



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHYO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**



**TRABAJO DE TITULACIÓN**

Componente Práctico del Exámen de grado de carácter  
Complexivo, presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad,  
como requisito previo para obtener el título de:

**INGENIERA AGROPECUARIA**

**TEMA:**

El Cadmio como metal pesado: problemas y efectos en el suelo y  
las plantas.

**AUTORA:**

Melissa Lizeth Bricio Yela

**TUTORA:**

Ing. Quim. MSc. Adriana Mejía González.

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

2021

## **RESUMEN**

Para desarrollar el presente documento se detalló la importancia del Cadmio como metal pesado: problemas y efectos en el suelo y las plantas. Generalmente los metales pesados están presentes en el suelo y en plantas en bajas concentraciones, que causa degradación en los suelos y contaminación de los mismos y de las plantas. De acuerdo a lo expuesto anteriormente, se determinó que la contaminación del suelo con metales pesados causa problemas ambientales y de salud pública, por tanto es necesario realizar evaluaciones y análisis de suelo para determinar la composición química de los mismos y realizar las correcciones que sean necesarias; el cadmio es uno de los metales pesados, considerados como el elemento más tóxico y que se encuentra distribuido en la naturaleza y asociado con otros minerales; la fijación de Cadmio es mayor en suelos con altos contenidos de materia orgánica, con textura más fina y más capacidad de intercambio catiónico, lo que incluso en suelos ácidos este metal se intercambia fácilmente y se hace disponible para las plantas y es necesario identificar los fertilizantes adecuados para que se pueda controlar y evitar la acumulación del nivel de Cadmio en el suelo.

Palabras claves: Cadmio, metales pesados, toxicidad, degradación.

## **SUMMARY**

To develop this document, the importance of Cadmium as a heavy metal was detailed: problems and effects on soil and plants. Heavy metals are generally present in the soil and in plants in low concentrations, which causes degradation in soils and contamination of them and plants. According to the above, it was determined that soil contamination with heavy metals causes environmental and public health problems, therefore it is necessary to carry out soil evaluations and analyzes to determine their chemical composition and make the necessary corrections. ; Cadmium is one of the heavy metals, considered the most toxic element and it is found distributed in nature and associated with other minerals; Cadmium fixation is higher in soils with high content of organic matter, with a finer texture and cation exchange capacity, which even in acid soils this metal is easily exchanged and made available to plants and it is necessary to identify the fertilizers suitable so that the accumulation of the level of Cadmium in the soil can be controlled and avoided.

Keywords: Cadmium, heavy metals, toxicity, degradation.

## CONTENIDO

RESUMEN .....	ii
SUMMARY .....	iii
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I .....	3
MARCO METODOLÓGICO .....	3
1.1. Definición del tema caso de estudio .....	3
1.2. Planteamiento del problema .....	3
1.3. Justificación .....	4
1.4. Objetivos .....	4
1.4.1. General .....	4
1.4.2. Específicos .....	5
1.5. Fundamentación teórica .....	5
1.6. Hipótesis .....	15
1.7. Metodología de la investigación .....	15
CAPÍTULO II .....	16
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	16
2.1. Desarrollo del caso .....	16
2.2. Situaciones detectadas .....	16
2.3. Soluciones planteadas .....	17
2.4. Conclusiones .....	17
2.5. Recomendaciones .....	18
BIBLIOGRAFÍA .....	19

## INTRODUCCIÓN

La agricultura está relacionada íntimamente con la investigación y tecnología, donde es evidente su desarrollo en la producción agrícola y una alta calidad de las cosechas, esto se debe principalmente que gracias al conocimiento que se puede adquirir con el desarrollo de la investigación de ciertos parámetros químicos que contiene el recurso suelo, ayudando a determinar las necesidades nutritivas de las plantas o de los procesos de absorción, asimilación y síntesis de la relación suelo – planta (García y Navarro, 2016).

Para empezar, podemos definir como “metales pesados” aquellos elementos químicos que presentan una densidad igual o superior a 5 g/ cm<sup>3</sup> cuando están en forma elemental, o cuyo número atómico es superior a 20 (excluyendo a los metales alcalinos y alcalinotérreos). Su presencia en la corteza terrestre es inferior al 0,1% y casi siempre menor del 0,01%.

No obstante, en primer lugar, conviene clarificar que el término “metales pesados” es impreciso. En verdad se pretende indicar con este término aquellos metales que, siendo elementos pesados, son “tóxicos” para un organismo (célula). Sin embargo en realidad cualquier elemento que *a priori* es beneficioso para la célula, en concentraciones excesivas puede llegar a ser tóxico. Por tanto, se seguirá manteniendo el término “metales pesados” para definir ciertos elementos.

Junto a ellos hay otros elementos que, aunque son metales ligeros o no metales, se suelen englobar como metales pesados por orígenes y comportamientos asociados; es este el caso de Arsénico (As), Boro (B), Bario (Ba) y Selenio (Se). Los metales pesados se clasifican en dos grupos: Oligoelementos o micronutrientes (necesarios en pequeñas cantidades para los organismos, pero tóxicos una vez pasado cierto umbral e incluyen : Arsénico (As), Boro (B), Cobalto (Co), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Molibdeno (Mo), Manganeso (Mn), Níquel (Ni), Selenio (Se) y Zinc (Zn) y sin función biológica

conocida son altamente tóxicos, estos son : Bario (Ba), Cadmio (Cd), Mercurio (Hg), Plomo (Pb), Antimonio (Sb), Bismuto (Bi) (Navarro *et al.*, 2017).

En la contaminación por metales pesados, no solo afecta el recurso suelo sino también se ve afectada muchas plantas y en parte de la procedencia atmosférica. La raíz es el principal órgano de absorción. Además es necesario destacar que no todos los órganos de los vegetales tienen la misma significación en la acumulación de los metales pesados (Barceló y Poschenrieder, 2015).

Los altos niveles de metales pesados como el cadmio (Cd), están presentes en suelos y en el agua negra, la cual es utilizada para riego agrícola en donde radican principalmente, y que son de suma importancia para la agricultura. Por su carácter no biodegradable, la toxicidad que ejercen sobre los diferentes cultivos y su biodisponibilidad, puede resultar peligrosos. El cadmio (Cd) se pueden absorber en mayor grado en ciertas plantas, acumulando mayores contenidos del metal, provocando en las hojas un marchitamiento y disminución en la longitud de sus raíces y de la biomasa (Prieto *et al.*, 2019).

Por lo antes expuesto, se buscó información sobre el Cadmio como metal pesado.

# **CAPÍTULO I**

## **MARCO METODOLÓGICO**

### **1.1. Definición del tema caso de estudio**

El presente documento detalla lo referente al Cadmio como metal pesado: problemas y efectos en el suelo y las plantas.

La existencia de Cadmio en suelos agrícolas con niveles elevados, causa preocupación ambiental debido a la movilidad de este metal en el suelo y a la facilidad con la que es absorbido por las plantas, lo que sin duda causa efectos tóxicos en los cultivos.

### **1.2. Planteamiento del problema**

El suelo está compuesto por minerales, materia orgánica, organismos vegetales, aire y agua; cuya capa se forma lentamente a través del tiempo por la desintegración de las rocas superficiales que entran en contacto con el agua, temperatura y viento a través del tiempo, donde logra alcanzar su equilibrio.

Cuando ciertos parámetros varían y permiten que se rompa el equilibrio del suelo debido a las condiciones excesivas de labores de agricultura, industria, minería y ganadería, permite que los suelos se degraden. Además la presencia nociva de algunos elementos químicos y compuestos son aquellos que contaminan los suelos debido a las altas concentraciones y efectos adversos sobre los organismos beneficios, causando toxicidad.

La toxicidad es cuando un elemento o compuesto químico tiene la capacidad de afectar la función biológica de los organismos vivos, especialmente a las plantas, a las que causa efectos perjudiciales en su crecimiento y desarrollo provocando reacciones adversas que provocan los bajos rendimientos o pérdidas del cultivo.

### **1.3. Justificación**

El suelo es un recurso natural no renovable a través del tiempo, por lo tanto es preciso mantenerlo y preservarlo, implicando la necesidad de adaptarlo a diversos usos, entre los que se destaca la agricultura.

En la agricultura, el suelo aporta cantidad de microorganismos, materia orgánica y nutrientes, lo que mejora la estructura y funciones, haciéndolo adecuado en el mantenimiento del aire, fertilidad y almacenamiento de agua indispensable para el desarrollo de las plantas. Debido a ello es de vital importancia determinar los elementos disponibles en el suelo, especialmente los tóxicos, para evitar la degradación y contaminación del mismo.

Existen elementos tóxicos que no se pueden descomponer con la mineralización, a ellos se los denomina "persistentes", debido a sus propias características, especialmente se refiere a los elementos de tipo inorgánico como es el caso de los metales pesados.

La contaminación metálica de los suelos con Cadmio influye negativamente sobre la actividad microbiana, medida por diversos parámetros indicativos como carbono de la masa microbiana, respiración basal (desprendimiento del CO<sub>2</sub>) cociente metabólico (qCO<sub>2</sub>) y ATP. Para dosis elevada del metal el Cadmio ejerce un efecto más perjudicial que otros elementos, como el Níquel (Ni). Por lo tanto es necesario ampliar los conocimientos y estudios sobre la peligrosidad de los metales pesados en el suelo (García *et al.* 2016).

### **1.4. Objetivos**

#### **1.4.1. General**

Recopilar información sobre el Cadmio como metal pesado: problemas y efectos en el suelo y en los cultivos de interés comercial.



### 1.4.2. Específicos

- ❖ Identificar los problemas y efectos en el suelo por la presencia de metales pesados.
- ❖ Interpretar los problemas y efectos que causa el cadmio en los cultivos de interés comercial por la presencia de metales pesados.

### 1.5. Fundamentación teórica

Lázaro (2016) relata que:

El suelo es un recurso no renovable de vital importancia para biosfera que realiza funciones como el reciclaje de nutrientes y la descomposición de la materia orgánica. Estos procesos son llevados a cabo por las enzimas de la microbiota residente en el mismo. Las oxidorreductasas indican actividad metabólica microbiana total mientras que las hidrolasas están implicadas en el ciclo de los nutrientes esenciales.

Trujillo *et al.* (2020) refieren que:

Los metales pesados como Cadmio (Cd), Cromo (Cr), Plomo (Pb), Manganeso(Mn), Cobre (Cu) y Zinc (Zn) procedente de los productos agroquímicos aplicados en el control de malezas y plagas son contaminantes comunes del suelo bajo cultivo de arroz. Ciertos metales pesados en suelos agrícolas en baja concentración son esenciales para el crecimiento de las plantas (Mn, Cu y Zn), pero algunos metales son altamente tóxicos para los humanos. Estos metales pesados tóxicos pueden ser absorbidos y acumulados por las plantas y eventualmente ingresar al cuerpo humano a través de la ingesta de alimentos.

Para Reyes *et al.* (2016):

Específicamente, la contaminación del agua por metales pesados ocasionada por vía antrópica y natural, está afectando drásticamente la seguridad alimentaria y salud pública. Estudios recientes reportan la

presencia de metales pesados y metaloides tales como mercurio (Hg), arsénico (As), plomo (Pb), cadmio (Cd), zinc (Zn), níquel (Ni) y cromo (Cr) en hortalizas tales como la lechuga, repollo, calabaza, brócoli y papa. Esta contaminación, proviene, entre otros causales, del uso para riego de aguas afectadas.

Prieto *et al.* (2019) menciona que:

Hay metales pesados sin función biológica conocida, cuya presencia en determinadas cantidades en seres vivos lleva aparejada disfunciones en el funcionamiento de sus organismos. Resultan altamente tóxicos y presentan la propiedad de acumularse en los organismos vivos, elementos tales como el Cd, Hg, Pb, Sb, Bi, Sn, Tl.

Muñoz (2017) manifiesta que:

Las concentraciones de cadmio en los suelos agrícolas sobrepasan los límites establecidos en la normativa nacional e internacional, presentándose concentraciones biodisponibles en todas las estaciones. Los valores promedio de cadmio en suelos de cada cantón sobrepasan los límites máximos establecidos en la normativa nacional e internacional. Las concentraciones de cadmio en los granos muestreados no sobrepasan el límite máximo permisible internacional.

Prieto *et al.* (2019) informan que:

El término de metal pesado refiere a cualquier elemento químico metálico que tenga una relativa alta densidad y sea tóxico o venenoso en concentraciones incluso muy bajas. Los ejemplos de metales pesados o algunos metaloides, incluyen el mercurio (Hg), cadmio (Cd), arsénico (As), cromo (Cr), talio (Tl), y plomo (Pb), entre otros. En un pequeño grado se pueden incorporar a organismos vivos (plantas y animales) por vía del alimento y lo pueden hacer a través del agua y el aire como medios de traslocación y dependiendo de su movilidad en dichos medios.

Castebianco (2018) indica que:

El plomo o el cadmio en los suelos puede tener un origen natural o antrópico, pero independientemente de ello las plantas lo absorben y puede acumularlo en distintas estructuras y proporciones. Esta situación se presenta en el cacao con acumulación importante en sus semillas y hojas y dado que la mayoría de los productos derivados del cacao son consumidos por niños se hace necesario minimizar la presencia de estos metales en el producto final.

Guerrero *et al.* (2020) expresa que:

Los metales pesados como plomo, cadmio, cromo, zinc, mercurio entre otros, son liberados hacia ecosistemas acuáticos así como a los suelos principalmente debido a diversas actividades antropogénicas y presenta una seria amenaza para las plantas, animales e incluso los humanos debido a su persistencia, bioacumulación, propiedad no biodegradable y su toxicidad incluso a bajas concentraciones.

Flores (2018) expone que:

En las plantas cultivadas, el proceso de acumulación de metales pesados es de especial interés debido a que podrían incorporar a la cadena alimenticia elementos potencialmente peligrosos para la salud del ser humano. En los suelos las excesivas concentraciones de metales podrían impactar la calidad de los alimentos, la seguridad de la producción de cultivos y la salud del medio ambiente, debido a que los metales se mueven a través de la cadena alimenticia vía consumo de plantas por animales y estos a su vez por humanos.

Lázaro (2016) explica que:

Ante la presencia de un contaminante como los metales pesados, tanto los microorganismos como sus enzimas se ven afectados negativamente, por lo que el análisis de la actividad enzimática del suelo puede utilizarse como indicador del grado de contaminación del mismo. Sin embargo existen múltiples factores (Dependientes del metal, de las enzimas, del suelo y de las plantas) que influyen en el grado de

inhibición enzimática.

Guerrero *et al.* (2020) estiman que:

Es evidente el hecho de que la principal fuente de metales pesados radica en las actividades industriales realizadas por la humanidad, esto afecta de forma considerable no solo la vida humana si no a los animales, las plantas, las fuentes hídricas y los suelos, en otras palabras, afecta toda la cadena trófica debido a la descarga de metales pesados al ambiente.

Amador y Delgado (2018) difunden que:

Los metales pesados pueden alcanzar niveles de concentración que provocan efectos negativos en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo como una reducción del contenido de materia orgánica, disminución de nutrimentos, variación del pH generando suelos ácidos, amplias fluctuaciones en la temperatura, efectos adversos en el número, diversidad y actividad en los microorganismos de la rizósfera, dificultan el crecimiento de una cubierta vegetal protectora favoreciendo la aridez, erosión del suelo, y la dispersión de los contaminantes hacia zonas y acuíferos adyacentes, como consecuencia aumenta la vulnerabilidad de la planta al ataque por insectos, plagas y enfermedades, afectando su desarrollo.

Guerrero *et al.* (2020) determina que:

Este exceso de metales como Aluminio, Mercurio, Plomo, entre otros resulta de especial relevancia toxica para las plantas, en especial en suelos ácidos donde la fitotoxicidad por metales tóxicos se manifiesta particularmente tanto en el crecimiento como en la formación de raíces laterales y secundarias.

Flores (2018) destaca que:

Todos los metales pesados representan un riesgo, algunos de ellos se han relacionado con enfermedades que pueden representar un grave peligro para la salud humana, como el Cd que se asocia a enfermedades

de los huesos y daño renal, además de ser considerado como un elemento cancerígeno.

Guerrero *et al.* (2020) definen que:

De manera más específica se pueden realizar diversos tipos de ensayos para medir la toxicidad de los metales tanto en suelos como en aguas siendo una forma de lograrlo mediante bioensayos. En el caso de los suelos fácilmente se puede dar dicha medición por medio de la prueba de germinación de semillas/elongación de raíz, la cual evalúa el efecto fitotóxico en la germinación de las semillas y el crecimiento inicial de las plántulas.

De acuerdo a Flores (2018):

Las plantas cultivadas en suelos contaminados absorben los elementos metálicos acumulándolos en sus tejidos vegetativos y que dependerían de su concentración, y en especial en la solución húmeda. Los metales como el  $Mn^{+2}$ ,  $Fe^{+3}$ ,  $Zn^{+2}$ ,  $Cu^{+2}$ , son esenciales para el desarrollo normal de las plantas son componentes naturales y/o catalíticos de proteínas y enzimas. Otros como el  $Cr^{+3}$ , V, Ti, Co y Se, a pesar de no ser esenciales, son beneficiosos. El exceso de  $Al^{+3}$ ,  $Cd^{+2}$ ,  $Hg^{+2}$ ,  $As^{+3}$ ,  $Pb^{+2}$ , resulta de especial relevancia tóxica para las plantas.

Rodríguez *et al.* (2018) consideran que:

El cadmio es un metal pesado no esencial y poco abundante en la corteza terrestre, sin embargo en las últimas décadas ha aumentado considerablemente su acumulación, como consecuencia de la actividad industrial.

Prieto *et al.* (2019) argumentan que:

Los altos niveles de metales pesados como plomo, níquel, cadmio y manganeso, presentes en suelos y agua negra, utilizada para riego agrícola radican principalmente, que pueden ser acumulados en estos sistemas de suma importancia para la agricultura. Por su carácter no biodegradable, la toxicidad que ejercen sobre los diferentes cultivos y su biodisponibilidad, puede resultar peligrosos.

Marcano (2016) asegura que:

En los últimos años se ha reportado un progresivo aumento en los niveles de cadmio en algunos suelos agrícolas como consecuencia de una prolongada fertilización fosfatada, y se ha llamado la atención sobre la posibilidad de mayores incrementos en otros suelos debido al uso agrícola de lodos residuales. Una fuente de inhalación de vapores de cadmio es el tabaco. Las plantas de tabaco tienden a acumular cadmio en las hojas y con frecuencia los cultivos de tabaco son objeto de una abundante fertilización fosfática, que puede producir un incremento en los niveles de cadmio en los suelos.

Flores (2018) apunta que:

La fitotoxicidad ocasionada por las altas concentraciones de metales pesados da como resultado clorosis, crecimiento débil de las plantas e incluso puede ocasionar reducción en la captación de los nutrientes, desórdenes en el metabolismo. Los metales pesados causan estrés oxidante en las plantas. Se ha reportado que el estrés por metales afecta a la fotosíntesis, a la fluorescencia de la clorofila y a la resistencia estomatal.

Rodríguez *et al.* (2018) afirma que:

La contaminación por cadmio puede causar serios problemas a todos los organismos vivos, resultando altamente tóxico para el ser humano. Una posible fuente de contaminación por cadmio en humanos es la ingesta de plantas contaminadas por el metal. Por este motivo, es importante conocer cuáles son los mecanismos de toxicidad del metal en la planta, así como los mecanismos de defensa de la misma.

Prieto *et al.* (2019) acota que:

La absorción de metales pesados por las plantas es generalmente el primer paso para la entrada de éstos en la cadena alimentaria. La absorción y posterior acumulación dependen en primera instancia del

movimiento (movilidad de las especies) de los metales desde la solución en el suelo a la raíz de la planta. En plantas, el concepto de bioacumulación se refiere a la agregación de contaminantes; algunos de ellos son más susceptibles a ser fitodisponibles que otros.

Flores (2018) reporta que:

Consecuentemente, el crecimiento de las plantas se reduce o es total, los síntomas de toxicidad por Cd son atrofia y clorosis. Todas las plantas absorben metales del suelo donde se encuentran, en distinto grado dependiendo de la especie vegetal y de las características y contenido de metales en el suelo.

Según Marcano (2016):

El nivel promedio de cadmio en suelos ha sido ubicado entre 0,07 y 1,1 mg.kg<sup>-1</sup>, con un nivel base natural que no excedería de 0,5 mg.Kg<sup>-1</sup>. Algunos suelos pueden tener niveles de cadmio elevados porque las rocas de las que se formaron tenían el elemento en su composición.

Flores (2018) señala que:

El Cd, es el metal más soluble y peligrosos. En plantas, los síntomas de toxicidad por Cd son atrofia y clorosis. La clorosis puede aparecer debido a una interacción directa o indirecta con el Fe, Zn, P y el Mn. Altos contenidos de Cd en el medio de crecimiento inhiben la absorción de Fe en las plantas.

El Cadmio interfiere en la entrada, transporte y utilización de elementos esenciales (Ca, Mg, P y K) y del agua, produciendo unos desequilibrios nutricionales e hídricos en la planta. Las plantas cultivadas en suelos contaminados con cadmio presentan modificaciones en la apertura estomática, fotosíntesis y transpiración. Cd disminuye la viabilidad celular, inhibe la formación de hueso y la actividad de fosfatasa alcalina (Flores 2018).

Marcano (2016) sostiene que:

Una de las vías de incorporación del cadmio a los suelos agrícolas es la fertilización fosfática. Las rocas fosfóricas, que son la materia prima de todos los fertilizantes fosfáticos, contienen niveles de metales pesados que varían según su origen geográfico, pero que generalmente son superiores al promedio de la corteza terrestre. Los metales permanecen en una proporción importante en los fertilizantes industriales y posteriormente son aplicados al suelo junto con el fósforo.

Flores (2018) recomienda que:

El aumento general obtenido en el contenido de Cd, Pb, Cu y Zn en las plantas de maíz cultivadas con agua de la cuenca baja del río Huara, constata el efecto de absorción y acumulación en sus partes vegetativas, no encontrándose anomalías en su fisiología o desarrollo.

Marcano (2016) declara que “Entre los metales pesados que pueden estar presentes en los lodos, el cadmio es el que genera más riesgos ambientales por su movilidad en los suelos y la facilidad con que es absorbido por las plantas”.

Rodríguez *et al.* (2018) deduce que:

Los efectos tóxicos del cadmio sobre las plantas, han sido ampliamente estudiados, sin embargo los mecanismos de su toxicidad aún no se conocen completamente. En general el Cd interfiere en la entrada, transporte y utilización de elementos esenciales (Ca, Mg, P y K) y del agua, provocando desequilibrios nutricionales e hídricos en la planta. El Cd también reduce la absorción de nitratos y el transporte de los mismos de la raíz al tallo, además de inhibir la actividad nitrato reductasa en tallos.

Marcano (2016) enfatiza que:

El cadmio de origen antropogénico, generalmente presente en los horizontes superficiales, será más disponible que el proveniente de la meteorización de rocas, pero su absorción por las plantas depende de



factores del suelo y del cultivo. Aquellos factores y condiciones del suelo que favorezcan la movilidad del elemento también facilitarán la absorción por las plantas, mientras que los que contribuyan a su retención por la matriz del suelo disminuirán la disponibilidad del elemento.

Pozo *et al.* (2017) indican que:

El potencial agrícola del Ecuador está en el litoral ecuatoriano; sus principales cultivos son: arroz (350.000 ha), cacao (434.418 ha), café (320.911 ha), banano (216.124 ha), plátano (183.599 ha) y palma africana (162.212 ha). El arroz se lo cultiva en la cuenca media y baja en su mayor proporción (SICA, 2001). Los productos alimenticios obtenidos son destinados al mercado interno y de exportación los mismos que exigen que los productos sean libres de elementos nocivos, tales como metales pesados. Estos metales son absorbidos por los vegetales y de esta manera se encuentran disponibles para los herbívoros y humanos directamente o a través de la cadena alimentaria.

Rodríguez *et al.* (2018) publica que:

Las plantas expuestas a suelos contaminados con cadmio presentan modificaciones en la apertura estomática, fotosíntesis y transpiración. Uno de los síntomas más extendidos de la toxicidad por cadmio es la clorosis producida por una deficiencia en hierro, fosfatos o por la reducción del transporte de Mn. El tratamiento con cadmio produce reducción de la actividad ATPasa de la membrana plasmática, alteraciones en la funcionalidad de la membrana plasmática y desequilibrios en el metabolismo del cloroplasto, inhibiendo la síntesis de clorofila y reduciendo la actividad de enzimas implicadas en la fijación de CO<sub>2</sub>.

Muñoz (2017) comenta que:

Comparando las concentraciones de cadmio en las muestras de suelo y plantas de los diferentes cantones, se concluyó que los suelos del cantón Nóbol se encuentran más contaminados; mientras que, las

concentraciones de las plantas del cantón Daule fueron las más contaminadas.

García *et al.* (2016) consideran que:

Estudios necesarios hoy en día son los relativos al efecto negativo sobre la calidad de los suelos cuando se incorporan contaminantes como los metales pesados; dicho efecto será más permanente y perjudicial cuanto más persistente sea el contaminante. El mencionado efecto sobre la calidad se va a poner de manifiesto fundamentalmente sobre los microorganismos existentes y sobre la actividad de los mismos. Como seres vivos que son, serán los primeros en acusar los efectos de los contaminantes.

Castebianco (2018) determina que:

El cacao es un producto alimenticio ha tenido un crecimiento bastante marcado en los países productores debido a su fácil manejo y los excelentes beneficios económicos que presenta. Sin embargo los productores de cacao de todo el mundo se inquietaron cuando la Unión Europea anunció planes para aplicar regulaciones respecto a que el chocolate que contienen una cantidad mayor o igual al 50 % de sólidos de cacao debía contener un máximo de 0,3 mg/kg de cadmio y 1 mg/kg de plomo.

Huamaní *et al.* (2016) señala que:

Estudios demuestran que el Cadmio y el plomo se encuentran de manera natural en la corteza terrestre en forma de minerales, de donde pueden ser absorbidos por las plantas y tomados de ellas por el ser humano, lo que constituye riesgo potencial para la salud. La planta de cacao absorbe metales pesados del suelo y los concentra en las semillas. La evaluación del contenido del cadmio en semillas de cacao revela la presencia de cadmio en niveles superiores al permitido (0,5 ppm), lo cual puede limitar la exportación de este producto agrícola

## **1.6. Hipótesis**

Ho= El Cadmio como metal pesado no causa problemas y efectos en el suelo y las plantas.

Ha= El Cadmio como metal pesado causa problemas y efectos en el suelo y las plantas.

## **1.7. Metodología de la investigación**

Para la realización del presente documento se obtuvo información de revistas de alto impacto, artículos científicos, libros y material de páginas web reconocidas a nivel nacional e internacional.

La búsqueda del material bibliográfico posteriormente fue sometida a la técnica de análisis – síntesis, a fin de detallar lo referente al cadmio como metal pesado; problemas y efectos en el suelo y las plantas.

## **CAPÍTULO II**

### **RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **2.1. Desarrollo del caso**

Para desarrollar el presente documento se detalló la importancia del Cadmio como metal pesado: problemas y efectos en el suelo y las plantas.

Generalmente los metales pesados están presentes en el suelo y en plantas en bajas concentraciones, que causa degradación en los suelos y contaminación de los mismos y de las plantas.

#### **2.2. Situaciones detectadas**

Entre las situaciones detectadas se señalan:

La contaminación de los suelos provoca una reacción de cadena, alterando la diversidad del suelo lo que provoca que se deduzca la materia orgánica que contiene y la capacidad de actuar como filtro.

La existencia de metales pesados influye en el agua disponible en los suelos provocando desequilibrio de los nutrientes y efecto perjudicial en las plantas.

Las concentraciones de cadmio encontrados en los alimentos elaborados a base de los frutos de exportación como cacao, llevan un minucioso control debido a que las plantas contaminadas han causado efectos perjudiciales en la salud humana de niños y adolescentes, por lo tanto lo han considerado como elemento problema de salud pública.

### **2.3. Soluciones planteadas**

Entre las situaciones planteadas se señalan:

Es necesario realizar estudios de concentración de Cadmio, relacionando las características físico – química de los suelos y el comportamiento del metal en el medio ambiente, lo que repercute en los cultivos, especialmente en la siembra de cacao.

Concientizar a los agricultores para determinar las propiedades físicas y químicas de los suelos mediante técnicas y métodos estandarizados, midiendo los metales con espectroscopia de absorción atómica.

### **2.4. Conclusiones**

De acuerdo a lo expuesto anteriormente, se concluye:

La contaminación del suelo con metales pesados causa problemas ambientales y de salud pública, por tanto es necesario realizar evaluaciones y análisis de suelo para determinar la composición química de los mismos y realizar las correcciones que sean necesarias.

El cadmio es uno de los metales pesados, considerados como el elemento más tóxico y que se encuentra distribuido en la naturaleza y asociado con otros minerales.

La fijación de Cadmio es mayor en suelos con altos contenidos de materia orgánica, con textura más fina y alta capacidad de intercambio catiónico, lo que incluso en suelos ácidos este metal se intercambia fácilmente y se hace disponible para las plantas.

Es necesario identificar los fertilizantes adecuados para que se pueda controlar y evitar la acumulación del nivel de Cadmio en el suelo.

## **2.5. Recomendaciones**

Las recomendaciones planteadas son:

Efectuar estudios que permitan establecer los niveles permisibles de metales pesados, especialmente de Cadmio de acuerdo a los diferentes tipos de suelos de uso agrícola.

Elaborar alternativas que permitan a los agricultores a disminuir las concentraciones de Cadmio en el suelo y que no sean perjudiciales para las plantas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Amador, E. M. G., Delgado, B. G. C. (2018). Contaminados con metales pesados, una implicación para la transición agroecológica. Datos para catalogación bibliográfica, 187.
- Barceló, J., Poschenrieder, C. (2015). Respuestas de las plantas a la contaminación por metales pesados. *Suelo y planta*, 2(2), 345-361.
- Castebianco, J. A. (2018). Técnicas de remediación de metales pesados con potencial aplicación en el cultivo de cacao. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida*, 27(1), 21-35.
- Flores, R. (2018). Efectos adversos de metales pesados en la agricultura de la cuenca baja del río Huaura-provincia Huaura 2017. *Revista Ciencia y Tecnología*, 14(4), 119-131.
- García, C., Moreno, J. L., Hernández Fernández, M. T., Polo, A. (2016). Metales pesados y sus implicaciones en la calidad del suelo.
- García, G. N., Navarro García, S. (2016). *Química agrícola: química del suelo y de los nutrientes esenciales para las plantas*. Mundi-Prensa Libros.
- Guerrero, S. E. P., Benítez, R. B., Villa, R. A. S., Corredor, J. A. G. (2020). Contaminación del agua por metales pesados, métodos de análisis y tecnologías de remoción. Una revisión. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 14(27), 9-18.
- Huamaní-Yupanqui, Hugo Alfredo; Huauya-Rojas, Miguel ángel; Mansilla-Minaya, Luis Germán; Florida-Rofner, Nelino; Neira-Trujillo, Gilmer Milton (2016). Presencia de metales pesados en cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) orgánico *Acta Agronómica*, vol. 61, núm. 4, pp. 339-344
- Lázaro Cebas, J. (2016). Actividad enzimática en suelos contaminados por metales pesados y sus implicaciones como indicadores de calidad.
- Marcano, T. H. (2016). La contaminación con cadmio en suelos

- agrícolas. *Venesuelos*, 8(1 y 2), 42-47.
- Muñoz Bautista, J. D. (2017). *Determinación de Cadmio en fertilizantes, plantas de Oryza sativa L. y suelos de la provincia del Guayas: Propuesta de saneamiento* (Bachelor's thesis, Facultad de Ciencias Naturales. Universidad de Guayaquil).
- Navarro-Aviñó, J. P., Alonso, I. A., López-Moya, J. R. (2017). Aspectos bioquímicos y genéticos de la tolerancia y acumulación de metales pesados en plantas. *Revista Ecosistemas*, 16(2).
- Pozo, W., Sanfeliu, T., Carrera, G. (2017). Metales pesados en humedales de arroz en la cuenca baja del río Guayas. *Maskana*, 2(1), 17-30.
- Prieto Méndez, Judith; González Ramírez, César A.; Román Gutiérrez, Alma D.; Prieto García, F. (2019). Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua Tropical and Subtropical Agroecosystems, vol. 10, núm. 1, pp. 29-44
- Reyes, Y., Vergara, I., Torres, O., Lagos, M. D., Jimenez, E. E. G. (2016). Contaminación por metales pesados: Implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. *Ingeniería Investigación y Desarrollo: I2+ D*, 16(2), 66-77.
- Rodríguez-Serrano, M., Martínez-de la Casa, N., Romero-Puertas, M. C., Del Río, L. A., Sandalio, L. M. (2018). Toxicidad del cadmio en plantas. *Revista Ecosistemas*, 17(3).
- Trujillo, A. T., Manchola, L. V. C., Santofimio, E. M. J. (2020). Metales en suelos productores de arroz. *Suelos Ecuatoriales*, 50(1y2), 1-12.