

FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería Ambiental

“BIOACUMULACIÓN DE METALES EN CULTIVO DE
Lupinus albus L. EMERGENTES EN SUELOS
CONTAMINADOS”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Ambiental

Autor:
Neil Keneet Castañeda Paredes

Asesor:
Mg. Cs. Juan Carlos Flores Cerna

Cajamarca - Perú

2022

DEDICATORIA

Primeramente, agradezco a Dios, por haberme permitido llegar hasta esta etapa de mi formación académica y profesional, por brindarme salud y bienestar, por guiarme en los pasos que voy dando, con serenidad y certeza, por permitir conocer a personas importante a lo largo del tiempo, las cuales me guiaron en esta formación.

A mis padres María Paredes y Luis Castañeda, que siempre me guiaron en mi formación como persona y profesional, por todas sus enseñanzas, por enseñarme que todo lo que uno se propone con fuerza y voluntad se llega a lograr, por sus consejos y valores inculcados desde niño para ser una persona de bien, por todo su amor entregado hacia a mí, por los cuales me ayudaron a lograr con paso firme así mis objetivos primordiales trazados.

A mi hermosa hija Dara, ya que por ella sigo avanzando con paso firme, siempre me brinda las fortalezas y ese empuje de salir a delante y superar mis metas y así lograr mis objetivos de vida trazados.

A mis familiares y amigos, ya que ellos siempre me brindaron sus consejos y lecciones para poder ser una mejor persona de bien y fortalecer mis valores, las cuales me ayudan a ser mejor cada día, por toda la estima brindada en cada momento, por su amistad y paciencia otorgada hacia a mí en este largo recorrido que ya falta poco para lograr mis metas trazadas.

AGRADECIMIENTO

Manifiesto mi agradecimiento a Dios, por permitirme llegar hasta esta etapa de mis estudios y poder hacer realidad esta investigación, por la fuerza y empuje que me hizo llegar para poder cumplir mis objetivos trazados hasta esta etapa de mi vida.

A mi asesor de tesis, al M. Cs. Juan Carlos Flores Cerna, gracias por su disponibilidad de tiempo y amabilidad, por el material facilitado en el proceso de asesoramiento, de igual manera las ideas y sugerencias brindadas para la realización de este trabajo de investigación, por su comprensión y orientación a mis dudas presentadas y sugerencias. Así mismo agradezco a la Ing. Magda Velásquez, por su apoyo y confianza otorgada en todo momento.

A mis padres, que me fueron ayudando en mi formación académica, hasta esta primera etapa para poder lograr mis metas y objetivos primordiales como profesional. A mis familiares y amigos que siempre me guiaron en esta etapa de aprendizaje, por sus consejos para poder ser mejor persona y un buen profesional, porque son las mejores personas que la vida me pudo dar, por la estima recibida.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	6
ÍNDICE DE FIGURAS.....	7
RESUMEN.....	8
CAPÍTULO 1.INTRODUCCIÓN.....	9
1.1. Realidad problemática	9
1.2. Formulación del problema.....	27
1.3. Objetivos.....	27
1.3.1. <i>Objetivo general</i>	27
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i>	27
1.4. Hipótesis	28
1.1.1. <i>Hipótesis General</i>	28
1.1.2. <i>Hipótesis Específica</i>	28
CAPÍTULO 2.METODOLOGÍA	29
2.1. Tipo de investigación.....	29
2.2. Población y muestra.....	29
2.2.1. <i>Población:</i>	29
2.2.2. <i>Muestra:</i>	30

2.3. Materiales e instrumentos:	30
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	30
2.4.1. <i>Técnicas de recolección de datos:</i>	30
2.4.2. <i>Instrumento de recolección de datos:</i>	31
2.4.3. <i>Técnicas para el análisis de datos:</i>	32
2.4.4. <i>Criterios de Inclusión.</i>	33
2.4.5. <i>Consideraciones éticas.</i>	35
2.5. Procedimiento	35
CAPÍTULO 3.RESULTADOS.....	38
3.1. Estudios para la especie de flora fabaceae <i>Lupinus albus</i> L.	39
3.2. Comparación de metales bioacumulados en la especie de flora <i>Lupinus albus</i> L. ..	48
CAPÍTULO 4.DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	58
4.1. Discusión	58
4.2. Conclusiones.....	64
REFERENCIAS.....	66
ANEXOS.....	72

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Taxonomía de Lupinus albus L.</i>	19
<i>Tabla 2. Ficha de registro de datos</i>	32
<i>Tabla 3. Criterios de inclusión de los estudios</i>	33
<i>Tabla 4. Resultados para Martínez, Clemente, & Bernal (2008)</i>	39
<i>Tabla 5. Resultados para Piñeiro, et al. (2002)</i>	40
<i>Tabla 6. Resultados para Custódio (2014)</i>	42
<i>Tabla 7. Resultados para Rodríguez, et al. (2015)</i>	43
<i>Tabla 8. Resultados para Trejo, et al. (2016)</i>	45
<i>Tabla 9. Resultados para Trejo, et al. (2016)</i>	46
<i>Tabla 10. Comparación de bioacumulación del metal Cd</i>	48
<i>Tabla 11. Comparación de bioacumulación del metal Fe</i>	49
<i>Tabla 12. Comparación de bioacumulación del metal K</i>	50
<i>Tabla 13. Comparación de bioacumulación del metal Mg</i>	52
<i>Tabla 14. Comparación de bioacumulación del metal Mn</i>	53
<i>Tabla 15. Comparación de bioacumulación del metal Pb</i>	54
<i>Tabla 16. Comparación de bioacumulación del metal Zn</i>	56
<i>Tabla 17. Matriz de consistencia</i>	72
<i>Tabla 18. Ficha de registro de datos de estudios</i>	73

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Lupinus albus L.</i>	19
<i>Figura 2. Estructura de la planta fabaceae Lupinus albus. L (raíz y parte aérea)</i>	22
<i>Figura 3. Metodología desarrollada en la investigación</i>	37
<i>Figura 4. Concentración de metales en Lupinus albus L. (Martínez, Clemente, & Bernal, 2008)</i>	39
<i>Figura 5. Concentración de metales en Lupinus albus L. (Piñeiro, et al., 2002)</i>	41
<i>Figura 6. Concentración de metales en Lupinus albus L. (Custódio, 2014)</i>	42
<i>Figura 7. Concentración de metales en Lupinus albus L. (Rodríguez, et al., 2015)</i>	44
<i>Figura 8. Concentración de Cd en Lupinus albus L. (Trejo, et al., 2016)</i>	45
<i>Figura 9. Concentración de Hg en Lupinus albus L. (Azcárate, Rodríguez, & Villaseñor, 2016)</i>	47
<i>Figura 10. Comparación de bioacumulación del metal Cd, en Lupinus albus L.</i>	48
<i>Figura 11. Comparación de bioacumulación del metal Fe, en Lupinus albus L.</i>	49
<i>Figura 12. Comparación de bioacumulación del metal K, en Lupinus albus L.</i>	51
<i>Figura 13. Comparación de bioacumulación del metal Mg, en Lupinus albus L.</i>	52
<i>Figura 14. Comparación de bioacumulación del metal Mn, en Lupinus albus L.</i>	53
<i>Figura 15. Comparación de bioacumulación del metal Pb, en Lupinus albus L.</i>	55
<i>Figura 16. Comparación de bioacumulación del metal Zn, en Lupinus albus L.</i>	56

RESUMEN

Actividades como la minería y la industria originan una severa contaminación en los suelos debido al aumento de metales, para poder afrontar esta situación se vienen implementando métodos como la fitorremediación. El objetivo principal de la investigación fue “Describir la bioacumulación de metales en cultivo de *Lupinus albus* L. emergentes en suelos contaminados”. Se hizo la elaboración de un análisis y revisión documental bibliográfica, usando técnicas e instrumentos a la revisión documentaria y registros en base de datos. Para el análisis de datos se tomaron las concentraciones en base a la planta en general, así como también la parte raíz y aérea (tallo - hojas), así mismo se realizó una comparación de las concentraciones absorbidas por metal. Se registraron concentraciones muy altas para algunos metales como Pb, Hg y Mg con 6094 mg/kg, 1.25 mg/kg y 469.30 mg/kg respectivamente, otros en menor proporción como Cd con 50.13 mg/kg, generando la mayor bioacumulación en la parte raíz de la planta. Se concluyó que la especie *Lupinus albus* L. sí es capaz de absorber metales en su organismo, generando una bioacumulación importante de metales.

Palabras Claves: *Bioacumulación, Fitorremediación, Concentración, Lupinus albus L.*

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La contaminación del suelo es un problema a nivel mundial, principalmente por metales, el cual es producido inicialmente por fuentes antropogénicas como la minería, la industria y la agricultura. Para (Martínez, Clemente, & Bernal, 2008), mencionan que, la contaminación del suelo se origina producto de las diversas actividades humanas, siendo así que, una sustancia se encuentra en concentraciones superiores al nivel natural presente en el suelo, ocasionando así un impacto negativo para algunos o todos los componentes del medio ambiente.

La minería, así como la industria en general junto con actividades asociadas, producen una gran cantidad de residuos pétreos y lodos, estos ricos en metales que a su vez han sido depositados en la superficie del entorno minero. Así es como nos menciona (Becerril, et al., 2007), que el suelo original de mina se puede degradar o perder irremediablemente, ocasionando así nuevos suelos transformados, estos por materiales poco capaces para el desarrollo de procesos biológicos. Según (Galán & Romero, 2008), explican que la disposición de concentraciones nocivas de algunos compuestos (contaminantes) y elementos químicos en los suelos, es un tipo particular de degradación que se denomina contaminación. El contaminante se encuentra siempre en concentraciones superiores de lo ordinario (anomalías) y mayormente genera sobre algunos organismos un efecto adverso.

Las actividades antropogénicas como la industria y minera, muchas veces, dejan un gran número de sitios abandonados o descuidados, dónde no se han realizado labores de una rehabilitación inmediata, siendo por dicho motivo que se ha dado la aparición de Pasivos Ambientales Mineros (PAMs). Según (Dávila & Walter, 2018), mencionan que, un pasivo Ambiental Minero es considerado a todas aquellas instalaciones, emisiones,

restos, efluentes o depósitos de residuos, generados por operaciones mineras, las cuales se encuentran en estado de abandono o inactivas que representan un riesgo estable y potencial en la salud de la población, así como en el ecosistema circundante. De igual manera han hecho mención que los pasivos mineros abandonados son aquellas que se encuentran situadas fuera de una concesión vigente a la fecha de entrada en vigencia de la ley. Por medio de esto quedando contaminados los suelos por sustancias tóxicas de metales, quedando así expuesto a causar graves daños en el medio ambiente.

En nuestro país, la legislación ambiental ha planteado un concepto, el cual está basado en “el que contamina paga” y los pasivos ambientales se definen de acuerdo con la Ley N° 28271, en el cual nos menciona en el Artículo N° 02, como: “aquellas instalaciones, efluentes, emisiones, restos o depósitos de residuos producidos por operaciones mineras, en la actualidad abandonadas o inactivas y que constituyen un riesgo permanente y potencial para la salud de la población, el ecosistema circundante y de la propiedad” (SINIA, 2004). Estos pasivos ambientales se pueden encontrar en forma de residuos, operaciones mineras, infraestructura o maquinaria, de distintos tipos y en diferentes proporciones, los cuales podrían ocasionar efectos adversos para el medio ambiente y por consiguiente a la salud humana.

El efecto que ocasiona en el medio ambiente, por medio de la industria, es un tema de gran importancia para aquellas empresas dedicadas a dicho rubro. Para tratar de minimizar y mitigar los daños ambientales, las empresas causantes deben someterse a las normas y reglamentos establecidos.

En el Perú, a la actualidad existen instituciones encargadas de supervisar y controlar las actividades antropogénicas que se puedan desarrollar en suelos, viendo temas como la contaminación por distintas sustancias, en el país contamos con las siguientes instituciones, como a OSINERGMIN, este es el Organismo Supervisor de la

Inversión en Energía y Minería, siendo una institución pública encargada de regularizar y fiscalizar que dichas empresas del rubro hidrocarburos, eléctrico y minero, efectúen las disposiciones legales en actividades que estas desarrollan, dicha institución nos hace mención que se pueden usar especies florales para temas de biorremediación, siendo autorizadas previamente por la Autoridad Ambiental Competente. De este modo emite un reglamento mediante el cual se consigna a dar protección al medio ambiente, brindando un Decreto Supremo N° 039 - 2014 - EM, (OSINERGMIN, 2014).

También intervienen instituciones como MINAM (Ministerio del Ambiente), que establece mediante Decreto Supremo N° 011 - 2017 - MINAM, mencionando que niveles de concentración de sustancias, elementos, parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en suelo, no deben representar algún riesgo importante para la salud de las personas ni para el ambiente (MINAM). De igual forma SINIA en conjunto con MINAM, promulgaron una ley la cual Aprueba Criterios para la Gestión de Sitios Contaminados, mediante Decreto Supremo N° 012 - 2017 - MINAM (MINAM, 2017).

A nivel regional, aún no cuenta con una institución u organización encargada de ver temas directamente sobre contaminación de suelos y soluciones para estos problemas en el medio ambiente. Sin embargo, se encuentra SIAR, el cual es un instrumento de Gestión Ambiental señalado en la Ley N° 28611 (Ley General del Ambiente) (MINAM, 2007), donde se fomenta la consolidación de información ambiental de los distintos organismos públicos y/o privados. Por otro lado, se cuenta con La Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente. Mediante estas instituciones a nivel regional, se puede enfocar en el manejo de temas sobre contaminación de suelos, en donde se puedan aplicar técnicas de biorremediación en zonas afectadas por metales.

Contaminantes como los metales, se encuentran presentes en los suelos por ser componentes originarios del medio, así mismo, como resultado de actividades

antropogénicas, esto según (Prieto, et al., 2009). Igualmente menciona que, se pueden encontrar diversos metales presentes en los suelos, como fragmentos propios de los minerales; mencionando así al hierro (Fe), potasio (K), magnesio (Mg), de igual manera se involucra al manganeso (Mn), el cual mayormente se manifiesta como óxido y/o hidróxido en el suelo, elaborando concreciones al lado de otros elementos metálicos. Igualmente hace mención que ciertos metales son sustanciales para la nutrición de las plantas, encontrando así al Mn, para el proceso de activación de algunas enzimas en el fotosistema, para lograr desarrollar el metabolismo vegetal. Por otro lado, considera que, metales pesados como el cobre (Cu), cadmio (Cd), mercurio (Hg), plomo (Pb), zinc (Zn), entre otros metales, conforman un grupo importante, debido a que cierta parte de estos metales son esenciales para las células, no obstante, si se consideran en altas concentraciones, resultan ser nocivos para los seres vivos tales como plantas, animales y el ser humano, como también a organismos presentes en el suelo.

Tomando en consideración el cobre (Cu), Inés (2002), menciona que, en cuanto refiere a metales traza, es uno de los más abundantes, siendo un micronutriente importante en la producción agrícola. En relación a los altos niveles de Cu en suelos, se asocian con enmiendas para lodos de depuradora al igual que a fungicidas cúpricos como las sales de cobre. En la solución del suelo, las concentraciones de Cu son extremadamente bajas, así es que (Inés, 2002) explica que es un 98 % del mismo unido a materia orgánica, separadamente del pH. Por otro lado, (Ruscitti, 2016) refiere que el exceso de cobre en el organismo de las plantas puede ocasionar efectos nocivos, causando así inhibición en el crecimiento para la parte aérea y raíz, de igual forma puede provocar clorosis de hojas, inclusive daño a las membranas celulares dando así la liberación de electrolitos de células.

Teniendo en cuenta a Coordinación General de Minería (2013), sostiene que el hierro (Fe) es de hecho el metal pesado más vasto y más presencia en la corteza terrestre. Difícilmente se encuentra en forma de estado puro, esto producido por la facilidad con la cual reacciona. Igualmente menciona que, a consecuencia de la avidez por el oxígeno, el hierro es encontrado en el medio natural en distintas formas de minerales, principalmente en forma de óxidos. Gran parte de las concentraciones de este metal en el medio natural, también es ocasionado por parte de la explotación de la industria de acero metalera, donde es combinado con otros metales tales como, para manganeso Mn, cromo (Cr), molibdeno (Mo), níquel (Ni) y vanadio (V), esto con el fin de generar mayor porosidad para lograr reacciones mucho más rápidas, así es como lo menciona (Coordinación General de Minería, 2013).

Como señala el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (2017), el manganeso (Mn) se encuentra presente en la naturaleza, mayormente como formas de óxidos y sulfuros, al igual que en la mayoría de los minerales de hierro. Igualmente sostienen que, el Mn es utilizado para la elaboración de aleaciones de metales ferrosos y no ferrosos, incluyendo también para la elaboración de acero, así mismo es usado en otras producciones industriales, como procesos de fabricación de baterías, soldadura, fundición de metales, producción de productos agrícolas y pigmentos, pinturas y fabricación de vidrio, por medio de sus aplicaciones en la industria, es que también generan desechos, ocasionando así daños en suelos y el medio ambiente.

De acuerdo a Sánchez (2016), nos menciona el caso del cadmio (Cd), siendo catalogado entre uno de los elementos más tóxicos, sumando a esta lista a elementos como el mercurio (Hg) y el plomo (Pb). Así mismo, menciona que se encuentra holgadamente esparcido en la naturaleza mezclado a minerales distintos. A su vez, el hombre ha colaborado con su disgregación desde inicios en actividades minero-

metalúrgica de distintos metales. La problemática del cadmio, además de su eminente toxicidad, se halla en la capacidad para ser acumulado por los seres vivos y en su larga vida media. El cadmio, así como otros metales, tiene como fuente principal a actividades antropogénicas, encontrando a actividades como la metalurgia y minería, de igual modo procesos mineros de metales no ferrosos, siendo la principal fuente de liberación de cadmio, como en la obtención del zinc, generándose ahí un subproducto como el cadmio (Sánchez, 2016). La contaminación de igual forma proviene de derrames de los depósitos de desechos, drenado de aguas residuales del procesamiento de los minerales, entre otras, contaminando de este modo los distintos medios, entre ellos el suelo.

Según Sánchez (2016), nos explica que el cadmio por medio de plantas puede ser retirado del suelo, mediante la cosecha en producto del rendimiento de cultivos con plantas, en la cual se pueda desarrollar la adsorción y captación de este metal. La absorción del cadmio por medio de plantas varía por las especies vegetales usadas y por propiedades del suelo (contenido en materia orgánica y pH). Así mismo menciona que para la absorción de cadmio en los cultivos de plantas puede variar en proporción con la concentración de cadmio presente en el suelo. Para (Chan & Hale, 2004), mencionan que, en la planta, la acumulación de cadmio se produce preferentemente en la raíz, almacenado en la vacuola de las células, donde solo una pequeña parte es transportada a la parte aérea de la planta concentrándose en orden decreciente, como en tallos, hojas, frutos y semillas. Para las plantas hiperacumuladoras (María, et al., 2008) menciona que, en abundantes casos, son endémicas de suelos ricos en metales pesados. El contenido en cadmio para estas plantas es poco más o menos de 100 veces superior en relación a plantas no hiperacumuladoras cultivadas en iguales condiciones. La mayor parte de estas plantas corresponden a los géneros *Silene*, *Arabidopsis* o *Thlaspi*. Los procesos para la

hiperacumulación pueden cambiar por la especie usada, esencialmente, por una o varias tácticas de tolerancia nombrados en el apartado anterior (Brooks, 1998).

Para Covarrubias & Peña (2016), mencionan que la presencia de mercurio (Hg) en el ambiente, así como en el suelo, está relacionada a causantes naturales tales como: actividades volcánicas, emisiones oceánicas, depósitos de minerales, desgasificación de la corteza terrestre e incendios forestales. No obstante, la gran fuente de presencia de este metal está dado por actividades antrópicas, esencialmente por actividades de minería y combustión industrial. Cabe resaltar que, en contraste a otros metales, el mercurio se presenta en estado gaseoso en la atmósfera, facilitando así el transporte por medio de la biósfera. (Gaona, 2004) Menciona que, diversos experimentos realizados con plantas silvestres, muestran comportamientos atípicos, sin embargo, menciona que la mayor absorción de mercurio se desarrolla en las raíces de las plantas. Por otro lado (Dammert & Molinelli, 2007), describen que, por medio de la minería informal, causan un severo daño al medio ambiente, generando así un impacto negativo, esto debido a los métodos y condiciones en las cuales se lleva a cabo el procesamiento de los elementos metálicos y minerales que se aplican, tal es así en donde se hace uso mercurio (Hg), sodio (K), o cianuro de potasio, los cuales posteriormente son desechados en los suelos directamente, generando un severo daño al medio ambiente.

En el caso del potasio (K), este metal se encuentra al igual que los demás metales, de manera natural en el los suelos, ya que se encuentra como un mineral natural, de igual forma se logra encontrar como un macronutriente importante para los cultivos, por dicho motivo este es concentrado en la aplicación y uso de fertilizantes, de tal modo, ocasiona que la planta lo absorba con facilidad y rapidez, ya que la planta lo encuentra como solución en el suelo, así es como lo menciona (Juárez, 2018). A través del uso de fertilizantes, las concentraciones de potasio en el suelo van en aumento.

Citando a Berrio, et al. (2017), describen que el magnesio (Mg) es considerado el metal estructural más liviano, así mismo, se podría considerar como el metal más abundante en el medio, debido a las diversas fuentes de las cuales se puede extraer, encontrándose en medios como minerales rocosos. También mencionan que, por su gran abundancia, se desarrolla su producción en diversos lugares, siendo así, obtenido tradicionalmente de minerales (dolomita y magnesita). De igual manera mencionan que debido al enorme potencial sobre este metal y con sus aleaciones, muestran aspectos negativos en relación a la contaminación.

El plomo (Pb) es un metal blando, maleable y gris, el cual se encuentra de manera natural en la superficie terrestre. (Azcona, Ramírez, & Flores, 2015) mencionan que su uso extenso, ha ocasionado un efecto negativo en la contaminación del medio, contaminando distintos medios, como el suelo, por consiguiente, un aumento significativo en su exposición a la sociedad, generando problemas severos. Su aporte en el medio se debe ante todo a actividades antropogénicas, entre las causantes primordiales de contaminación ambiental resaltan la metalurgia, explotación minera y en algunas regiones el uso persistente de aditivos, gasolinas y pinturas.

El zinc (Zn) se encuentra de manera natural en los distintos medios como el aire, agua y suelo, no obstante, las concentraciones de zinc se están incrementando de modo inusual, esto debido a la añadidura de zinc ocasionado por actividades humanas, explicado por (Durán & Ciabato, 2011). Igualmente expone que, la gran parte del zinc es elaborado y añadido por las actividades industriales, tales como, la extracción, combustión de carbón, así como también la elaboración del acero. Ciertamente menciona que, algunos suelos son contaminados abundantemente por zinc, debido a que son suelos donde el zinc es extraído directamente, igualmente en suelos dónde se utiliza como fertilizante al lodo de descargue provenientes de zonas industriales. Según (Casierra &

Poveda, 2005), el Zn incide en los procesos fotosintéticos en las plantas, siendo este un elemento importante de diversos sistemas de enzimas para la elaboración de energía, como también en la regulación y la síntesis de proteínas, de igual forma en conservar la integridad de la membrana de raíz; del mismo modo, participa en la fisiología y crecimiento de la planta.

La acumulación de metales en el suelo superficial, se puede reducir paulatinamente por medio de la erosión, lixiviación, la deflación y el consumo por las plantas, mencionado por (Ortiz, et al., 2009). Sin embargo, los grados de contaminación y su impacto en algunas zonas, necesitan de soluciones para periodos relativamente cortos, dónde disminuyan los grados de contaminación por metales y otros contaminantes. Sin embargo, existen plantas las cuales han logrado desarrollar sistemas fisiológicos para poder así sobrevivir, tolerar y resistir en suelos alterados por contaminación por metales (Becerril, et al., 2007). Especies como estas, restringen la absorción a los metales, transfieren hacia las hojas, donde absorben y acumulan activamente en su biomasa aérea. (Baker & Proctor, 1990). Los niveles de acumulación en metales van desde trazas hasta más del 1 % en materia seca de la planta (Diez, 2008).

Se conoce que diversas especies cultivadas de uso común, generan extracción, en menor o mayor grado de metales, cuando son desarrolladas en suelos contaminados (Chaney, 1989). Regularmente las plantas hiperacumuladoras presentan poca biomasa esto producido a la utilización de más energía para los procesos necesarios de poder adecuarse a las concentraciones elevadas de metal en sus tejidos (Kabata, 2000). La facultad que presentan las plantas de poder bioacumular metales y otros contaminantes depende del origen de los contaminantes y la especie vegetal. (Prieto, et al., 2009), mencionan que estas divergencias en la acumulación de metales, pueden ser relacionadas

al tipo de suelo empleado, al metabolismo vegetal connatural, a la facultad de inmovilización del metal en cuestión y a la interacción planta - raíz – metal.

Es así que por medio del uso de plantas se conocen métodos como la fitorremediación, para Martínez, Clemente, & Bernal (2008) mencionan que, la fitorremediación es un método el cual utiliza una combinación de enmiendas del suelo, plantas y agro-técnicas, para así poder realizar un tratamiento de suelos in situ. De igual modo, exponen que la fitorremediación con el uso de plantas, puede extraer contaminantes del suelo y/o hacerlos inofensivos, concretamente, desarrollando una fito-inmovilización, por medio del uso de las raíces de las plantas, dónde se logra retener los contaminantes en la rizosfera a través de su inmovilización en el suelo. Así mismo, Martínez, Clemente, & Bernal (2008) mencionan que, las interacciones producidas por suelo - planta en la rizósfera, determinan la transformación, absorción y acumulación de metales en las plantas. Por otro lado, hacen referencia sobre la disponibilidad de metales para las plantas, las cuales también se ve condicionada por la capacidad de cada especie de planta para movilizar los metales del suelo, por medio de distintos procesos desarrollados por la rizosfera, así como: procesos redox, acidificación, desorción de metales del complejo de intercambio del suelo y exudación de compuestos orgánicos.

El género *Lupinus Sp.* pertenece a la familia fabaceae, también conocida como Leguminosae. (Custódio, 2014), Menciona acerca de este género, la cual tiene especies de hábitos herbáceos y arbustivos, crecimiento erecto y puede variar de anual a perenne. Las especies del género *Lupinus Sp.* los más conocidos y cultivados son: lupino blanco (*Lupinus albus L.*), lupino azul (*Lupinus Angustifolius L.*) y lupino amarillo (*Lupinus Luteus L.*).

Tabla 1

Taxonomía de Lupinus albus L.

Reino	Plantae
Subreino	<i>viridiplantae</i>
Infrarreino	<i>Streptophyta</i>
Superdivisión	<i>Embryophyta</i>
División	<i>Traqueofitas</i>
Subdivisión	<i>Espermatofitina</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Superorden	<i>Rosanae</i>
Pedido	<i>Fabales</i>
Familia	<i>Fabaceae</i>
Género	<i>Lupinus L.</i>
Especies	<i>Lupinus albus L.</i>

(ITIS, 2021)

Figura 1

Lupinus albus L.



Nota: Adaptado de Plantas y Hongos, Herbarium: *Lupinus albus L.* (Fabaceae), Por Rafael Tormo Molina (2021). (https://www.plantasyhongos.es/herbarium/htm/Lupinus_albus.htm).

De igual manera Custódio (2014), nos menciona sobre el sistema radicular, el cual es pivotante y está bien desarrollado, llegando a dos metros o más de profundidad, promoviendo efectos beneficiosos sobre las características físicas, químicas y biológicas del suelo. Sin embargo, debido a sus características favorables, se utiliza principalmente como una cubierta verde para proteger contra la erosión, proporcionando retención de humedad, disminuyendo la temperatura del suelo, ayudando en el ciclo de nutrientes y especialmente en la recuperación de suelos degradados.

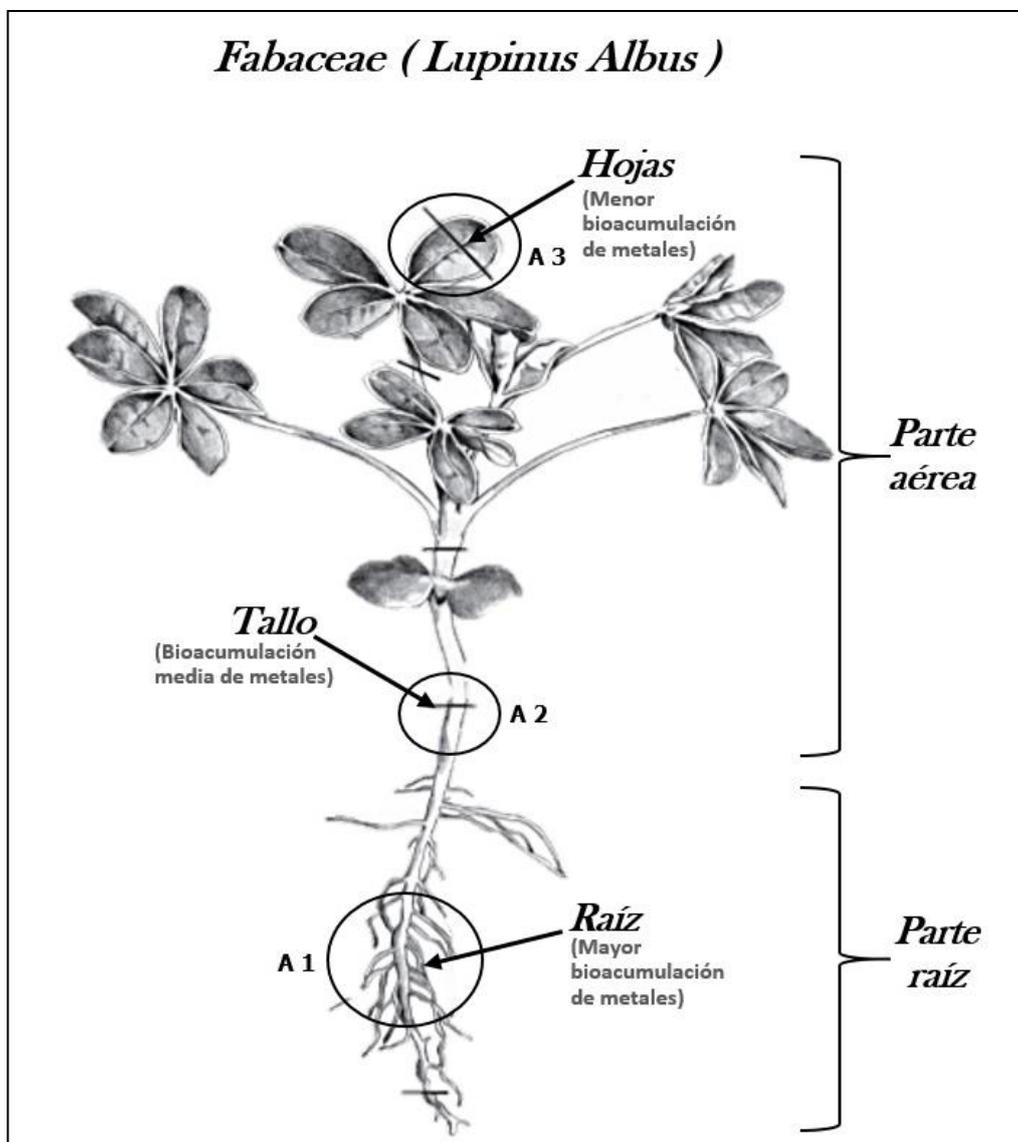
En la actualidad para la restauración de suelos contaminados por metales se cuentan con diversas tecnologías (Diez, 2008). Sabiendo que especies de flora tienen el sistema de poder absorber metales del suelo y lograr así una estabilización, generando suelos aptos para actividades biológicas, entre esas plantas se encuentra la especie de flora *Lupinus albus L.*, la cual se comporta de manera positiva en la bioacumulación de metales, es por eso que en esta investigación se opta por la revisión e indagación de información sobre estudios ya realizados con dicha especie. Para (Piñeiro, et al., 2002), el altramuz (*Lupinus albus L.*), tiene un gran potencial para ser considerada como una planta apropiada para emplearla como bioacumuladora de metales en cubiertas edáficas de los vertederos.

Para Martínez, Clemente, & Bernal (2008), la especie de flora *Lupinus albus L.*, viene a ser una planta leguminosa, la cual se puede adecuar a suelos con ambientes en bajo pH, teniendo una disponibilidad baja en nutrientes, con un exceso de nitrato, una elevada salinidad, y un contenido alto en el suelo para metales. Estas características componen, como a una especie de flora óptima para la fitorremediación de suelos contaminados por metales, debido a que mayormente estas condiciones desfavorables son combinadas para desarrollar un crecimiento por parte de las especies de plantas.

Así mismo Martínez, Clemente, & Bernal (2008), mencionan que, el *Lupinus albus L.* desarrolla su sistema de raíces en racimo, para así poder mejorar la adquisición de nutrientes, particularmente para el metal P. Enseguida, los cambios químicos en la rizósfera de las raíces para los racimos incluyen la acidificación del suelo, la reducción de Fe III y Mn IV, la liberación de ácidos orgánicos y compuestos fenólicos y la precipitación de sales en suelos calcáreos, mediante estos procesos, facilita la adquisición de nutrientes del suelo hacia la planta, pero de igual modo mejora el proceso de absorción de metales del suelo. Por ese modo, se destaca la utilidad de esta especie de flora para la fitoestabilización del suelo, debido a su desarrollo provechoso sobre las propiedades del suelo, de igual manera sobre un aumento del pH del suelo.

Figura 2

Estructura de la planta fabaceae Lupinus albus. L (raíz y parte aérea)



Nota: Representación esquemática de la estructura de la planta de especie de flora fabaceae *Lupinus albus* L., con sus respectivas partes dónde se logran acumular los metales absorbidos durante su crecimiento, según la morfoanatomía de la planta. A1: Raíz Primaria (Raíz), A2: Tallo (Parte Aérea), A3: Hojas (Parte Aérea). Adaptado de Morfoanatomía de las plántulas de dos especies de lupinos graníferos: *Lupinus albus* L. y *L. Angustifolius* (fabaceae, *Faboideae*). Por Seisdedos, Lina & Planchuelo, Ana. (2018). Lilloa. 55. 67-80. 10.30550/j.lil/2018.55.1/6.

Se encontraron distintos estudios que abarcan temas sobre la contaminación del suelo, así como los problemas que este ocasiona en diversas actividades antropogénicas. Así como hace mención (Piñeiro, et al., 2002). “Estudio del comportamiento acumulador de Zn en *Lupinus albus L.*, creciendo en suelos ácido y básico contaminados con este metal” donde mencionaron que abundantes áreas con suelos trastornados pertenecientes a vertederos antiguos, deficientemente sellados, de carácter mixto (con residuos industriales y urbanos), se encontraron entre los suelos más contaminados para esta área, así mismo hicieron referencia a estudios elaborados en la ciudad de Zaragoza - España, donde consideraron a la Especie de Flora *Lupinus albus L.*, como especie óptima para ser empleada como extractora de metales para cubiertas edáficas de los vertederos.

Así mismo en España se encontró un estudio sobre Respuestas de las Plantas a la Contaminación por Metales Pesados (Barceló & Poschenrieder, 1992), en dicho estudio se vio la importancia de los nexos para planta / medio ambiente, la variedad de los mecanismos de respuesta de las plantas frente a la toxicología por metales, los probables grados y cadenas de acción primaria y secundaria, y la labor de fraccionamiento celular, intercelular y subcelular en los mecanismos de respuesta de las plantas. Donde se determinó que las plantas, son un laboratorio excepcional de experimentación de la contaminación por metales.

Se encontró un estudio elaborado en Brasil sobre, Potencial Fitorremediador del *Lupinus Sp* en Suelos Contaminados con Cd (Custódio, 2014), el cual tomó como especie floral a *Lupinus albus L.*, siendo esa la especie escogida para este trabajo, en dicho estudio se tuvo por objetivo evaluar la tolerancia de las especies *Lupinus albus L.* y *Lupinus Angustifolius L.*, enfocándose en el elemento cadmio. En donde se obtuvieron resultados favorables a la especie *Lupinus albus L.*, siendo esta más tolerante al cadmio,

siendo el más indicado para el desarrollo de una bioacumulación de dicho metal en su estructura.

Así mismo, se encontraron estudios realizados en México, los cuales se enfocaron en la contaminación de suelos como de plantas, ocasionado especialmente por metales ocasionados por actividades antropogénicas. Uno de estos estudios se elaboró en la ciudad de México, haciendo mención a (Ehsan, et al., 2009), donde el objetivo de estudio fue explorar el comportamiento y la tolerancia a la acumulación de *Lupinus Uncinatus Schldl*, para su aplicabilidad en zonas contaminadas. Donde los metales se acumularon en la parte superior del de la corteza, quedando así asequible a la absorción para las raíces de las especies cultivadas, el metal pesado en el cual se enfocaron fue: el cadmio (Cd).

Por otro lado, se hallaron estudios que se enfocaron a dar solución la contaminación producida por metales presentes en los suelos, cuyos planteamientos consistieron en el empleo de plantas con características y propiedad de retener metales; dando entrada al método de “fitorremediación” en el cual utiliza a las plantas para transformar, reducir, mineralizar, remover, volatilizar, degradar o estabilizar contaminantes (Delgadillo, et al., 2011).

En nuestro país igualmente se encontraron estudios sobre fitorremediación con diversas especies de flora altoandinas. Es así como (Peña, et al., 2014). Realizaron este estudio en el distrito de Lachaqui, provincia de Canta, región Lima. Donde se evaluaron 5 especies alto andinas, en 4 sustratos con 30 %, 60 % y 100 % de relave de mina (RM) y suelo sin RM. En dónde se usaron estas 5 especies *Solanum Nitidum*, *Brassica Rapa*, *Fuertesimalva Echinata* y *Urtica Urens* y *Lupinus Ballianus*. Se lograron obtener resultados con la mayor eficacia de bioacumulación de plomo y zinc para la especie de *Fuertesimalva Echinata* en las raíces, con el tratamiento de 100 % de relave de mina. De igual manera en raíces de *L. Ballianus* lograron la bioacumulación más alta para cadmio.

Así mismo, Maguiña (2017), desarrolló una investigación sobre la capacidad fitorremediadora de *Lupinus Mutabilis Sweet*, el cual fue aplicada en suelos contaminados con cadmio (Cd), en dónde mostraron mediante sus resultados, que la mayor acumulación de cadmio fue dada en las raíces, con 3.13 mg/kg. Así mismo mencionaron sobre la tasa de supervivencia, el grado de tolerancia y el efecto del cadmio a nivel histológico y morfológico, en el cual se mencionó que existe una facultad fitorremediadora limitada, la cual se ve forzada con el incremento del cadmio.

En el departamento de Cajamarca, actualmente se cuenta con diversos problemas ambientales producidos principalmente por la actividad minera, así como mencionan (Dávila & Walter, 2018) es el caso acontecido en la zona minera Sinchao, ubicado en el distrito de Chugur, provincia de Hualgayoc, en el cual observaron la existencia de pasivos ambientales mineros como lo indica (Autoridad Nacional del Agua, 2011), donde han señalado que dicho paraje presenta una acentuada depresión conocida con el nombre de Tajo María Eugenia, el cual se encuentra en un total estado de desamparo y sin remediación. Es en los pasivos ambientales en donde se encuentra la mayor concentración de metales, ya que son grandes almacenes de residuos de desperdicios mineros.

Ante esta problemática presentada, se hace necesario realizar una revisión bibliográfica acerca de estudios e investigaciones ya realizadas en este ámbito, analizando los diversos métodos y/o técnicas empleadas, esto para poder analizar cómo actúan las especies de flora trabajadas y poder describir la capacidad de bioacumulación de metales (*Lupinus albus* L.).

Este trabajo abarca un análisis no experimental de la funcionalidad y capacidad de bioacumulación de metales haciendo uso de especies florales, en contaminantes presentes en el suelo, mediante la cual se describe la capacidad de acumular metales en

alguna parte de su estructura, como en la raíz y parte aérea de la planta, mediante el análisis con diversos métodos. Este estudio se desarrolla con el propósito de determinar si la especie de flora fabaceae *Lupinus albus L.*, es capaz de generar una bioacumulación de metales, y así determinar en qué parte de la planta se genera la mayor bioacumulación. Por último, el estudio concluirá si la capacidad de bioacumulación de metales en la especie *Lupinus albus L.*, es aplicable como técnica de fitorremediación en zonas contaminadas con estas sustancias contaminantes, ya sea en distintas zonas alto andinas o con características climáticas semejantes; así como también información para la realización de estudios futuros en zonas contaminadas.

Ésta investigación resulta productivo para las personas y/o entidades dedicadas a los rubros de hidrocarburos o industria en general, de igual manera en agricultura, ya que la información de la especie de flora *Lupinus albus L.*, que se desplazará a partir del presente trabajo, dará a conocer que propiedades y características, así como la bioacumulación de metales que genera ésta especie resulta ser beneficiosa y provechosa para la disminución de contaminantes por metales presentes en el suelo, generando de ésta manera un ambiente más sano para el cultivo de otras especies de flora.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la bioacumulación de metales en cultivo de *Lupinus albus L.* emergentes en suelos contaminados?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Describir la bioacumulación de metales en cultivo de *Lupinus albus L.* emergentes en suelos contaminados.

1.3.2. Objetivos específicos

- Identificar en que estructura de la planta se genera la mayor bioacumulación de metales, en suelos contaminados, teniendo en cuenta los estudios y metodologías analizadas.
- Verificar qué metal tiene mayor grado de absorción en el uso de la especie de flora fabaceae - *Lupinus albus L.*, comparando diversos estudios ya realizados anteriormente.

1.4. Hipótesis

1.1.1. Hipótesis General

- La bioacumulación de metales en cultivo de *Lupinus albus L.* emergentes en suelos contaminados es alta.

1.1.2. Hipótesis Específica

- La estructura de la planta dónde se genera la mayor bioacumulación de metales, en suelos contaminados, teniendo en cuenta los estudios y metodologías analizadas, es en la parte de raíz.
- El metal que tiene mayor grado de absorción en el uso de la especie de flora fabaceae - *Lupinus albus L.*, comparando diversos estudios ya realizados anteriormente, se logra en el metal plomo (Pb).

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

El presente trabajo de investigación es de tipo no experimental - descriptiva, por haber desarrollado aspectos sobre investigar, describir, comparar y revisar los resultados y/o características más representativas del objeto de estudio (Borja, 2012), obteniendo así información por medio de diversos estudios ya realizados anteriormente por otros autores, en temas sobre bioacumulación de metales haciendo uso de especies florares, iguales o similares al tema desarrollado en esta investigación.

En esta investigación se abarcaron 3 fases, en el que a primera instancia se realizó una revisión y análisis bibliográfico en cuanto al tema de bioacumulación de metales, entre ellos contaminantes como el cadmio, plomo, zinc, mercurio, Magnesio, Manganeso, hierro, cobre, potasio, en la planta fabaceae *Lupinus albus* L., así mismo se organizó la información de modo que se explica en cuál de estos metales se genera la mayor absorción en las especies de flora usadas, en suelos contaminados en concentraciones elevadas a lo permitido, y por último se examinó en que parte de la estructura de la planta se dio la mayor absorción de metales.

2.2. Población y muestra

2.2.1. Población:

Es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones. (Fernández, Fernández, & Baptista, 2014)

La población para esta investigación es de 17 estudios analizados sobre temas de bioacumulación de metales en plantas.

2.2.2. Muestra:

Es un subconjunto o parte del universo o población en que se llevará a cabo la investigación. La muestra es una parte representativa de la población. (Lopez, 2004)

La muestra está constituida por 6 estudios enfocados en el uso de *Lupinus albus L.*, para la bioacumulación de metales en suelos contaminados.

2.3. Materiales e instrumentos:

- Laptop
- Recursos Internet
- Artículos científicos
- Tesis

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.4.1. Técnicas de recolección de datos:

La Observación: Consiste en observar las variables y estudiar el comportamiento de la planta al entrar en contacto con los metales contaminantes, teniendo un propósito explícito de acuerdo a una idea determinada y compilando la información en un modo bibliográfico, las que se analizarán y procesarán. Para esta técnica es necesario emplear un instrumento el cual nos ayude a manejar la información de la manera más adecuada, es por ello que se hará uso de una recopilación de datos.

Revisión Documentaria y Registros: El proceso de revisión documental y registros en la investigación estará encaminado a la obtención, detención, consulta, extracción

y examinación de información para la organización de las bases teóricas de la investigación de una variedad de fuentes de consulta (Artículos Científicos, Artículos de Revistas, Libros Virtuales, Informes de Investigación, Tesis) de resultados existentes para la comparación de estos y así poder obtener el mejor método para el sembrío.

Ante lo anteriormente mencionado, se hizo una revisión de:

- Estudios sobre Contaminación de Suelos por Metales Pesados.
- Estudios sobre Biorremediación de Suelos Contaminados por Metales Pesados.
- Estudios sobre Especies de Planta Biorremediadoras en Suelos Contaminados.
- Estudios sobre Capacidad Biorremediadora de fabaceae *Lupinus albus L.*

2.4.2. Instrumento de recolección de datos:

Análisis Documental:

El análisis documental es un cálculo intelectual que da origen a un documento secundario, el cual actúa como un instrumento de búsqueda forzado entre el documento auténtico y el lector que requiere información, así mismo representa la información de un documento en un registro organizado, minimiza el contenido en un esquema seguro, así como, los datos descriptivos físicos (Castillo, 2004).

Se hizo un análisis y revisión documental de diversos estudios en relación al tema a desarrollar, estos se obtendrán mediante el uso de bases de datos de información, las cuales se encuentren certificadas y verificadas, para así poder contar de confiabilidad científica, para conseguir dichos estudios se hizo uso algunos recursos de información, entre los cuales se contó con los siguientes recursos de información: Redalyc, Scielo, Ebsco y Springer.

2.4.3. Técnicas para el análisis de datos:

Ficha de Registro de Datos:

Se usó este instrumento ya que se recopilaban los datos de las fuentes consultadas, organizando los resultados de los estudios de una manera adecuada. Este fue empleado en los distintos análisis de resultados.

Tabla 2

Ficha de registro de datos

<i>Ficha de Registro de Datos de los Estudios Considerados para esta Investigación</i>							
N°	Título	Autor(es)	Año	País	Especie	Metales Analizados	Método de Análisis
1	x	x	x	x	x	x	x
2	x	x	x	x	x	x	x
3	x	x	x	x	x	x	x
4	x	x	x	x	x	x	x
5	x	x	x	x	x	x	x

2.4.4. Criterios de Inclusión.

Tabla 3

Criterios de inclusión de los estudios

Estudio	Criterios de Inclusión
Disponibilidad de Metales y Propiedades Químicas en la Rizósfera de <i>Lupinus albus</i> L. Creciendo en un suelo Calcáreo con Alto Contenido d Metales	<ul style="list-style-type: none"> - Enfocada en la especie <i>Lupinus Albus</i>. - Especifica el método instrumental de análisis aplicado. - Muestra un análisis estadístico completo. - Resultados de análisis reales. - Año de antigüedad no mayor a 20 años (2009)
Estudio del Comportamiento Acumulador de Zn en <i>Lupinus albus</i> L. Creciendo en Suelos Ácido y Básico Contaminados con este Metal	<ul style="list-style-type: none"> - Analiza a la especie <i>Lupinus Albus</i>, en relación al metal Zn. - Información sobre las condiciones de desarrollo de la investigación. - Muestra un análisis estadístico completo. - Resultados de análisis reales. - Año de antigüedad no mayor a 20 años (2002)
Potencial Fitorremediador de <i>Lupinus Sp.</i> en Suelos Contaminados con Cadmio	<ul style="list-style-type: none"> - Analiza a la especie <i>Lupinus Albus</i>, en relación al metal Cd. - Muestra técnicas y mecanismos de estudio en los análisis - Presenta gráficas de concentraciones para los resultados. - Resultados de análisis reales. - Año de antigüedad no mayor a 20 años (2014)
Pruebas Químicas y de Plantas para Evaluar la Viabilidad de Enmiendas para Reducir la Disponibilidad de Metales en Suelos Mineros y Relaves	<ul style="list-style-type: none"> - Analiza a la especie <i>Lupinus Albus</i>. - Enfocada en el análisis de metales pesados de relaves mineros - Información sobre las condiciones de desarrollo de la investigación. - Muestra un análisis estadístico completo. - Resultados de análisis reales. - Año de antigüedad no mayor a 20 años (2016)

Capacidad de Fitoextracción de Cd del Blanco, Lupino (*Lupinus albus* L) y de hojas estrechas Lupino (*Lupinus Angustifolius* L) en tres Condiciones Agroclimáticas

- Analiza a la especie *Lupinus Albus*.
- Información sobre las condiciones de desarrollo de la investigación.
- Muestra un análisis estadístico completo.
- Resultados de análisis reales.
- Año de antigüedad no mayor a 20 años (2016)

Efectos de EDTA y Ácido Clorhídrico sobre la Acumulación de Mercurio por *Lupinus albus*

- Analiza a la especie *Lupinus Albus*.
- Información sobre las condiciones de desarrollo de la investigación.
- Muestra un análisis estadístico completo.
- Resultados de análisis reales.
- Año de antigüedad no mayor a 20 años (2016)

Capacidad Fitorremediadora de Cinco Especies Altoandinas de Suelos Contaminados con Metales Pesados

- Estudio realizado con plantas fitorremediadoras (Modo de comparación con *Lupinus Albus*),
- Presenta resultados de análisis en distintas características, así misma muestra gráficas de los datos obtenidos.
- Muestra un análisis estadístico completo.
- Resultados de análisis reales.
- Año de antigüedad no mayor a 20 años (2016)

Fitoestabilización de Suelos Contaminados con Cadmio por *Lupinus Uncinatus Schldl*

- Estudio realizado en planta del mismo género (Modo de comparación con *Lupinus Albus*),
- Presenta resultados de análisis en distintas características, así misma muestra gráficas de los datos obtenidos.
- Muestra un análisis estadístico completo.
- Resultados de análisis reales.
- Año de antigüedad no mayor a 20 años (2009)

Determinación de la Capacidad Fitorremediadora de *Lupinus Mutabilis Sweet* “Chocho o Tarwi” en Suelos Contaminados con Cadmio (Cd)

- Estudio realizado en planta del mismo género (Modo de comparación con *Lupinus Albus*),
 - Explica resultados de análisis al mecanismo de la planta frente a este contaminante, así mismo, muestras gráficas.
 - Muestra un análisis estadístico completo.
 - Resultados de análisis reales.
 - Año de antigüedad no mayor a 20 años (2017)
-

2.4.5. Consideraciones éticas.

Para el desarrollo de esta investigación se tuvo en cuenta todas las consideraciones éticas, en donde, se emplearon citas para todas las fuentes extraídas de otras investigaciones, dónde los datos presentes no sufrieron modificación alguna a las veraces.

Esta investigación ha prevenido el desarrollo de actos considerados como faltas de ética, tales como el plagio, utilización de resultados, palabras o ideas de otros autores sin concederles el reconocimiento que se ameritan; la presentación, fabricación de datos falaces, procedimientos experimentales, tratamiento de datos en manera de exponer los resultados requeridos o evitar las complejidades no deseadas de la investigación que se esté efectuando. (Laguna, et al., 2007)

2.5. Procedimiento

Primero, se hizo la recolección de datos mediante una diversidad de fuentes de consulta (Artículos Científicos, Artículos de Revistas, Libros Virtuales, Informes de Investigación, Tesis), determinando así la problemática de la población en cuanto a la contaminación de suelos por metales, planteando alternativas de solución y analizando cuál es la solución más viable al problema.

Segundo, se analizaron 6 estudios, siendo estos fuentes principales, ya que brindaban la información necesaria para el desarrollo de la investigación, dado a que brindan datos de bioacumulación de metales en la especie *Lupinus albus* L., así mismo se consideraron a 3 estudios a manera de comparación, en los cuales se analizaron a especies de flora similares, reportando si la especie en estudio logra acumular concentraciones importantes en relación a otras especies, y de igual modo en que parte de la estructura de la planta (*Lupinus albus* L.) se ha desarrollado la mayor retención de

metales, tomando 2 partes de su estructura, siendo la parte raíz y aérea de la planta, de igual modo se analizó la retención de metales en la planta en general. Por otro lado, se consideraron criterios para el análisis de los resultados, siendo estos: el uso de la especie *Lupinus albus L.* como planta bioacumuladora, las condiciones de crecimiento dadas en suelos contaminados, el estrés proporcionado mediante la contaminación en las siembras, el tipo de suelo empleado para las siembras, así como su capacidad de absorción de metales.

Tercero, posteriormente al análisis de resultados, se determinó el grado en cuanto a la bioacumulación de metales por la planta fabaceae *Lupinus albus L.*, donde se tuvo que comparar resultados de los estudios analizados y poder determinar cuál de los metales se acumula en mayor cantidad. Esto se desarrolló mediante el uso del programa estadístico Excel, elaborando diversos cuadros comparativos y bases de datos donde se ingresaron los resultados de los estudios analizados. Esto fue aplicado en base a cada estudio individualmente, obteniendo datos de la mayor concentración por metal.

Cuarto, se procedió a realizar una discusión en los resultados obtenidos, teniendo en consideración el análisis elaborado a los trabajos tomados en cuenta para la presente investigación y las distintas características en la cuales fueron desarrollados, teniendo siempre en cuenta la veracidad de dichos resultados. Posteriormente se procedió a la elaboración de las conclusiones finales de la investigación, dando respuestas a los objetivos planteados al inicio del presente trabajo juntamente dando solución a la formulación del problema planteado.

Figura 3

Metodología desarrollada en la investigación



CAPÍTULO 3. RESULTADOS

Posteriormente a la revisión y estudio de las investigaciones seleccionadas para este trabajo, mediante los cuales se realizó un análisis de todos los estudios que se han compilado para este trabajo, tomando en cuenta diversos aspectos, para así poder definir su aporte en información y utilidad mediante sus resultados obtenidos, permitiendo conocer las principales características de los estudios, en cuanto a la bioacumulación de metales en especies florales como fabaceae *Lupinus albus L.* En base a lo mencionado se hizo el estudio de resultados en relación a la estructura de la planta, reconociendo en que parte de la estructura de la planta se desarrolló la mayor bioacumulación de metales; de igual manera, se ha identificado en que metales se produjo la mayor absorción por parte de la planta en estudio, así mismo, se realizó una comparación en relación a metales y estudios, de forma global. De manera que se presentan los siguientes datos obtenidos.

3.1. Estudios para la especie de flora fabaceae *Lupinus albus L.*

Tabla 4

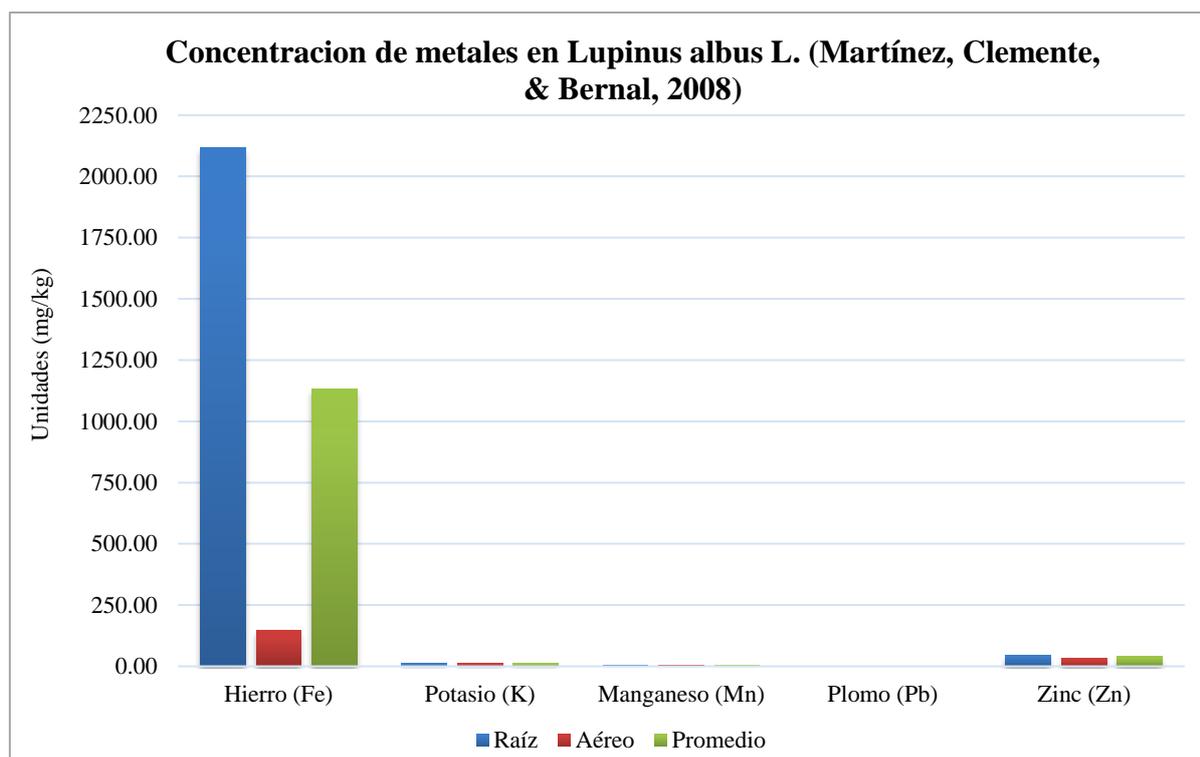
Resultados para Martínez, Clemente, & Bernal (2008)

Estructura	Método	Fe (mg/kg)	K (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Grado
Raíz	FAAS	2117.00	12.40	4.96	0.50	46.00	Medio
Aéreo	FAAS	146.00	12.40	4.96	0.50	34.00	Medio
Promedio		1131.50	12.40	4.96	0.50	40.00	

Nota: La tabla muestra los resultados en bioacumulación de contaminantes por metales en cultivo de fabaceae *Lupinus albus L.*, emergentes en suelos contaminados, donde se toman los resultados de los análisis de planta en función de nivel raíz y aéreo, siendo analizados bajo el método FAAS (Espectrofotometría de Absorción Atómica y de Llama), por Martínez, Clemente, & Bernal (2008).

Figura 4

Concentración de metales en Lupinus albus L. (Martínez, Clemente, & Bernal, 2008)



Interpretación: En el gráfico se muestran las concentraciones de metales absorbidas por *Lupinus albus L.* en los niveles raíz y aéreo de la planta, donde muestra la mayor absorción para Fe con un alto grado de concentración con 2117 mg/kg (raíz) y 146.00 mg/kg (aéreo), obteniendo un promedio de absorción con 1131.50 mg/kg, para Zn muestra concentraciones en 46 mg/kg en ambas estructuras de la planta, siendo favorables para la remoción de metales en suelos, así mismo muestra una concentración menor para K, Mn y Pb en ambas estructuras de la planta. Esta investigación se desarrolló en un suelo para tipo franco arenoso, correspondiendo a un pH del suelo de 7.8, el cual afecto positivamente para la aplicación en una correcta nutrición en relación a sus nutrientes principales, donde se logró promover la precipitación favorable para los metales Zn y Fe, como compuestos insolubles en el suelo, con el cual se logra generar así un mecanismo de tolerancia de metales.

Tabla 5

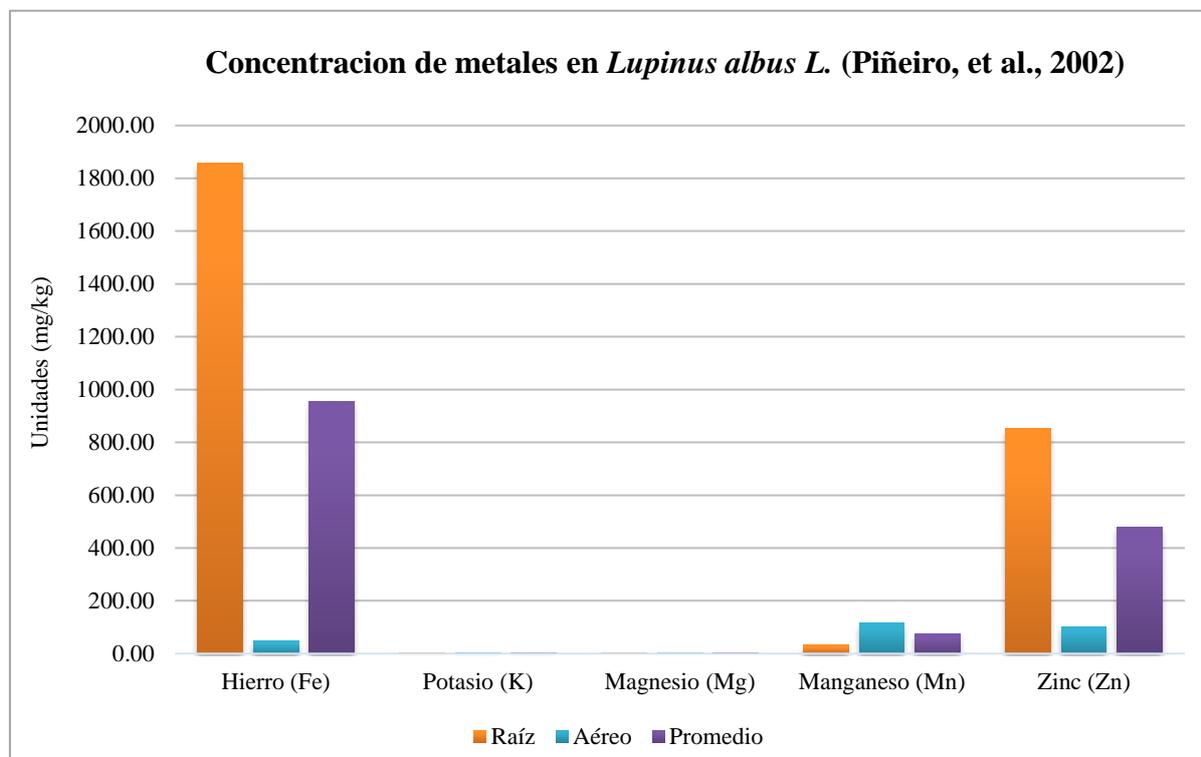
Resultados para Piñeiro, et al. (2002)

Estructura	Método	Fe (mg/kg)	K (mg/kg)	Mg (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Grado
Raíz	-	1857.90	2.03	0.26	33.20	851.30	Alto
Aéreo	-	48.30	3.98	0.27	115.70	102.90	Medio
Promedio		953.10	3.01	0.27	74.45	477.10	

Nota: La tabla muestra los resultados en bioacumulación de contaminantes por metales en cultivo de fabaceae *Lupinus albus L.*, emergentes en suelos contaminados, donde se toman los resultados de los análisis de planta en función de nivel raíz y aéreo, por Piñeiro, et al. (2002)

Figura 5

Concentración de metales en Lupinus albus L. (Piñeiro, et al., 2002)



Interpretación: En el gráfico se muestran las concentraciones de metales absorbidas por *Lupinus albus L.* en los niveles de raíz y aéreo de la planta, donde el metal en el cual se generó la mayor absorción fue para Fe con un alto grado de concentración con 1857.90 mg/kg (raíz) y 48.30 mg/kg (aéreo), de igual manera muestra un nivel alto para el metal Zn con 851.30 mg/kg (raíz) y 102.90 mg/kg (aéreo), sin embargo, para los metales K, Mg y Mn muestra concentraciones bajas para ambas estructuras de la planta. Esta investigación se desarrolló bajo el tratamiento del metal Zn, dónde las condiciones fueron dadas en un suelo básico, bajo un control de 500 ppm para Zn, siendo esta la principal causa de las concentraciones obtenidas para los metales presentados, creando así un desajuste en el proceso de absorción de nutrientes, sin embargo crea una significancia importante para la absorción de los metales Fe y Zn, tanto como para la parte raíz y aérea de la planta, (para Piñeiro, et al. (2002), consideran parte aérea de la planta: tallo - hojas).

Tabla 6

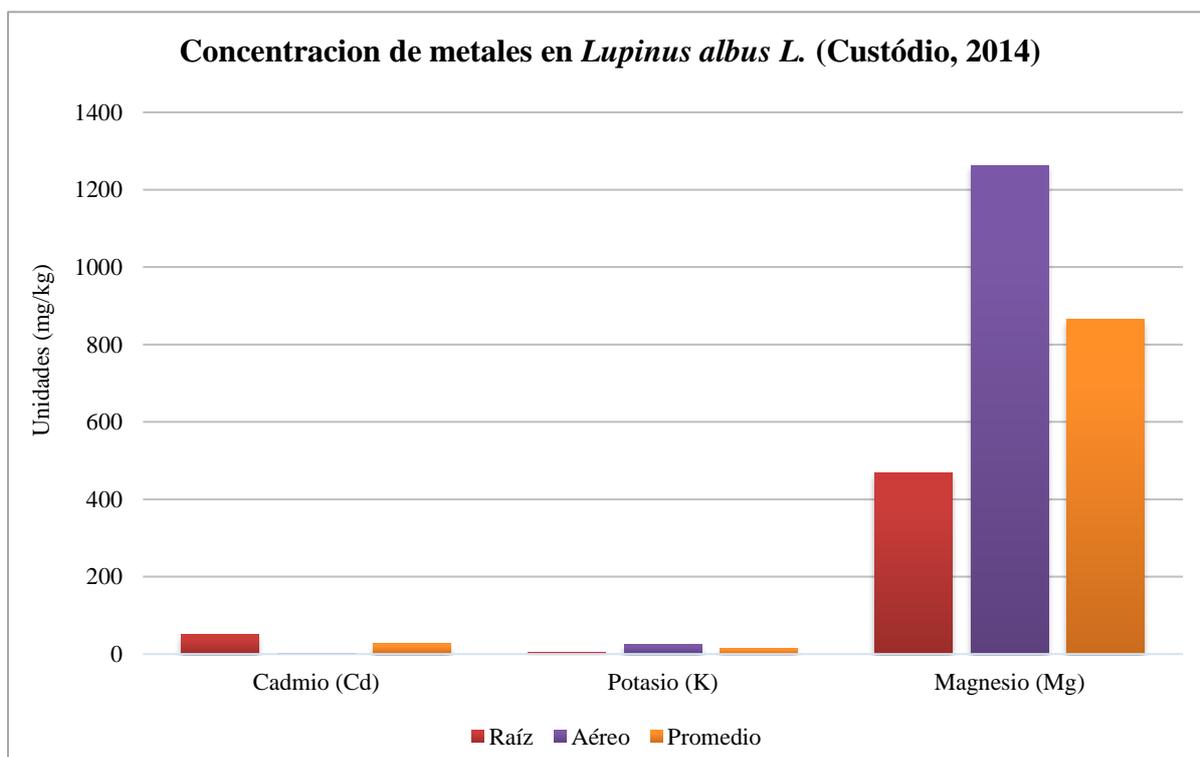
Resultados para Custodio (2014)

Estructura	Método	Cd (mg/kg)	K (mg/kg)	Mg (mg/kg)	Grado
Raíz	USEPA 3050 B	50.13	4.38	469.30	Alto
Aéreo	USEPA 3050 B	2.37	23.95	1263.18	Alto
Promedio		26.25	14.16495	866.24	

Nota: La tabla muestra los resultados en bioacumulación de contaminantes por metales en cultivo de fabaceae *Lupinus albus* L., emergentes en suelos contaminados, donde se toman los resultados de los análisis de planta en función de nivel raíz y aéreo, siendo analizados bajo el método USEPA 3050 B (Digestión ácida de sedimentos, lodos y suelos), por Custodio (2014).

Figura 6

*Concentración de metales en *Lupinus albus* L. (Custodio, 2014)*



Interpretación: En el gráfico se muestra las concentraciones de metales absorbidas por *Lupinus albus L.* en los niveles de raíz y aéreo de la planta, donde la mayor absorción fue para Mg con un alto grado de concentración con 469.30 mg/kg para raíz y 1263.18 mg/kg para aéreo, evidenciando la mayor bioacumulación en la parte aérea, para el metal K se muestra concentraciones bajas para ambas estructuras de la planta, sin embargo, para el metal Cd se da la mayor bioacumulación en la parte raíz. Esta investigación se desarrolló bajo el tratamiento del metal Cd, dónde las condiciones fueron dadas en un suelo ácido con un control de 27 mg/kg Zn, afectando esto en las concentraciones obtenidas para los metales presentados, creando así un desajuste en el proceso de absorción de nutrientes y metales en la planta, dado que el Cd se logra acumular en su mayor parte en la raíz de la planta, causando así que el transporte y absorción para Mg y K en la parte aérea sea realizada de una manera más notoria y sobresaliente que en la parte de raíz.

Tabla 7

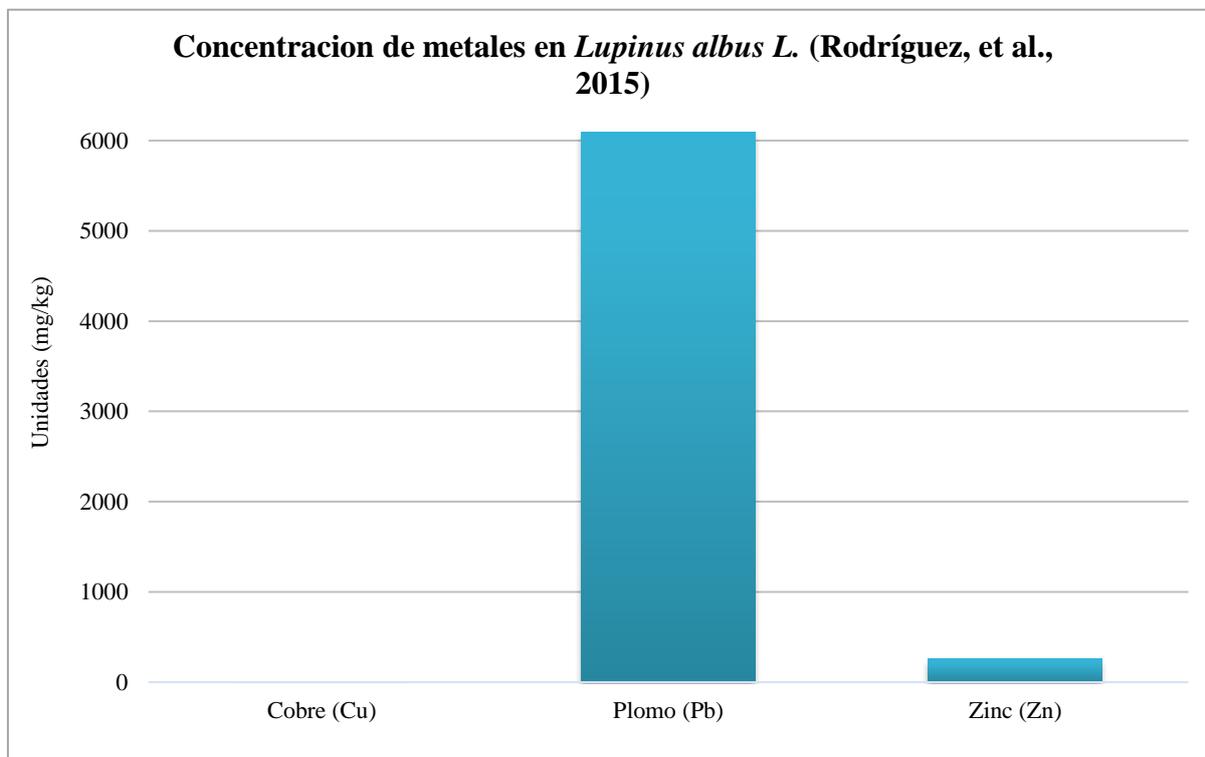
Resultados para Rodríguez, et al. (2015)

Estructura	Método	Cu (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Grado
General	EPA 3051A	7.53	6094	256	Alto

Nota: La tabla muestra los resultados en bioacumulación de contaminantes por metales en cultivo de *Lupinus albus L.*, emergentes en suelos contaminados, donde se toman los resultados de los análisis de planta en manera global de su estructura, siendo analizados bajo el método EPA 3051A (Digestión ácida de sedimentos, lodos y aceites asistida por microondas), por Rodríguez, et al. (2015).

Figura 7

Concentración de metales en Lupinus albus L. (Rodríguez, et al., 2015)



Interpretación: En el gráfico se muestran las concentraciones de metales absorbidas por *Lupinus albus L.*, mostrando para el metal Pb un alto grado de concentración con 6094 mg/kg, así mismo muestra concentraciones de Zn y Cu en una menor cantidad, siendo 256 mg/kg y 7.53 mg/kg respectivamente. Esta investigación se desarrolló en un suelo ácido, correspondiendo a un pH del suelo de 3.6, así mismo, se hizo uso de la aplicación de EDTA, el cual afectó positivamente en la bioabsorción y acumulación de Pb, sin embargo, esto se vio reflejado negativamente en la absorción para los metales Cu y Zn, mostrando así que el efecto en la disponibilidad de metales y la absorción de la planta depende tanto de las propiedades del suelo, ya que así mismo afecta en el crecimiento y desarrollo de la planta.

Tabla 8

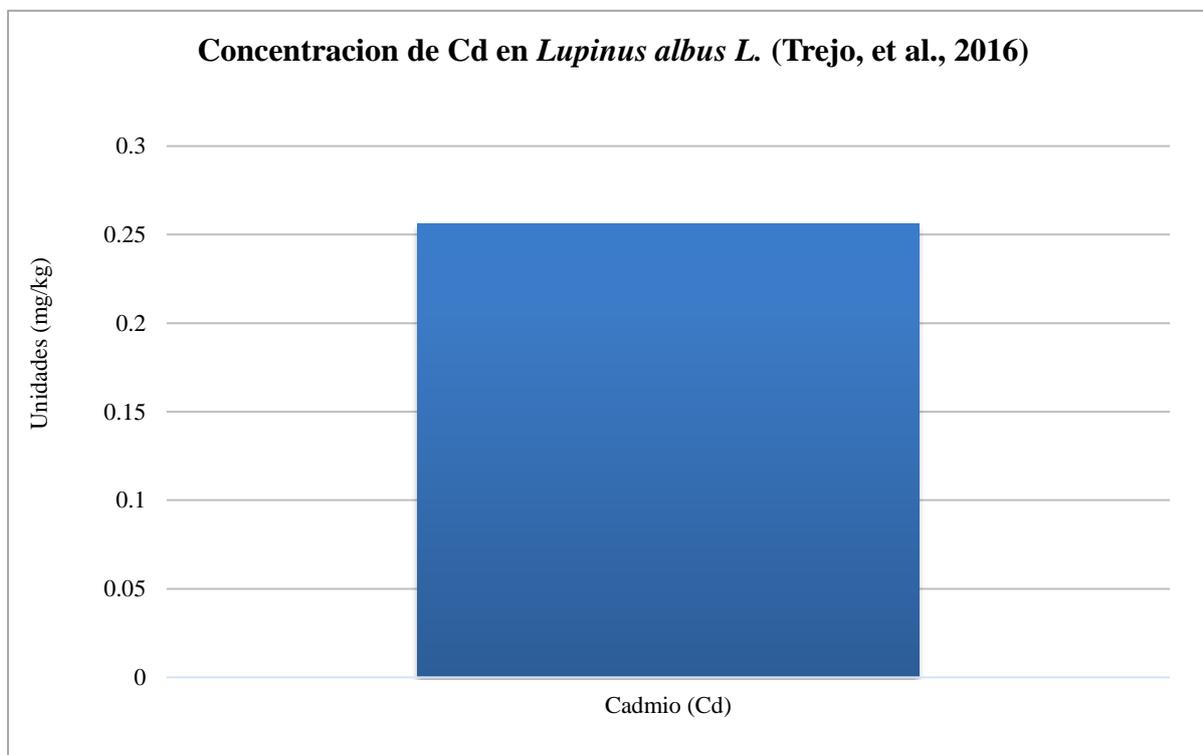
Resultados para Trejo, et al. (2016)

Estructura	Método	Cd (mg/kg)	Grado
General	ICP-OES	0.25599	Bajo

Nota: La tabla muestra los resultados en bioacumulación del contaminante Cd en cultivo de *Lupinus albus* L., emergentes en suelos contaminados, donde se toman los resultados de los análisis de planta en manera global de su estructura, siendo analizados bajo el método ICP-OES (Espectrofotometría de Emisión Atómica con Plasma de Acoplamiento Inductivo), por Trejo, et al. (2016).

Figura 8

Concentración de Cd en Lupinus albus L. (Trejo, et al., 2016)



Interpretación: En el gráfico se muestran las concentraciones del metal Cd absorbidas por *Lupinus albus L.*, donde se evidencia una baja concentración del metal Cd con 0.25599 mg/kg, para Trejo, et al. (2016) basaron la investigación en el metal Cd. Esta investigación se desarrolló en suelo de tipo volcánico, teniendo un pH del suelo de 6.27, tratándose bajo un control con Cd, los investigadores anuncian que la especie *Lupinus albus L.* cuenta con pocas cantidades de ácidos orgánicos en raíz, de modo que eso se ve reflejado en la poca absorción del metal Cd, sin embargo, estas concentraciones serían aptas para utilizar esta especie en fitorremediación para Cd debido a que no presenta riesgo alguno para el consumo en animales.

Tabla 9

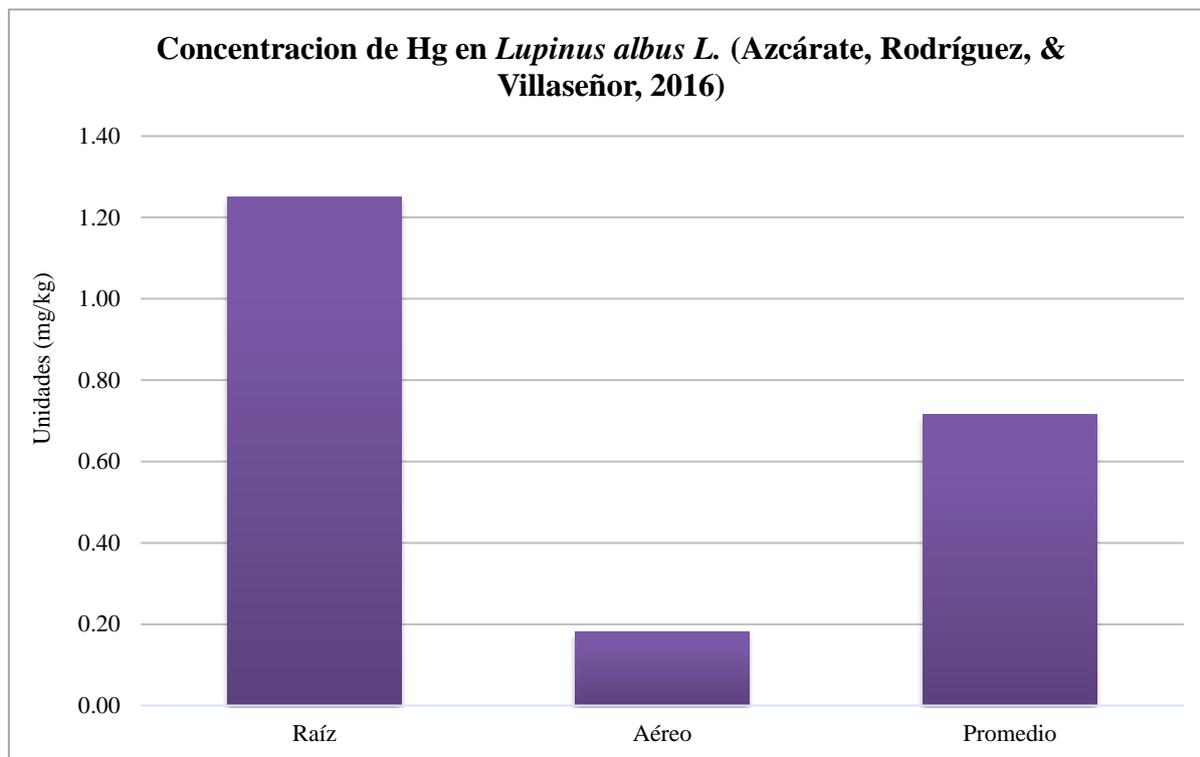
Resultados para Azcárate, Rodríguez, & Villaseñor (2016)

Estructura	Método	Hg (mg/kg)	Grado
Raíz	EPA 3051 A	1.25	Bajo
Aéreo	EPA 3051 A	0.18	Bajo
Promedio		0.72	

Nota: La tabla muestra los resultados en bioacumulación del contaminante Hg en cultivo de fabaceae *Lupinus albus L.*, emergentes en suelos contaminados, donde se toman los resultados de los análisis de planta en función de nivel raíz y aéreo, siendo analizados bajo el método EPA 3051A (Digestión ácida de sedimentos, lodos y aceites asistida por microondas), por Azcárate, Rodríguez, & Villaseñor (2016).

Figura 9

Concentración de Hg en Lupinus albus L. (Azcárate, Rodríguez, & Villaseñor, 2016)



Interpretación: En el gráfico se muestran las concentraciones de metales absorbidas por *Lupinus albus L.* en los niveles de raíz y aéreo de la planta, donde el metal Hg fue absorbido en mayor proporción en la parte raíz de la planta con 1.25 mg/kg y con una menor concentración en la parte aérea de la planta con 0.18 mg/kg, siendo el Hg un metal altamente tóxico, las concentraciones absorbidas son importantes. En esta investigación se hizo uso de la aplicación de EDTA, mediante el cual condujo a disminución significativa para el crecimiento de la planta, causando de este modo, que el Hg se logre acumular principalmente en las raíces de la planta, mostrando así una notoriedad en síntomas de toxicidad, causando una disminución en la biomasa vegetal, evidenciando así que, el Hg acumulado en las raíces de las plantas está vinculado a las paredes celulares, siendo así que, la absorción de Hg en la raíz está relacionado con el transporte en el flujo de transpiración.

3.2. Comparación de metales bioacumulados en la especie de flora *Lupinus albus L.*

Tabla 10

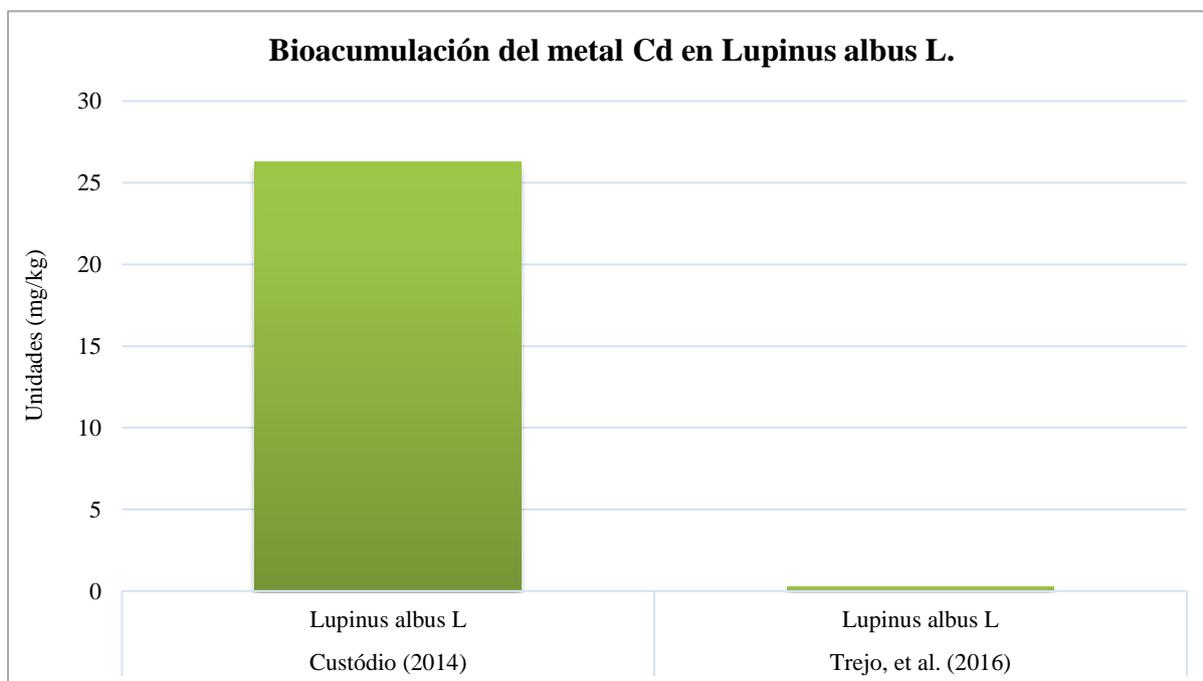
Comparación de bioacumulación del metal Cd

Estudio	Autor	Especie	Metal
			Cd (mg/kg)
3	Custódio (2014)	<i>Lupinus albus L.</i>	26.25
5	Trejo, et al. (2016)	<i>Lupinus albus L.</i>	0.25599

Nota: La tabla muestra la comparación de resultados de concentraciones bioacumuladas en relación al metal Cd, en la especie de flora *Lupinus albus L.*, dónde se evidencia el estudio con mayor absorción.

Figura 10

*Comparación de bioacumulación del metal Cd, en *Lupinus albus L.**



Interpretación: En el gráfico se muestran las concentraciones del metal Cd en 2 estudios distintos, ambos basados en la especie *Lupinus albus L.*, dónde se evidencia el mayor grado de concentración para el estudio dado por (Custodio, 2014), con una concentración de 26.25 mg/kg, sin embargo, en el estudio realizado por (Trejo, et al., 2016) se muestra una muy baja concentración, con 0.25599 mg/kg. Si embargo estos valores evidencian que, la especie *Lupinus albus L.* sí puede lograr una bioacumulación de este metal en un nivel importante, por el alto grado de bioacumulación presentado para este metal.

Tabla 11

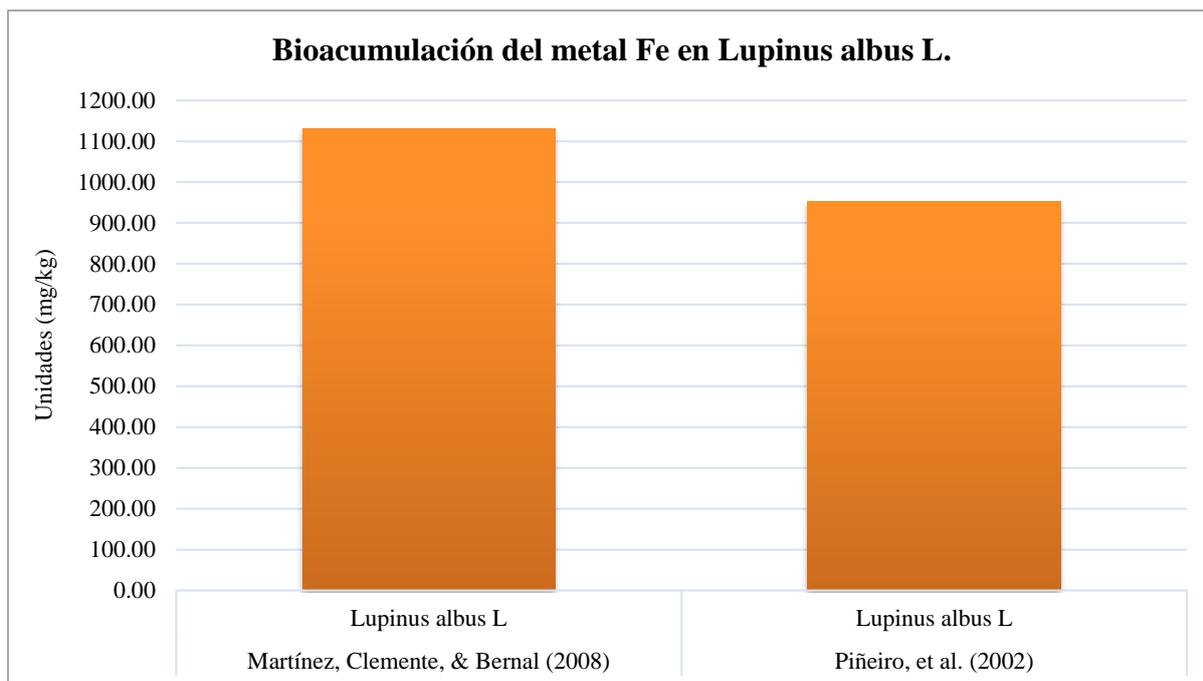
Comparación de bioacumulación del metal Fe

Estudio	Autor	Especie	Metal
			Fe (mg/kg)
1	Martínez, Clemente, & Bernal (2008)	<i>Lupinus albus L</i>	1131.50
2	Piñeiro, et al. (2002)	<i>Lupinus albus L</i>	953.1

Nota: La tabla muestra la comparación de resultados de concentraciones bioacumuladas en relación al metal Fe, en la especie de flora *Lupinus albus L.*, dónde se evidencia el estudio con mayor absorción.

Figura 11

*Comparación de bioacumulación del metal Fe, en *Lupinus albus L.**



Interpretación: En el gráfico se muestran las concentraciones del metal Fe en 2 estudios distintos, ambos basados en la especie *Lupinus albus L.*, dónde se evidencia el mayor grado de concentración para el estudio dado por (Martínez, Clemente, & Bernal, 2008), con una elevada concentración de 1131.50 mg/kg, así mismo muestra una concentración de 953.1 mg/kg, para el estudio dado por (Piñeiro, et al., 2002). Estos valores evidencian que, la especie *Lupinus albus L.* puede lograr un alto grado de bioacumulación para Fe.

Tabla 12

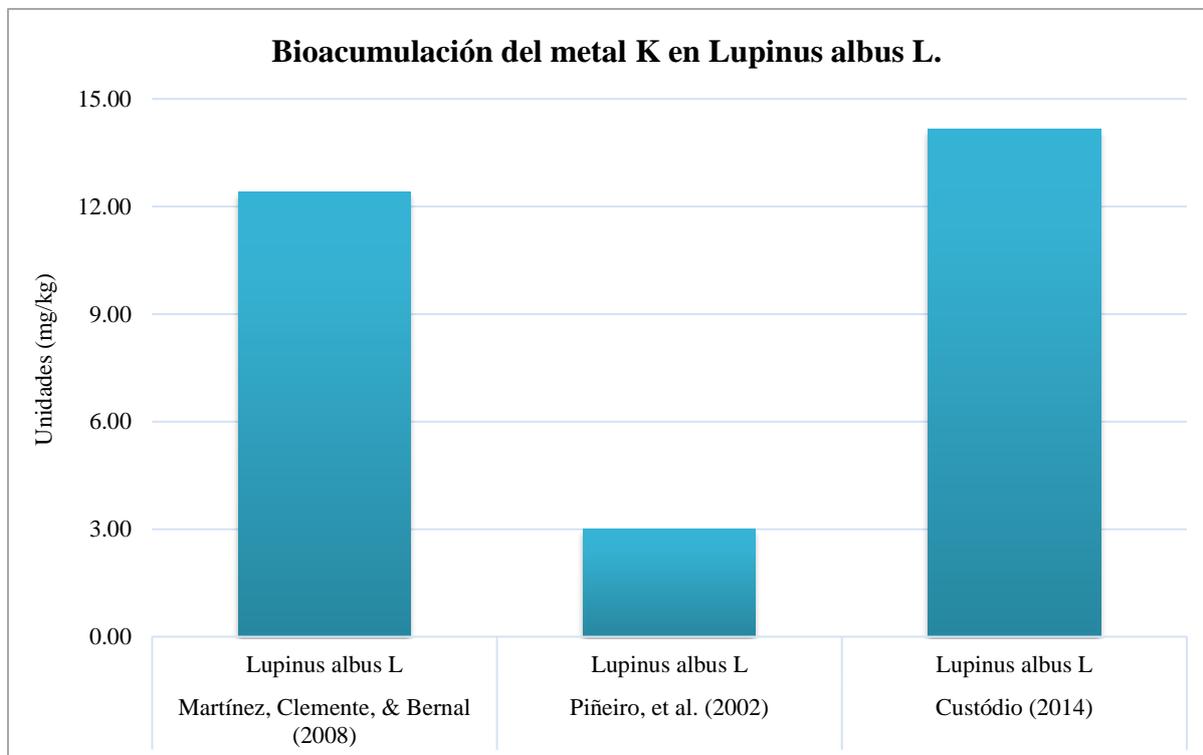
Comparación de bioacumulación del metal K

Estudio	Autor	Especie	Metal
			K (mg/kg)
1	Martínez, Clemente, & Bernal (2008)	<i>Lupinus albus L</i>	12.40
2	Piñeiro, et al. (2002)	<i>Lupinus albus L</i>	3.01
3	Custódio (2014)	<i>Lupinus albus L</i>	14.16495

Nota: La tabla muestra la comparación de resultados de concentraciones bioacumuladas en relación al metal K, en la especie de flora *Lupinus albus L.*, dónde se evidencia el estudio con mayor absorción.

Figura 12

Comparación de bioacumulación del metal K, en Lupinus albus L.



Interpretación: En el gráfico se muestran las concentraciones del metal K en 3 estudios distintos, basados en la especie *Lupinus albus L.*, dónde se evidencia que el mayor grado de concentración fue obtenido en el estudio dado por (Custódio, 2014), con una concentración de 14.16495 mg/kg, así mismo en el estudio realizado por (Martínez, Clemente, & Bernal, 2008), muestra una concentración con 12.40 mg/kg, por otro lado se evidencia una menor concentración con 3.01 mg/kg para el estudio de (Piñeiro, et al., 2002). Estos valores evidencian que, la especie *Lupinus albus L.* sí puede lograr un importante grado de bioacumulación para K.

Tabla 13

Comparación de bioacumulación del metal Mg

Estudio	Autor	Especie	Metal
			Mg (mg/kg)
2	Piñeiro, et al. (2002)	<i>Lupinus albus L</i>	0.27
3	Custódio (2014)	<i>Lupinus albus L</i>	866.24

Nota: La tabla muestra la comparación de resultados de concentraciones bioacumuladas en relación al metal Mg, en la especie de flora *Lupinus albus L.*, dónde se evidencia el estudio con mayor absorción.

Figura 13

*Comparación de bioacumulación del metal Mg, en *Lupinus albus L.**



Interpretación: En el gráfico se muestran las concentraciones del metal Mg en 2 estudios distintos, ambos basados en la especie *Lupinus albus L.*, dónde se evidencia el mayor grado de concentración para el estudio dado por (Custódio, 2014), con una elevada concentración de 866.24 mg/kg, sin embargo, en el estudio realizado por (Piñeiro, et al., 2002) se muestra una muy baja concentración, con 0.27 mg/kg. Si embargo estos valores evidencian que, la especie *Lupinus albus L.* sí puede lograr una bioacumulación de este metal en un nivel importante.

Tabla 14

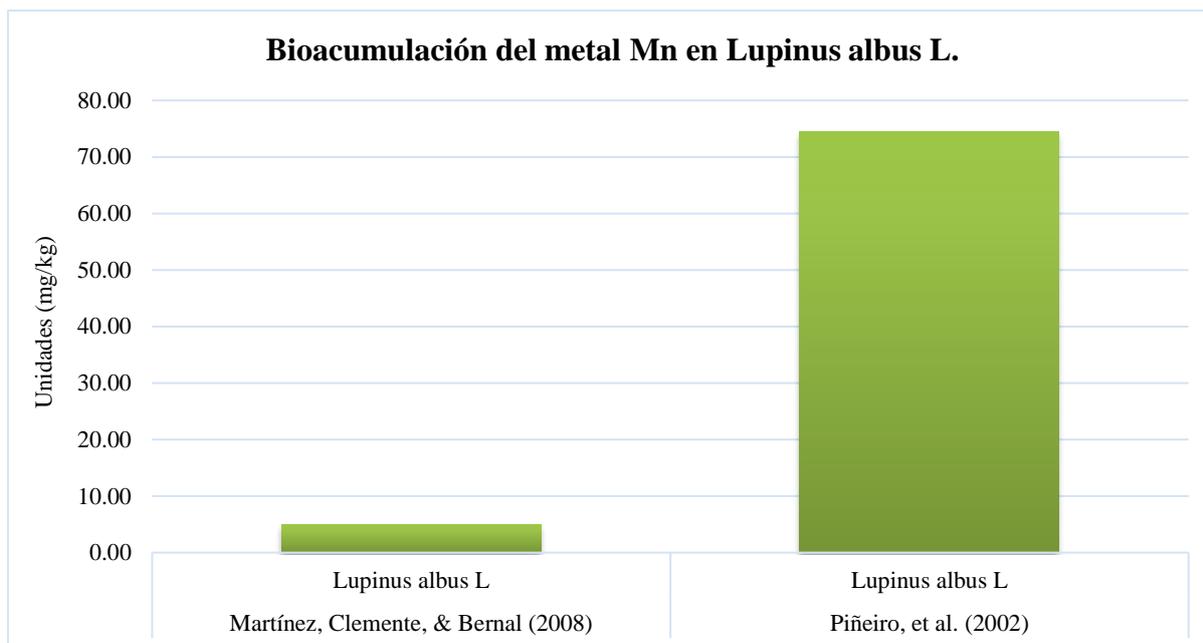
Comparación de bioacumulación del metal Mn

Estudio	Autor	Especie	Metal
			Mn (mg/kg)
2	Martínez, Clemente, & Bernal (2008)	<i>Lupinus albus L</i>	4.96
3	Piñeiro, et al. (2002)	<i>Lupinus albus L</i>	74.45

Nota: La tabla muestra la comparación de resultados de concentraciones bioacumuladas en relación al metal Mn, en la especie de flora *Lupinus albus L.*, dónde se evidencia el estudio con mayor absorción.

Figura 14

*Comparación de bioacumulación del metal Mn, en *Lupinus albus L.**



Interpretación: En el gráfico se muestran las concentraciones del metal Mn en 2 estudios distintos, ambos basados en la especie *Lupinus albus L.*, dónde se evidencia el mayor grado de concentración para el estudio dado por (Piñeiro, et al., 2002), con una concentración de 74.45 mg/kg, sin embargo, en el estudio realizado por (Martínez, Clemente, & Bernal, 2008) se muestra una menor concentración, con 4.96 mg/kg. Si embargo estos valores evidencian que, la especie *Lupinus albus L.* sí puede lograr una bioacumulación de este metal en un nivel importante.

Tabla 15

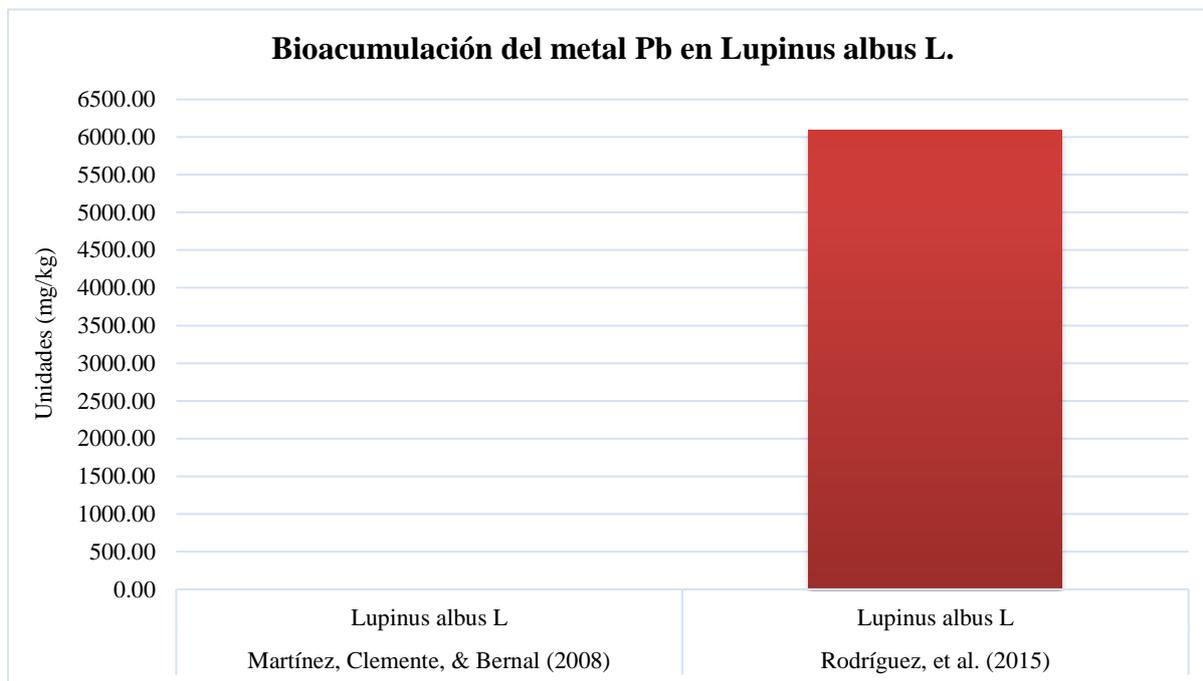
Comparación de bioacumulación del metal Pb

Estudio	Autor	Especie	Metal
			Pb (mg/kg)
1	Martínez, Clemente, & Bernal (2008)	<i>Lupinus albus L</i>	0.50
4	Rodríguez, et al. (2015)	<i>Lupinus albus L</i>	6094

Nota: La tabla muestra la comparación de resultados de concentraciones bioacumuladas en relación al metal Pb, en la especie de flora *Lupinus albus L.*, dónde se evidencia el estudio con mayor absorción.

Figura 15

Comparación de bioacumulación del metal Pb, en Lupinus albus L.



Interpretación: En el gráfico se muestran las concentraciones del metal Pb en 2 estudios distintos, ambos basados en la especie *Lupinus albus L.*, dónde se evidencia el mayor grado de concentración para el estudio dado por (Rodríguez, et al., 2015), con una elevada concentración de 6094 mg/kg, sin embargo, en el estudio realizado por (Martínez, Clemente, & Bernal, 2008) se muestra una concentración muy baja, con 0.50 mg/kg. Si embargo estos valores evidencian que, la especie *Lupinus albus L.* sí puede lograr una bioacumulación de este metal en un nivel importante.

Tabla 16

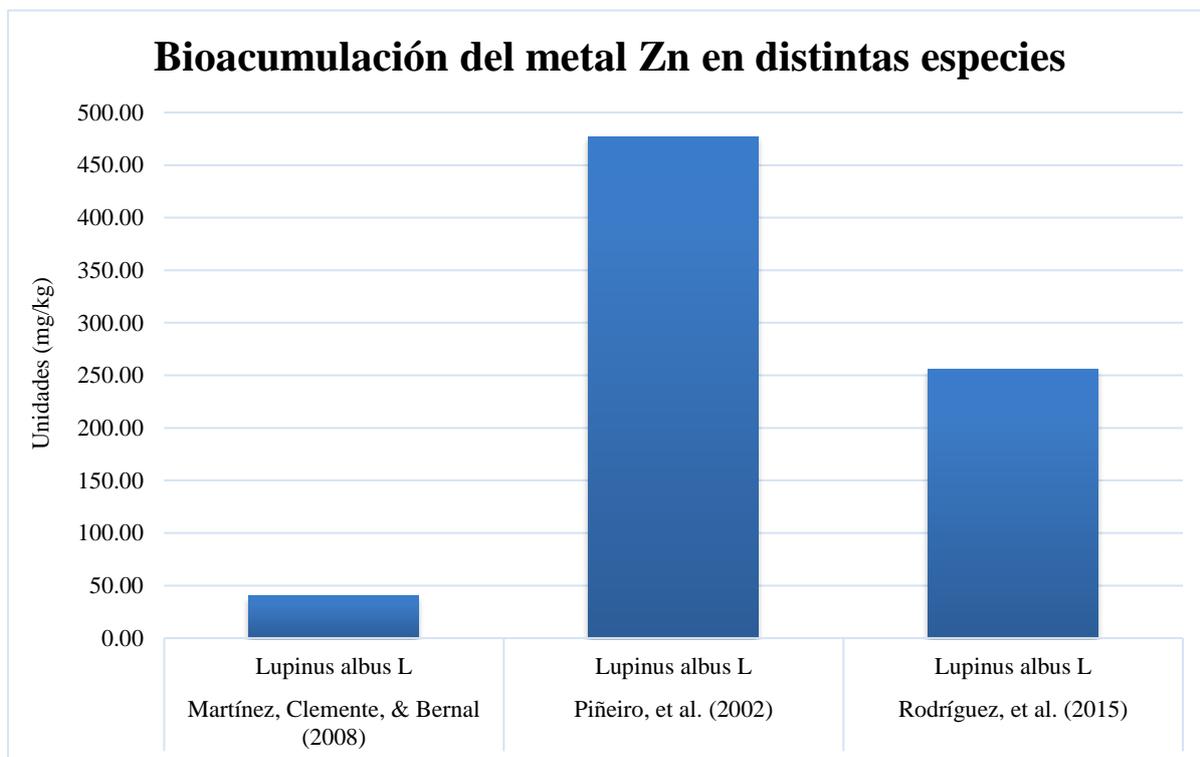
Comparación de bioacumulación del metal Zn

Estudio	Autor	Especie	Metal
			Zn (mg/kg)
1	Martínez, Clemente, & Bernal (2008)	<i>Lupinus albus L</i>	40.00
2	Piñeiro, et al. (2002)	<i>Lupinus albus L</i>	477.1
4	Rodríguez, et al. (2015)	<i>Lupinus albus L</i>	256

Nota: La tabla muestra la comparación de resultados de concentraciones bioacumuladas en relación al metal Zn, en la especie de flora *Lupinus albus L.*, dónde se evidencia el estudio con mayor absorción.

Figura 16

*Comparación de bioacumulación del metal Zn, en *Lupinus albus L.**



Interpretación: En el gráfico se muestran las concentraciones del metal Zn en 3 estudios distintos, basados en la especie *Lupinus albus L.*, dónde se evidencia que el mayor grado de concentración fue obtenido en el estudio dado por (Piñeiro, et al., 2002), con una concentración de 477.1 mg/kg, así mismo en el estudio realizado por (Rodríguez, et al., 2015), muestra una concentración alta con 256 mg/kg, por otro lado se evidencia una menor concentración con 46.00 mg/kg para el estudio de (Martínez, Clemente, & Bernal, 2008). Estos valores evidencian que, la especie *Lupinus albus L.* sí puede lograr un importante grado de bioacumulación para Zn.

CAPÍTULO 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

Para Martínez, Clemente, & Bernal (2008), los datos de bioabsorción de metales en la planta *Lupinus albus L.*, fueron basados en 2 partes de su estructura, siendo así en la parte raíz y la parte aérea, en la tabla 4, muestra que hubo una amplia variación en la concentración del metal Fe con 2117 mg/kg para la parte raíz y 146 mg/kg en la parte aérea de la planta, para el metal Zn muestra concentraciones en 46 mg/kg en la parte aérea de la planta y 34 mg/kg para la parte raíz, siendo estos datos favorables para la remoción de metales en suelos, ya que para los metales restantes obtuvieron las mismas concentraciones en ambas estructuras de la planta, teniendo datos como: 12.4 mg/kg en K, 4.960 mg/kg en Mn, < 0.5 mg/kg en Pb; Martínez, Clemente, & Bernal (2008), indican que, las plantas fueron cultivadas en macetas especialmente diseñadas, teniendo un suelo con un pH de 7.8, mantenidas en una cámara de crecimiento por 74 días, los autores mencionan que el *Lupinus albus L.* (lupino blanco) promovió la precipitación de Pb, Zn y Fe como compuestos insolubles en la fracción residual del suelo, como un mecanismo de tolerancia a los metales, el cual puede deberse a las condiciones más oxidantes que ocurrieron en la rizósfera. Similarmente, se han realizado estudios basados en la absorción de metales por distintas especies de flora, dónde Peña, et al. (2014), evaluaron 5 especies de flora para el tratamiento en relave de mina a un 100 %, donde considerando la acumulación y distribución para Pb y Zn; tomando en cuenta a la especie *Lupinus ballianus*, la cual acumuló 992.8 mg/kg para Pb y 763.6 mg/kg para Zn. Teniendo en contraste que ambas investigaciones fueron dadas en condiciones distintas, teniendo a Martínez, Clemente, & Bernal (2008) en suelo alcalino bajo un control en crecimiento, y para Peña, et al. (2014) en condiciones de un suelo de relave de mina ácido, estas

características en contraste a la especie *Lupinus albus L.* pueden ser consideradas a favor, debido a que, siendo especies del mismo género, muestran una absorción alta en relación al metal Zn, sin embargo podría existir una variación en cuanto refiera a la absorción de metales en un suelo ácido.

Por otro lado, Piñeiro, et al. (2002), en la tabla N 5, se evidencia los datos obtenidos, los cuales presentan diferencias para los metales Fe, K, Mn y Zn, con 1857.9 mg/kg, 2.03 mg/kg, 33.2 mg/kg y 851.3 mg/kg respectivamente, estos correspondiente a la parte raíz de la planta, a diferencia de la parte aérea si se muestra diferencias significativas en las concentraciones, ya que los valores para Fe, K, Mn y Zn, son de 48.3 mg/kg, 3.98 mg/kg, 115.7 mg/kg y 102.9 mg/kg respectivamente, evidenciando que la mayor absorción de metales es producido en la parte raíz, debido a los metales Fe y Zn, mostrándose en altas concentraciones. Martínez, Clemente, & Bernal (2008), desarrollaron la investigación bajo el tratamiento del metal Zn, dónde las condiciones fueron dadas en un suelo básico, bajo un control de 500 ppm para Zn, por consiguiente, los autores expresan que las raíces de *Lupinus albus L.* sí absorben altos niveles de concentraciones de metales en los tratamientos con mayor contaminación en el suelo, pero lo cual no se ve reflejado en el contenido de la parte aérea, sin embargo, la parte aérea de la planta también acumula niveles menores pero importantes de metales. Estos resultados pueden variar si las siembras fueran aplicadas en condiciones naturales de crecimiento. Sin embargo, en ambas investigaciones el altramuz blanco (*Lupinus albus L.*) ha demostrado ser capaz de reparar metales en la rizósfera del suelo. De igual modo, para Peña, et al. (2014), considerando la acumulación y distribución para Zn; tomando en cuenta a la especie *Lupinus ballianus*, la cual acumuló 763.6 mg/kg para Zn. Dónde existe una diferencia en las condiciones de desarrollo, teniendo a Piñeiro, et al. (2002) en un control para Zn en un suelo básico, y para Peña, et al. (2014) en condiciones de un

suelo de relave de mina ácido, en contraste a la especie *Lupinus albus L.*, ambas investigaciones muestran altos índices de absorción para el metal Zn.

De acuerdo con Custódio (2014), los datos de bioabsorción de metales en la planta *Lupinus albus L.* que desarrolló en la parte raíz y aérea, en la tabla N 6 expone resultados con diferencias notables en sus concentraciones, mostrando así datos en raíz como: 50.13 mg/kg en Cd, 4.379 mg/kg en K y 469.3 mg/kg en Mg, y en la parte aérea de planta con: 2.37 mg/kg en Cd, 23.9497 mg/kg en K y 1263.18 mg/kg en Mg, reflejando así que la mayor bioacumulación de metales fue obtenido en la parte aérea de la planta, sin embargo, muestra que para el metal Cd fue dado en la parte raíz de la planta, esta investigación se desarrolló bajo el tratamiento por el metal Cd, dónde las condiciones fueron aplicadas en un suelo ácido con un control de 27 mg/kg en Zn. Mientras tanto, para (Trejo, et al., 2016), expone datos de bioabsorción en *Lupinus albus L.* en una manera general de la planta, mostrando en la tabla N 8 el resultado en absorción del metal Cd con una diferencia muy amplia con 0.25599 mg/kg. Los autores concluyen que la capacidad de absorción de cadmio en lupino, mediante el ambiente desarrollado fue muy bajo, correspondiendo a 0.027 % de Cd aplicado en lupino blanco, sin embargo, esta cantidad permite utilizar esta especie en fitorremediación de Cd debido a que presenta un nivel de riesgo bajo para la cadena alimenticia. Ambas investigaciones se desarrollaron bajo el tratamiento de estrés por el metal Cd, por lo que se determina que el lupino blanco es capaz de acumular Cd en las raíces, sin embargo, tiene restricciones en la translocación a la parte aérea, pero lo cual no compromete al desarrollo de la planta. Aplicando la misma metodología usada en esta investigación, en ambientes con altas concentraciones de metales, como pasivos ambientales o de relave minero, se puede lograr mejores resultados en la absorción de metales en la planta de *Lupinus albus L.*

Por otro lado, Ehsan, et al. (2009), al evaluar la bioabsorción de metales en la especie *Lupinus Uncinatus*, en raíces, tallo y hojas bajo un tratamiento de Cd a 27 mg/kg, obtuvieron resultados con: 713 mg/kg en raíces, 343 mg/kg en tallo y 197 mg/kg en hojas, para materia seca, acumulados para el tratamiento de Cd. Esta investigación fue basada en el crecimiento de *Lupinus Uncinatus* bajo estrés de Cd, se sugiere su uso en la fitoestabilización y revegetación de los suelos contaminados con Cd. Por lo que con los datos evidenciados se aprecia que la especie *Lupinus Uncinatus*, logra aceptar altas dosis de este metal. Por otro lado (Maguiña, 2017), haciendo uso de la especie *Lupinus Mutabilis Sweet*, obtuvieron resultados con 3.41 mg/kg de Cd en la planta expuesta al tratamiento, por lo que según el investigador afirma que no es una planta hiperacumuladora, ya que considera que para que una planta sea llamada “hiperacumuladora”, debe retener al menos 100 µg/g (0.01% peso seco) de cadmio. De esta manera en dicho estudio se obtiene una reducida capacidad fitorremediadora de la especie *Lupinus Mutabilis Sweet*. En contraste con los resultados obtenidos en la investigación de Custódio (2014), se tienen resultados en la especie *Lupinus albus* L. para Cd con 50.13 mg/kg en la parte raíz y 2.37 mg/kg en la parte aérea, siendo relativamente menor al estudio de (Ehsan, et al., 2009), sin embargo, es mayor en relación a (Maguiña, 2017). De igual modo para (Trejo, et al., 2016), dónde existe una amplia diferencia en absorción de Cd con 0.25599 mg/kg en relación a estudios de Ehsan, et al. (2009) y (Maguiña, 2017); dando una diferencia sobre la concentración de bioacumulación en este metal, bajo el concepto de (Maguiña, 2017), la especie *Lupinus albus* L., no logra llegar a los 100 µg/g, sin embargo, puede ser apta como una especie usada para la absorción de metales, como para el metal Cd, aplicando bajo otras condiciones, y obteniendo así un punto importante, donde las concentraciones obtenidas puedan superar los 100 µg/g, dado que las 3 plantas son de la misma familia y especie con en suelo de relave de mina.

Para Rodríguez, et al. (2015), al evaluar la bioabsorción de metales en *Lupinus albus L.* en los brotes de la planta, y aplicando la extracción de metales bajo el uso de EDTA, en la tabla N 7 manifiesta resultados en Cu, Pb y Zn con 7.53 mg/kg, 6094 mg/kg y 256 mg/kg respectivamente, dando a mostrar que se logró un alto nivel de absorción para Pb. Para esta investigación, los autores usaron enmiendas utilizadas para pruebas de plantas, para el mejoramiento y crecimiento de las plantas, aparte de ciertas características de cada enmienda y tipo de suelo, las cuales afectaron a la absorción de metales. Sin embargo, si el crecimiento de la planta se da en condiciones normales en suelos contaminados con metales en altas concentraciones, es posible que, si se produzca un nivel alto de absorción ya que esta investigación muestra que la planta, mediante el uso de EDTA, es capaz de disminuir en mayor o menor medida concentraciones extraíbles de Pb y Zn, en suelos con relaves mineros. De igual modo, para Peña, et al. (2014), dónde en relave de mina a un 100 %, con la especie *Lupinus ballianus*, en datos de absorción para Pb y Zn acumuló 992.8 mg/kg para Pb y 763.6 mg/kg para Zn. Teniendo en consideración que ambas investigaciones fueron dadas en condiciones similares de relave de mina en suelos ácidos, siendo especies del mismo género, para Rodríguez, et al. (2015) muestra una elevada absorción en relación al metal Pb sobre Peña, et al. (2014), sin embargo, para el metal Zn se evidencia en una menor concentración, no obstante, en ambos estudios muestran una absorción alta para los metales Pb y Zn, siendo así datos favorables para la especie *Lupinus albus L.*

Los valores obtenidos para Azcárate, Rodríguez, & Villaseñor (2016), están basados en la bioabsorción del metal Hg en la planta *Lupinus albus L.* en la tabla N 9 expone datos para 2 partes de su estructura, en la parte raíz y la parte aérea, siendo los siguientes: 1.25 mg/kg para la parte raíz, y 0.18 mg/kg para la parte aérea de la planta, para esta investigación se hizo uso del EDTA, el cual causó la disminución en el

crecimiento de la planta, debido al uso de la contaminación por HCl (cloruro de hidrógeno) por EDTA a 1.0 M de solución, donde de igual manera fue en esa dosis máxima de concentración donde se produjo la mayor absorción de este metal en la planta. Estos resultados se atribuyeron a la capacidad de la planta para formar complejos estables de Hg en su organismo. Teniendo los resultados de esta investigación, la fitoextracción de mercurio por HCl puede ser usado para reducir concentraciones de mercurio disponible en suelos contaminados por metales.

- **Limitaciones**

Durante el desarrollo de esta investigación se presentaron ciertas limitaciones, las cuales dificultaron el proceso de análisis y adaptación de la información documental, siendo mencionadas a continuación:

- La limitada información acerca del tema en desarrollo.
- El idioma de las investigaciones encontradas, en su gran mayoría (inglés y portugués).
- La ausencia de información, relacionada con el proceso y mecanismo de la absorción de metales en la planta, ya que la mayoría de estudios solo están basados en los datos de absorción de los metales.

4.2. Conclusiones

- Se describió la bioacumulación de metales que genera la especie de flora fabaceae *Lupinus albus* L. emergentes en suelos contaminados, en base a 6 estudios revisados para esta especie, por lo cual se sostiene que la bioacumulación de los contaminantes es adecuada para dicho proceso, teniendo mayor aceptación en algunos metales como en el metal plomo (Pb), ya que la planta genera una mayor bioacumulación para este metal, donde se logró bioacumular una concentración de 6094 mg/kg para Rodríguez, et al. (2015), siendo una concentración muy alta, así mismo, logra una bioacumulación importante para metales como, Mg con 866.24 mg/kg para Custódio (2014); Fe con 1131.50 mg/kg para Martínez, Clemente, & Bernal (2008) y Zn con 477.10 mg/kg para Piñeiro, et al. (2002), sin embargo, para el metal Cd es considerablemente menor, en el cual solo se bioacumuló 0.25599 mg/kg para Trejo, et al. (2016); ya que siempre habrá una variación de resultados, en base a condiciones en las cuales sean desarrolladas.
- Se identificó en que parte de la estructura de la planta se genera la mayor bioacumulación de metales, determinado en base a 4 estudios analizados de la especie *Lupinus albus* L. para parte raíz y aérea, donde se obtuvo que el mayor grado de bioacumulación de metales se genera en la parte de raíz de la planta, donde logra generar un mayor nivel de concentración para metales como Fe con 2117 mg/kg para Martínez, Clemente, & Bernal (2008); Zn con 851.30 mg/kg para Piñeiro, et al. (2002); Cd con 50.13 mg/kg para Custódio (2014) y Hg con 1.25 mg/kg para Azcárate, Rodríguez, & Villaseñor (2016), este proceso limita el transporte de los metales a la parte aérea, siendo la razón principal de absorción en esa estructura de la planta,

generando diferencias en la absorción para algunos metales, sin embargo, también se obtuvo acumulaciones en la parte aérea de la planta, encontrando diferencias en las concentraciones de metales siendo estas menores.

- Se verificó en que metal tiene mayor eficiencia el uso de la especie de flora fabaceae *Lupinus albus L.*, en base a los metales propuestos para esta investigación, el cual se logra en el metal plomo (Pb), dado que presenta una mayor tolerancia según los análisis de los estudios revisados, con una concentración desarrollada en 6094 mg/kg, donde se genera en mayor concentración la absorción de Pb para el estudio realizado por Rodríguez, et al. (2015), presentadas en los estudios analizados en comparación a los metales en la especie *Lupinus albus L.*, generando una concentración muy importante de este metal.

REFERENCIAS

- Autoridad Nacional del Agua. (2011). *Problemática Minera en la Provincia de Hualgayoc*. Lima, Perú: Ministerio de Agricultura.
- Azcárate, J., Rodríguez, L., & Villaseñor, J. (2016). *EDTA and Hydrochloric Acid Effects on Mercury Accumulation by Lupinus Albus*. España: University of Castilla - La Mancha.
- Azcona, M., Ramírez, R., & Flores, G. (2015). *Efectos Tóxicos del Plomo*. Mexico: ISSSTE.
- Baker, A. J., & Proctor, J. (1990). *The influence of cadmium, copper, lead and zinc on the distribution and evolution of metallophytes in the British Isles*. Islas Británicas: Springer.
- Barceló, J., & Poschenrieder, C. (1992). *Respuestas de las Plantas a la Contaminación por Metales Pesados*. Bellaterra, España: Autonomous University of Barcelona.
- Becerril, J., Barrutia, O., Plazaola, J. G., Hernández, A., Olano, J., & Garbisu, C. (2007). *Especies Nativas de Suelos Contaminados por Metales: : Aspectos Ecofisiológicos y su Uso en Fitorremediación*. España: Asociación Española de Ecología Terrestre.
- Berrio, L., Echeverry, M., Correa, E., Zuleta, A., Robledo, S., Castaño, J., & Echeverría, F. (2017). Desarrollo de la Industria de Aleaciones de Magnesio en Colombia - Una oportunidad. *DYNA*, 56.
- Borja, M. (2012). *Metodología de la Investigación Científica para Ingenieros*. Chiclayo, Perú.
- Brooks, R. (1998). *Plants that Hyperaccumulate Heavy Metals*. Wallingford, UK: CAB International.
- Casierra, F., & Poveda, J. (2005). La Toxicidad por Exceso de Mn y Zn Disminuye la Producción de Materia Seca, los Pigmentos Foliareos y la Calidad del Fruto en Fresa (*Fragaria sp. cv. Camarosa*). *Agronomía Colombiana*, 284.

- Castillo, L. (2004). *Análisis Documental*. Biblioteconomía.
- Chan, D., & Hale, B. (2004). *Differential Accumulation of Cd in Durum Wheat Cultivars: Uptake and Retranslocation as Sources of Variation*. *Journal of Experimental Botany*.
- Chaney, R. L. (1989). *Toxic Element Accumulation in Soils and Crops: Protecting Soil Fertility and Agricultural Food-Chains*. Beltsville, USA: ECOLSTUD.
- Coordinación General de Minería. (2013). *Perfil de Mercado del Hierro - Acero*. Mexico.
- Covarrubias, S., & Peña, J. (2016). Contaminación Ambiental por Metales Pesados en México: Problemática y Estrategias de Fitorremediación. *Especial Biotecnología e Ingeniería Ambiental*, 9.
- Custódio, R. (2014). *Potencial Fitorremediador del Lupinus Sp en Suelos Contaminados con Cd*. Brazil: Universidade do Estado de Santa Catarina.
- Dammert, A., & Molinelli, F. (2007). *Panorama de la Minería en el Perú*. Perú: OSINERGMIN.
- Dávila, N., & Walter, L. (2018). *Capacidad Fitorremediadora de la especies de flora Herbácea Silvestre con mayor valor de importancia en la zona de pasivos mineros el Sinchao, distrito Chugiur, provincia de Hualgayoc, Cajamarca - Perú 2017*. Cajamarca, Perú: Universidad Privada del Norte.
- Delgadillo, A., González, C., Prieto, F., Villagómez, J., & Acevedo, O. (2011). *Fitorremediación: Una alternativa para la eliminar la contaminación*. Mexico: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Diez, F. (2008). *Fitocorrección de Suelos Contaminados con Metales Pesados*. España: Universidade de Santiago de Compostela. Servizo de Publicacións e Intercambio Científico.

- Durán, M., & Ciabato, D. (2011). *Evaluación de los Impactos Ambientales Asociados a la Contaminación en Agua, Suelo y Sedimento por Cromo y Zinc, en los municipios de Tabio y Tenjo - Cundinamarca (Sub-Cuenca del Río Chicú)*. Bogotá: Universidad de La Salle.
- Ehsan, M., Delgado, S., Alarcón, V., Chavez, A., De la Cruz, L., Contreras, J., & Molumeli, A. (2009). *Fitoestabilización de Suelos Contaminados con Cadmio por Lupinus uncinatus Schldl.* Mexico: Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA).
- Fernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. Mexico D.F.: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Galán, E., & Romero, A. (2008). *Contaminación de Suelos por Metales Pesados*. Sevilla, España: Universidad de Sevilla.
- Gaona, X. (2004). *El Mercurio como Contaminante Global: Desarrollo de Metodologías para su Determinación en Suelos Contaminados y Estrategias para la Reducción de su Liberación al Medio Ambiente*. Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona.
- Inés, D. (2002). *Acumulación de Metales (cadmio, zinc, cobre, cromo, níquel y plomo) en Especies del Género Pelargonium: Suministro desde el Suelo, Ubicación en la Planta y Toxicidad*. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires.
- INSHT. (2017). *Manganeso y Compuestos Inorgánicos*. España: Documentación Límites Exposiciones Profesional (DLEP).
- ITIS. (10 de 11 de 2021). *Integrated Taxonomic Information System - Report*. Obtenido de https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=503572#null

- Juárez, V. (2018). *Correlación entre Variables Físicas y Químicas para la Determinación del Nivel de Suelos Cultivados con Banano en el Valle del Chira - Piura*. Perú: Universidad Nacional de Piura.
- Kabata, A. (2000). *Trace Elements in Soils and Plants* (Vol. Third Edition). Pulawy, Poland: Institute of Soil Science and Cultivation of Plants.
- Laguna, S., Caballero, C., Lewis, V., Mazuera, S., Salamanca, J., Daza, W., & Fourzali, A. (2007). Consideraciones éticas en la publicación de investigaciones científicas. *Salud Uninorte*, 70.
- Lopez, P. L. (28 de 5 de 2004). *Scielo*. Obtenido de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_isoref&pid=S1815-02762004000100012&lng=es&tlng=es
- Maguiña, L. (2017). *Determinación de la Capacidad Fitorremediadora de Lupinus Mutabilis Sweet en Suelos Contaminados con Cadmio (Cd)*. Lima, Perú: Universidad Ricardo Palma.
- María, R., María, R., Río, L. A., & Nieves, C. (2008). *Toxicidad del Cadmio en Plantas*. España: ResearchGate.
- Martínez, I., Clemente, R., & Bernal, P. (2008). *Metal Availability and Chemical Properties in the Rhizosphere of Lupinus albus L. Growing in a High-Metal Calcareous Soil*. España: Department of Soil and Water Conservation and Organic, Campus Universitario de Espinardo.
- MINAM. (s.f.). Obtenido de [https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-suelo-0#:~:text=%2D%20Aprueban%20Est%C3%A1ndares%20de%20Calidad%20Ambiental%20\(ECA\)%20para%20Suelo&text=Los%20ECA%20para%20Suelo%20constituy en,productivas%2C%20extractivas%20y%20d](https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-suelo-0#:~:text=%2D%20Aprueban%20Est%C3%A1ndares%20de%20Calidad%20Ambiental%20(ECA)%20para%20Suelo&text=Los%20ECA%20para%20Suelo%20constituy en,productivas%2C%20extractivas%20y%20d)

MINAM. (2007). *Ley General del Ambiente*. Lima, Perú: El Peruano.

MINAM. (2017). *Criterios para la Gestión de Sitios Contaminado*. Lima, Perú: Sistema Nacional de Información Ambiental. Obtenido de <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-criterios-gestion-sitios-contaminados>

Ortiz, Trejo, Valdez, Arreola, Flores, & López. (2009). *Fitoextracción de Plomo y Cadmio en Suelos Contaminados usando Quelite (*Amaranthus hybridus* L.) y Micorrizas*. Mexico: Chapingo Serie Horticultura.

OSINERGMIN. (2014). *Reglamento para la protección Ambiental en las Actividades de Hidrocarburos*. Lima, Perú: Sistema Nacional de Información Ambiental. Obtenido de <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-reglamento-proteccion-ambiental-las-actividades-hidrocarburos>

Peña, J., Gómez, J., Montoya, H., Chanco, M., Mariano, M., & Cano, N. (2014). *Capacidad Fitorremediadora de Cinco Especies Altoandinas de Suelos Contaminados con Metales Pesados*. Lima, Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Piñeiro, P., Hernández, A., Fernández, N., & Pascual, M. (2002). *Estudio del comportamiento acumulador de Zn en *Lupinus albus* L., creciendo en suelos ácido y básico contaminados con este metal*. Zaragoza, España: Institución "Fernando el Católico".

Prieto, J., González, C., Román, A., & Prieto, F. (2009). Contaminación y Fitotoxicidad en Plantas por Metales Pesados Provenientes de Suelos y Agua. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 3.

Raquel, C. D. (2014). *Potencial Fitorremediador del *Lupinus Sp* en Suelos Contaminados con Cd*. Brazil: Universidade do Estado de Santa Catarina.

- Rodríguez, L., Gómez, R., Sánchez, V., & Azcárate, J. (2015). *Chemical and Plant Tests to Assess the Viability of Amendments to Reduce Metal Availability in Mine Soils and Tailings*. España: University of Castilla - La Mancha.
- Ruscitti, M. (2016). *La Micorrización Modifica la Respuesta de las Plantas de Pimiento en Presencia de Cobre en el Suelo*. Argentina: Universidad Nacional de la Plata.
- Sánchez, G. (2016). *Ecotoxicología del Cadmio - Riesgo para la Salud de la Utilización de Suelos Ricos en Cadmio*. Madrid, España: Universidad Complutense.
- Seisdedos, L., & Planchuelo, A. (2018). Morfoanatomía de las Plántulas de Dos Especies de Lupinos Graníferos: *Lupinus albus* y *L. angustifolius* (Fabaceae, Faboideae). 70.
- SINIA. (2004). *Ley que Regula los Pasivos Ambientales de la Actividad Minera*. Lima, Perú: Sistema Nacional de Información Ambiental. Obtenido de <https://sinia.minam.gob.pe/normas/ley-que-regula-pasivos-ambientales-actividad-minera#:~:text=Ley%20N%C2%B0%2028271%20.,ambientales%20de%20la%20actividad%20minera>
- Tormo, R. (06 de 05 de 2021). *Plantas y Hongos*. Obtenido de Herbarium: *Lupinus albus* L. (Fabaceae): https://www.plantasyhongos.es/herbarium/htm/Lupinus_albus.htm
- Trejo, N., Matus, I., Pozo, A., Walter, I., & Hirzel, J. (2016). *Cadmium Phytoextraction Capacity of White Lupine (*Lupinus Albus* L.) and Narrow - Leafed Lupine (*Lupinus Angustifolius* L.) In Three Contrasting Agroclimatic Conditions of Chile*. Chile: Chilean Journal of Agricultural Research.

ANEXOS

Tabla 17

Matriz de consistencia

“Bioacumulación de metales en cultivo de *Lupinus albus L.* emergentes en suelos contaminados”

Formulación del Problema	Objetivos	Variables (Y = f (X))	Indicadores	Diseño de Investigación
¿Cuál es la capacidad de bioacumulación de metales en cultivo de <i>Lupinus albus L.</i> emergentes en suelos contaminados?	- Describir la bioacumulación de metales en cultivo de <i>Lupinus albus L.</i> emergentes en suelos contaminados.	Independiente (X): Se toma como variable independiente a “Concentración de metales en el suelo”, con su base teórica en, Los metales están presentes en el suelo como componentes naturales del mismo o como consecuencia de las actividades antropogénicas	- Descripción de suelos Contaminados	Tipo de Estudio: Aplicado en enfoque No Experimental
	- Identificar en que estructura de la planta se genera la mayor bioacumulación de metales, en suelos contaminados, teniendo en cuenta los estudios y metodologías analizadas. - Verificar qué metal tiene mayor grado de absorción en el uso de la especie de flora fabaceae - <i>Lupinus albus L.</i> , comparando diversos estudios ya realizados anteriormente. - Comparar el grado de absorción de la planta fabaceae - <i>Lupinus albus L.</i> , con otras especies de plantas similares, empleadas en suelos contaminados, previstos en los estudios analizados	Dependiente (Y): Se toma como variable dependiente a “Concentración de metales en la especie de flora fabaceae <i>Lupinus albus L.</i> ”, con su base teórica en, Las principales posibilidades de toxicidad por exceso de metales pesados en la célula vegetal. Se hace evidente la implicación de diferentes niveles y compartimientos celulares (membranas, pared celular, citosol, orgánulos) y la diversidad de enzimas y procesos que secundariamente serán alterados como consecuencia de la acción primaria de los metales pesados	Parámetros de Medición: - Revisión de parámetros de medición en relación a metales pesados	de Diseño: Observacional

Tabla 18

Ficha de registro de datos de estudios

<i>Ficha de registro de datos de los estudios considerados para esta investigación</i>							
N°	Título	Autor(es)	Año	País	Especie	Metales Analizados	Método de Análisis
1	Disponibilidad de Metales y Propiedades Químicas en la Rizósfera de <i>Lupinus albus L.</i> Creciendo en un suelo Calcáreo con Alto Contenido d Metales	Isabel Martínez - Alcalá & Rafael Clemente & M. Pilar Bernal	2009	España	<i>Lupinus albus L</i>	Fe, K, Mn, Pb y Zn	- FAAS
2	Estudio del Comportamiento Acumulador de Zn en <i>Lupinus albus L.</i> Creciendo en Suelos Ácido y Básico Contaminados con este Metal	Pastor Piñeiro, Hernández, Ana Jesús, Prieto, Nuria, Fernández-Pascual, Mercedes	2002	España	<i>Lupinus albus L</i>	Fe, K, Mg, Mn y Zn	-
3	Potencial Fitorremediador de <i>Lupinus Sp.</i> en Suelos Contaminados con Cadmio	Ávila, Raquel Custódio D	2014	Brasil	<i>Lupinus Sp</i>	K y Mg	- USEPA 3050 B
4	Pruebas Químicas y de Plantas para Evaluar la Viabilidad de Enmiendas para Reducir la Disponibilidad de Metales en Suelos Mineros y Relaves	Luis Rodríguez & Rocío Gómez & Virtudes Sánchez & Jacinto Alonso - Azcárate	2015	España	<i>Lupinus albus L</i>	Cu, Pb y Zn	- EPA 3051 A - Difractometría Láser

5	Capacidad de Fitoextracción de Cd del Blanco, Lupino (<i>Lupinus albus</i> L) y de hojas estrechas Lupino (<i>Lupinus Angustifolius</i> L) en tres Condiciones Agroclimáticas	Nallely Trejo, Iván Matus, Alejandro del Pozo, Ingrid Walter, and Juan Hirzel	2016	Chile	<i>Lupinus albus</i> L. y <i>Lupinus Angustifolius</i> L	Cd	- Bouyoucos
6	Efectos de EDTA y Ácido Clorhídrico sobre la Acumulación de Mercurio por <i>Lupinus albus</i>	Luis Rodríguez, Jacinto Alonso - Azcárate, José Villaseñor, Laura Rodríguez - Castellanos	2016	EE. UU	<i>Lupinus albus</i> L	Hg	- EPA 3051 A
7	Capacidad Fitorremediadora de Cinco Especies Altoandinas de Suelos Contaminados con Metales Pesados	Jara - Peña, Enoc, Gómez, José, Montoya, Haydeé, Chanco, Magda, Mariano, Mauro, & Cano, Noema	2014	Perú	<i>Solanum Nitidum</i> , <i>Brassica Rapa</i> L, <i>Fuertesimalva Echinata</i> , <i>Urtica Urens</i> L y <i>Lupinus Ballianus</i> C.P	Cd, Pb y Zn	- Digestión Húmeda
8	Fitoestabilización de Suelos Contaminados con Cadmio por <i>Lupinus Uncinatus</i> Schldl	M. Ehsan, K. Santamaría-Delgado, A. Alderete - Chávez, N. De la Cruz - Landero, D. Jaén - Contreras, P. Augustine Molumeli	2009	México	<i>Lupinus Uncinatus</i> Schldl	Cd	- AAS
9	Determinación de la Capacidad Fitorremediadora de <i>Lupinus Mutabilis</i> Sweet “Chocho o Tarwi” en Suelos Contaminados con Cadmio (Cd)	Luisa Fernanda Maguiña Castillo	2017	Perú	<i>Lupinus Mutabilis</i> Sweet	Cd	- Métodos de Inhibición - FASS