18-10-19		r4	21,41		Blanco			X	X			

Fuente: Elaboración Propia.

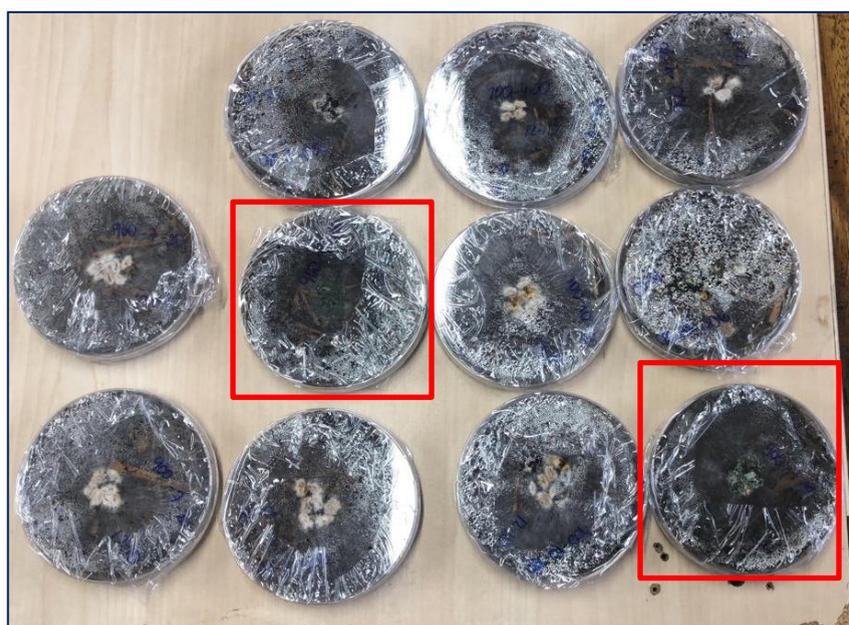
De la misma manera se determinó el radio de la colonia y color de la colonia para el día 10 de los tres tratamientos para la otra concentración (138,45 mg/kg).

Tabla 16: Resultados del radio de la colonia con 138,45 ppm – Día 10

Fecha	Código de muestra		Propiedades físicas			Dosis						
			Radio de colonia	Promedio	Color de colonia	grano / placa			Tiempo (días)			
						4	7	10	5	10	15	20
18-10-19	T1	r1	26,25	27,88	Blanco	X			X			
18-10-19		r2	27,05		Blanco	X			X			
18-10-19		r3	26,70		Blanco	X			X			
18-10-19		r4	31,52		Blanco	X			X			
18-10-19	T2	r1	30,09	27,68	Blanco		X		X			
18-10-19		r2	24,53		Blanco		X		X			
18-10-19		r3	27,31		Blanco		X		X			
18-10-19		r4	28,79		Blanco		X		X			
18-10-19	T3	r1	12,17	24,13	Verde			X	X			
18-10-19		r2	27,63		Blanco			X	X			
18-10-19		r3	28,77		Blanco			X	X			
18-10-19		r4	27,93		Blanco			X	X			

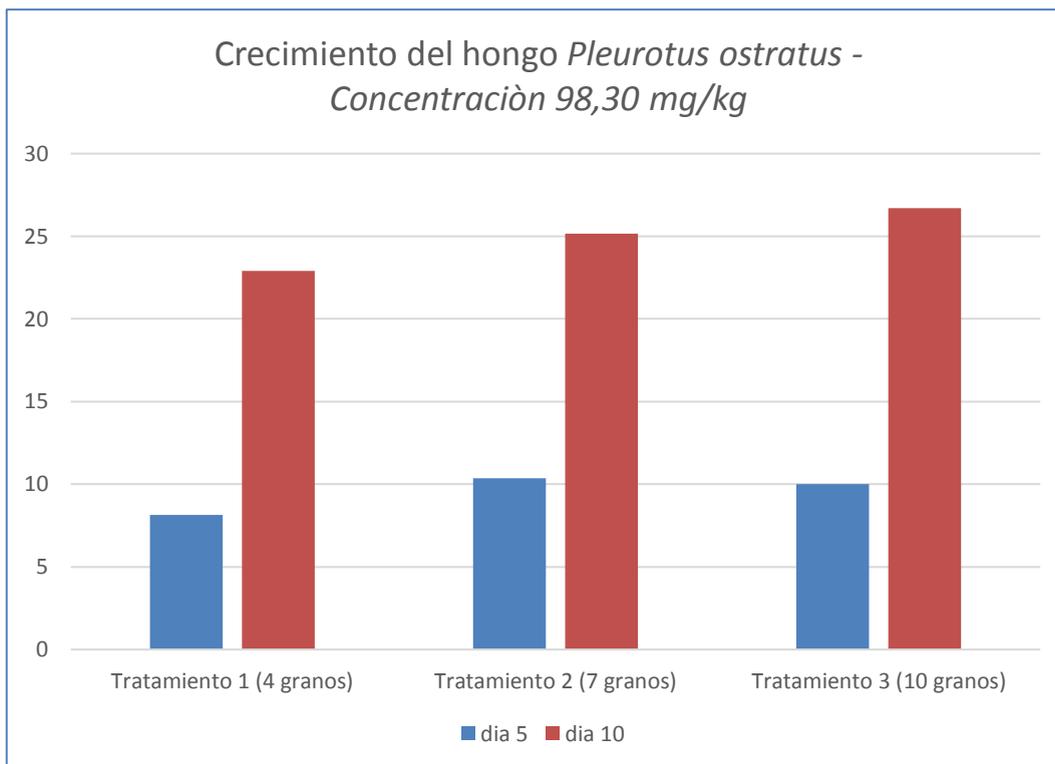
Fuente: Elaboración Propia.

Para el día 15 y 20 de tratamiento, el micelio del *Pleurotus ostreatus* ya había cubierto totalmente la placa, por lo que optó a no medir el radio de la colonia.



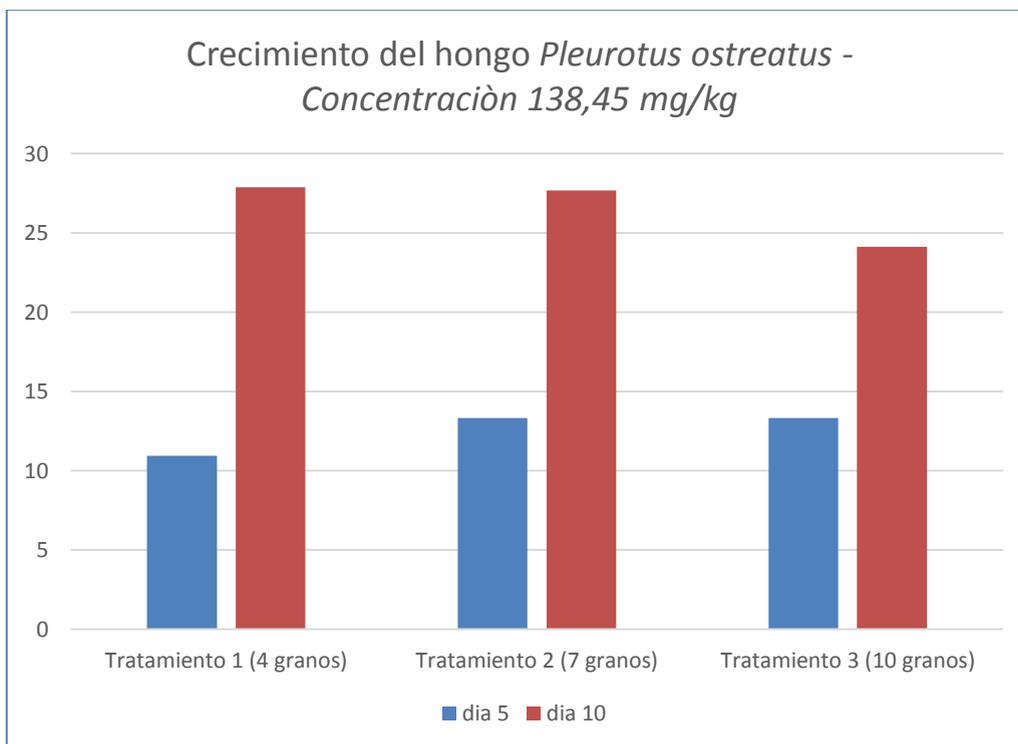
Fotografía 4: Muestras contaminadas del tratamiento 2 (7 granos).

Gráfico 2: Crecimiento del hongo *Pleurotus ostreatus* – 98,30 mg/kg



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 3: Crecimiento del hongo *Pleurotus ostreatus* – 138,45 mg/kg



Fuente: Elaboración propia.

Se observa en el Gráfico 2 y 3, que el crecimiento del hongo fue progresivo; sin embargo, no se pudo medir para los demás días, puesto que ya la placa Petri había sido cubierta para el día 15.

## Concentración de Cadmio en suelo

### Prueba de ANOVA – 98,30 ppm

Se realizó la prueba de ANOVA para determinar el nivel de significancia para el cadmio en el suelo.

Imagen 1: Prueba de ANOVA para la concentración cadmio en el suelo - 98,30 mg/kg

Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamientos	2	200.8	100.41	4.58	0.015
Error	45	986.1	21.91		
Total	47	1187.0			

Fuente: Elaboración propia.

Imagen 2: Prueba de Tukey para la concentración cadmio en el suelo – 98,30 kg/mg

Comparaciones en parejas de Tukey				
Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%				
Tratamientos	N	Media	Agrupación	
7	4	71.90	A	
10	4	69.61	A	
4	4	66.897	A	

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Fuente: Minitab 18.

Se obtuvo que los tratamientos son significativos, es decir existe diferencia significativa, y se aplicó la prueba de contraste de Tukey, en el cual se obtuvo que existen diferencias en el tipo de tratamiento, ya que el tratamiento 1 es mejor (4 granos), seguido del tratamiento 3 (10 granos) y luego el tratamiento 2 (7 granos); dando como resultado que la menor concentración de suelo obtenida es de 66,89 mg/kg.

### Prueba de ANOVA – 138,45 ppm

Imagen 3: Prueba de ANOVA para la concentración cadmio en el suelo – 138,45 mg/kg

Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
tratamientos	2	190.4	95.18	3.58	0.036
Error	45	1195.5	26.57		
Total	47	1385.8			

Fuente: Minitab 18.

Imagen 4: Prueba de Tukey para la concentración cadmio en el suelo – 138,45 mg/kg

### Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamientos	N	Media	Agrupación
7	4	98.572	A
10	4	95.46	A
4	4	93.46	A

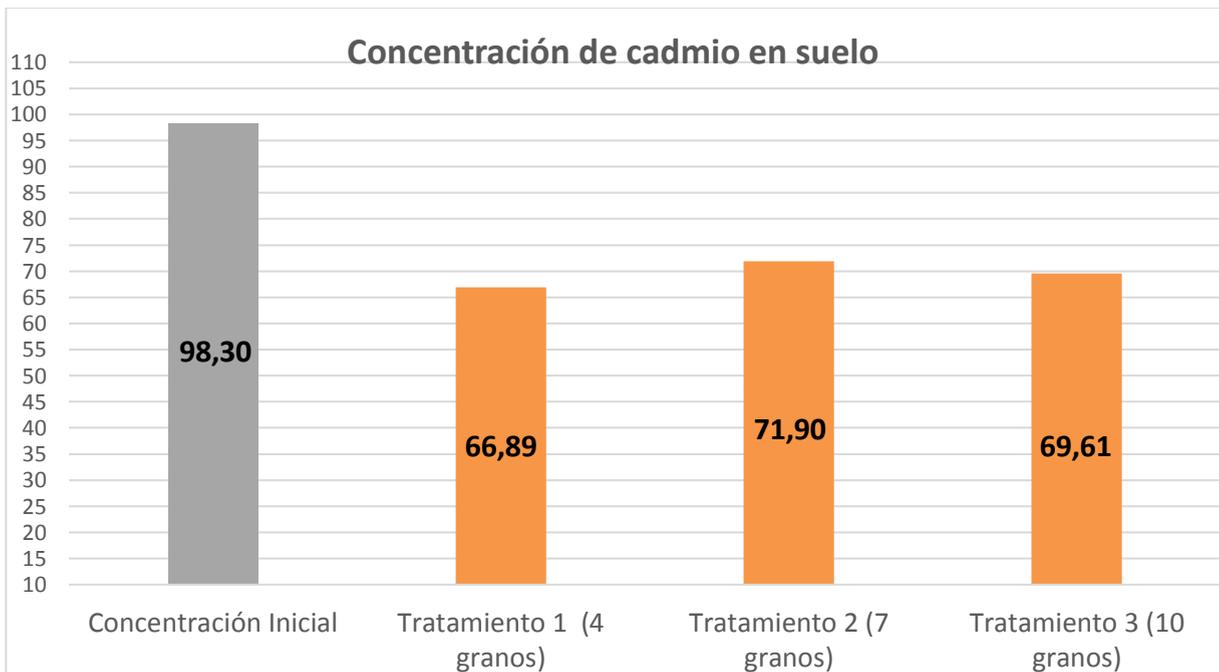
Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Fuente: Minitab 18.

Se obtuvo que los tratamientos son significativos, es decir existe diferencia significativa y según la prueba de contraste de Tukey se obtuvo que existen diferencias en el tipo de tratamiento, ya que el tratamiento 1 es mejor (4 granos), seguido del tratamiento 3 (10 granos) y luego el tratamiento 2 (7 granos); dando como resultado que la menor concentración de suelo obtenida es de 93,46 mg/kg.

Para una mejor representación ver Gráfico 4 y 5.

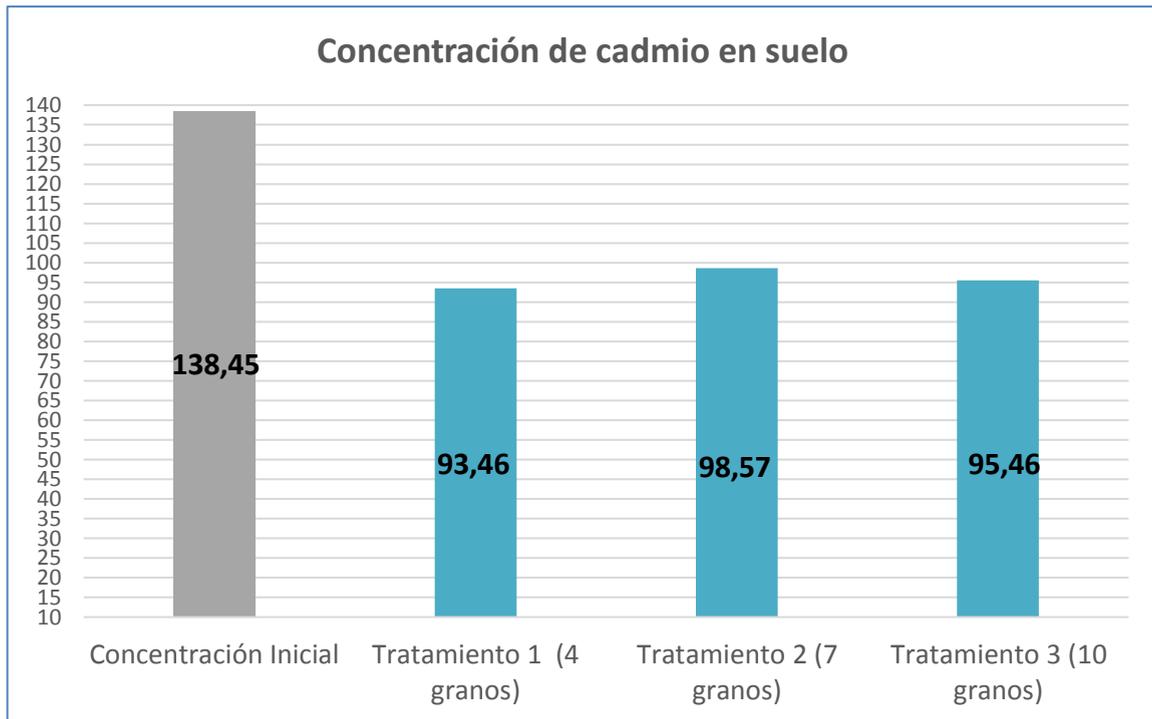
Gráfico 4: Concentración de cadmio en suelo – 98,30 mg/kg



Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico 4 se puede observar que la concentración de cadmio es menor en el tratamiento 1 (4 granos) con 66,89 mg/kg en comparación con la concentración de cadmio inicial de 98,30 mg/kg, por lo que hubo una biosorción significativa de 31,95 %.

Gráfico 5: Concentración de cadmio en suelo – 138,45 mg/kg



Fuente: Elaboración propia

Asimismo, en el gráfico 5 se puede observar que la concentración de cadmio es menor también en el tratamiento 1 (4 granos) con 93,46 mg/kg en comparación con la concentración de cadmio inicial de 138,45 mg/kg por lo que hubo una biosorción significativa de 32,49 %.

- Por lo que se acepta la Hipótesis General: ***“La combinación de los inóculos de *Pleurotus ostreatus* con paja de trigo como suplemento tienen efecto en la biosorción de cadmio en el suelo”***; ya que como se puede visualizar en el Tabla 8, para ambas concentraciones, los tres tratamientos tuvieron efecto en la biosorción de cadmio, reduciendo así la concentración del cadmio en el suelo.
- Por lo que se rechaza la primera Hipótesis Especifica: ***“Existe una mayor eficiencia del inóculo del *Pleurotus ostreatus* con paja de trigo como suplemento con la concentración más baja de cadmio en suelo”***; ya que como se puede visualizar en el gráfico 1, la mayor eficiencia de biosorción se dio para la concentración más alta (138,45 mg/kg) con un 32,49 %.
- Además, se acepta la segunda Hipótesis Especifica: ***“El porcentaje de la eficiencia de la combinación del inóculo del *Pleurotus ostreatus* con paja de trigo como suplemento en la biosorción de cadmio en suelo es mayor a 30 %”***, ya que para ambas concentraciones la eficiencia de la biosorción fue mayor al 30 %.

## Concentración de Cadmio en suelo – por días

### Prueba de ANOVA – 98,30 ppm

Se realizó la prueba de ANOVA para determinar el nivel de significancia para el cadmio en el suelo en los diferentes días para cada tratamiento.

Imagen 5: Prueba de ANOVA para la concentración cadmio en el suelo por días – 98,30 mg/kg

Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	11	840.6	76.414	7.94	0.000
Lineal	5	625.3	125.061	13.00	0.000
Días	3	424.5	141.493	14.70	0.000
Tratamientos	2	200.8	100.414	10.44	0.000
Interacciones de 2 términos	6	215.3	35.875	3.73	0.006
Días*Tratamientos	6	215.3	35.875	3.73	0.006
Error	36	346.4	9.622		
Total	47	1187.0			

Fuente: Minitab 18.

Imagen 6: Prueba de Tukey para la concentración cadmio en el suelo – 98,30 mg/kg

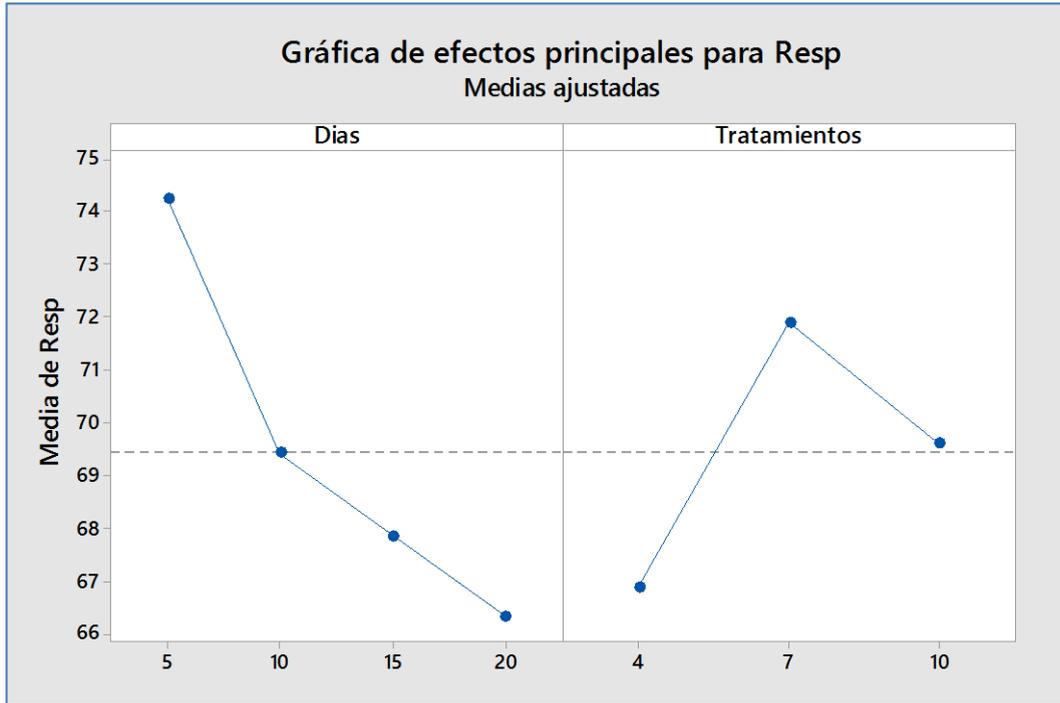
Comparaciones en parejas de Tukey			
Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%			
Tratamientos	N	Media	Agrupación
7	16	71.90	A
10	16	69.61	A B
4	16	66.895	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Fuente: Minitab 18.

Se obtuvo que los tratamientos son significativos, es decir existe diferencia significativa; asimismo, según la prueba de contraste de Tukey se obtuvo que existen diferencias en el tipo de tratamiento, ya que el tratamiento 1 es mejor (4 granos), seguido del tratamiento 3 (10 granos) y luego el tratamiento 2 (7 granos); dando como resultado que la concentración de suelo con el mejor tratamiento es de 66,89 mg/kg.

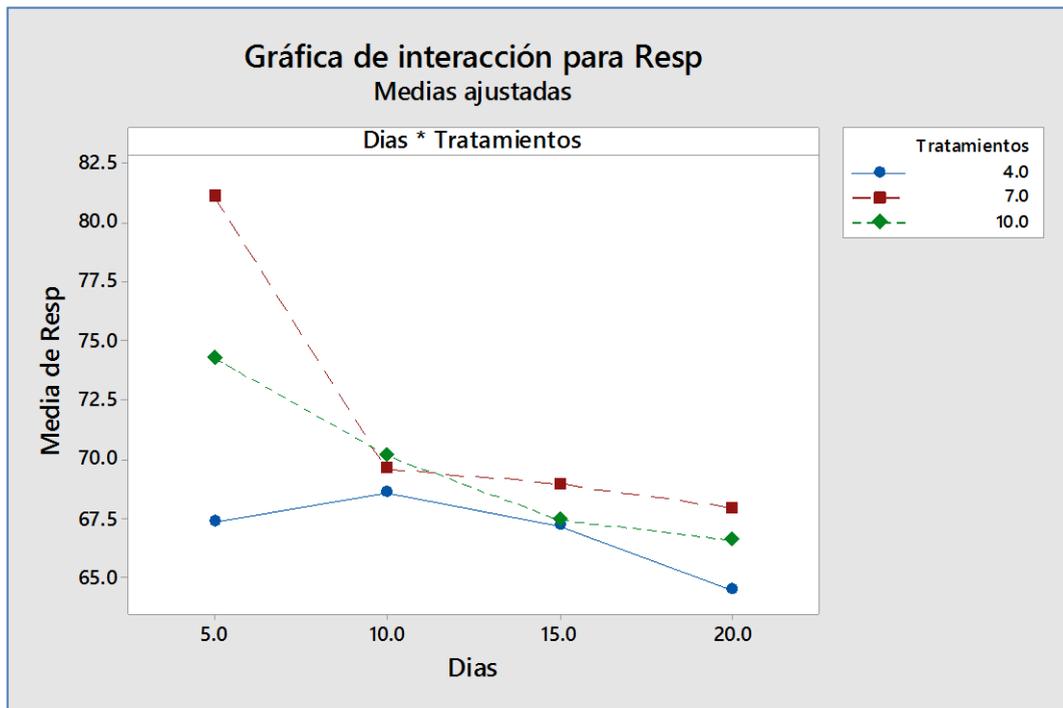
Gráfico 6: Concentración de cadmio en suelo – días y tratamiento - 98,30 mg/kg



Fuente: Minitab 18.

Como se puede observar en el Gráfico 6, el día en el cual se presenta la menor concentración de cadmio es en el día 20. Asimismo, se puede observar que el mejor con el Tratamiento 1 (4 granos) se obtuvo la menor concentración de cadmio.

Gráfico 7: Interacción de la concentración de cadmio en suelo – día y tratamientos - 98,30 mg/kg



Fuente: Minitab 18

Y en el Gráfico 7, se puede observar la interacción de los días con los tratamientos que se dan para la concentración de cadmio, y se observa que para tratamiento 1 (4 granos) en el día 20 se logró una concentración de 64,48 mg/kg.

### Prueba de ANOVA – 138,45 ppm

Se realizó la prueba de ANOVA para determinar el nivel de significancia para el cadmio en el suelo en los diferentes días para cada tratamiento.

Imagen 7: Prueba de ANOVA para la concentración cadmio en el suelo por días – 138,45 mg/kg

Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	11	1004.6	91.33	8.62	0.000
Lineal	5	563.7	112.74	10.65	0.000
días	3	373.3	124.44	11.75	0.000
tratamientos	2	190.4	95.18	8.99	0.001
Interacciones de 2 términos	6	440.9	73.48	6.94	0.000
días*tratamientos	6	440.9	73.48	6.94	0.000
Error	36	381.3	10.59		
Total	47	1385.8			

Fuente: Minitab 18.

Imagen 8: Prueba de Tukey para la concentración cadmio en el suelo por días – 138,45 mg/kg

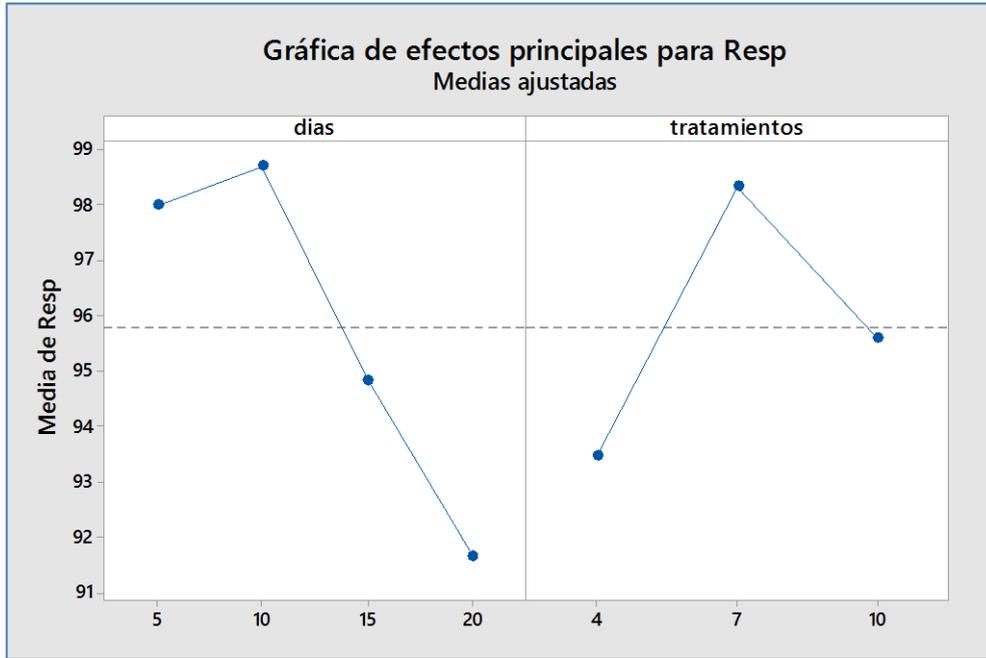
Comparaciones en parejas de Tukey				
Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%				
tratamientos	N	Media	Agrupación	
7	16	98.326	A	
10	16	95.584	A	B
4	16	93.46	B	

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Fuente: Minitab 18.

Se obtuvo que los tratamientos son significativos, es decir existe diferencia significativa; sin embargo, se aplicó la prueba de contraste de Tukey, lo cual se obtuvo que existen diferencias en el tipo de tratamiento, ya que el tratamiento 1 es mejor (4 granos), seguido del tratamiento 3 (10 granos) y luego el tratamiento 2 (7 granos); dando como resultado que la concentración de suelo es de 93,46 mg/kg.

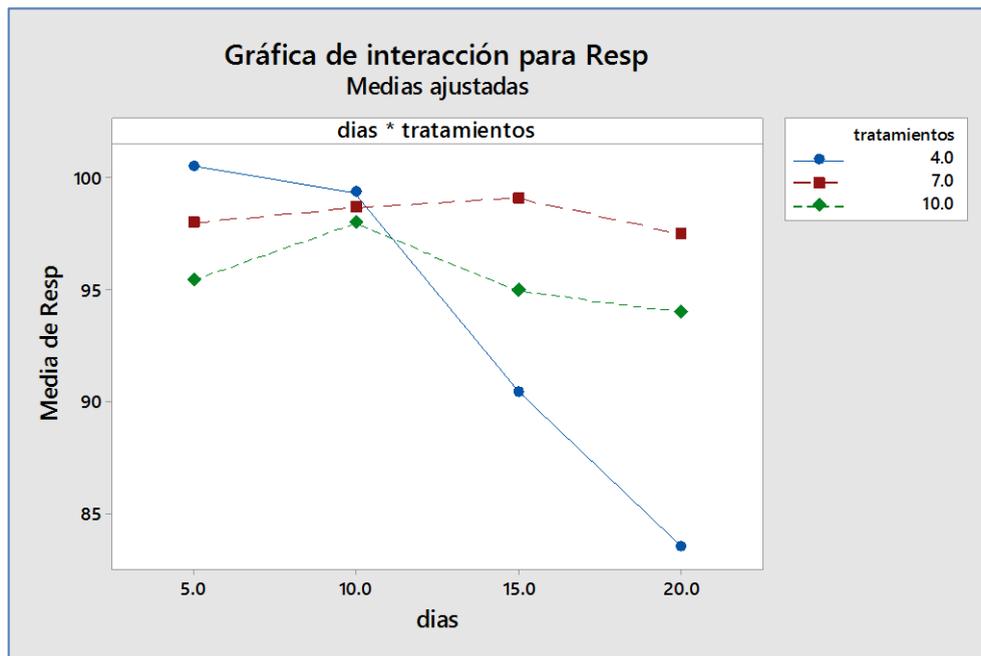
Gráfico 8: Concentración de cadmio en suelo – días y tratamiento - 138,45 mg/kg



Fuente: Minitab 18.

Como se puede observar en el Gráfico 8, el día en el cual se presenta la menor concentración de cadmio es en el día 20. Asimismo, se puede observar que el mejor con el Tratamiento 1 (4 granos) se obtuvo la menor concentración de cadmio.

Gráfico 9: Interacción de la concentración de cadmio en suelo – días y tratamientos - 138,45 mg/kg



Fuente: Minitab 18.

Y en el Gráfico 9, se puede observar la interacción de los días con los tratamientos que se dan para la concentración de cadmio, y se observa que para tratamiento 1 (4 granos) en el día 20 se logró una concentración de 83,52 mg/kg.

- Por lo que, se rechaza la tercera Hipótesis Especifica: ***“El nivel y tiempo óptimo de inoculación del Pleurotus ostreatus con paja de trigo como suplemento en la biosorción de cadmio en suelo es de 10 granos de inoculación en 20 días”***, ya que de acuerdo a los resultados, el nivel y tiempo óptimo del tratamiento en la biosorción de cadmio en suelo fue el Tratamiento 1 (4 granos) en el día 20 para ambas concentraciones.

### **pH en suelo – por tratamientos y días**

#### **Prueba de ANOVA – 98,30 ppm**

Se realizó la prueba de ANOVA para determinar el nivel de significancia para pH en el suelo en los diferentes días para cada tratamiento.

*Imagen 9: Prueba de ANOVA para el pH en el suelo – 98,30 mg/kg*

<b>Análisis de Varianza</b>					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
tratamiento	2	5.0579	2.52896	142.48	0.000
Error	45	0.7988	0.01775		
Total	47	5.8567			

*Fuente: Minitab 18.*

*Imagen 10: Prueba de Tukey para el pH en el suelo – 98,30 mg/kg*

<b>Comparaciones en parejas de Tukey</b>			
<b>Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%</b>			
tratamiento	N	Media	Agrupación
7	16	6.5688	A
10	16	6.1313	B
4	16	5.7750	C

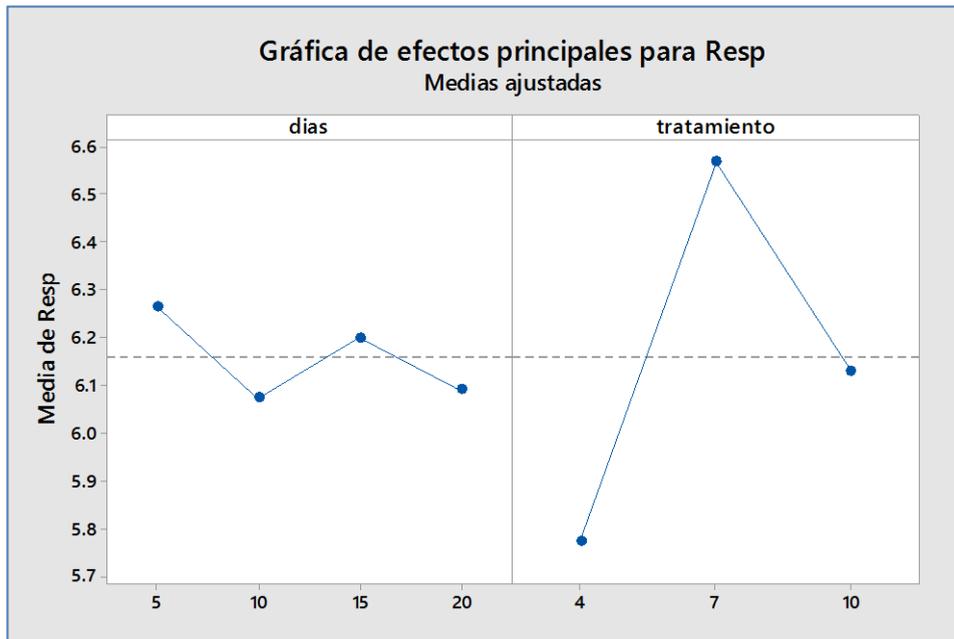
*Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.*

*Fuente: Minitab 18. .*

Se obtuvo que los tratamientos son significativos, es decir existe diferencia significativa. También se aplicó la prueba de contraste de Tukey, y se obtuvo que efectivamente si existen diferencias en el pH del suelo, ya que el tratamiento 1 (4 granos) tiene el valor más bajo de

pH, seguido del tratamiento 3 (10 granos) y luego el tratamiento 2 (7 granos); dando como resultado del pH de suelo más bajo es de 5,77.

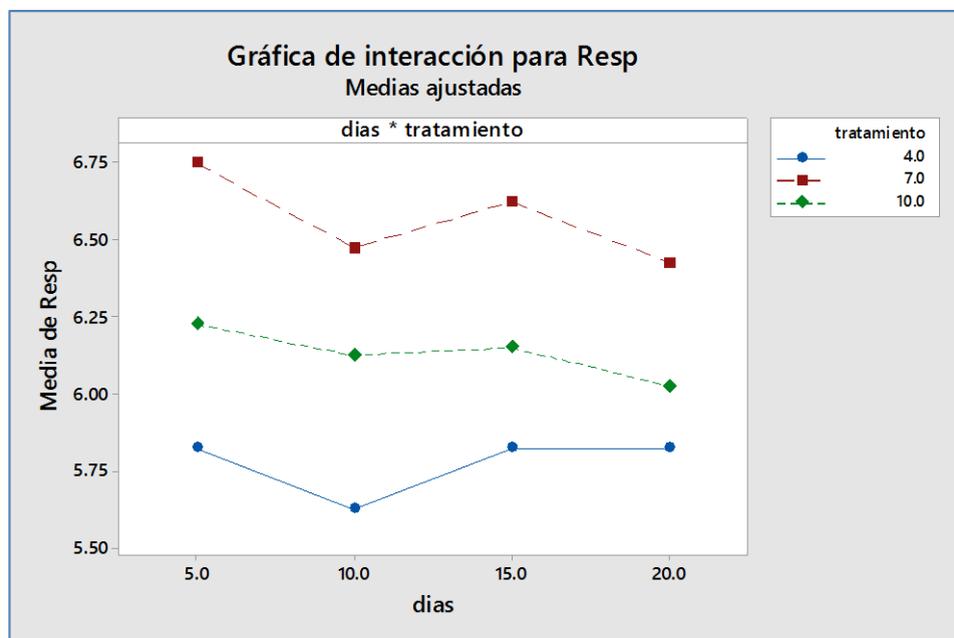
Gráfico 10: pH en suelo – días y tratamiento - 98,30 mg/kg



Fuente: Minitab 18.

Como se puede observar en el Gráfico 10, el día 10 es en el cual se presenta el pH más bajo. Asimismo, se puede observar que en el Tratamiento 1 (4 granos) se obtuvo el menor valor de pH.

Gráfico 11: Interacción del pH en suelo – días y tratamientos - 98,30 mg/kg



Fuente: Minitab 18.

En el Gráfico 11, se puede observar que no existe interacción de los días con los tratamientos que se dan para el pH en el suelo; sin embargo, se observa que el valor más bajo de pH se da para el tratamiento 1 (4 granos), seguido del tratamiento 3 (10 granos) y por ultimo para el tratamiento 2 (7 granos), lo cual se puede deducir que para la mayor biosorción del cadmio se tuvo un pH ácido.

Así también; para el tratamiento 1, se tuvo el pH más bajo en el día 10, para el tratamiento 2 se tuvo un pH bajo para el día 20, que fue en el día 20 donde obtuvo el valor más bajo y finalmente se obtuvo que para el tratamiento 3 (10 granos) el valor más bajo de pH también para el día 20.

### Prueba de ANOVA – 138,45 ppm

Se realizó la prueba de ANOVA para determinar el nivel de significancia para pH en el suelo en los diferentes días para cada tratamiento.

*Imagen 11: Prueba de ANOVA para el pH en el suelo – 138,45 mg/kg*

Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
tratamiento	2	0.1117	0.05583	0.87	0.428
Error	45	2.9031	0.06451		
Total	47	3.0148			

*Fuente: Minitab 18.*

*Imagen 12: Prueba de Tukey para el pH en el suelo – 138,45 mg/kg*

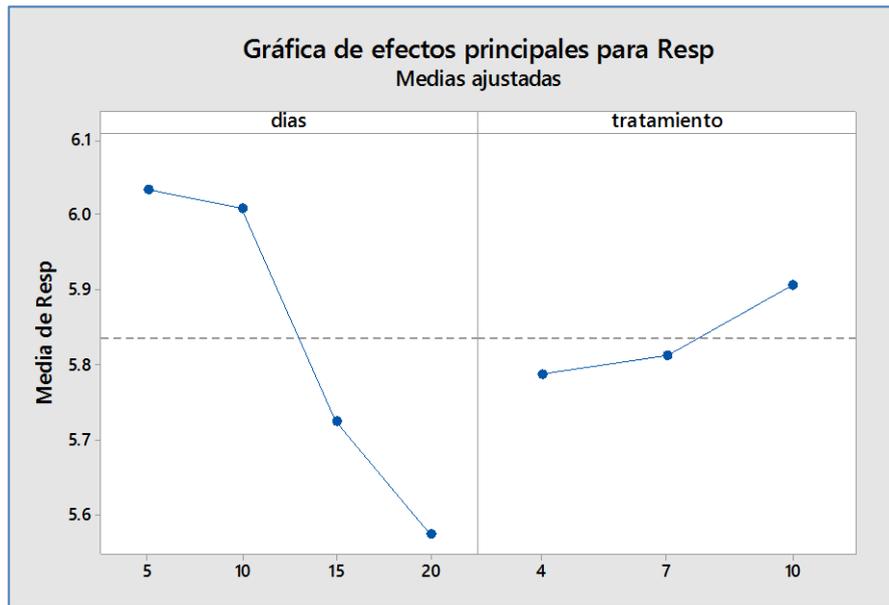
Comparaciones en parejas de Tukey			
Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%			
tratamiento	N	Media	Agrupación
10	16	5.9063	A
7	16	5.8187	A
4	16	5.7938	A

*Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.*

*Fuente: Minitab 18.*

Se obtuvo que los tratamientos no son significativos, es decir no existe diferencia significativa. Sin embargo, se aplicó la prueba de contraste de Tukey, y se obtuvo que efectivamente si existen diferencias en el pH del suelo, ya que el tratamiento 1 (4 granos) tiene el valor más bajo de pH, seguido del tratamiento 2 (7 granos) y luego el tratamiento 3 (10 granos); dando como resultado del pH de suelo más bajo es de 5,78.

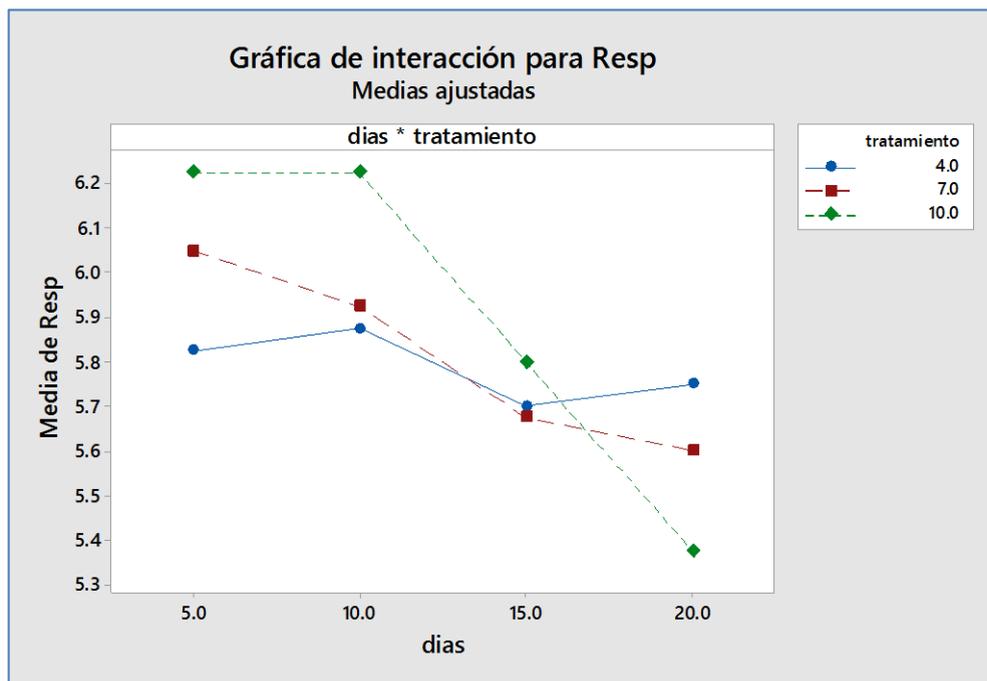
Gráfico 12: pH en suelo – días y tratamiento - 138,45 mg/kg



Fuente: Minitab 18

Como se puede observar en el Gráfico 12, el día 20 es en el cual se presenta el pH más bajo. Asimismo, se puede observar que en el Tratamiento 1 (4 granos) se obtuvo el menor valor de pH.

Gráfico 13: Interacción del pH en suelo – días y tratamientos - 138,45 mg/kg



Fuente: Minitab 18

En el Gráfico 13, se puede observar que existe interacción de los días con los tratamientos que se dan para el pH en el suelo; sin embargo, se observa que el valor más bajo de pH se da para el tratamiento 1 (4 granos), seguido del tratamiento 2 (7 granos) y por último para el tratamiento 3 (10 granos).

Así también; para el tratamiento 1, se tuvo el pH más bajo en el día 15, para el tratamiento 2 se tuvo un pH bajo para el día 20, que fue en el día 20 donde obtuvo el valor más bajo y finalmente se obtuvo que para el tratamiento 3 (10 granos) el valor más bajo de pH también para el día 20.

- Por lo que, se acepta la Hipótesis Especifica: ***“Existe influencia del pH del suelo en la biosorción de cadmio durante el periodo de tratamiento”***, puesto que resultados mostraron que para el valor más bajo de pH se obtuvo la mayor biosorción del cadmio en el suelo para ambas concentraciones. Siendo el Tratamiento 1 (4 granos) que obtuvo el pH más ácido y una mayor biosorción.

#### IV. DISCUSIÓN

##### **Evaluar el efecto de la combinación del inóculo *Pleurotus ostreatus* y paja de trigo como suplemento en la biosorción de cadmio en suelo.**

En esta investigación se pudo evaluar el efecto de la combinación de los inóculos *Pleurotus ostreatus* con paja de trigo como suplemento para la biosorción del cadmio en suelo, al analizar dicho suelo contaminado por cadmio, éste dió un efecto positivo, obteniéndose una concentración de 66,89 mg/kg de cadmio en suelo, de modo que es menor a la inicial (98,30 mg/kg); asimismo, para la segunda concentración de cadmio, obteniéndose 93,45 mg/kg de modo que también es menor a la concentración inicial (138,45 mg/kg). **Zegarra (2017)** utilizó al hongo *Pleurotus ostreatus* inoculado con aserrín en suelo contaminado por Plomo (Pb) teniendo como resultado que redujo 29,4 % con el tratamiento 1 que constaba de 3 semillas inoculadas en 12 días. A pesar que no es el mismo metal ni el mismo suplemento o sustrato, concuerdo que el hongo *Pleurotus ostreatus* causa efecto positivo puesto que para este trabajo experimental si se logró disminuir la concentración gracias al efecto de biosorción que tiene el hongo para los metales en suelo.

Así también, **Mejía (2016)** utilizó al hongo *Pleurotus ostreatus* con diferentes concentraciones de sustratos, del cual tuvo como resultado que su tratamiento 6 (28 % de sustrato) en 30 días del cual el hongo llegó a fructificar y logrando disminuir el plomo en suelo de 136,3 ppm a 90,78 ppm siendo un 67 % de remoción. Y a pesar de que el metal no es el mismo, en este trabajo experimental para la concentración inicial de 138,45 mg/kg se logró un porcentaje de remoción casi igual (67% de Mejía y 67,5 % en este trabajo) sólo que en menos días, ya que Mejía trabajó durante 30 días además que con otro tipo de sustrato; sin embargo queda claro que el hongo *Pleurotus ostreatus* más la paja de trigo, si tienen efecto positivo para los metales en suelos contaminados por cadmio.

##### **Determinar la eficiencia de la combinación del inóculo del *Pleurotus ostreatus* con paja de trigo como suplemento en la biosorción para ambas concentraciones de cadmio en suelo**

En esta investigación se demostró que el mayor porcentaje de eficiencia se dio en la concentración 2 (138,45 mg/kg) con un 32,49 % a comparación de la concentración 1 (98,30 mg/kg) con un 31,95%, esto se debe a lo mencionado por **Belletini [et al.] en el 2016**, que afirma que la mayoría de los metales pesados son esenciales para el metabolismo de los hongos; sin embargo, tanto como los metales pesados esenciales y los no esenciales son iguales de tóxicos para estos hongos cuando tienen un nivel alto de concentración; por lo que

se podría deducir que el hongo es tolerable a la concentración 138,45 mg/kg, y lo incorporó en su metabolismo, cabe indicar que si la concentración hubiera sido mayor, es probable que el hongo tuviera una eficiencia menor, por lo que se tendría que realizar otros estudios para determinar la tolerancia máxima del hongo para este metal (Cadmio).

**Determinar el nivel y el tiempo óptimo de inoculación del *Pleurotus ostreatus* con paja de trigo como suplemento que permita una mayor biosorción de cadmio en suelo.**

Con respecto a este trabajo se pudo evaluar que tratamiento es el más óptimo de inoculación que permita brindar la mayor biosorción del cadmio en ambas concentraciones, del cual se obtuvo que el nivel óptimo para ambas concentraciones fue el tratamiento 1 que consta de 4 granos inoculados más 4 gr de paja de trigo como suplemento en el día 20, esto ayudó a reducir la concentración de cadmio, obteniendo como resultado 66,89 mg/kg para la concentración 1 y 93,45 mg/kg para la concentración 2. **Zegarra (2017)** obtuvo como resultado que su nivel óptimo de inoculación fue el tratamiento 1, del cual consta de 3 semillas más aserrín como suplemento, de manera que estoy de acuerdo con lo mencionado por Zegarra, ya que el tratamiento más óptimo es el que tiene la menor cantidad de granos inoculados, en mi caso 4 granos inoculados; asimismo cabe indicar que en esta investigación se tomaron las tomas de muestra hasta el día 20 a comparación de Zegarra, esto es debido a que su trabajo experimental solo fue hasta el día 12.

**Evaluar la influencia del pH del suelo en la biosorción de cadmio durante el periodo de tratamiento.**

El pH para los 3 tratamientos que consta de la combinación de los inóculos del *Pleurotus ostreatus* con paja de trigo como suplemento, se mantuvo dentro del rango de 5 a 6 durante todo el periodo del tratamiento que constó de 20 días, valores parecidos a la investigación de **Guanilo y Carhuatocto (2019)**, que se encuentran en un rango de 6 a 7,2 en un periodo de 4 meses, éstos autores explican que valores mayores por encima de 7 impide el crecimiento del hongo y su óptimo desarrollo, por lo que crecen sin forma o se quedan en la etapa inicial. También **Sifuentes (2017)** menciona que el pH, es relacionado directamente con la producción de enzimas de los hongos, además cabe indicar que en esta investigación se tuvieron resultados del comportamiento del pH en relación a los tratamientos y los días, del cual resulta que para el día 20 se obtuvo un valor bajo de pH y para los tratamientos se obtuvo el valor más bajo de pH en el tratamiento 1 (4 granos) del cual guarda relación con la mayor biosorción de cadmio en suelo; por lo que si existiría influencia positiva del pH en la biosorción del cadmio en suelo; ya que teniendo el pH más bajo (pH ácido) se refleja una

mayor biosorción del cadmio (la concentración del metal es menor a la inicial).

### **Determinar las características de crecimiento del inóculo de *Pleurotus ostreatus* con paja de trigo en la biosorción de cadmio en suelo.**

Los valores de crecimiento de la colonia fueron favorables para un mayor desarrollo del hongo de la tal manera se dé una mayor biosorción y así se reduzca la concentración de cadmio, esto se reflejó de la misma forma para ambas concentraciones. Se alcanzó a medir hasta el día 10, obteniendo un crecimiento de 22,89 mm del radio de colonia para el tratamiento 1; 25,17 mm para el tratamiento 2 y 26,71 mm para el tratamiento 3. De la misma manera para la otra concentración, el tratamiento 1 obtuvo 27,88 mm, para el tratamiento 2 se obtuvo 27,68 mm y para el tratamiento 3 fue de 24,13 mm y el color de la colonia fue blanco. Según **Sifuentes (2014)** menciona que logró producir inóculos del hongo en granos de trigo y cebada, alcanzando una colonización total en cuatro semanas. Por lo que concuerdo con ella, ya que es cierto que, a partir de la cuarta semana, se cubre toda la placa Petri, **Sifuentes** también menciona que el principal factor que afecta la colonización del suelo por estos hongos es la presencia de organismos nativos. Se corrobora lo indicado por Sifuentes, ya que en este trabajo hubo dos placas contaminadas del día 10 y 15 para el Tratamiento 2 (7 granos) en ambas concentraciones por el hongo *Trichoderma R.*, que realmente fue una influencia negativa para el crecimiento del *Pleurotus ostreatus* e incluso para la biosorción, puesto que se puede visualizar en los resultados de biosorción para el tratamiento 2 (7 granos) fue menos eficiente que el tratamiento 3 (10 granos) para ambas concentraciones de cadmio.

## **V. CONCLUSIONES**

- Se evaluó el efecto de la combinación del inóculo *Pleurotus ostreatus* y paja de trigo como suplemento en la biosorción del cadmio para ambas concentraciones iniciales de 98,30 mg/kg y 138,45 mg/kg de cadmio en suelo, logrando probar el poder de biosorción que tiene el hongo para dicho metal, reduciendo la concentración de cadmio en suelo a 66,89 mg/kg y 93,46 mg/kg respectivamente.
- Se determinó el porcentaje de eficiencia de la combinación del inóculo *Pleurotus ostreatus* y paja de trigo como suplemento en la biosorción para ambas concentraciones iniciales de 98,30 mg/kg y 138,45 mg/kg de cadmio en suelo, concluyendo que para el suelo con 98,30mg/kg y 138,45 mg/kg, se obtuvieron 31,92% y 32,49% de eficiencia respetivamente.
- Se determinó el nivel y el tiempo óptimo de inoculación del *Pleurotus ostreatus* con

paja de trigo como suplemento que permita una mayor biosorción de cadmio en suelo, concluyendo que el tratamiento 1 en el día 20 es el más óptimo para ambas concentraciones iniciales de 98,30 mg/kg y 138,45 mg/kg, obteniendo un resultado post tratamiento de 66,89 mg/kg y 93,46 mg/kg respectivamente.

- Se evaluó la influencia del pH del suelo en la biosorción de cadmio durante el periodo de tratamiento, concluyendo que el rango de pH fue de 5 a 6, obteniendo que para los resultados post tratamiento (66,89 mg/kg y 93,46 mg/kg) reflejaron los valores de pH más bajo.
- Se determinó las características del crecimiento de inóculo del *Pleurotus ostreatus* con paja de trigo como suplemento en la biosorción del cadmio en suelo para ambas concentraciones iniciales (98,30 mg/kg y 138,45 mg/kg), concluyendo que el crecimiento se da progresivamente durante los 20 días de tratamiento.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Realizar los tratamientos con diferentes dosis de sustrato de paja de trigo y determinar la influencia de éste para obtener una mayor biorremediación del suelo.
- Aumentar los días de tratamientos para determinar que dosis de sustrato es lo mínimo para un tratamiento de tiempo prolongado.
- Realizar las pruebas con suelo esterilizado y no esterilizado para saber a mayor detalle cual es influencia de dichos hongos nativos, y así saber cómo se involucra este agente en la biorremediación del suelo contaminado con cadmio.

## REFERENCIAS

- ARÉVALO Enrique [et. al]. Metales pesados en suelos de plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en tres regiones del Perú. *Ecología aplicada* [en línea] Enero 2019, n.º 2.81-86 [Fecha de consulta: 06 de Mayo del 2019]. ISSN 1726-2216. Disponible en [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S17262216201600020003](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S17262216201600020003).
- AROSZ-WILKOŁAZKA, Anna [et al]. Uptake of cadmium ions in white-rot fungus *trametes versicolor* : Effect of cd ( II ) ions on the activity of laccase. *Cell Biology International*. [en línea] Julio 2002, n. ° 7 . 87-94.[Fecha de consulta: 16 de Mayo del 2019]. ISSN 1065-6995 Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1065699502908875>.
- ARRIGADA C., OCAMPO J. y HERRERA M. Reducción del efecto tóxico del cadmio por microorganismos de la rizosfera en plantas de *Eucalytus globulus*. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes. [en línea] Marzo 2006, n. ° 1 .544-549 [Fecha de consulta: 31 de Mayo del 2019]. Disponible en: [http://secforestales.org/publicaciones/index.php/congresos\\_forestales/article/view/15641/15484](http://secforestales.org/publicaciones/index.php/congresos_forestales/article/view/15641/15484).
- BALDRIAN, Petr. Interactions of heavy metal with white-rot fungi. *Revista de Republica Checa* [en línea]. Septiembre 2003, n. ° 1.378-383. [Fecha de consulta: 14 de Mayo del 2019]. ISSN 0141-0229 Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378109701005195>.
- BAUTISTA, Francisco. Introducción al estudio de la contaminación del suelo por metales pesados. Ediciones de la Universidad Autónoma de Yucatán Mérida [en línea] Junio 1999, n. °1.177-185. [Fecha de consulta: 14 de Junio del 2019]. Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/236954595\\_Introduccion\\_al\\_estudio\\_de\\_la\\_contaminacion\\_del\\_suelo\\_por\\_metales\\_pesados](https://www.researchgate.net/publication/236954595_Introduccion_al_estudio_de_la_contaminacion_del_suelo_por_metales_pesados).
- BAYAS Freddy y LÓPEZ Andres. Comparación de la efectividad del hongo *Pleurotus ostreatus* y *Trichoderma harzianum* en la disminución de concentración de metales pesados en lodos de lixiviación de un relleno sanitario. Tesis para obtener

- el título profesional. [Consultado 08 de Mayo del 2019] Disponible en <http://dspace.esepoch.edu.ec/bitstream/123456789/6307/1/236T0250.pdf>.
- BELLETTINI, Marcelo [et al]. Factors affecting mushroom *Pleurotus* spp. *Saudi Journal of Biological Sciences*. [en línea]. Mayo 2019, n. ° 4.126-129 [Fecha de consulta: 27 de Junio del 2019] ISSN 1319-562X Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1319562X16301814>.
  - BELTRÁN Mayra y GOMEZ Alida. Biorremediación de metales pesados cadmio, cromo y mercurio mecanismos bioquímicos e ingeniería genética: Una revisión. Universidad Militar Nueva Granada [en línea] Junio 2016, n. °1 . 172-197.[Fecha de consulta: 01 de Junio del 2019]. ISSN 1900-4699. Disponible en <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rfcb/article/view/2027/1835>.
  - CAMACHO, Reyna [et al]. Ligninolytic enzyme production by white rot fungi during paraquat (herbicide) degradation *Revista Argentina de Microbiología*. Asociación Argentina de Microbiología. Junio 2017, n. ° 2 .45-53.[Fecha de consulta: 17 de Abril del 2019] ISSN 0325-7541. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0325754117300135?via%3DiHub>
  - CAÑIZARES Rosa, (2000). Biosorción de metales pesados mediante el uso de biomasa microbiana. *Revista latinoamericana de microbiología*. Revista Latinoamericana de Microbiología [en línea] Abril 2000, n. °1.164-173. [Fecha de consulta: 01 de Junio del 2019]. Disponible en <https://www.medigraphic.com/pdfs/lamicro/mi-2000/mi003f.pdf>.
  - CHAN, Wilberth [et al]. Response of ligninolytic macrofungi to the herbicide atrazine: dose-response bioassays. *Rev Argent Microbiol*. Diciembre 2014, n. ° 4.89-95. [Fecha de consulta: 09 de Abril del 2019]. ISSN 0325-7541. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S032575411470094X>
  - CHANDER, Mukesh. y ARORA, Daljit. Evaluation of some white-rot fungi for their potential to decolourise industrial dyes. [en línea] Junio 2007, n. ° 2.162-169. [Fecha de consulta: 23 de Mayo del 2019].ISSN 01433-7208. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0143720805002718#!>
  - CHAURASIA, Pankaj, BHARATI, Shashi. y MANI, Ashutosh. Chapter 20 - *Significances of Fungi in Bioremediation of Contaminated Soil*, [en línea] Enero

- 2019, n. ° 1.281-286 [Fecha de consulta: 26 de Mayo del 2019]. DOI 10.1016 .  
 Disponible  
 en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780444641915000201>.
- CHÁVEZ Luciana. Fitoremediación con especies nativas en suelos contaminados por plomo. Tesis para obtener el título profesional. [Consultado 15 de Mayo del 2019] Disponible en <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2435>.
  - CHEN, Guiqiu. [et al] Colloids and Surfaces B: Biointerfaces Facile green extracellular biosynthesis of CdS quantum dots by white rot fungus Phanerochaete chrysosporium .*Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. Mayo 2014, n. ° 1.78-84. [Fecha de consulta: 24 de Mayo del 2019]. ISSN 0927-7765 Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0927776514000940>.
  - CHEMOSPHERE, Mandal. [et al] .Effect of mercury on the growth of wood-rotting basidiomycetes Pleurotus ostreatus , Pycnoporus cinnabarinus and Serpula lacrymans. *Toxicology Research Centre*. [en línea] Febrero 1998, n. ° 3.59-64 [Fecha de consulta: 26 de Mayo del 2019]. ISSN 0045-6535 Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653597003639>.
  - COVARRUBIAS, Sergio y PEÑA, Juan. Contaminación ambiental por metales pesados en México: problemática y estrategias de fitorremediación. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*. [en línea] Octubre 2016, n. °1. 13-20 [Fecha de consulta: 12 de Junio del 2019]. DOI 10.2093 Disponible en <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/RICA.2017.33.es.p01.01/46640>
  - DIGESA (2013), Problemas de salud por metales pesados. MINSA: Lima, 1-123, pp.23.
  - GOMEZ Sergio. Metodología de la investigación. [en línea] Mexico: Red tercer Milenio, 2012, [Fecha de consulta: 18 de Mayo del 2019]. Disponible en [http://www.aliat.org.mx/BibliotecasDigitales/Axiologicas/Metodologia\\_de\\_la\\_investigacion.pdf](http://www.aliat.org.mx/BibliotecasDigitales/Axiologicas/Metodologia_de_la_investigacion.pdf).
  - GRAMLICH,A [et al]. Captación de cadmio por los árboles de cacao en sistemas agroforestales y de monocultivo bajo manejo convencional y orgánico. *Ciencia del medio ambiente total* [en línea] Febrero 2017, n°580.987-994. [Fecha de consulta: 24 de Mayo del 2019]. ISSN 0048-9697. Disponible

en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969716326985#!>.

- GUTIÉRREZ A. y MARTINEZ T. Mecanismo de biodegradación de la lignina. Revista Iberoamericana de Micología [en línea] Abril 1996, n. °1.18-23 [Fecha de consulta: 01 de Junio del 2019]. ISSN 1130-1406. Disponible en <http://digital.csic.es/bitstream/10261/71580/1/Mecanismo%20de%20biodegradaci%C3%B3n%20de%20la%20lignina.pdf>.
- GUANILO Angie Y CARHUATOCTO Lucerito. Remediación mediante Pleurotus ostreatus y Trametes versicolor en suelos contaminados por Metamidofos y cadmio en la zona de Ninabamba - Cajamarca 2019. Tesis para obtener el título profesional. [Consultado 1 de Mayo del 2019] Disponible en <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/36355>
- HERNANDEZ Ricardo. y LOPEZ Claudia. Evaluación del crecimiento y producción de Pleurotus ostreatus sobre diferentes residuos agroindustriales del departamento de Cundinamarca. Tesis para obtener el título profesional. [Consultado 02 de Mayo del 2019] Disponible en <https://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis257.pdf>.
- HUAYTANES Jose Luis. Efecto de la materia orgánica en la absorción de Cadmio por el suelo, en la localidad de Supte. Tesis para obtener el título profesional. [Consultado 12 de Mayo del 2019] Disponible en <http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/451/T.CSA84.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- ICART María Teresa, FUENTELESAZ Carmen y PULPÓN Anna. Elaboración y presentación de un proyecto de investigación y una tesina. [en línea]. Diciembre 2006 [fecha de consulta: 17 de Mayo de 2019]. Disponible en [https://books.google.com.pe/books/about/Elaboraci%C3%B3n\\_y\\_presentaci%C3%B3n\\_de\\_un\\_proye.html?hl=es&id=5CWKWi3woi8C&redir\\_esc=y](https://books.google.com.pe/books/about/Elaboraci%C3%B3n_y_presentaci%C3%B3n_de_un_proye.html?hl=es&id=5CWKWi3woi8C&redir_esc=y).
- JARA G. y GÓMEZ K.. Eliminación biológica mediante la combinación de Cd de soluciones acuosas usando Phanerochaete Crysosporium y paja de arroz. Ecotoxicology and Environmental Safety: Colombia [en línea] Febrero 2011, n. ° 1.187-192. [Fecha de consulta: 18 de Mayo del 2019]. ISSN 0198-0254. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0198025486946595>.

- JARAMILLO Carmenza y PATIÑO Claudia. Sistema de biosorción de metales pesados de los lixiviados del relleno sanitario la esmeralda de la ciudad de manizales. Repositorio Institucional Universidad de Manizales. [en línea]. Abril 2007 [fecha de consulta: 18 de Mayo de 2019]. Disponible en <http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/handle/6789/2000>.
- JAROSZ WILKOLAZKA, Anna [et al] Absorción de cadmio iones en BLANCO-hongo de pudrición *Trametes versicolor* : EFECTO DE CD (II) IONES SOBRE LA ACTIVIDAD DE lacasa. *Cell Biology International* [en línea] Julio 2002, n ° 26 .500-510. [Fecha de consulta: 26 de Mayo del 2019]. DOI 10.1006 Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1065699502908875>
- JIMENEZ Melissa. . Biorremediación con inóculos de *Pleurotus ostreatus* para recuperar suelos contaminados con metales pesados en La Florida Cajamarca Tesis para obtener el título profesional. [Consultado 11 de Mayo del 2019] Disponible en [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/10889/jimenez\\_ilm.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/10889/jimenez_ilm.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- KERSLEN PJ y KIRK TK. Involvement of a new enzyme, glyoxal oxidase, in extracellular H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> production by *Phanerochaete chrysosporium*. *J Bacterio* [en línea] Abril 1996, n. °1.195-2201. [Fecha de consulta: 01 de Junio del 2019]. Disponible en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC212128/?page=1>.
- LI, Xing [et al] Aplicación de β-ciclodextrina al amaranto inoculado con hongo de podredumbre blanca para una remediación más eficiente del suelo co-contaminado con Cd y BDE-209 .*Ciencia del medio ambiente* [en línea] Septiembre 2018, n.º 634 .2345-2356. [Fecha de consulta: 15 de Mayo del 2019]. ISSN 0048-9697 Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969718310702>
- LOPÉZ, María. Biorremediación de metales pesados con aislados microbianos procedentes de procesos de compostaje. Tesis para obtener Maestría. [Consultado 07 de Mayo del 2019] Disponible <http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/474/BIORREMEDIACI%C3%93N%20DE%20METALES%20PESADOS%20CON%20AISLADOS%20MICROBIANOS%20PROCEDENTES%20DE%20PROCESOS%20DE%20COMPOSTAJEL%C3%93PEZ%20MART%C3%8DN%2C%20MARIA.pdf?sequence=1&isAllow>

- MEJÍA Martha. Uso del hongo *Pleurotus ostreatus*, para la remoción de Pb en los suelos de Carabayllo- Lima 2016. Tesis para obtener Título. [Consultado 01 de Mayo del 2019] Disponible en [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/913/Mej%c3%ada\\_SMF.pdf?sequence=6&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/913/Mej%c3%ada_SMF.pdf?sequence=6&isAllowed=y).
- MONTROYA [et. al]. Acumulación de metales pesados en *Clamagrostis rigida* (Kunth) Trin. ex Steud. (Poaceae) y *Myriophyllum quitense* Knth (Haloragaceae) evaluadas en cuatro humedales altoandinos del Perú. Tesis para obtener el título profesional. [Consultado 02 de Mayo del 2019] Disponible en [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S241332992017000200010&script=sci\\_abstract](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S241332992017000200010&script=sci_abstract).
- MOHAMMADIAN [et al]. Tolerance to heavy metals in filamentous fungi isolated from contaminated mining soils in the Sanjan Province, Iran. *Ciencia del medio ambiente total* [en línea] Octubre 2017, n°185.6789-6793 [Fecha de consulta: 23 de Mayo del 2019]. DOI 10.1016 Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653517310652>.
- MOUSO, Nora, DIORIO, Luis y FORCHIASSIN, Flavia. ‘Acción de *Stereum hirsutum* (Wild) Pers. en la degradación de colorantes’, *Revista Iberoamericana de Micología*. [en línea] Diciembre 2007, n. ° 4. 67-75.[Fecha de consulta: 04 de Mayo del 2019]. ISSN 4576-3384. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1130140607700591>
- MUNIVE Ruben. Recuperación de suelos degradados por contaminación con metales pesados en el valle del mantaro mediante compost de stevia y fitorremediación. Tesis para obtener el título profesional. [Consultado 08 de Mayo del 2019] Disponible en <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3770/munive-cerron-ruben-victor.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- OC, Wilber. Bioacumulación de cadmio en el cacao (*Theobroma cacao*) en la Comunidad Nativa de Pakun, Perú. [en línea]. Abril 2018.63-68 [fecha de consulta: 24 de Mayo de 2019]. ISSN 2523-1855. Disponible en: [revistas.lamolina.edu.pe/index.php/rfp/article/download/1156/pdf\\_29](http://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/rfp/article/download/1156/pdf_29). 13p.

- ORTIZ, Irene [et. al]. Técnicas de recuperación de suelos contaminados. Universidad de Alcalá. [en línea]. Diciembre 2007.199-230. [fecha de consulta: 15 de Mayo de 2019]. Disponible en [http://www.madrimasd.org/uploads/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/VT/vt6\\_tecnicas\\_recuperacion\\_suelos\\_contaminados.pdf](http://www.madrimasd.org/uploads/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/VT/vt6_tecnicas_recuperacion_suelos_contaminados.pdf).
- PAREDES Jessica. Aplicación del hongo *Pleurotus ostreatus* como alternativa para la biorremediación de suelos contaminados con metales pesados. Tesis para obtener el título profesional [Consultado 19 de Mayo del 2019] Disponible en <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/21150/1/D-92862.pdf>.
- PÉREZ Lemache. Determinación de capacidad de remoción de cadmio y plomo por hongos de la podredumbre blanca *Pleurotus ostreatus* en suelos de la Zonasel Timbre Cantón Quininde. Tesis para obtener el título profesional. [Consultado 08 de Mayo del 2019] Disponible en <http://dspace.espoeh.edu.ec/bitstream/123456789/8540/1/236T0320.pdf>.
- QUINTERO Juan. Degradacion de plaguicidas mediante hongos de la pudricion blanca de la madera. [en línea] Febrero 2011, n. ° 1 . 234-241.[Fecha de consulta: 18 de Mayo del 2019]. ISSN 5867-5882 Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v64n1/a12v64n01.pdf>.
- REVOREDO Andrea. Efecto del tratamiento con 3 cepas de streptomycetos en la acumulación de cadmio en plantas de *THEOBROMA CACAO L.*. Tesis para obtener el título profesional. [Consultado 02 de Mayo del 2019] Disponible en <http://repositorio.upch.edu.pe/handle/upch/1475>.
- RODRÍGUEZ Serrano [et. al]. Toxicidad del Cadmio en Plantas. *Asociación española de ecología terrestre* [en línea] Abril 2008, n. °1 123-129 [Fecha de consulta: 22 de Junio del 2019]. ISSN 1697-2473. Disponible en [https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/8734/1/ECO\\_17\(3\)\\_14.pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/8734/1/ECO_17(3)_14.pdf).
- ROJAS J. Y HORMAZA, A. Evaluation of brilliant blue dye dye biodegradation by white rot fungi and their consortia. [en línea] Junio 2016, n. ° 1.134-139. [Fecha de consulta: 08 de Mayo del 2019]. ISSN 0123-4226 Disponible en [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S01234226201600010](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S01234226201600010)

0021.

- SÁNCHEZ Annerys. Producción de hongos comestibles del género Pleurotus a partir de los residuos vegetales provenientes de la plaza de mercado del municipio de quibdó. Tesis para obtener Maestría. [Consultado 17 de Mayo del 2019] Disponible en [http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/2204/Tesis%20Annerys%20-%2026%20de%20mayo%20de%202015%20\(1\).pdf?sequence=3](http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/2204/Tesis%20Annerys%20-%2026%20de%20mayo%20de%202015%20(1).pdf?sequence=3).
- SÁNCHEZ Jose. La biología y el cultivo de Pleurotus spp. [en línea]. Enero 2001 [fecha de consulta: 16 de Mayo de 2019]. Disponible en [https://books.google.com.pe/books/about/La\\_biolog%C3%ADa\\_y\\_el\\_cultivo\\_de\\_Pleurotus\\_s.html?id=AXdoPQAACAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.com.pe/books/about/La_biolog%C3%ADa_y_el_cultivo_de_Pleurotus_s.html?id=AXdoPQAACAAJ&redir_esc=y).
- SAUCEDO, Enrique. Suelos contaminados con elementos Potencialmente Tóxicos Un nuevo método de detección. [en línea]. Diciembre 2014 [fecha de consulta: 17 de Mayo de 2019]. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=qRXVBQAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=Suelos+contaminados+con+elementos+Potencialmente+T%C3%B3xicos+Un+nuevo+m%C3%A9todo+de+detecci%C3%B3n&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwj9j7Sg2PHIAhXZFLkGHZSNBt0Q6AEIKTAA#v=onepage&q=Suelos%20contaminados%20con%20elementos%20Potencialmente%20T%C3%B3xicos%20Un%20nuevo%20m%C3%A9todo%20de%20detecci%C3%B3n&f=false>.
- SIFUENTES Enith. Producción de inóculo de Pleurotus ostreatus para uso en biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos de petróleo. Tesis para obtener el título profesional, [Consultado 19 de Mayo del 2019] Disponible en <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/1874>
- TOSCANO [et. al]. Caracterización química de paja de trigo del valle de Mexicali y la correlación entre el N° Kappa y el contenido de lignina. Universidad Autónoma de Baja California. [en línea] Mayo 2015, n. °1 .1095-1013.[Fecha de consulta: 22 de Junio del 2019]. Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/288838653\\_CHARACTERIZACION\\_QUIMICA\\_DE\\_PAJA\\_DE\\_TRIGO\\_DEL\\_VALLE\\_DE\\_MEXICALI\\_Y\\_LA\\_CORRELACION\\_ENTRE\\_EL\\_No\\_KAPPA\\_Y\\_EL\\_CONTENIDO\\_DE\\_LIGNINA](https://www.researchgate.net/publication/288838653_CHARACTERIZACION_QUIMICA_DE_PAJA_DE_TRIGO_DEL_VALLE_DE_MEXICALI_Y_LA_CORRELACION_ENTRE_EL_No_KAPPA_Y_EL_CONTENIDO_DE_LIGNINA).
- TRIGOSO Doraliz. Reducción de cadmio en suelos contaminados a través de Amaranthus Hybridus y Micorrizas Arbusculares en la Región Huánuco, 2017. Tesis

- para obtener Título. [Consultado 16 de Mayo del 2019] Disponible [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/14425/Trigoso\\_PD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/14425/Trigoso_PD.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- VALDÉS Francisco. Primera Edición. La contaminación por metales en Torreón Coahuilla. [en línea]. Septiembre 1999 [fecha de consulta: 12 de Mayo de 2019]. Disponible en [https://books.google.com.pe/books/about/La\\_contaminaci%C3%B3n\\_por\\_metales\\_pesados\\_en.html?id=tcI5AAAAIAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.com.pe/books/about/La_contaminaci%C3%B3n_por_metales_pesados_en.html?id=tcI5AAAAIAAJ&redir_esc=y).
  - VARNERO María., QUIROZ Madelaine. y ALVAREZ Cristian. Utilización de residuos forestales lignocelulosicos para producción del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*). *Información tecnológica*. [en línea] Marzo 2010, n.º 2.156-165. [Fecha de consulta: 02 de Mayo del 2019]. ISSN 0718-0764. Disponible en [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S071807642010000200003](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S071807642010000200003).
  - VENTURA Daisy. Cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus* para la remoción de mercurio en suelos de la comunidad minera Santa Barbara-Huancavelica. Tesis para obtener el título profesional. [Consultado 25 de Mayo del 2019] Disponible en [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/912/Ventura\\_HDK.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/912/Ventura_HDK.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
  - ZEGARRA Regina., Capacidad del hongo *Pleurotus ostreatus* para la biorremediación de suelos contaminados por Plomo (Pb) en el laboratorio - 2017. Tesis para obtener el título profesional, [Consultado 19 de Mayo del 2019] ISSN Disponible en [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/17493/Zegarrra\\_MR.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/17493/Zegarrra_MR.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
  - ZENG Xiao [et al]. Taxonomy characteriation and cadmium biosorption of fungus strain. *Ciencia del medio ambiente total* [en línea] Septiembre 2013, n°23.329-335. [Fecha de consulta: 20 de Mayo del 2019]. ISSN 2759-2765 Disponible <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1003632613627946#!>
  - ZHANG, Xiaoxiao [et al]. Effects of cadmium on calcium homeostasis in the white-rot fungus *Phanerochaete chrysosporium*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*.

Elsevier Inc. [en línea]. Marzo 2018, n. ° 15. 564-570. [Fecha de consulta: 10 de Mayo del 2019]. ISSN 0147-6513 Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0147651318302586>.

- ZHAO, Meihua [et al] A combined biological removal of Cd 2 þ from aqueous solutions using Phanerochaete chrysosporium and rice straw .*Ecotoxicology and Environmental Safety*. Agosto 2016, n. ° 1 .96-105.[Fecha de consulta: 14 de Abril del 2019]. ISSN 0147-6513 Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S014765131630118X>.
- ZHUNIO Karen. Valoración de hongos filamentosos nativos del bosque protector aguarongo en la absorción de metales pesados. Tesis para obtener el título profesional. [Consultado 12 de Mayo del 2019] Disponible en <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/12906/1/UPS-CT006725.pdf>.

## ANEXOS

### Anexo 1. REGISTRO FOTOGRÁFICO

	
<p><b>Distribución del Agar en las Placas Petri</b></p>	<p><b>Preparación del <i>Pleurotus ostreatus</i></b></p>
	
<p><b>Distribución de los granos de trigo en las bolsas</b></p>	<p><b>Preparación del inóculo primario</b></p>
	
<p><b>Inóculo Secundario</b></p>	<p><b>Inóculo Primario</b></p>



**Contaminación del suelo con Cadmio**



**Pesado de la paja de trigo**



**Preparación de la unidad experimental**



**Rotulado de las unidades experimentales**



**Unidades experimentales al Día 5**



**Determinando el Crecimiento del micelio**



**Preparación de los inóculos del *Pleurotus ostreatus***



**Distribución del suelo en las placas Petri**



**Vista de las enzimas que brota de los granos inoculados**



**Contaminación del suelo con cadmio**



**Corte del hongo *Pleurotus ostreatus***



**Crecimiento del hongo del día 5**



**Preparación del Agar**



**Hongo Pleurotus ostreatus adquirido de Setas Perú**



**Toma de pH en el laboratorio para cada muestra**



**Toma de pH en el laboratorio para la muestra inicial**

**Anexo 2: FICHA DE RESULTADOS – CRECIMIENTO DEL MICELIO *PLEUROTUS OSTREATUS*.**

**Concentración 98,30 ppm:**

Fecha	Código de muestra		Propiedades físicas		Dosis						
			Radio de colonia (mm)	Color de colonia	grano / placa			Tiempo (días)			
					4	7	10	5	10	15	20
18-10-19	T1	r1			X			X			
18-10-19		r2			X			X			
18-10-19		r3			X			X			
18-10-19		r4			X			X			
18-10-19	T2	r1				X		X			
18-10-19		r2				X		X			
18-10-19		r3				X		X			
18-10-19		r4				X		X			
18-10-19	T3	r1					X	X			
18-10-19		r2					X	X			
18-10-19		r3					X	X			
18-10-19		r4					X	X			

**Concentración 138,45 ppm:**

Fecha	Código de muestra		Propiedades físicas		Dosis						
			Radio de colonia (mm)	Color de colonia	grano / placa			Tiempo (días)			
					4	7	10	5	10	15	20
18-10-19	T1	r1			X			X			
18-10-19		r2			X			X			
18-10-19		r3			X			X			
18-10-19		r4			X			X			
18-10-19	T2	r1				X		X			
18-10-19		r2				X		X			
18-10-19		r3				X		X			
18-10-19		r4				X		X			
18-10-19	T3	r1					X	X			
18-10-19		r2					X	X			
18-10-19		r3					X	X			
18-10-19		r4					X	X			



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



## INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN SUELO

SOLICITANTE : SHANDELL CASTILLO PALOMINO

PROCEDENCIA : JUNIN

REFERENCIA : H.R. 70767

BOLETA : 3749

FECHA : 22/11/2019

Lab	Número Muestra		Cd ppm
	Claves		
5137	700/4/5-1		71.37
5138	700/4/5-2		68.61
5139	700/4/5-3		66.84
5140	700/4/5-4		66.62
5141	700/7/5-1		76.86
5142	700/7/5-2		111.66
5143	700/7/5-3		79.61
5144	700/7/5-4		86.89
5145	700/10/5-1		76.12
5146	700/10/5-2		75.03
5147	700/10/5-3		71.74
5148	700/10/5-4		67.09
5149	700/4/10-1		68.55
5150	700/4/10-2		69.23
5151	700/4/10-3		67.33
5152	700/4/10-4		69.15
5153	700/7/10-1		68.81
5154	700/7/10-2		64.51
5155	700/7/10-3		72.70
5156	700/7/10-4		72.54



*Braujio la Torre Martínez*  
Jefe del Laboratorio



## INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN SUELO

SOLICITANTE : SHANDELL CASTILLO PALOMINO

PROCEDENCIA : JUNIN

REFERENCIA : H.R. 70767

BOLETA : 3749

FECHA : 22/11/2019

Número Muestra		Cd ppm
Lab	Claves	
5157	700/10/10-1	62.78
5158	700/10/10-2	72.88
5159	700/10/10-3	74.79
5160	700/10/10-4	84.08
5161	700/4/15-1	70.01
5162	700/4/15-2	68.39
5163	700/4/15-3	63.16
5164	700/4/15-4	56.26
5165	700/7/15-1	75.05
5166	700/7/15-2	66.91
5167	700/7/15-3	80.02
5168	700/7/15-4	77.39
5169	700/10/15-1	63.73
5170	700/10/15-2	68.69
5171	700/10/15-3	69.87
5172	700/10/15-4	59.28
5173	700/4/20-1	65.81
5174	700/4/20-2	73.31
5175	700/4/20-3	63.16
	700-01	98.30



Ing. Braulio La Torre Martínez  
Jefe del Laboratorio



## INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN SUELO

SOLICITANTE : SHANDELL CASTILLO PALOMINO

PROCEDENCIA : JUNIN

REFERENCIA : H.R. 70767

BOLETA : 3749

FECHA : 22/11/2019

Número Muestra		Cd ppm
Lab	Claves	
5197	900/10/5-4	90.16
5198	900/4/10-1	100.80
5199	900/4/10-2	101.44
5200	900/4/10-3	70.79
5201	900/4/10-4	95.92
5202	900/7/10-1	95.99
5203	900/7/10-2	90.78
5204	900/7/10-3	88.60
5205	900/7/10-4	101.90
5206	900/10/10-1	97.98
5207	900/10/10-2	98.09
5208	900/10/10-3	98.68
5209	900/10/10-4	101.73
5210	900/4/15-1	88.55
5211	900/4/15-2	106.63
5212	900/4/15-3	106.12
5213	900/4/15-4	92.28
5214	900/7/15-1	98.62
5215	900/7/15-2	87.65
5216	900/7/15-3	99.97



Ing. Braulio La Torre Martínez  
Jefe del Laboratorio



## INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN SUELO

SOLICITANTE : SHANDELL CASTILLO PALOMINO  
PROCEDENCIA : JUNIN  
REFERENCIA : H.R. 70767  
BOLETA : 3749  
FECHA : 22/11/2019

Número Muestra		Cd ppm
Lab	Claves	
5177	700/4/20-4	56.65
5178	700/7/20-1	67.14
5179	700/7/20-2	79.80
5180	700/7/20-3	68.75
5181	700/7/20-4	75.90
5182	700/10/20-1	64.62
5183	700/10/20-2	62.94
5184	700/10/20-3	72.12
5185	700/10/20-4	75.65
5186	900/4/5-1	104.33
5187	900/4/5-2	97.69
5188	900/4/5-3	82.93
5189	900/4/5-4	99.58
5190	900/7/5-1	95.62
5191	900/7/5-2	100.39
5192	900/7/5-3	88.03
5193	900/7/5-4	81.80
5194	900/10/5-1	90.46
5195	900/10/5-2	96.12
5196	900/10/5-3	93.33



Ing. Brailio La Torre Martínez  
Jefe del Laboratorio



# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

## FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH  
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO  
Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 015640

### ANÁLISIS DE SUELO

SOLICITANTE : SHANDELL CASTILLO PALOMINO  
PROYECTO : COMERCIALIZACIÓN  
PROCEDENCIA : Junín  
RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras  
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 04 de noviembre de 2019

Lab.	Número de muestra		Cadmio total (ppm)
	Campo		
15640	suelo		138.45



LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO

Ing. Msc. Miguéla Sánchez Delgado  
JEFE DE LABORATORIO