

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA



Determinación de Plomo en suelos agrícolas de la Comarca Lagunera

Por:

JESÚS ADELAIDO HIDALGO ROMÁN

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES

Torreón, Coahuila, México

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA

Determinación de Plomo en suelos agrícolas de la Comarca Lagunera

Por:

JESÚS ADELAIDO HIDALGO ROMÁN


TESIS


Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:


INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES

Aprobada por:


DR. MIGUEL ÁNGEL URBINA MARTÍNEZ
Presidente


DR. ALAIN BUENDÍA GARCÍA
Vocal


DR. JESÚS LUNA ANGUIANO
Vocal


M.C. GERARDO ZAPATA SIFUENTES
Vocal Suplente


DR. ISAÍAS DE LA CRUZ ÁLVAREZ
Coordinador Interino de la División de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México
DICIEMBRE 2019



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA

Determinación de Plomo en suelos agrícolas de la Comarca Lagunera

Por:

JESÚS ADELAIDO HIDALGO ROMÁN

TESIS


Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES

Aprobada por el Comité de Asesoría:



DR. MIGUEL ÁNGEL URBINA MARTÍNEZ
Asesor Principal



DR. ALAIN BUENDÍA GARCÍA
Coasesor



DR. JESÚS LUNA ANGUIANO
Coasesor



M.C. GERARDO ZAPATA SIFUENTES
Coasesor



DR. ISAIÁS DE LA CRUZ ÁLVAREZ
Coordinador Interino de la División de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México
DICIEMBRE 2019



AGRADECIMIENTOS

A DIOS

Le agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

A MIS PADRES

Graciano Hidalgo Argueta Y Consuelo Román Torres, por la gran herencia que me han regalado y darme su apoyo pero sobre todo por darme la oportunidad de realizar esta meta en mi vida.

A MIS HERMANOS

Por el consejo dado y también por su apoyo moral.

A MI ALMA TERRA MATER

Por haberme permitido ser parte de ella y sobre todo por el conocimiento aportado a lo largo de este camino.

A MIS AMIGOS

Por todos los que estuvieron conmigo en este camino.

DEDICATORIA

A Dios por darme la vida y fuerza de voluntad cuando más la necesitaba por levantarme en cada caída que tuve y por hacer regresar con bien a casa.

A mis padres Consuelo Román Y Graciano Hidalgo, por todo su apoyo a lo largo de este camino, por esos valores que me inculcaron, y sobre todo por haberme dado la oportunidad de estudiar y cumplir un objetivo más en mi vida.

A mis hermanos Isabel Hidalgo, Uriel Hidalgo y Osmar Hidalgo, por darme todo su apoyo.

A mis tíos que siempre me apoyaron a lo largo de este objetivo con toda la fuerza moral.

RESUMEN

El suelo está compuesto por minerales, materia orgánica, diminutos organismos vegetales y animales, aire y agua. Es una capa delgada que se ha formado muy lentamente, a través de los siglos, con la desintegración de las rocas superficiales por la acción del agua, los cambios de temperatura y el viento. El presente estudio consistió en la determinación de los niveles de, de metales pesados, específicamente en plomo (Pb) en suelos agrícolas del campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro UL, la concentración de plomo en suelos se determinó mediante el método de análisis de diseño completamente al azar. La preparación de las muestras y su análisis se realizaron de acuerdo con los procedimientos especificados la concentración de los metales (plomo) y/o metaloides anteriormente mencionados, el análisis se realizó con un espectrofotómetro Perkin Elmer 360. Así como establecer suposición dentro de los rangos que establecen los límites permisibles en áreas de suelos agrícolas. En el análisis realizado se encontró niveles rebasando los niveles máximos permisibles establecidas por la NOM-001-SEMARNAT-1996 teniendo así un suelo contaminado por plomo (Pb), dato que debe ser considerado de manera importante ya que con el paso del tiempo significaría un riesgo latente para la salud de la población.

Palabras claves: Metales pesados, Plomo, Suelo, Agrícolas, Remediación.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIA	ii
RESUMEN	iii
I.- INTRODUCCIÓN	1
HIPOTESIS	4
OBJETIVO	4
II.- REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1.- El suelo	5
2.2.- Textura	5
2.3.- Estructura	6
2.4.- Las propiedades térmicas del suelo	6
2.5.- Importancia del suelo	7
2.6.- Distribución de plomo en el suelo	8
2.8.-Efectos directos sobre el suelo	9
2.9.- Efectos indirectos sobre el suelo	10
2.10.- Remediación	10
2.11.- Manejo agrícola	11
2.12.- Contaminación de suelo	12
2.13.- Origen de la contaminación del suelo	13
2.14.- Características y clasificación de suelos	14
2.16.- Toxicidad del plomo	16
2.18.- Fuentes de contaminación por plomo en México	17
2.19.- Fuente natural	18
2.20.- Fuente antrópica	18

2.21.- Plomo en suelos.....	19
2.22.- Riesgo Ambiental	20
2.23.- Riesgos a la salud	21
2.24.- Las propiedades del plomo.....	22
2.25.- Problemática de plomo en la Comarca Lagunera.....	22
2.26.- Normatividad.....	23
2.27.- La biodisponibilidad de plomo en el suelo.....	25
2.28.- Mecanismo de acción	26
III.- MATERIALES Y MÉTODOS.....	27
3.1.- Localización geográfica del sitio de muestreo.....	27
3.2. Clima	28
3.3. Toma de muestras y preparación.....	28
3.4. Análisis y modelo Estadístico.....	29
IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	30
4.1. Análisis fisicoquímicos.....	32
V.- CONCLUSIONES.....	37
VI.- BIBLIOGRAFÍA.....	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig 1 Mapa de la concentración de Pb en el suelo agrícola europeo (horizonte Ap, 0–20 cm, fracción <2 mm, análisis aqua regia)	8
Fig. 2 Ubicación grafica del área de estudio.	27
Fig. 3 Ubicación de la comarca lagunera.....	28
Fig. 4 Concentración de plomo, en comparación a la NOM-001-SEMARNAT-1996.	31
Fig. 5 Resultado % de materia orgánica en suelo.	32
Fig. 6 Resultado de Densidad en el suelo.	33
Fig. 7 Resultado de conductividad eléctrica en el suelo.....	34
Fig. 8 Resultado de pH.....	35

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1 Límites máximos permisibles de concentración de metales pesados (Hg, Cd y Pb).....	13
Tabla 2 Principales fuentes de exposición al plomo de acuerdo con la OMS (2010)	17
Tabla 3. Se muestra los límites de contaminantes.	25
Tabla 4. Concentración de plomo, en comparación a la NOM-001-SEMARNAT-1996.	30
Tabla 5. Resultados de materia orgánica	32
Tabla 6. Resultados de densidad.....	33
Tabla 7. Resultados de conductividad eléctrica.....	34
Tabla 8. Resultados de Ph	35

I.- INTRODUCCIÓN

Desde hace algunos años, los metales pesados (MP) constituyen un serio peligro para la humanidad, ya que una vez en el suelo, siguen varias vías que conducen a las cadenas tróficas. Mediante la absorción o lavado; dependiendo de la solubilidad, movilidad y volatilización de cada uno de los elementos, pueden llegar a los organismos vivos a través de la piel, las mucosas y el sistema respiratorio produciendo daños agudos e incluso la muerte, (Delince *et al.*, 2015a), Las aguas residuales se aplican en una parte de los terrenos sin tratamiento alguno, por lo que resulta necesario conocer la dimensión en la que puedan ser incluidas sustancias nocivas a los suelos, que afecten su potencial productivo y/o sean absorbidas por los cultivos, incorporándose de esta manera a la cadena trófica, (Siebe, 1994). Esta intensa actividad humana está generando un fuerte impacto que puede tener repercusiones negativas en los suelos, ya que así como los efectos negativos sobre la calidad de los productos agrícolas. (Delince *et al.*, 2015b), el agua puede filtrarse e infiltrarse desde el desagüe de aguas residuales hasta las zonas adyacentes, y el contenido de metales en las plantas que crecen en las proximidades del desagüe de aguas residuales también puede elevarse considerablemente, lo que puede tener graves repercusiones para la sociedad. Por lo tanto, es importante establecer concentraciones de fondo de metales traza para los suelos que ocurren dentro de una región y documentar la variación sistemática en las concentraciones según las clases y propiedades del suelo, (Gil *et al.*, 2004), Este estudio tuvo como objetivo (1) analizar la influencia de FOD en los espectros de reflectancia, (2) comparar el rendimiento de estimación de los modelos PLSR y RF desarrollados con diferentes espectros FOD para Pb y Zn, y (3) explorar los mecanismos para Pb y Zn estimación mediante el uso de espectroscopia Vis-NIR, (Yongsheng *et al.*, 2019).

La presencia de los elementos traza o metales pesados en los suelos puede deberse a factores geológicos o antropológicos. Los primeros dependen, en gran medida, de la denominada geodisponibilidad, que hace referencia a la porción de

un elemento o compuesto químico que puede liberarse a la superficie o cerca de ella, por procesos mecánicos, químicos o biológicos, Pero la geodisponibilidad de los elementos de las rocas y su aportación al suelo es insignificante en comparación con las derivadas de las acciones antropogénicas, (Serrato *et al.*, 2010a).

La contaminación de los suelos por elementos potencialmente tóxicos (EPTs) se ha incrementado considerablemente, como consecuencia del empleo intensivo de agroquímicos, de los residuos generados por actividades de minería, fundición y del riego con aguas residuales, (Cruz y Viña, 2006)

Este estudio tiene como objetivo establecer niveles de fondo para siete metales. (Cd, Cu, Ni, Pb, Zn, Fe, Mn) mediante la integración de diferentes métodos para los sedimentos del lago Albufera de Valencia (España), un humedal de importancia internacional de acuerdo con la Convención de Ramsar, (2) evalúan el grado de contaminación de los sedimentos de la superficie, y (3) comparar los Niveles de fondo con los propuestos para otros lugares de España y realizar una revisión de estudios de concentraciones de fondo para suelos y sedimentos,(Hernández-Crespo y Martín, 2015). Basado en una investigación de campo exhaustiva sobre los tipos de suelo / cultivo y el estado de contaminación por Pb en las áreas de fundición históricas de Pb-Zn en el condado de Hezhang, así como en otras áreas no contaminadas en la provincia de Guizhou, en el suroeste de China, este estudio está diseñado para derivar los criterios locales de suelo para Pb ,Contenido total o basado en biodisponibilidad, al examinar cuidadosamente el proceso por el cual una verdura de hoja, la col china, se contaminó. Tanto de suelos históricamente contaminados como de picos de Pb con una amplia gama de tipos de suelo y propiedades, (Sha *et al.*, 2018), los resultados de los experimentos de laboratorio a veces no pueden compararse con los de las pruebas de campo debido a las condiciones extremadamente controladas de los primeros con respecto a los segundos. Por lo tanto, informes entusiastas de los logros de los experimentos de laboratorio no alcanzan el nivel esperado en las condiciones incontroladas y duras del campo, (Marmioli *et al.*, 2011). En este estudio, realizamos un análisis estadístico sistemático de los niveles de contaminación por Pb en suelos agrícolas

en China desde 1979 hasta 2016 Basado en > 1900 artículos según el último estándar (GB15618-2018). Específicamente, estudiamos la respuesta de la contaminación del suelo con Pb al rápido desarrollo económico y social en China, al considerar el PIB, el tamaño de la población y la propiedad de los vehículos. A lo mejor de nuestro conocimiento, esta revisión es la primera en investigar sistemáticamente Pb Contaminación en suelos agrícolas a escala nacional en China, (Taoran *et al.*, 2019), Por lo tanto, las concentraciones de plomo son solo una medida del Pb total depositado desde el desarrollo del sitio, todos los terrenos muestreados se encuentran en algunos de los partes más antiguas de la ciudad: norte, oeste y centro de Oakland, (Nathan, 2012)

En el trabajo presentado aquí, hemos clasificado tres de los aislados de la pila de desechos como *B. cereus*, *B. megaterium* y *B. sphaericus* utilizando el análisis de restricción de ADN ribosomal ampliado 16S (ARDRA) y el análisis de ADN polimórfico ampliado aleatorio (RAPD). Se estudiaron las interacciones de las células vegetativas y esporas de estas cepas con los metales pesados presentes de forma natural en las aguas de drenaje de la pila, (Selenska-Pobell *et al.*, 1999), También se estudia el efecto del riego con aguas residuales. En estos cultivos se observa la concentración de metales acumulados. A lo que los seres humanos están expuestos. Además, la ingesta diaria de estos metales se calcula tanto para adultos como para niños (Arora *et al.*, 2018).

HIPOTESIS

Los suelos de la Comarca Lagunera están impactados por plomo como consecuencia de las diversas actividades agrícolas y otros factores ambientales, lo cual puede contribuir en la producción de alimentos vegetales.

OBJETIVO

Determinación de Plomo en suelos agrícolas de la Comarca Lagunera

II.- REVISIÓN DE LITERATURA

2.1.- El suelo

El suelo es un elemento clave para el mantenimiento de la vida sobre la Tierra. Además de ser el principal soporte de la vegetación, la infraestructura y el hábitat de la biodiversidad, participa de manera esencial en el funcionamiento de cualquier ecosistema. El suelo, al igual que los bosques, el agua, e incluso los yacimientos minerales, es un recurso finito que forma parte del capital estratégico natural de cualquier país, (SEMARNAT, 2001).

Los metales pesados que se acumulan en el suelo pueden inhibir las funciones del suelo, envenenar las plantas y contaminar la cadena alimentaria (incluidos los humanos), (Odukudu *et al.*, 2014).

Debido a los impactos de las actividades mineras frecuentes y sostenidas, la contaminación de metales pesados del suelo alrededor de las áreas mineras se ha convertido en un problema grave, en consecuencia, una gran cantidad de investigación se ha realizado sobre la distribución de metales pesados en suelos cercanos de áreas mineras alrededor del mundo, (Ding *et al.*, 2017).

2.2.- Textura

La textura del suelo es una propiedad de gran interés que se relaciona directamente con los procesos de degradación y potencial de producción, (White, 2005).

La textura indica el contenido relativo de partículas de diferente tamaño, como la arena, el limo y la arcilla, en el suelo. La textura tiene que ver con la facilidad con que se puede trabajar el suelo, la cantidad de agua y aire que retiene y la velocidad con que el agua penetra en el suelo y lo atraviesa. Para conocer la textura de una muestra de suelo, separe primero la tierra fina, todas las partículas de menos de 2 mm, de las partículas mayores como la grava y las piedras. La tierra fina es una

mezcla de arena, limo y arcilla. Para realizar los ensayos de campo siguientes asegúrese de utilizar sólo tierra fina, (Tamayo *et al.*, 2006).

2.3.- Estructura

Se la define como el arreglo de las partículas del suelo. Se debe entender por partículas, no solo las que fueron definidas como fracciones granulométricas (arena, arcilla y limo), sino también los agregados o elementos estructurales que se forman por la agregación de las fracciones granulométricas. Por lo tanto, «partícula» designa a toda unidad componente del suelo, ya sea primaria (arena, limo, arcilla) o secundaria (agregado o unidad estructural), (Rucks *et al.*, 2004)

2.4.- Las propiedades térmicas del suelo

No hay vida posible en la superficie del globo sin la radiación solar que cada medio biológico recibe y utiliza a su manera. Medio biológico por excelencia, el suelo no escapa a esta ley, y su comportamiento bajo el efecto de esta radiación, constituye una de sus características que conviene tener en cuenta. Otras fuentes de calor son capaces de ceder calorías al suelo, pero por más importantes que sean a veces, son generalmente despreciables al lado de la radiación solar. Entre el suelo y la atmósfera se produce un intercambio de calorías en el cual el suelo interviene, como lo hace para la lluvia, atenuando o ampliando los efectos del clima: ese intercambio de calorías obedece a reglas generales, válida para todos los suelos, pero existen modalidades particulares en cada tipo de suelos, (Rucks *et al.*, 2004).

2.5.- Importancia del suelo.

El suelo es un sistema abierto en el espacio y en el tiempo, que evoluciona transformándose hasta alcanzar el equilibrio con las condiciones ambientales y a partir de ese momento tiende a permanecer estable. Para poder conocer la calidad del suelo y saber el grado de contaminación debe conocerse la condición natural o inicial del suelo, es decir se debe conocer cómo estaba sin la actividad humana, (Heredia y Cirelli, 2008), Esta expansión agrícola es un caso particular de los frecuentes cambios producidos por los humanos en el uso del suelo, o en el tipo de aprovechamiento que realizan de los ecosistemas terrestres. Hoy, tal cambio es parte importante del llamado cambio global, junto con las alteraciones climáticas y las modificaciones en la composición atmosférica, (Paruelo *et al.*, 2005).

La sostenibilidad y seguridad del sistema global de producción de alimentos dependen de la conservación de determinadas funciones del suelo, que es un recurso finito y no renovable, (Rodríguez *et al.*, 2011).

El Pb en ambos suelos y el Zn en el suelo Vertisol, presentaron incrementos significativos en movilidad, por tanto tienen mayor biodisponibilidad y capacidad para migrar hacia la solución del suelo, afectando las propiedades a través del perfil de los diferentes componentes medioambientales, (Nathan, 2012).

En este estudio, realizamos un análisis estadístico sistemático sobre los niveles de contaminación de Pb en los suelos agrícolas en China desde 1979 hasta 2016, sobre la base de más de 1900 artículos según la última norma (GB15618-2018). Específicamente, estudiamos la respuesta de la contaminación del suelo con Pb al rápido desarrollo económico y social en China, considerando el PIB, el tamaño de la población y la propiedad de los vehículos, (Shia *et al.*, 2019).

Evidentemente, una relación cercana de las concentraciones de Pb y las proporciones isotópicas con la geología se conserva en los suelos agrícolas a escala europea. Esto demuestra que la mayoría de Pb en suelos agrícolas europeos

al nivel máximo permitido por legislaciones tan permisivas como la alemana, (Serrato *et al.*, 2010b).

La asociación de Pb con materia orgánica y óxidos de manganeso se puede interpretar como evidencia de redistribución de Pb en los suelos estudiados después de la deposición de partículas en la fundición, (Schneider *et al.*, 2016a).

El presente estudio fue determinar la distribución de Pb en los horizontes superiores de los suelos ácidos contaminados ubicados en las proximidades de una fundición de plomo secundaria. Un enfoque original que combina, se utilizaron métodos químicos (extracciones secuenciales), métodos físicos (RMS y SEM-EDS) y modelos de complejación de múltiples superficies para identificar las fases de Pb y evaluar las contribuciones de los principales componentes reactivos (materia orgánica, arcillas, hidróxidos de hierro y manganeso) en suelos, (Schneider *et al.*, 2016b).

2.8.-Efectos directos sobre el suelo

Los incendios forestales tienen impactos complejos sobre los procesos ecológicos, debido a la variabilidad de las estructuras del paisaje como a las diferentes respuestas de la vegetación.

- Inhibición de la actividad enzimática de los mismos debido a la destrucción del poder de autodepuración por procesos de regeneración biológica normales, al haberse superado la capacidad de aceptación del suelo. Se ve afectado el ciclo biogeoquímico y la función de biofiltro.
- Disminución cualitativa y cuantitativa del crecimiento normal de las poblaciones de microorganismos y la fauna del suelo o bien, alteración de su diversidad, lo que aumenta la fragilidad del sistema.
- Disminución del rendimiento de las cosechas.
- Cambios en la composición de los productos, con riesgo para la salud de los consumidores, al entrar determinados elementos en la cadena trófica.

2.9.- Efectos indirectos sobre el suelo

- Contaminación de las aguas superficiales y freáticas por procesos de transferencia. Se alcanzan concentraciones superiores a las consideradas aceptables.
- Variación de la disponibilidad de elementos a largo plazo en los suelos, como consecuencia de cambios en las propiedades físico-químicas de los mismos.
- Reducción de la fertilidad del suelo, al disminuir la flora y fauna del mismo.
- Modificación de la estructura del suelo debido a la pérdida de fertilidad del mismo

2.10.- Remediación

Fitorremediación

La planta de *A. hybridus* L. tiene la capacidad de concentrar en sus tejidos plomo y cadmio al crecer en suelos contaminados conforme aumenta la edad de la planta independientemente de la agregación de micorrizas (*Entrophospora columbiana*, *Glomus intraradices*, *G. etunicatum*, *G. clarum*), lo que hace que esta especie represente un potencial para la remediación de suelos contaminados con esos metales pesados, la capacidad fitoextractora de plomo en plantas de *A. hybridus*, por lo que la adición de micorrizas pudiera ser una práctica agronómica importante al emplear *A. hybridus* en planes de remediación de suelos contaminados, (Cano *et al.*, 2009).

Electrorremediación

El presente documento tiene la finalidad de presentar una revisión técnica sobre la Electrorremediación como tecnología para la restauración de suelos contaminados con compuestos orgánicos e inorgánicos. En el análisis se presentan el fundamento técnico, los mecanismos de remoción del contaminante, los factores que influyen en el proceso, las variantes utilizadas para mejorar su rendimiento, así como una visión sobre su aplicación en campo, (PÉREZ *et al.*, 2007).

Fitorremediación

La *Cecropia peltata* es una especie que acumula una cantidad considerable de Hg en sus tejidos, y la raíz es la parte de la planta que presenta mayor concentración de Hg T, seguida de las hojas y finalmente tallos. La capacidad de acumulación en las raíces está relacionada con el mayor grado de contaminación de los suelos y esta se va incrementando a través del tiempo de crecimiento del guarumo, en virtud a la mayor cantidad de contaminante que es retenido en su epidermis como defensa a los efectos tóxicos adversos que puede generar el mercurio en las partes superiores de la planta (Durango *et al.*, 2010)

2.11.- Manejo agrícola

Las prácticas insostenibles de gestión del suelo por la actividad humana sobre ellos está alcanzando niveles críticos; reduciendo, en ocasiones o eliminando las funciones principales del suelo. En Cuba, la contaminación de los suelos es uno de los problemas medioambientales principales, esta situación se acentúa por la acción de sinergia entre múltiples factores: pérdida de diversidad biológica, la erosión,

salinización, reducción de nutrientes, el cambio climático, entre otros, (Rodríguez *et al.*, 2016)

La no percepción visual de fitotoxicidad en los cultivos estudiados, con altos contenidos de metales pesados en sus diferentes órganos y en el suelo pueden provocar un incremento en la vulnerabilidad agroambiental donde pudiera tener un impacto negativo en esta comunidad de Güines, que puede llegar a convertirse en un desastre para los pobladores que consumen los productos de alto contenido de metales pesados, (Delince *et al.*, 2015a)

2.12.- Contaminación de suelo.

Los metales acumulados en la superficie del suelo se reducen lentamente mediante la lixiviación, el consumo por las plantas, la erosión y la deflación. El objetivo del estudio fue evaluar las concentraciones de Plomo (Pb), Cinc (Zn), Cadmio (Cd) y Arsénico (As) en diferentes profundidades de suelo afectado por presas de jales, (Puga *et al.*, 2006).

Los metales pesados están presentes en el suelo como componentes naturales del mismo o como consecuencia de las actividades antropogénicas, Cuando el contenido de metales pesados en el suelo alcanzan niveles que rebasan los límites máximos permitidos causan efectos inmediatos como inhibición del crecimiento normal y el desarrollo de las plantas, y un disturbio funcional en otros componentes del ambiente, (Méndez *et al.*, 2009).

A nivel global y local se identifica un creciente problema de contaminación por metales pesados, que compromete severamente la salud, seguridad alimentaria y medio ambiente. **Tabla 1:** Límites máximos permisibles de concentración de metales pesados (Hg, As, Cd y Pb) en agua, suelo y alimentos de consumo humano, (Reyes *et al.*, 2016)

VALORES LIMITE		
Parámetros	Suelos con pH <7	Suelos con pH > 7
Cd	20	40
Cu	1000	1750
Ni	300	400
Pb	750	1200
Zn	2500	4000
Hg	16	25
Cr	1000	1500

Tabla 1 Límites máximos permisibles de concentración de metales pesados (Hg, Cd y Pb).

Al evaluar los niveles de contaminación por plomo y arsénico en muestras de suelos y productos agrícolas procedentes de la región cercana del complejo metalúrgico Vinto se pudo constatar que hablamos de un ecosistema, contaminado. A medida que nos acercamos al complejo Vinto se incrementa la concentración de los contaminantes en suelos y productos agrícolas, (Maritza *et al.*, 2009)

2.13.- Origen de la contaminación del suelo

Antes de la década de los 70 se hablaba de la contaminación del aire y del agua, pero al suelo se le consideraba con una capacidad de autodepuración casi infinita. La sensibilidad mundial comenzó a cambiar a partir de la declaración de la “Carta Europea de Suelos” desarrollada por la Comunidad Europea en 1972, la cual define el suelo como uno de los más preciados activos de la humanidad sobre el que viven hombres, animales y plantas, lo califica como un recurso limitado fácilmente destruible y manifiesta que debe ser protegido contra la erosión, la contaminación, el daño que puede causar el desarrollo urbano, y las prácticas agrícolas y silvícolas, para acabar afirmando que los Gobiernos y personas con autoridad deben impulsar

medidas específicas para planificar y administrar los recursos del suelo, (Lilia, 2004).

Pero fue en el año 1992, en la Cumbre de Río, donde se reconoció la importancia de la protección de los suelos y de sus usos potenciales en el contexto de un desarrollo sostenible, en particular contra la contaminación procedente de acciones o actividades de origen antrópico. En concreto, se acordó el concepto de desarrollo sostenible y se adoptaron varias convenciones jurídicamente vinculantes en materia de cambio climático, diversidad biológica y, posteriormente, desertificación. En este mismo año, (Arroyave y Restrepo, 2009).

2.14.- Características y clasificación de suelos

En la nueva versión de clasificación de suelos se tienen varios horizontes de diagnóstico superficiales y subsuperficiales, para clasificar los suelos transformados por el cultivo del arroz, como el horizonte superficial (epipedón) antrostágnico y el subsuperficial hidrágrico, que se emplean en el diagnóstico y la clasificación del orden de Antrosoles, con los subórdenes Antrosoles Stágnicos y los grupos Antrosoles Stágnicos gléyicos, Antrosoles Stágnicos lixiviados con hierro, Antrosoles Stágnicos con hierro acumulado, Antrosoles Stágnicos típicos, (Hernández, 2010)

Como se puede apreciar en las descripciones, los perfiles de suelos estudiados tienen diferencias y semejanzas. Para ellos es común la manifestación del proceso de gleyzación, a menos de 50 cm de profundidad, por lo que se deben clasificar como del agrupamiento Hidromórfico, del tipo Gley, (Hernández, 2010)

Nayarit, lo que sirve de fundamento para su uso y manejo racional. Así, en los tres niveles de distribución de suelos se demuestra que en el primero (más alto) no hay problemas de salinidad y que en esta parte los estudios edafológicos deben ir encaminados a la fertilidad de los suelos y manejo de la humedad; por otra parte,

en el nivel más bajo (barras paralelas), hay problemas serios de salinidad, con formación de Solonchaks y, además, que los suelos no salinos (Regosoles y Arenosoles) tienen deficiencias de fertilidad, dado por una textura muy ligera, poca retención de humedad y bajo contenido en materia orgánica y nutrientes, (Bojórquez *et al.*, 2008).

En este artículo se presentan las características de los suelos más evolucionados de la región: Alíticos, Ferríticos y Ferralíticos, mapa de suelos fue digitalizado por Autocad y las áreas de suelos delimitadas por método planimétrico. La formación del relieve está dada por levantamientos de bloques (horts) que comenzaron al final del Plioceno, mientras que las rocas madres son muy variadas (tanto ígneas como metamórficas y sedimentarias), presentándose en ocasiones cortezas de intemperismo antiguas, (Hernández *et al.*, 2004).

2.15.- Plomo (Pb)

El plomo es un metal gris-azulado de origen natural que se encuentra en pequeñas cantidades en la corteza terrestre. El plomo puede encontrarse en todas partes en el medioambiente. Gran parte proviene de actividades humanas como la quema de combustibles fósiles, la explotación minera y la manufactura. El plomo tiene muchos usos diferentes. Se usa en la fabricación de pilas, municiones, productos de metal (soldaduras y tuberías) y en aparatos para proteger contra los rayos X. Debido a inquietudes relacionadas con la salud, en los últimos años se ha reducido considerablemente la cantidad de plomo en pinturas, productos cerámicos y materiales para calafatear y para soldar tuberías. El uso del plomo como un aditivo de la gasolina se prohibió en 1996 en los Estados Unidos, (ATSDR, 2017).

El plomo es un metal grisáceo, maleable y uno de los primeros en ser usados por el hombre. Evidencia hay que ya era conocido en Asia Menor oriental allá por el año

4000 AC. Egipcios y hebreos usaron el plomo y los fenicios trabajaron menas de plomo en España c. 2000 AC. Hipócrates de Cos (370 AC) fue el primero en describir síntomas en trabajadores con plomo. Nicanor, en el s. II AC, relacionó directamente estreñimiento, cólico, palidez, parálisis y perturbaciones de la visión con la exposición al plomo, (Ramírez, 2005).

2.16.- Toxicidad del plomo

El plomo es tóxico para las enzimas dependientes del zinc, los órganos más sensibles a la toxicidad son el sistema hematopoyético, el sistema nervioso central y el riñón. Interfiere con la síntesis del hem, ya que se une a los grupos sulfhidrilos de las metaloenzimas, La toxicidad aguda se presenta luego de una exposición respiratoria a altas concentraciones, con encefalopatía, insuficiencia renal y síntomas gastrointestinales. La toxicidad crónica es la más frecuente y se manifiesta con compromiso multisistémico: hematopoyético, del sistema nervioso, gastrointestinal, riñón y sistema reproductor, (Infantas, 2005).

Los mecanismos moleculares de toxicidad no están claramente definidos. Se sabe que tiene afinidad por los grupos sulfhidrilo, en especial enzimas dependientes de zinc como la D-aminolevulínico deshidratasa, coproporfirinógeno oxidasa y ferroquelatasa, (Cruz *et al.*, 2015).

El tratamiento farmacológico en las intoxicaciones crónicas por Pb va dirigido a alejar al paciente de la fuente de contaminación, controlar los síntomas y a reducir la concentración del metal en el organismo, por medio de agentes quelantes. Estos son sustancias que se unen a los metales pesados que circulan por el torrente sanguíneo, formando compuestos atóxicos e hidrosolubles, que son eliminados en la orina y en la bilis. Cabe destacar que los CDC han mantenido la recomendación de aplicar la terapia quelante, cuando el nivel de Pb en sangre del paciente (niño o adulto) sea igual o superior a 45 µg/dL^{10, 11}. A niveles menores, se sugiere una

intervención ambiental agresiva, para identificar la fuente de exposición y corregir las deficiencias nutricionales, si las hubiera, (Daniela *et al.*, 2013)

2.18.- Fuentes de contaminación por plomo en México

Uno de los problemas más serios asociados en el desarrollo industrial, de las grandes ciudades es la contaminación por plomo (Pb) este ha sido considerado durante muchos años como uno de los principales contaminantes ambientales, debido a su uso que durante décadas ha tenido como componente la gasolina al ser introducido como detonante de las mismas, lo cual ha incrementado desde los años 50 los valores ambientales de este contaminante en grandes ciudades como México, Guadalajara y Monterrey, (Alanis *et al.*, 2001).

En México, existen reportes de la presencia de metales pesados en ríos, lagos, cultivos, suelos y aire de zonas urbanas, así como en ambientes costeros y marinos, donde se ha detectado la acumulación de metales tóxicos en tejidos de peces y moluscos de consumo humano, La contaminación por metales pesados es un problema que ha ido en aumento debido principalmente a actividades antrópicas. Entre las principales fuentes de contaminación se encuentran la minería, la metalúrgica, la agricultura, los vehículos automotores y el aporte natural en ciertos acuíferos, (Covarrubias y Ccabriales, 2017)

Procesos industriales	Tabaquismo/alimentación	Agua potable	Fuentes domésticas
Baterías plomo-ácido, materiales de plomería, cables de revestimiento, pinturas, esmaltes y municiones, gasolina y sus aditivos, exposición ocupacional	Fumadores activos Alimentos contaminados con polvo, hortalizas en suelos contaminados (como minas o fundiciones)	Sistemas de plomería que contienen tuberías de plomo, soldaduras, accesorios o agua que ha estado en contacto con el plomo durante un período prolongado	Juguetes, medicinas tradicionales, cosméticos, pintura de las paredes de casas antiguas y polvo

Tabla 2 Principales fuentes de exposición al plomo de acuerdo con la OMS (2010)

El envenenamiento por metales pesados entre los pobladores de la Comarca Lagunera es provocado por el plomo, el cadmio y el arsénico, tres elementos altamente dañinos para la salud. Sin embargo, los estudios, las denuncias y las acciones que se han realizado en torno a este problema tienen como actor principal al plomo. Esto no significa que sea el más tóxico de los tres de hecho ocurre lo contrario sino a que, es el que ha sido utilizado por la humanidad más ampliamente y, por ende, causa más problemas y más preocupación en el mundo, (Perezgasga, 2001).

2.19.- Fuente natural

El Plomo se encuentra en forma natural en la corteza terrestre de un modo relativamente abundante. Fue uno de los primeros metales extraídos por el hombre a partir de la galena (Plomo S), la cerusita (Plomo CO₃) y la anglesita (Plomo SO₄) Se obtiene de 2 fuentes principales: Una fuente primaria mediante la fundición del metal y una secundaria como consecuencia del reciclaje de baterías y chatarra. El 14% de este metal, se produce en América Latina; siendo los más importantes en este rubro, Perú y México. El Plomo Inorgánico, es utilizado en muchos tipos de industrias y actividades, siendo constitutivo de muchos productos; mientras que el Plomo Orgánico se utiliza como antidetonante en la gasolina: Tetraetilo de Plomo. Son muchos los Efectos del Plomo en la Salud; pero en la presente revisión, solamente nos vamos a ocupar de las Fuentes más importantes de Exposición, (Franco y Fernando, 2006)

2.20.- Fuente antrópica

La contaminación del aire es causada por diferentes procesos antrópicos. Entre los contaminantes de mayor interés pueden citarse a las partículas, el dióxido de nitrógeno y el monóxido de carbono, constituyendo un problema ambiental resultante de las actividades del hombre o contaminación antrópica. Asimismo, existe preocupación a nivel mundial con relación a la contaminación por transporte atmosférico de metales pesados a gran escala debido a su capacidad de asociación a masas de aire; por efectos de la recirculación de los vientos, dichos metales

tienden a depositarse en áreas alejadas a su fuente de origen, (Machado *et al.*, 2008)

La contaminación por metales pesados es un problema que ha ido en aumento debido principalmente a actividades antrópicas. Entre las principales fuentes de contaminación se encuentran la minería, la metalúrgica, la agricultura, los vehículos automotores y el aporte natural en ciertos acuíferos, (Covarrubias y Ccabriales, 2017).

2.21.- Plomo en suelos

El desarrollo industrial, la urbanización acelerada, la mala disposición de desechos, entre otros, incrementan los niveles de contaminación de suelo, aire y agua, El agua contaminada en muchas ocasiones es utilizada para regar cultivos, provocando la acumulación de contaminantes en el suelo, la vegetación y a su vez la inminente contaminación de animales y humanos que reciben el contaminante en forma preconcentrada, (Coyago y Bonilla, 2016)

La carencia de valores aceptables de concentración de Pb, Cd y Ni en suelos que indiquen, mínimo riesgo para la salud de humanos y de los organismos, es el motivo del presente estudio, para ello se propuso obtener valores permisibles de contaminación de metales, como Pb, Cd y Ni, en el suelo, para regular e impedir su constante acumulación, Los límites máximos permisibles de acumulación en suelos de Cd, Ni y Pb, que se obtuvieron con datos de la tasa de asimilación (UC) generados con datos de la región en estudio y de consumo de alimentos a partir de la Encuesta Nacional de Alimentación, fueron 8.3, 312 y 8.1 kg ha⁻¹ , respectivamente, (Alarcón *et al.*, 2005).

En suelos agrícolas, los metales pesados o elementos traza, que se han detectado, y que son considerados como muy tóxicos y fácilmente disponibles, son Cr, Ni, Cu,

Zn, y Pb. Estos elementos presentan concentraciones superiores a los valores considerados «normales» en suelos. Las concentraciones de metales pesados en los suelos agrícolas muestreados, supera ligeramente las concentraciones máximas permitidas por muchas legislaciones para el caso del Cr, Ni y Cu, salvo las normas españolas y alemana, que parecen ser bastante más permisivas. Pero las concentraciones medias de Zinc y, sobre todo Plomo, superan ampliamente los límites máximos permitidos por todas las legislaciones consultadas, (Serrato *et al.*, 2010c).

2.22.- Riesgo Ambiental

El suelo es el cimiento sobre el que ocurre un sin fin de fenómenos físicos, químicos y biológicos. Es el resultado de la constante interacción de la litósfera con la hidrósfera y la atmósfera, convirtiéndose así, en uno de los más importantes sistemas naturales encargados de mantener el ecosistema en un constante y deseable equilibrio que garantice la supervivencia de la vida en el planeta, los suelos estudiados el plomo tiene alta tendencia a formar compuestos químicos que fácilmente pueden introducirse en la cadena alimenticia, afectando la flora, la fauna y constituyéndose en un riesgo potencial para la salud de la población humana, (Guzmán y Prieto, 2019).

En la Comarca Lagunera, el desarrollo industrial y agrícola ha deteriorado de manera importante el medio ambiente de la región. La calidad de vida ha sido afectada en los aspectos arriba mencionados, siendo nuestro principal interés establecer la posible relación entre los agentes contaminantes, principalmente el Pb, y la infertilidad en varones expuestos por su actividad a dicho ambiente, (Martínez, 2012).

En vista de la larga historia de la contaminación ambiental del plomo, se puede pensar que la contaminación por este metal está controlada y que quedo en el pasado. La contaminación del plomo en casi su totalidad está bien controlada en la mayoría de las industrias. Sin embargo, en muchos países o casi todos, aún existe esta problemática. De hecho, alrededor del 29 % del plomo en Latinoamérica fue

importado para ser usado en máquinas automáticas procesadoras de datos, representa, el 15 % de la producción mundial, 13 por lo que cada país ejecuta acciones correctivas y/o educativas de los peligros de este contaminante, (Rey *et al.*, 2016).

2.23.- Riesgos a la salud

El riesgo para la salud humana debido a la exposición a contaminantes, consiste en la valoración del riesgo para la salud, lo que es común en estudios ambientales, ya que permite estimar el riesgo por exposición a diferentes matrices (de alimentos y de factores ambientales, entre otras) asociado a los contaminantes de interés mediante el uso de diferentes matrices, y tiene la ventaja de proporcionar un marco sistemático basado en principios científicos para comprender y manejar diversos riesgos, (Echeverry *et al.*, 2015).

Las acciones tóxicas del plomo se atribuyen a su afinidad por los sitios de acción molecular del calcio; el metal actúa como sustituto del calcio en varios eventos regulatorios intracelulares, ya que es capaz de activar las fosfodiesterasas dependientes de la calmodulina y las proteínas cinasas independientes de la misma, teniendo efectos, además, sobre los canales de calcio. Estas reacciones moleculares pueden contribuir a bajas dosis del plomo y a efectos sutiles sobre la función cerebral y la de otros sistemas y aparatos. El depósito de plomo en hueso está influido por prácticamente todos los procesos que afectan el depósito o la movilización del calcio en el mismo, aunque se aclara que, como toda analogía, ésta también tiene sus limitaciones ya que, por ejemplo, la distribución de ambos iones en tejido sanguíneo es muy diferente, (Thomas, 2003).

El plomo tiene efectos tóxicos en muchos órganos, sistemas y procesos fisiológicos. Al ingresar este tóxico por vía digestiva, respiratoria o a través de la piel se asocia, en una primera fase, a los eritrocitos.; a largo plazo, alrededor del 95% del metal

presente en el organismo se acumula en los huesos sustituyendo al calcio, el resto se acumula principalmente en los riñones y en el hígado, (Yucra *et al.*, 2008).

2.24.- Las propiedades del plomo

Las propiedades del plomo (Pb), como el bajo punto de fusión, la durabilidad y la maleabilidad han fomentado la Extracción y uso de Pb durante al menos 5000 años (Adriano, 1986). Las fuentes relativamente bien documentadas de contaminación de Pb incluyen actividades de minería y fundición de Pb, el uso generalizado de compuestos de Pb en la industria automotriz, la aplicación a la tierra, (Rooney *et al.*, 1999).

Elemento químico, Pb, número atómico 82 y peso atómico 207.19. El plomo es un metal pesado (densidad relativa, o gravedad específica, de 11.4 s 16°C (61°F)), de color azulado, que se empaña para adquirir un color gris mate. Es flexible, inelástico, se funde con facilidad, se funde a 327.4°C (621.3°F) y hierve a 1725°C (3164°F). Las valencias químicas normales son 2 y 4. Es relativamente resistente al ataque de los ácidos sulfúrico y clorhídrico. Pero se disuelve con lentitud en ácido nítrico. El plomo es anfótero, ya que forma sales de plomo de los ácidos, así como sales metálicas del ácido plúmbico. El plomo forma muchas sales, óxidos y compuestos organometálicos, (Hernández, 2010).

2.25.- Problemática de plomo en la Comarca Lagunera.

Estas evidencias provocan el surgimiento de interrogantes sobre la contaminación, en matrices ambientales que pudieran bosquejar el desarrollo de las rutas de exposición, que explicara la intoxicación por plomo en niños de la región y planteara sí las medidas de intervención ambiental que conduzcan a la solución y/o mitigación del problema ambiental. En esta comunicación se presentan los resultados de un estudio piloto sobre la contaminación por metales y metaloides en suelos de casas

habitación de residentes del área urbana de la Región Lagunera, (Vargas *et al.*, 2007).

La situación de la "Metalúrgica", al sureste de Torreón y los vientos dominantes procedentes de esa misma dirección que arrastran humos, gases y pol- \OS, han sido la causa de las inflamaciones óculo nasales y faríngeas de los habitantes de la ciudad, Que es necesario vigilar la contaminación de las aguas de bebida y su tratamiento; limitar cualquier ampliación de la industria y ver que se satisfagan los ordenamientos específicos y técnicos para limitar el daño que ahora ocasiona la "Metalúrgica" a la salud de los habitantes, a la flora y a la fauna de la región, (Viniegra *et al.*, 1994)

La magnitud de la producción industrial de la empresa metalúrgica, se debe mantener una vigilancia estrecha para reducir los riesgos a la salud de las poblaciones potencialmente expuestas debido a su vecindad con el complejo fundidor, (Vargas *et al.*, 2007).

2.26.- Normatividad

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-026-SSA1-1993. "salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al plomo (Pb). Valor normado para la concentración de plomo (Pb) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población".

NORMA Oficial Mexicana NOM-199-SSA1-2000, Salud ambiental. Niveles de plomo en sangre y acciones como criterios para proteger la salud de la población expuesta no ocupacionalmente.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-166-SEMARNAT-2014, control de emisiones atmosféricas

en la fundición secundaria de plomo. Establecer los límites máximos permisibles de emisión a la atmósfera de plomo, hidrocarburos totales, óxidos de nitrógeno y dioxinas y furanos, provenientes de los procesos de fundición secundaria de plomo, incluyendo los métodos de prueba correspondientes, así como las especificaciones de operación.

Norma Oficial Mexicana NOM-155-SEMARNAT-2007: Que establece los requisitos de protección ambiental para los sistemas de lixiviación de minerales de oro y plata, México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000, Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis.

Norma Oficial Mexicana NOM-023-SEMARNAT-2001, Que establece las especificaciones técnicas que deberán contener la cartografía y la clasificación para la elaboración de los inventarios de suelos. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Norma Oficial Mexicana NOM-120-SEMARNAT-2011, Que establece las especificaciones de protección ambiental para las actividades de exploración minera directa, en zonas agrícolas, ganaderas o eriales y en zonas con climas secos y templados en donde se desarrolló vegetación de matorral xerófilo, bosque tropical caducifolio, bosques de coníferas o encinos.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004. La presente Norma Oficial Mexicana establece criterios para la caracterización y determinación de concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio, vanadio y sus compuestos inorgánicos; así como los criterios de remediación.

Límites máximos permisibles de acuerdo a la NOM-001-SEMARNAT-1996

Contaminante	Uso agrícola/residencial /comercial (mg/kg)	Uso industrial (mg/kg)
Arsénico	22	260
Bario	5 400	67 000
Berilio	150	1900
Cadmio	37	450
Cromo Hexavalente	280	510
Mercurio	23	310
Níquel	1 600	20 000
Plata	390	5 100
Plomo	400	800
Selenio	390	5 100
Talio	5,2	67
Vanadio	78	1000

Tabla 3. Se muestra los límites de contaminantes.

2.27.- La biodisponibilidad de plomo en el suelo

La biodisponibilidad de metales en sistemas acuáticos y terrestres es dependiente, tanto de factores geoquímicos como biológicos, el uso de medidas indirectas de la biodisponibilidad requiere estudios previos, en los cuales se correlacione la acumulación de metales en los tejidos con las concentraciones de metales extractados por los diversos métodos de extracción selectivos, y la biodisponibilidad es necesaria para poder utilizar extracciones químicas como medidas de la disponibilidad de metales pesados en suelos o sedimentos, (RENDINA *et al.*, 2004).

Concentraciones encontradas de Cu, Ni, Pb y Zn en la fracción de mayor biodisponibilidad (fracción intercambiable), en función de la antigüedad de aplicación de biosólidos en los suelos. La mayor biodisponibilidad de Cu y Pb se

presentó en el suelo con un año después de la aplicación de biosólidos. El níquel tuvo su mayor biodisponibilidad en el suelo con mayor antigüedad de aplicación (6 años) y el zinc mostró su mayor concentración biodisponible después de seis años de aplicados los biosólidos, (FLORES *et al.*, 2011).

2.28.- Mecanismo de acción

El plomo tiene gran afinidad por los grupos sulfhidrilo, en especial por las enzimas dependientes de zinc. El mecanismo de acción es complejo; en primer lugar parece ser que el plomo interfiere con el metabolismo del calcio, sobre todo cuando el metal está en concentraciones bajas, el plomo altera el calcio de las siguientes formas:

- Reemplaza al calcio y se comporta como un segundo mensajero intracelular, alterando la distribución del calcio en los compartimentos dentro de la célula.
- Activa la proteinquinasa C, una enzima que depende del calcio y que interviene en múltiples procesos intracelulares.
- Se une a la calmodulina más ávidamente que el calcio, ésta es una proteína reguladora importante.
- Inhibe la bomba de Na-K-ATPasa, lo que aumenta el calcio Intracelular

III.- MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se llevó a cabo en Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Torreón Coahuila México, durante el periodo de 2018 a 2019 con el objetivo de determinación de plomo en suelos agrícolas, utilizando el diseño estadístico completamente al azar. La preparación de las muestras y su análisis se realizaron de acuerdo con los procedimientos especificados, (Nevetrova *et al.*, 2018), se tomaran muestras de suelo a profundidades de 0 a 60 cm en parcelas agrícolas con riego continuo, (Kumararaja *et al.*, 2018). El análisis se realizó con un espectrofotómetro, Perkín Elmer 360.

3.1.- Localización geográfica del sitio de muestreo



Fig. 2 Ubicación grafica del área de estudio.

3.2. Clima

Según Köppen, La Comarca Lagunera es una zona que se caracteriza por sus limitados recursos hídricos y por su clima seco muy caluroso en verano alcanzando hasta 44.8° grados Centígrados y frío en invierno, con temperaturas que oscilan entre los 8° y 0°, llegando incluso a los -7° grados Centígrados.



Fig. 3 Ubicación de la comarca lagunera

3.3. Toma de muestras y preparación

El muestreo se realizó utilizando el diseño completamente al azar, tomando 10 muestras de 0-60 cm, de profundidad, las muestras se tomaron en el mes de agosto del 2019, se tomaron completamente al azar, se recolecto en bolsas 3 kg de capacidad, para después secarlas, ya perdiendo la humedad se tamizaron y posteriormente analizo con un espectrofotómetro Perkin Elmer 360.

3.4. Análisis y modelo Estadístico

El análisis estadístico para la interpretación de los resultados se realizó mediante un espectrofotómetro Perkin Elmer 360. Se utilizó un diseño estadístico completamente al azar en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y se obtuvo 10 muestras, la extracción de las muestras se realizó con profundidades de 0 a 60 cm, en el cual el modelo matemático es el siguiente:

$$\text{Modelo: } Y_{ijk} = \mu + L_i + \beta_j(l) + t_k + (LT)_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

$$i=1,2,\dots,l$$

$$j=1,2,\dots,r$$

$$k=1,2,\dots,t$$

Donde:

Y_{ijk} = Es la observación del tratamiento k en el bloque j en la localidad i

μ = Es el efecto verdadero de la media general

L_i = es el efecto de la i -ésima localidad

$\beta_j(l)$ = Es el efecto del k -ésimo bloque en la i -ésima localidad

t_k = Es el efecto de k -ésimo tratamiento

$(LT)_{ik}$ = Es el efecto de la interacción entre el tratamiento k y la localidad i

ε_{ijk} = Es el error experimental de la ij -ésima observación.

IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se muestra estadísticamente el análisis de las concentraciones de metales pesados específicamente en plomo (Pb) entre profundidades de 0-60, en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en comparación con la NOM-001-SEMARNAT-1996, que aplica los límites máximos permisibles de metales en suelos. Los datos se muestran en la **fig. (4)**.

Al mismo tiempo se realizó una caracterización de análisis fisicoquímicos como: porcentaje de materia orgánica, densidad, conductividad eléctrica y pH.

Metales	MUESTRAS										NOM.001SEMARNAT.1996
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Plomo (Pb)	26.05	28.21	23.28	23.27	24.70	22.04	25.04	26.05	25.28	25.28	4
Zinc (Zn)	27.70	22.80	24.25	18.09	22.23	24.82	19.05	20.90	20.05	21.05	9
Arsénico (As)	0.22	0.21	0.14	0.12	0.12	0.13	0.12	0.11	0.12	0.15	0.2
Cadmio (Cd)	0.28	0.22	0.15	0.50	0.36	0.20	0.22	0.15	0.56	0.20	0.05
Cobre (Cu)	11.36	6.56	10.12	7.18	6.03	10.30	6.57	11.12	7.04	6.30	0.3

Tabla 4. Concentración de plomo, en comparación a la NOM-001-SEMARNAT-1996.

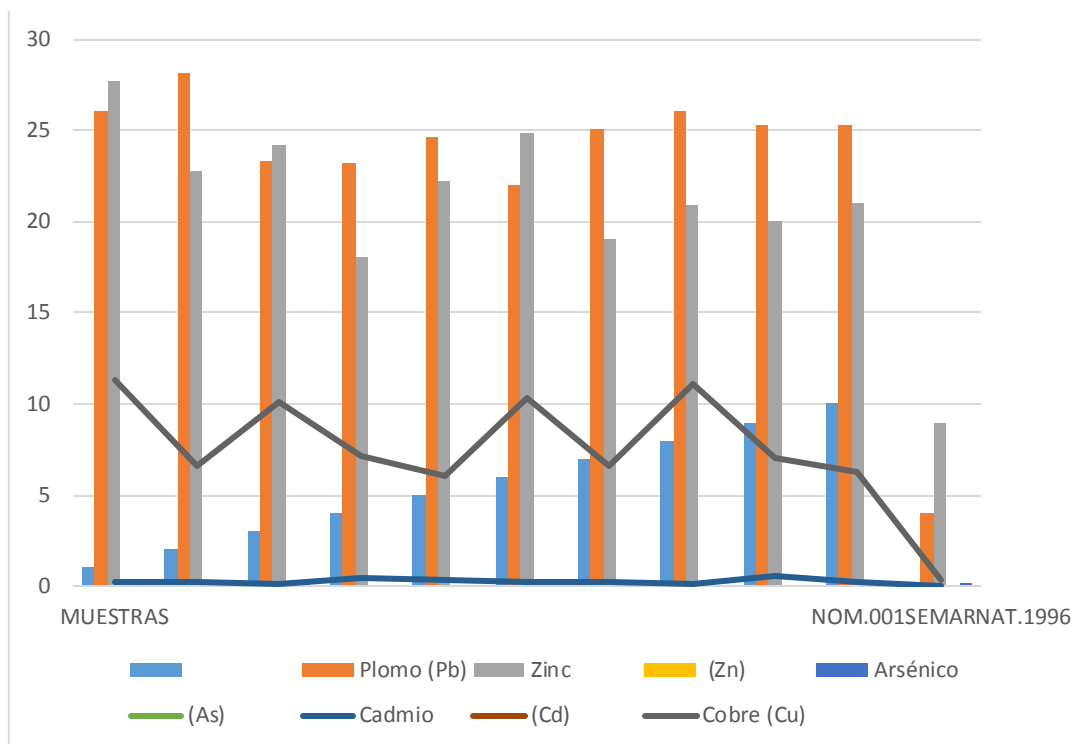


Fig. 4 Concentración de plomo, en comparación a la NOM-001-SEMARNAT-1996.

4.1. Análisis fisicoquímicos

Materia orgánica

m.o	
Muestras	%
1	9.4%
2	8.8%
3	7.81%
4	8.5%
5	8.7%
6	8.5%
7	9.2%
8	8.6%
9	9.5%
10	8.3%

Tabla 5. Resultados de materia orgánica

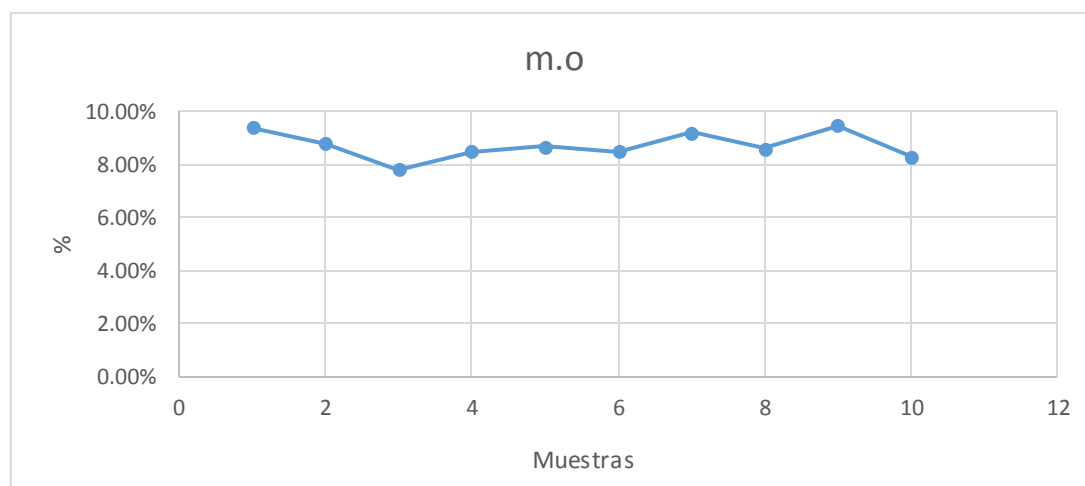


Fig. 5 Resultado % de materia orgánica en suelo.

Densidad

Densidad	
Muestras	gr/cm ³
1	1.35
2	1.28
3	1.19
4	1.30
5	1.31
6	1.19
7	1.28
8	1.25
9	1.27
10	1.26

Tabla 6. Resultados de densidad

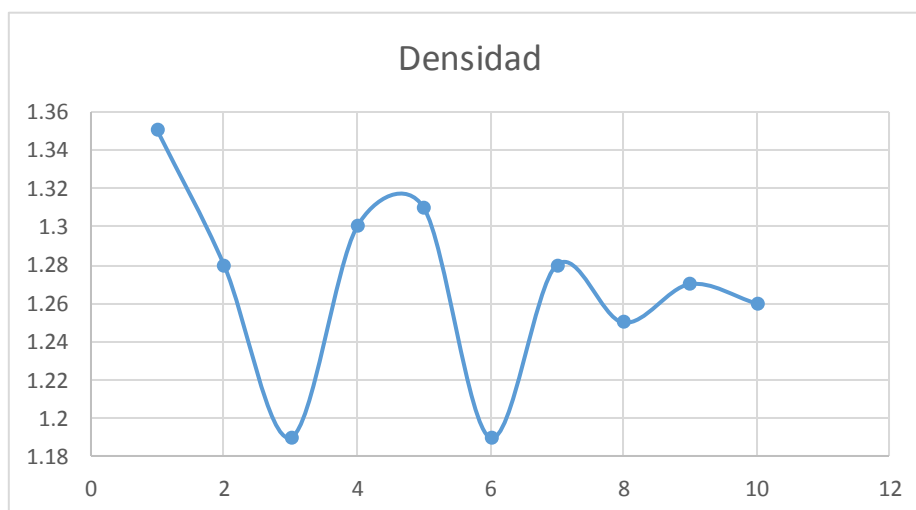


Fig. 6 Resultado de Densidad en el suelo.

Conductividad eléctrica

Conductividad eléctrica	
Muestras	ms/cm
1	1.70
2	1.60
3	2.19
4	3.18
5	1.15
6	1.02
7	1.60
8	1.65
9	3.20
10	3.19

Tabla 7. Resultados de conductividad eléctrica

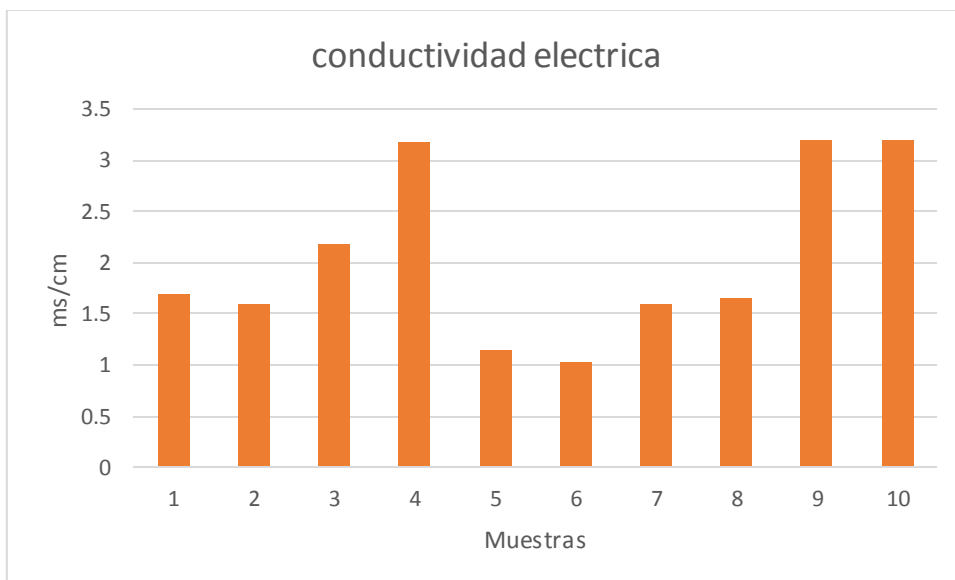


Fig. 7 Resultado de conductividad eléctrica en el suelo.

pH

Ph	
Muestras	pH
1	6.60
2	7.70
3	7.77
4	6.70
5	6.75
6	5.80
7	6.60
8	6.75
9	7.72
10	6.80

Tabla 8. Resultados de Ph

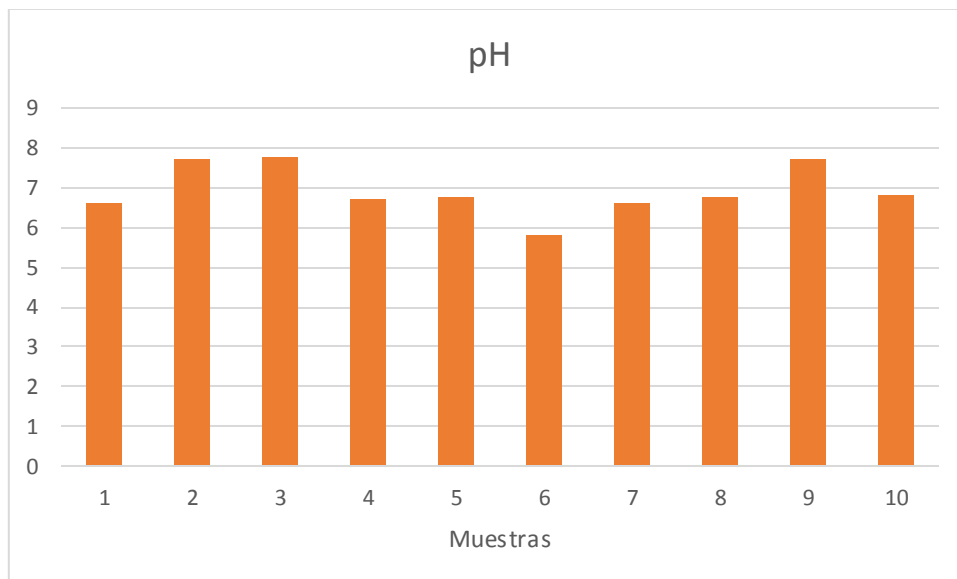


Fig. 8 Resultado de pH

Al observar la diferencia en la mediana Pb 500 y Pb > 500, se puede hacer otra comparación que elimine el sesgo de las concentraciones de plomo en el fondo del suelo. Las diferencias en estas medianas son 1, 1.5 y 3 ppm para los aeropuertos HM, PCM y RVS, respectivamente. Esto indica que el aeropuerto RVS ha tenido el mayor impacto en las concentraciones de plomo en el suelo circundante y es lo que se esperaba debido a que el aeropuerto RVS tiene las mayores emisiones de plomo reportadas al Inventario Nacional de Emisiones de 2011 de la EPA, (McCumber y Strevett b, 2017).

El mapa de distribución espacial de la concentración de Pb también resalta las cargas dispares de contaminación de plomo en el suelo que experimentan las poblaciones de bajos ingresos y la relación con la etnia composición de la población. Por ejemplo, este estudio encontró que las áreas ocupadas por mayoría (proporción de la población mayor al 50%) las poblaciones afroamericanas e hispanas tienen mayores concentraciones de plomo en el suelo que los blancos no hispanos (datos no mostrados). Este hallazgo implica que los grupos minoritarios en el área de estudio tienen un mayor potencial de exposición al plomo de los suelos, (Wu *et al.*, 2010).

La concentración de plomo en muestras de suelo de Vetagrande. La ciudad ha sido medida y la distribución de plomo en todo La ciudad ha sido identificada la concentración media De las 89 muestras, 1397 lg kg-1 es mayor a 400 lg kg-1 que la Agencia de Protección Ambiental de EE. UU. Recomienda como límite en suelos para uso residencial, (Luevano *et al.*, 2011).

El valor promedio de la concentración de Pb en el suelo de los terrenos aledaños a la recicladora supera los 500 µg/g que señala la legislación canadiense para uso residencial y los 200 µg/g señalados como límite para uso agrícola, se puede concluir que la concentración de plomo en suelo varía en proporción inversa a la distancia de la recicladora, situación similar a la que se verifica en la ciudad de Torreón, (Acuña *et al.*, 2006).

V.- CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en esta investigación en referencia a los metales pesados específicamente en plomo (Pb) se llega a la conclusión que las muestras de sustrato está por encima de los límites máximos permisibles establecidos por la NOM-001-SEMARNAT-1996, Teniendo entonces un suelo contaminado por metales pesados generado por la conductividad propia del suelo.

El suelo agrícola del campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro de la Comarca Lagunera se encuentra en concentraciones de plomo, por encima de lo establecido por la norma.

Es necesario realizar análisis de suelo con la finalidad de estar monitoreando la presencia de plomo para llevar un control, ya que el tipo de agua que se ocupa para irrigar estos suelos, habrá un incremento de concentración del mismo, por lo que surgirá una problemática para los seres vivos.

VI.- BIBLIOGRAFÍA

- Acuña, M. E., V. R. H. Carrillo, S. A. M. Luévano y H. M. V. Dávila 2006. "**Niveles de plomo en la población de alto riesgo y su entorno en San Ignacio, Fresnillo, Zacatecas, México.**" SALUD PÚBLICA DE MÉXICO 48: 3.
- Alanis, O. T., L. G. Ocañas, B. A. Moya, B. M. A. Hernandez y A. P. Lopez 2001. "**Contaminacion ambiental y salud**" CIENCIA UANL 4: 75-76.
- Alarcón, A. V., L. J. Cajuste, R. C. González, B. Z. González, E. A. Sánchez y J. Z. C. Ramos 2005. "**Límites permisibles de acumulación de cadmio, níquel y plomo en suelos del valle del mezquital, hidalgo.**" Terra Latinoamericana 23: 447-455.
- Arora, M., a,*, B. Kiran, b., S. Rani, a., A. Rani, a., B. Kaur, a. y N. Mittal, a. 2018. "**Heavy metal accumulation in vegetables irrigated with water from different sources.**" Food Chemistry 111: 811-815.
- Arroyave, S. M. S. y C. J. F. Restrepo 2009. "**Análisis de la contaminación del suelo: Revisión de la normativa y posibilidades de regulación económica.**" Semestre Económico 12: 13-34.
- ATSDR 2017. "**ToxFAQs™ sobre el plomo.**" Agency for Toxic Substances and Disease Registry: 1-2.
- Bojórquez, I., A. Hernández, D. D. García, O. Nájera, F. Flores, A. Madueño y R. Bugarín 2008. "**Características de los suelos de las barras paralelas, playas y dunas de la llanura costera norte del estado de Nayarit, México.**" Cultivos Tropicales 29: 37-42.
- Cala, V. y Y. Kunimine 2013. "**DISTRIBUCIÓN DE PLOMO EN SUELOS**" Rev. Int. Contam. Ambient. 19: 109-115.
- Cano, O. G. H., T. R. Calzada, V. D. R. Cepeda, A. G. J. Ávila, F. A. Hernández y L. B. Ariza 2009. "**Phytoextraction of lead and cadmium in contaminated soils using pigweed (Amaranthus hybridus L.) and mycorrhiza**" Rev. Chapingo Ser.Hortic 15: 2.

- Covarrubias, A. S. y P. J. J. Ccabriales 2017. "**Contaminación ambiental por metales pesados en México problemática y estrategias de fitorremediación.**" Rev. Int. Contam. Ambient. 33: 7-21.
- Coyago, E., * y S. Bonilla 2016. "**Lead absorption in highly contaminated soil of vegetative species used for animal and human consumption.**" Revista de Ciencias de la Vida 23: 35-46.
- Cruz, A. I. M., R. R. Ayala y V. G. Flores 2015. "**Efectos tóxicos del plomo.**" Esp. Méd. Quir. 20: 72-77.
- Cruz, B. A. y A. R. M. Viña 2006. "**Elementos potencialmente tóxicos en suelos agrícolas con manejo de riesgo contaminante.**" Naturaleza y Desarrollo enero 4: 1.
- Daniela, F., V. L. María, S. Nancy, M. Samanta, V. Miriam y M. M. Rosa 2013. "**Lead poisoning and pharmacological treatment.**" Revista de Salud Pública. 17: 49-59.
- Delince, W., V. R. Carmenate, L. O. Morgado, G. F. Izquierdo y B. I. M. Arias 2015a. "**Riesgo agroambiental por metales pesados en suelos.**" Ciencias Técnicas Agropecuarias 24: 1010-2760.
- Delince, W., R. Valdés Carmenate, 1, O. López Morgado, 1, F. Guridi Izquierdo, 1 y M. Balbín Arias, I.1 2015b. "**Heavy metals agroenvironmental risk in soils with cultivate *Oryza sativa* L. and *Solanum tuberosum* L.**" Ciencias Tecnicas Agropecuarias 24.
- Ding, Q. a., G. b. Cheng, Y. a. Wang y D. a. Zhuang 2017. "**Effects of natural factors on the spatial distribution of heavy metals in soils surrounding mining regions.**" Science of the Total Environment 578: 577-585
- Durango, V. V. J., M. L. J. Negrete, J. B. Colorado y P. M. L. Castro 2010. "**Remediation of contaminated soil with mercury using the guarumo (*Cecropia peltata*)trees.**" Ingeniería & Desarrollo. Universidad del Norte. 27: 113-129.

- Echeverry, G., A. M. Zapata, M. I. Páez, F. Méndez y M. Peña 2015. "**Valoración del riesgo en salud en un grupo de población de Cali, Colombia, por exposición a plomo, cadmio, mercurio, ácido 2,4-diclorofenoxiacético y diuron, asociada al consumo de agua potable y alimentos.**" *Biomédica* 35: 10-19.
- FLORES, G. E., T. A. M. CAMPANTE, S. E. CASTRO y P. A. MAGAÑA 2011. "**Biodisponibilidad y fraccionamiento de metales pesados en suelos agrícolas enmendados con biosólidos de origen municipal.**" *Rev. Int. Contam. Ambie.* 27: 291-301.
- Franco, D. y B. D. Fernando 2006. "**Fuentes De Exposición Al Plomo.**" Comisión de Salud Ocupacional Sindicato Médico del Uruguay.
- Gil, C., R. Boluda y J. Ramos 2004. "**Determination and evaluation of cadmium, lead and nickel in greenhouse soils of Almerica (Spain).**" *Chemosphere* 55: 1027–1034
- Guzmán, M. R. y A. G. Prieto 2019. "**Environmental study on ecological lead risks in soils**" *Rev. esc.adm.neg.* 72: 66-75.
- Heredia, O., S 1 y A. Cirelli, F 2 2008. "**IMPORTANCIA DE LAS PROPIEDADES DE LOS SUELOS EN LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO DE CONTAMINACIÓN DE ACUÍFEROS.**" *CI. SUELO (ARGENTINA)* 26: 131-140.
- Hernández-Crespo, C. y M. Martín 2015. "**Determination of background levels and pollution assessment for seven metals (Cd, Cu, Ni, Pb, Zn, Fe, Mn) in sediments of a Mediterranean coastal lagoon.**" *Catena* 133: 206–214.
- Hernández, A. M., I. 2010. "**Características y clasificación de los suelos cultivados de arroz en la palma, pinar del río.**" *Cultivos Tropicales* 31: 37-47.
- Hernández, A. V., A., M. Morales, F. Soto, E. Garea y J. Baisre 2004. "**Características de los suelos del macizo montañoso nipe-sagua-baracoa. I. Suelos alíticos, ferríticos y ferralíticos.**" *Cultivos Tropicales* 25: 45-53.

- Infantas, V. M. M. 2005. "**Lead poisoning.**" | Rev. Soc. Per. Med. Inter. 18(1) 2005 18: 22-26.
- Kumararaja, P., K. Manjaiah, S.-C. Datta, A. Shabeer y B. Sarkar 2018. "**Methods.**" part of Springer Nature: 3985–3999
- Lilia, A. 2004. "**Contaminación ambiental. Origen, clases, fuentes y efectos.**" Toxicología ambiental 61-74.
- Luevano, S. A. M., M. E. Acuña, L. C. de Leon, H. M. V. Davila y V. R. H. Carrillo 2011. "**Lead concentration in soil from an old mining town.**" J Radioanal Nucl Chem 289: 35-39.
- Machado, A., N. Garcia, C. Garcia, L. Acosta, A. Cordoba, M. Linares, D. Giraldoth y H. Velasquez 2008. "**Contaminación por metales (pb, zn, ni y cr) en aire, sedimentos viales y suelo en una zona de alto tráfico vehicular.**" Rev. Int. Contam. Ambient. 24: 171-182.
- Maritza, M., G. M. Eugenia y Q. Jorg 2009. "**Evaluación de los Niveles de Contaminación por Plomo y Arsénico en muestras de Suelos y productos Agrícolas Procedentes de la región cercana al Complejo metalúrgico Vinto.**" Rev. Bol. Quim 26.
- Marmioli, M., 1,3., F. Pietrini, 2., E. Maestri, 1., Massimo Zacchini, N. Marmioli, 1. y A. Massacci, 2. 2011. "**Determinacion de metales pesados en suelos**" Tree Physiology: 1319-1320.
- Martinez, M. J. 2012. "**Environmental pollution and occupational lead and its effects on male reproductive health, damage to DNA evidence.**" Revista Iberoamericana de las Ciencias de la Salud 1.
- McCumber, a. a. y a. k. Strevett b 2017. "**A geospatial analysis of soil lead concentrations around regional Oklahoma airports.**" Chemosphere 167: 62-70.
- Méndez, J. M., C. A. G. Ramírez, A. D. R. Gutiérrez y F. P. García 2009. "**Plant contamination and phytotoxicity due to heavy metals from soil and water.**" Tropical and Subtropical Agroecosystems 10: 29-44.
- Nathan, M. 2012. "**Assessing soil lead contamination at multiple scales in Oakland, California:**

Implications for urban agriculture and environmental justice." Applied
Geography 35: 460-473

Nevedrova, N., P *, E. Protsenkoa, P. y I. Glebovab 2018. "**OBJECTS AND
METHOD.**" Eurasian Soil Science 51: 112-119.

Odukudu, F. B., J. G. Ayenimo, A. S. Adekunle, A. M. Yusuff y B. B. Mamba 2014.
"**Safety evaluation of heavy metals exposure from consumer
products.**" Consum. Stud 38: 25–34.

Paruelo, J., M, J. Guerschman, P y S. Verón, R 2005. "**Expansión agrícola y
cambios en el uso del suelo.**" Facultad de Agronomía, UBA 15 87.

PÉREZ, A. D., M. M. LEÓN y R. E. M. ISLAS 2007. "**Polluted soils
electroremediation, a technical review for field application**

" Rev. Int. Contam. Ambient. 23: 3.

Perezgasga, V. F. 2001. "**contaminación por metales pesados en Torreón,
Coahuila.**" Ecológica.

Puga, S., M. Sosa, T. Lebgue, C. Quintana y A. Campos 2006. "**Contaminación
por metales pesados en suelo provocada por la industria minera.**

." Ecología Aplicada 5: 1-2.

Ramírez, A. V. 2005. "**El cuadro clínico de la intoxicación ocupacional por
plomo.**" An Fac Med Lima 66: 57-70.

Reimann C, a., a. Flem B, a. Fabian K, b. Birke M, c. Ladenberger A, d. Négrel P,
e. Demetriades A y f. Hoogewerff J 2012. "**Lead and lead isotopes in
agricultural soils of Europe – The continental perspective.**" Applied
Geochemistry 27: 532–542

RENDINA, A., F. A. DE IORIO, J. M. BARROS, M. BARGIELA, P. J. BRICHTA, A.
DE LOS RÍOS y Z. PR EM U Z IC 2004. "**Biodisponibilidad de plomo y
cadmio en sedimentos dragados del río matanza y evaluación de
métodos geoquímicos para su estimación.**" Rev. Facultad de Agronomía
24: 49-55.

- Rey, R. A. I., C. L. I. Luna, M. G. I. Cantillo y S. E. M. I. Espinosa 2016. "**Harmful effects of lead on human health.**" Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas 35: 3.
- Reyes, Y. C., I. Vergara, O. E. Torres, M. Díaz y E. E. González 2016. "**Heavy metals contamination: implications for health and food safety.**" Ingeniería, Investigación y Desarrollo. 16: 66-77.
- Rodríguez, R. R., F. Guridilzquierdo y V. R. Carmenate 2016. "**The agricultural management modifies properties and the heavy metals availability in Red Ferrallitic soils.**" Rev Cie Téc Agr 25: 4.
- Rodrigueza, P., E. Blasa, B. Sotoa, X. Pombalb, P y L. Periagoa, J, E * 2011. "**El conflicto de uso del suelo y la calidad de los alimentos The soil use conflict and food quality.**" Journal of Food
9: 342–350.
- Rooney, C., P, R. McLaren, G y R. Cresswell, J 1999. "**DISTRIBUTION AND PHYTOAVAILABILITY OF LEAD IN A SOIL CONTAMINATED WITH LEAD SHOT.**" Water, Air, and Soil Pollution 116: 535–548.
- Rucks, L., F. García, A. Kaplán, J. Ponce de León y M. M. Hill 2004. "**Propiedades físicas del suelo.**" Facultad de Agronomía Colombia
- Schneider, A. R. a., B. a. Cancès, M. a. Ponthieu, S. b. Sobanska, M. F. c. Benedetti, O. d. Pourret, A. a. Conreux, I. a. Calandra, B. a. Martinet, X. a. Morvan, M. a. Gommeaux y B. a. Marin 2016a. "**Lead distribution in soils impacted by a secondary lead smelter: Experimental and modelling approaches**"
" Science of the Total Environment 568: 155-163.
- Schneider, A. R. a., □ , B. a. Cancès, M. a. Ponthieu, S. b. Sobanska, M. F. c. Benedetti, O. d. Pourret, A. a. Conreux, I. a. Calandra, B. a. Martinet, X. a. Morvan, M. a. Gommeaux y B. a. Marin 2016b. "**Lead distribution in soils impacted by a secondary lead smelter: Experimental and modelling approaches.**" Science of the Total Environment 568: 155-163.

Selenska-Pobell, S., a, *, a. Panak, P., a. Miteva, V., b. Boudakov, I., a. Bernhard, G. y a. Nitsche, H. 1999. **"Soil contamination from lead battery manufacturing and recycling in seven African countries."** FEMS Microbiology Ecology

29: 59-61.

SEMARNAT 2001. **"Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en la República Mexicana."** Memoria

Nacional

Serrato, B. F., R. A. Díaz, A. F. Sarría, M. J. Brotóns y R. S. López 2010a.

"Afección de suelos agrícolas por metales pesados en áreas limítrofes a explotaciones mineras del sureste de España." Papeles de Geografía 51: 45-54.

Serrato, F.-B., A.-R. Díaz, A.-F. Sarría, M.-J. Brotóns y S.-R. López 2010b.

"Afección de suelos agrícolas por metales pesados en áreas limítrofes a explotaciones mineras del sureste de España." Papeles de Geografía 51: 45-54

Serrato, F. B., A. R. Díaz, F. A. arría, J. M. Brotóns y S. R. López 2010c.

"Afección de suelos agrícolas por metales pesados en áreas limítrofes a explotaciones mineras del sureste de España." Papeles de Geografía 51: 45-54.

Sha, Z., a,b, S. Jing, b,□, C. Yinwen, c y L. Mingchao, b 2018. **"Proper management of lead-contaminated agricultural lands against the exceedance of lead in agricultural produce: Derivation of local soil criteria."** Science of the Total Environment 634: 321–330.

Shia, T., J. Maa, □, Y. Zhanga, C. Liub, □, Y. Hua, Y. Gongga, X. Wua, T. Jua, H. Houa y L. Zhaoa 2019. **"Status of lead accumulation in agricultural soils across China (1979–2016)."** Environment International 129: 35-41.

- Siebe, C. 1994. "**Acumulacion y disponibilidad de metales pesados en suelos regados con aguas residuales en el distrito de riego 03, Tula, Hidalgo, México**" Rev. Int. Contam. Ambient. 10: 15-21.
- Tamayo, C. H. J., F. M. N. Cabrera, R. L. López y Y. Rubiano 2006. "**Evaluación de textura del suelo con espectroscopía de infrarrojo cercano en un oxisol de Colombia.**" Colombia Forestal 20: 5-18.
- Taoran, S., M. Jin, □, Z. Yunyun, L. Chengshuai, □, H. Yanbin, G. Yiwei, W. Xiao, J. Tienan, H. Hong y Z. Long 2019. "**Status of lead accumulation in agricultural soils across China (1979–2016).**" Environment International 129: 35-41.
- Thomas, D. M. 2003. "**Acumulación de plomo en hueso y sus efectos en la salud**" Salud pública de México 45: 220-224.
- Vargas, G. G. G., R. M. Andrade, R. G. M. González, G. R. Acevedo, G. G. Arenas, C. L. J. Rangel, M. R. Velazquez y J. Caravanos 2007. "**Metal contamination in soil of the city of Torreon, Coahuila, Mexico.**" Revista Chapingo Serie Zonas Aridas. 6: 165-168.
- Viniegra, G. D., M. R. I. Escobar, E. M. I. Borja y J. P. I. Caballero 1994. "La polucion atmosferica e hidrica de torreon. Coah." Salud púb. Mex 4: 3.
- White, R. E. 2005. "**Principles and practice of soil science: the soil as a natural resource.**" Cuarta edición. Oxford: Blackwel 20: 384.
- Wu, J. a., b., , R. b. Edwards, X. a. Elaine, Z. c. Liu y M. d. Kleinman 2010. "**Spatial analysis of bioavailable soil lead concentrations in Los Angeles, California.**" Environmental Research 110: 309-317.
- Yongsheng, H., a,b, S. Ruili, c, C. Hang, a,b, C. Yiyun, a,b,, Z. Yong, d, L. Yaolin, a, Z. Min, a, Y. Lei, e,f, L. Yi, a,b y L. Yanfang, a, □ 2019. "**Estimating lead and zinc concentrations in peri-urban agricultural soils through**

reflectance spectroscopy: Effects of fractional-order derivative and random forest." Science of the Total Environment 151: 1969–1982

Yucra, S., 2, M. Gasco, 2, J. Rubio, 2 y F. G. Gonzales, 2 2008. "**Exposición ocupacional a plomo y pesticidas órganofosforados: Efecto sobre la salud reproductiva masculina.**" Rev Peru Med Exp Salud Publica. 25: 394-402.