

## IDENTIFICACIÓN DE NIVELES DE TOXICIDAD DE METALES PESADOS EN EL SUELO Y LOS POTENCIALES PELIGROS A LA SALUD HUMANA.

### *Identification of toxicity levels of heavy metals in the soil and the potential dangers for human health*

*Línea de investigación: Recursos naturales y gestión ambiental.*

Javier Fernando Díaz Arenas. Ingeniero Ambiental, Universidad Libre, Javierdiaz0987@hotmail.com

Karen Julieth Silva Jiménez. Ingeniero Ambiental, Universidad Libre, karen\_silva\_13@hotmail.com

Fecha de recepción: enero de 2018. Fecha de aceptación: abril de 2018

ISSN: 2590-6704

### RESUMEN

En esta monografía se identifican las características físico-químicas de los suelos analizados en los artículos bibliográficos estudiados, conociendo de esta manera valores de pH, materia orgánica, profundidad, entre otras. Las características más importantes analizadas en este documento son el tipo de metal pesado y la concentración que tienen estos en el suelo.

El objetivo de analizar estas variables en el suelo, es conocer los efectos negativos que generan en la salud humana y determinar si esta afectación es leve, moderada o grave de acuerdo a la información recolectada mediante una revisión bibliográfica.

Tras realizar análisis estadístico de la información, se concluyó que los metales pesados en el suelo generan afectaciones moderadas en una mayor proporción, por el contrario, las afectaciones graves a la salud corresponden al porcentaje más bajo obtenido.

**Palabras clave:** Contaminante, concentración, metales pesados, salud, pH, materia orgánica.

### ABSTRACT

In this monograph, the physical-chemical characteristics of the soils analyzed were identified. The values of pH, organic matter, depth, among others, were determined. The most important characteristics analyzed in this document are the type of heavy metals and the concentration they have in the soil.

The objective of analyzing these variables in the soil was to know the negative effects they generate on human health and to determine if this effect is mild, moderate or severe according to the information collected through a literature review.

After carrying out statistical analysis of the information, it was concluded that heavy metals in the soil generate moderate affectations in a greater proportion. On the contrary, the serious affectations to health correspond to the lowest percentage obtained.

**Keywords:** Contaminants, Concentration, Heavy Metals, Health, pH, Organic Matter.

## 1. INTRODUCCIÓN

Un suelo se considera contaminado cuando ha tenido alteraciones en sus características físicas, químicas o biológicas que por su naturaleza, extensión o permanencia en el tiempo resulta inadecuado con sus propiedades funcionales de uso o presuma una amenaza peligrosa para la salud pública o el medio ambiente (Mijangos Avila, 2014, p. 2)

Los metales pesados son algunas de las sustancias contaminantes del suelo, los cuales afectan la capacidad productiva de estos. Una de las causas principales de los problemas de contaminación por metales pesados es la inadecuada disposición de residuos que contienen estos materiales, fugas y/o derrames en las industrias, entre otros.

En esta monografía se analizó la información obtenida de diferentes artículos en donde se estudia la contaminación por metales pesados en los suelos, su concentración y las afectaciones que generan en la salud humana, identificando el nivel de afectación que generan (leve, moderado, grave).

El análisis de esta información se realiza con el interés de conocer el porcentaje de afectación que puede generar un grupo de metales pesados en la salud humana debido a sus altas concentraciones en los suelos de diferentes regiones o lugares del mundo. La revisión bibliográfica de varios artículos fue el inicio de esta investigación, se recopiló información relacionada con las características físico-químicas del suelo como pH, tipo de suelo, contenido de materia orgánica, concentración, entre otras para su posterior tratamiento a través de softwares para análisis estadísticos.

## 2. MARCO REFERENCIAL

En la actualidad, las regiones del mundo se han concientizado acerca de la necesidad humana de poseer un medio ambiente aceptable en todos los sentidos, siendo precisamente su nivel de contaminación uno de los más sensibles desde la parte

social. Los medios naturales con más riesgo y los cuales están siendo contaminados son: el agua, el suelo y el aire. Dentro de los procesos de contaminación se encuentran elementos a los cuales se les atribuye entre estos, los de tipo metálico (metales pesados (MP)) los cuales se encuentran en suelos ya sea como componentes naturales o resultados de la actividad humana (Pérez López, Moura do Amaral Sobrinho, Balbín Arias, Valdés Carmenate, & Lima Magalhaes, 2012, p. 43)

Una de las actividades humanas más comunes en todo el mundo es la agricultura y con el paso del tiempo, esta ha recibido unos cambios considerables en la etapa de producción, esto según (Mahecha Pulido, Trujillo González, & Torres Mora, 2015, p. 1)), a que:

La implementación de nuevas tecnologías dirigidas al incremento en el rendimiento de los sistemas agrícolas ha generado innumerables problemáticas ambientales; dentro de estos se pueden mencionar a los plaguicidas y fertilizantes, debido a que son potencialmente una fuente de metales pesados, existiendo la posibilidad de que los metales pesados se encuentren en un movimiento dentro de la matriz suelo-planta.

Actualmente, no solo las actividades comerciales e industriales llevadas a cabo por la población generan contaminación si no también “el crecimiento de las ciudades ejerce presión sobre el conocimiento de la calidad del suelo y su asociación como factor de contaminación, debido a que su condición trae efectos a la salud humana, principalmente por la concentración de metales pesados” (Alcalá et al., 2009, p. 53).

Es de gran relevancia identificar los metales pesados en el suelo, saber sus concentraciones en el suelo y tener claro a qué niveles estas sustancias empiezan a generar daños en el ambiente y en la salud humana. Todo esto, buscando determinar el nivel de afectación generado por cada metal en la zona analizada. En lo que concierne a la Ingeniería Ambiental es sabido que el plomo tiene altos niveles de

toxicidad los cuales generan graves inconvenientes en la salud de las personas. La Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos, indica como concentración de tipo preocupante la cantidad de 15  $\mu\text{g}$  de plomo por litro, esto porque a dichos niveles se puede causar daño al cerebro y sistema nervioso (Reyes Guzmán & Avendaño Prieto, 2012, p. 67).

Un caso puntual de contaminación del suelo por plomo se da en algunos suelos de la Sabana de Bogotá, en donde se han encontrado concentraciones altas de plomo, que en algunos casos superan los promedios mundiales. Este plomo contenido en el suelo puede introducirse en la cadena alimenticia generando un riesgo ecológico potencial para el desarrollo de la flora, fauna y la población humana (Reyes Guzmán & Avendaño Prieto, 2012, p. 67)

Otro ejemplo sobre este tema es el estudiado en Torreón, México, donde se analizan los suelos de áreas cercanas a complejos metalúrgicos obteniendo concentraciones altas de arsénico, cadmio y plomo que superan los niveles considerados como aceptables para sitios contaminados, siendo esto un riesgo para la salud de las poblaciones vecinas (García Vargas et al., 2007)

### 3. METODOLOGÍA

La realización de la monografía se llevó a cabo a través de tres fases principales, las cuales fueron la fase de investigación, la fase de tratamiento de la información y por último la fase de análisis. Estas fases están compuestas por las diferentes actividades o tareas realizadas con el fin de cumplir el objetivo de la investigación.

La primera fase inició con la búsqueda de información relacionada con el tema de estudio y la afectación generada por estos a la salud humana mediante una revisión bibliográfica, los documentos encontrados fueron estudiados y analizados para obtener información relevante y datos adecuados para la realización de análisis estadístico.

La información recopilada fue tabulada y organizada de forma clara en la fase de tratamiento de la información, en esta fase se identificaron las variables a trabajar, el tipo de variable y las unidades con las cuales se representarían. En total se trabajó con diez variables, las cuales son:

- Lugar: Es un tipo de variable nominal, en este espacio se identifica el lugar del mundo en donde se desarrolló cada proyecto estudiado en los artículos.
- Metal: Se identificó el tipo de metal pesado analizado en cada referencia bibliográfica. Esta variable es de tipo nominal.
- Concentración: Esta variable es de escala continua, en la monografía las concentraciones de los metales pesados serán expresadas en mg/kg.
- Tipo de suelo: Es una variable de tipo nominal. En este espacio se da a conocer el tipo de suelo presente en cada región donde se llevan a cabo los estudios (Franco, arcilloso, limoso, entre otros).
- pH: Esta variable es de escala continua cuyo valor mínimo es de 0 y un máximo de 14.
- Profundidad: Se clasifica como un variable de escala continua, medida en centímetros. En esta variable se muestra la profundidad a la cual fue tomada la muestra de suelo para realizar el análisis de metales pesados en ella.
- Masa de la muestra: Es una variable de escala continua medida en gramos, donde se relaciona la cantidad de masa utilizada como muestra para la realización de análisis de laboratorio.

- Contenido de carbono cálcico: Se muestra el porcentaje (%) que contiene cada muestra, es una variable de escala continua.
- Materia orgánica: Variable de escala continua, los datos obtenidos son medidos en porcentaje (%).
- Heterogeneidad (CV): Esta variable está dividida en dos, la primera parte es de tipo nominal, en donde se identifica si el CV es de tipo muy bajo, bajo, mediano, alto o muy alto. La segunda parte de la variable es de escala continua, es esta se representa en porcentaje (%) el resultado obtenido.
- Efectos en la salud: En esta variable de tipo nominal se especifica el efecto en la salud que genera cada metal pesado, teniendo en cuenta la concentración que posee cada uno.

los datos con el fin de relacionar las diferentes variables seleccionadas para el desarrollo del estudio y así obtener histogramas, diagramas de barras y diagramas circulares. Con esta información obtenida se realizó el análisis de los resultados determinando qué metal pesado presenta una concentración máxima promedio más alta, el tipo de concentración de cada metal (Normal, anómalo) y el grado de afectación a la salud que mayor porcentaje posee (leve, moderado, grave).

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

La información recolectada fue organizada en tablas para posteriormente realizar su análisis estadístico. En la tabla 1. *Variables estudiadas*, las columnas enumeradas corresponden a: Nombre de la variable (1), lugar (2), Metal (3), Concentración (4), Tipo de suelo (5), pH (6), Profundidad (7), Masa de la muestra (8), Contenido de carbono cálcico (9), Materia orgánica (10), heterogeneidad (CV) (11) y Efectos en la salud (12).

La última fase, denominada fase de análisis, se llevó a cabo a través de la implementación del software PSPP, en este programa se introdujeron

Tabla 1. *Variables estudiadas*

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	
<b>Tipo</b>	Nominal	Nominal	Escala	Nominal	Escala	Escala	Escala	Escala	Escala	Escala	Nominal	Escala	Nominal
<b>Sub - Tipo</b>			Continua		Continua	continua	Continua	Continua	Continua	Continua		Continua	
<b>Mínimo</b>					0	0							
<b>Máximo</b>					14	200							
<b>Rango</b>					14	200							
<b>Unidad</b>	N/A	N/A	mg/kg	N/A	Unidad	cm	g	%	%	N/A	%	N/A	
						pH							

Fuente. Los Autores

CV	Rango (5)
Muy bajo	0 a 15%
Bajo	15-30
Mediano	30-45
Alto	45-60
Muy alto	> 60

Identificación de niveles de toxicidad de metales pesados en el suelo y los potenciales peligros a la salud humana.

La tabla muestra las variables trabajadas en la investigación, valores mínimos y máximos para algunas de ellas y unidades en las cuales se dan los valores obtenidos para cada una.

### Correlación de variables y análisis

Las variables seleccionadas para el desarrollo de la investigación fueron tratadas mediante tablas dinámicas en Microsoft Excel y el software estadístico PSPP. Se obtuvieron gráficas las cuales fueron analizadas para posteriormente concluir sobre la afectación que tiene los metales pesados en la salud humana.

### Tratamiento de datos con Microsoft Excel

#### *Afectación a la salud de acuerdo a la cantidad de contaminantes*

En la información recolectada para el análisis se encontraron 11 tipos de metales pesados presentes en los suelos de las diferentes regiones estudiadas, estos fueron encontrados de forma repetida en los artículos bibliográficos obteniendo un recuento total de 74 contaminantes.

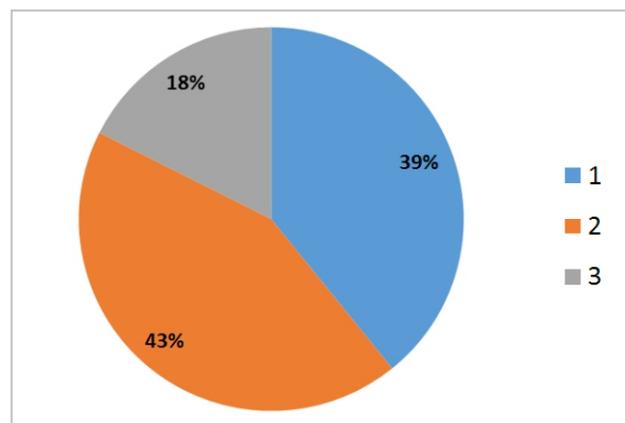
En la siguiente tabla se muestra en la primera columna el grado de afectación a la salud que generan los contaminantes, este fue clasificado en tres niveles en donde el número uno (1) representa una afectación leve a la salud humana, el número dos (2) una afectación moderada y el número tres (3) una afectación grave. Por último, en la segunda columna se muestra el conteo total de contaminantes que hay por cada tipo de afectación.

Tabla 2. Cantidad de contaminantes por grado de afectación a la salud humana

Etiquetas de fila	Cuenta de Contaminante
1	29
2	32
3	13
<b>Total general</b>	<b>74</b>

Fuente. Los Autores

Figura 1. Porcentaje de metales pesados que afectan la salud humana según los niveles uno, dos y tres.



Fuente. Los Autores

De acuerdo al gráfico circular se puede observar que el nivel de afectación más influenciado por la presencia de metales pesados es moderado con un 43% la afectación leve representa un 39% y por último con un porcentaje menor la afectación grave es del 18%.

### Concentración máxima promedio de cada contaminante

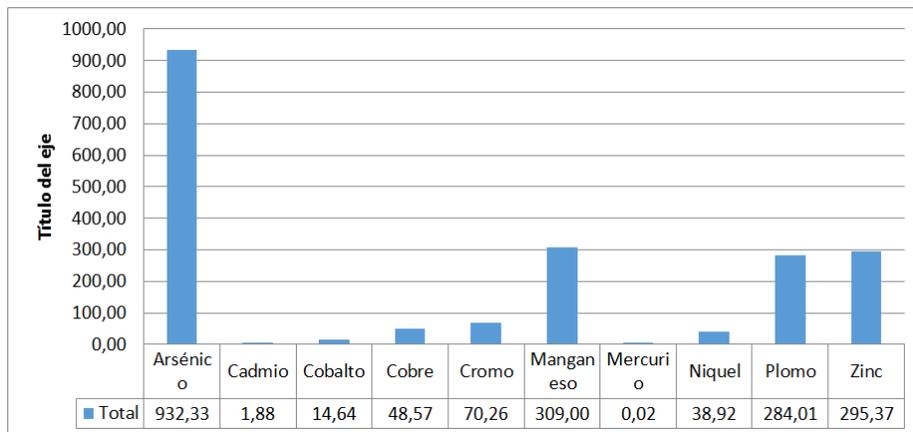
Tabla 3. Concentración máxima por contaminante

Etiquetas de fila	Promedio de Concentración Máxima
Arsénico	932,33
Cadmio	1,88
Cobalto	14,64
Cobre	48,57
Cromo	70,26
Manganeso	309,00
Mercurio	0,02
Níquel	38,92
Plomo	284,01
Zinc	295,37
<b>Total general</b>	<b>168,72</b>

Fuente. Los Autores

En la tabla anterior se muestra el promedio de concentración obtenida para contaminante analizado en los artículos bibliográficos tomados como base del desarrollo de la monografía.

Figura 2. Concentración máxima de cada metal pesado.



Fuente. Los Autores

En el diagrama de barras se puede observar que la concentración máxima corresponde al arsénico con una concentración promedio de 932,33 mg/kg y el metal pesado con la concentración más baja es el Cadmio con un 1,88 mg/kg.

**Cantidad de contaminantes por tipo de concentración**

Las concentraciones obtenidas para cada contaminante fueron clasificadas como normales (1) y anómalas (2) dependiendo del rango de concentración en el que se encuentran, en la siguiente tabla se muestra el rango de concentraciones de los metales:

Tabla 4. Rango de concentraciones de metales pesados

Elemento	Rango Normal (ppm)	Concentraciones anómalas (ppm)
As	<5-40	Hasta 2500
Cd	<1-2	Hasta 30
Co	<0,05	
Cu	<60	Hasta 2000
Cr	<280	
Mn	<0,20	
Hg	<23	
Ni	2-100	Hasta 8000
Pb	10-150	10000 o más
Zn	25-200	10000 o más

Fuente. (Galán Huertos & Romero Baena, s. f., p. 49)

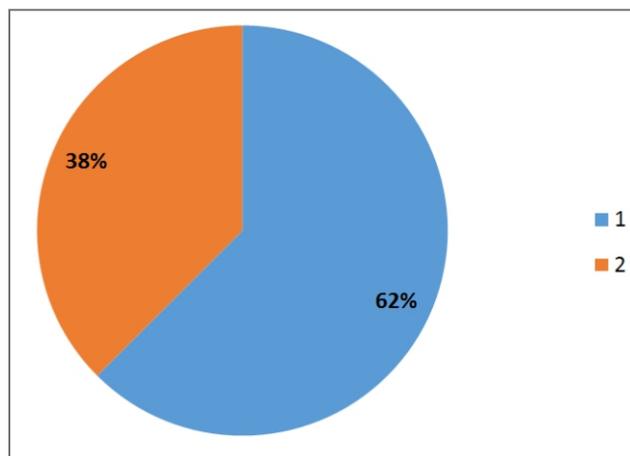
Tabla 5. Cantidad de metales pesados según su tipo de concentración

Etiquetas de fila	Cuenta de ID
1	15
2	9
<b>Total general</b>	<b>24</b>

Fuente. Los Autores

En la tabla anterior es posible identificar que 15 de los metales pesados encontrados en los documentos poseen un tipo de concentración normal (1) y nueve cuentan con una concentración anómala (2).

Figura 3. Porcentaje de metales pesados con concentración normal y anómala.



Fuente. Los Autores

En el diagrama se observa que el 62% de los metales pesados presentan una concentración normal y un 38% una concentración anómala.

**Tratamiento de datos con el Software PSPP**

*Análisis general de cada variable*

*Concentración máxima*

En la revisión de los documentos bibliográficos se encontraron diez tipos de metales pesados presentes en

el suelo, los cuales se encontraron repetidos en varios de los artículos, obteniendo un total de 74 casos de estudio o análisis. En la tabla se número 6, se presenta la media, desviación, mínimo, máximo y suma de los valores encontrados de concentración máxima para el total de metales pesados.

Tabla 6. Medidas estadísticas para los datos de concentración máxima

Casos válidos = 74; casos con valor(es) perdido(s) = 0.

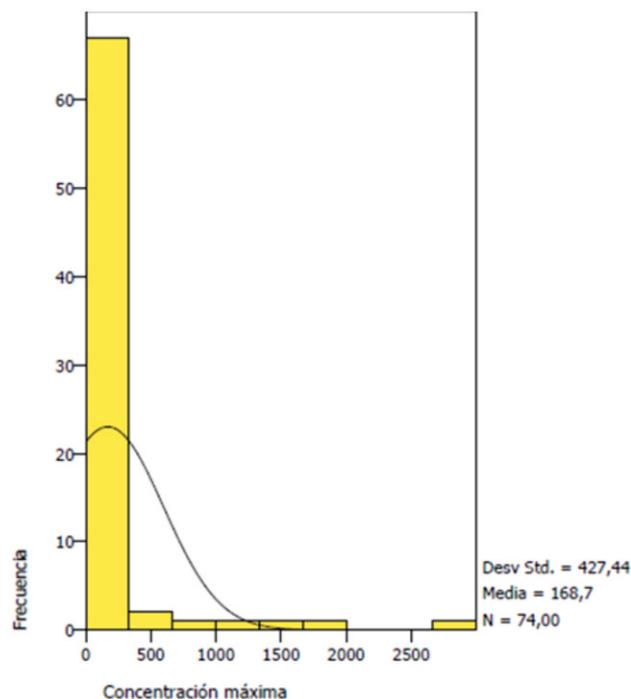
Variable	N	Media	Desv Std	Mínimo	Máximo	Suma
Concentración máxima	74	168,72	427,44	,02	2687,00	12485,16

Fuente. Software PSPP

Al observar el histograma de la figura 4 podemos identificar que los datos analizados presentan un sesgo positivo, lo cual nos indica que la mayoría de los niveles de concentraciones máximas de los metales pesados en el suelo son bajas con valores menores a 500 mg/kg.

Además, se observa que hay valores extremos o atípicos con concentraciones superiores a los 2500 mg/kg.

Figura 4. Frecuencia de concentraciones máximas



Fuente. Software PSPP

Tipo de concentración

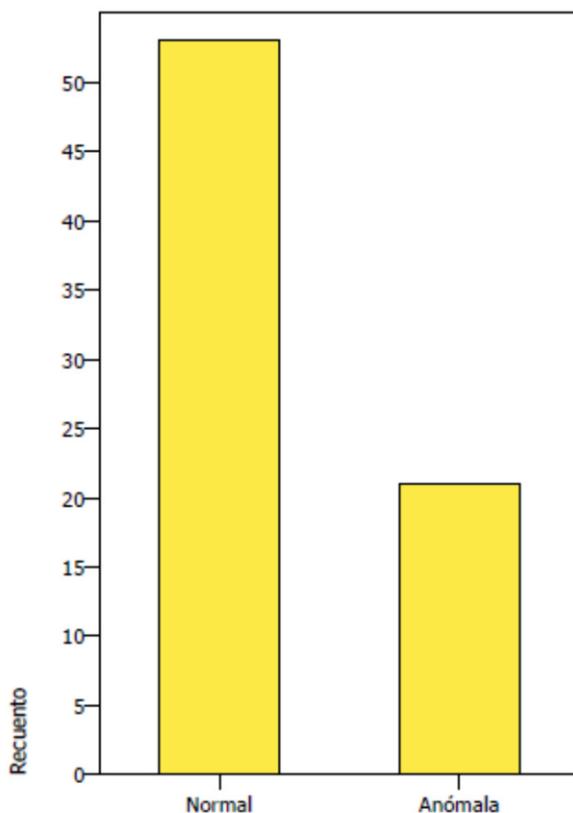
Tabla 7. Tipo de concentración

Etiqueta de Valor	Valor	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Válido	Porcentaje Acumulado
Normal	1	53	71,62	71,62	71,62
Anómala	2	21	28,38	28,38	100,00
Total		74	100,0	100,0	

Fuente. Software PSPP

En la figura 5, el histograma muestra la frecuencia de cada tipo de concentración. Encontramos que 53 de los metales pesados analizados presentan una concentración normal y 21 una concentración anómala.

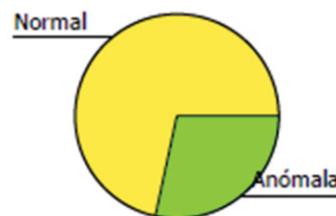
Figura 5. Frecuencia de cada tipo de concentración



Fuente. Software PSPP

En el siguiente diagrama circular se observa el porcentaje que representa cada tipo de concentración, obteniendo que la concentración con mayor presencia en los metales pesados estudiados es de tipo normal con un valor del 71,62% y el porcentaje de concentración anómala es de 28,38%, siendo este un valor bajo en comparación con la de tipo normal.

Figura 6. Porcentaje de frecuencia de cada tipo de concentración



Fuente. Software PSPP

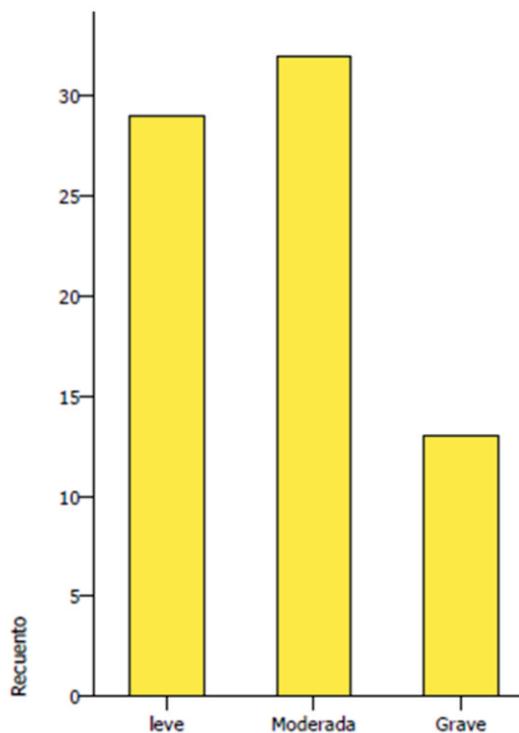
Afectación a la salud humana

Tabla 8. Frecuencia de afectación a la salud humana

Etiqueta de Valor	Valor	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Válido	Porcentaje Acumulado
leve	1	29	39,19	39,19	39,19
Moderada	2	32	43,24	43,24	82,43
Grave	3	13	17,57	17,57	100,00
Total		74	100,0	100,0	

Fuente. Software PSPP

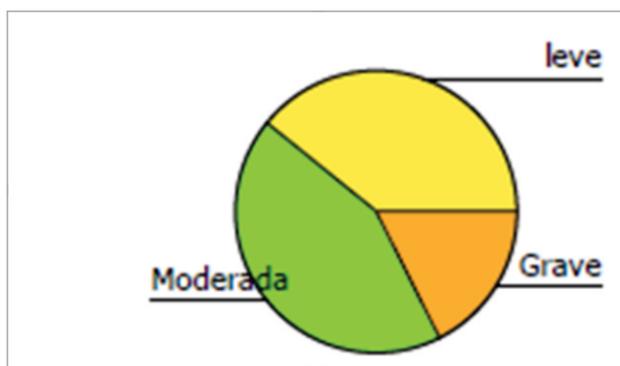
Figura 7. Frecuencia nivel de afectación a la salud



Fuente. Software PSPP

En la figura anterior se puede observar que las afectaciones más frecuentes en la salud humana debido a la presencia de metales pesados en el suelo son las moderadas, seguidas por las leves y con una menor frecuencia las afectaciones graves.

Figura 8. Porcentaje de frecuencia de afectaciones a la salud humana



Fuente. Software PSPP

El diagrama circular se identifica la afectación a la salud con mayor porcentaje de frecuencia la cual es la afectación moderada con un porcentaje de 43,24%, también se observa que la afectación leve posee un porcentaje de 39,19% y por ultimo las afectaciones leves con un 17,57%. Esto nos indica que las afectaciones graves a la salud se presentan en una proporción mucho menor en comparación con los demás niveles de afectación.

**Análisis afectación a la salud de acuerdo al tipo de concentración**

*Concentración Normal*

La tabla 9 muestra el análisis efectuado a 74 casos, es decir, los metales pesados encontrados en los artículos, de los cuales 53 poseen un tipo de concentración normal, estos metales afectan en un 54,72% de manera leve la salud humana, un 43,40% de forma moderada y un 1,89% de forma grave.

Tabla 9. Afectación a la salud humana por tipo de concentración normal

	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Concentración máxima * Afectación a la salud humana	53	100,0%	0	0,0%	53	100,0%

Concentración máxima	Afectación a la salud humana			Total
	leve	Moderada	Grave	
Total	29,00	23,00	1,00	53,00
	54,72%	43,40%	1,89%	100,00%
	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
	54,72%	43,40%	1,89%	100,00%

Fuente. Software PSPP

*Concentración Anómala*

Se encontraron 21 metales pesados con un tipo de concentración anómala, es decir, un tipo de concentración alta que genera mayor daño a la salud humana. Estos metales afectan en un 42,86% de forma moderada la salud humana y de forma grave un 57,14%.

Tabla 10. Afectación a la salud humana por tipo de concentración anómala

	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Concentración máxima * Afectación a la salud humana	21	100,0%	0	0,0%	21	100,0%

Concentración máxima	Afectación a la salud humana		Total
	Moderada	Grave	
	100,00%	100,00%	100,00%
	42,86%	57,14%	100,00%

Fuente. Software PSPP

Identificación de niveles de toxicidad de metales pesados en el suelo y los potenciales peligros a la salud humana.

## 5. CONCLUSIONES

A lo largo del desarrollo de esta investigación se logró obtener información adecuada para determinar en general que tanto es afectado el estado de salud de las personas por presencia de metales pesados en los diferentes lugares del mundo.

Luego de analizar, los datos recopilados con tablas dinámicas de Excel y el software estadístico PSPP, se puede concluir que la mayoría de los metales pesados encontrados en los suelos presentan una concentración de tipo normal, es decir, no representa un riesgo grave para los ecosistemas y/o seres vivos que estén en contacto indirecto con ellos.

De acuerdo a lo anterior, se pudo definir que en general la afectación generada a los humanos en su salud es moderada, debido a que las zonas o suelos

estudiados presentan concentraciones normales de estos metales, evitando así afectaciones de mayor importancia a la salud.

Además, se observa que los efectos graves en la salud suceden en una muy baja proporción lo cual indica que las posibles soluciones para estas altas concentraciones generadoras de efectos negativos serán más fáciles de aplicar.

Aquellos metales pesados presentes en concentraciones anómalas deben ser estudiados y analizados más a fondo para determinar de forma concreta sus efectos sobre los diferentes seres vivos y así definir las alternativas o medios para controlar la presencia de estos en los suelos.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

Alcalá, J., Beltrán, A., & Loya, G. (2012). Metales pesados como indicador de impacto de un sistema ecológico fragmentado por usos de suelo, San Luis Potosí, México. Recuperado a partir de <http://www.scielo.org.ar/pdf/refca/v44n2/v44n2a02.pdf>

Alcalá, J., Sosa, M., Moreno, M., Rodríguez, J. C., Quintana, C., Terrazas, C., & Rivero, O. (2009). Metales pesados en suelo urbano como un indicador de la calidad ambiental: ciudad de Chihuahua, México, 53.

Barettino, D., & Caballa, A. (2002). Determinación de niveles de fondo y niveles de referencia de metales pesados y otros elementos traza en suelos de la comunidad de Madrid.

Bemolte, F., Romero, A., & Moreno, J. (2010). Afección de suelos agrícolas por metales pesados en áreas limítrofes a explotaciones mineras del sureste de España.

Buffa, E., & Ratto, S. (2009). Contenido

pseudototal de cobre, cinc, hierro y manganeso como estimador del fondo geoquímico en suelos de la llanura Chaco-Pampeana de Córdoba, Argentina., 185.

García Vargas, G. G., Rubio Andrade, M., Rosales Gonzáles, M. G., Goytia Acevedo, R., García Arenas, G., Candelas Rangel, J. L., ... Caravanos, J. (2007). Contaminación por metales en suelos de la ciudad de Torreon, Coahuila, Mexico.

Huamaní, H., Mansilla, L., & Neira, G. (2012). Presencia de metales pesados en cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) orgánico., 45.

López, J. (2014). Estudio geoquímico de elementos de traza en suelos de la región de Murcia y detección de anomalías/contaminación., 223.

López, S., Perelman, P., & Rivara, M. (2006). Características del suelo y concentración de metales a lo largo de un gradiente de urbanización en Buenos Aires, Argentina, 69.

Mahecha Pulido, J. D., Trujillo González, J. M., & Torres Mora, M. A. (2015). Contenido de metales pesados en suelos agrícolas de la región del Ariari, Departamento del Meta, 1.

Manzanares, E., Vega, H., & Escobar, M. (2005). Evaluación de riesgos ambientales por plomo en la población de Vetagrande, Zacatecas, 51.

Mijangos Avila, J. (2014). Estudio de la rehabilitación del parque fundidora área de suelo contaminado con metales totales y lixiviables, 2.

Parra, J., & Espinosa, L. (2008). Distribución de metales pesados (Pb, Cd y Zn) en perfiles de sedimento asociados a Rhizophora Mangle en el río Sevilla-Ciénaga grande de Santa Marta, Colombia, 95.

Pérez, L., Moreno, A., & González, J. (2000). Valoración de la calidad de un suelo en función del contenido y disponibilidad de metales pesados. Recuperado a partir de <http://edafologia.ugr.es/Revista/tomo7tr/a113v7tt.htm#anchor239433>

Pérez López, Y., Moura do Amaral Sobrinho, N., Balbín Arias, M. I., Valdés Carmenate, R., & Lima Magalhaes, M. O. (2012). Contenido de elementos metálicos en suelos característicos del municipio San José de las Lajas, 43.

Puga, S., Sosa, M., & Quintana, C. (2006). Contaminación por metales pesados en suelo provocada por la industria minera., 53.

Ramírez, M., & Navarro, M. (2015). Análisis de metales pesados en suelos irrigados con agua del río Guatuquía., 43.

Ratto, S., Marbán, L., & Romaniuk, R. (2005). Riesgo por metales pesados en horticultura urbana. Recuperado a partir de [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1850-20672005000100012#tab1](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-20672005000100012#tab1)

Reyes Guzmán, M., & Avendaño Prieto, G. (2012). Estudio ambiental sobre el riesgo ecológico que representa el plomo presente en el suelo, 67.

Salcedo, C., Drovandi, A., & Troilo, S. (2011). Evaluación de metales pesados en suelos de los oasis irrigados de la provincia de Mendoza., 203.

Sierra, M. (2005). Niveles de metales pesados y elementos asociados en suelos de la provincia de Almería. Parámetros que los afectan y riesgos de contaminación, 416.