

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAN LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Determinación de Plomo en Alfalfa *Medicago sativa*, irrigada con aguas residuales

POR

FRANCISCO JAVIER RAYA TORRES

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO.

MAYO del 2014

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Determinación de Plomo en Alfalfa *Medicago sativa*, irrigada con aguas  
residuales

POR:

FRANCISCO JAVIER RAYA TORRES


TESIS

QUE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ ASESOR COMO REQUISITO  
PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

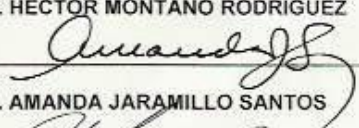
INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES

REVISADA POR EL COMITÉ ASESOR


ASESOR PRINCIPAL

  
MC. HÉCTOR MONTAÑO RODRÍGUEZ

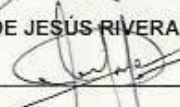
ASESOR

  
MC. AMANDA JARAMILLO SANTOS

ASESOR

  
MC. MA. DE JESÚS RIVERA GONZÁLEZ

ASESOR

  
DR. CESAR GUERRERO GUERRERO

  
DR. FRANCISCO JAVIER SÁNCHEZ RAMOS

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Coordinación de la División de  
Carreras Agronómicas

TORREON COAHUILA MÉXICO. MAYO 2014

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TESIS DEL SR. FRANCISCO JAVIER RAYA TORRES QUE SOMETE A LA  
CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR, COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES

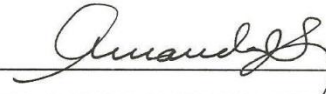
APROBADO POR:

PRESIDENTE



MC. HÉCTOR MONTAÑO RODRÍGUEZ

VOCAL



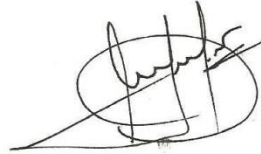
MC. AMANDA JARAMILLO SANTOS

VOCAL



MC. MA. DE JESÚS RIVERA GONZÁLEZ

VOCAL



DR. CESAR GUERRERO GUERRERO



DR. FRANCISCO JAVIER SÁNCHEZ RAMOS

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Coordinación de la División de  
Carreras Agronómicas

TORREÓN COAHUILA MÉXICO. MAYO 2014

## **AGRADECIMIENTOS:**

*A Dios, por darme la inteligencia y sabiduría para salir adelante con mis estudios universitarios, y protegerme en mi camino cuando me ha descarrilado y permitirme seguir con vida para cumplir mi sueño de ser ingeniero.*

*A mis padres, por apoyarme con mis estudios universitarios, por darme ese ejemplo de querer es poder e impulsarme de ser mejor persona.*

*Al Mc. Héctor Montaña Rodríguez, por la asesoría en la elaboración de mi tesis, por sus enseñanzas y tenerme confianza para realizar este trabajo.*

*A la Q.F.B Norma Lydia Rangel Carrillo, por su ayuda y disponibilidad en la realización de los análisis de laboratorio, por su tiempo dedicado para la realización de este trabajo.*

*A MI ALMA TERRA MATER, por abrirme la puerta y darme la posibilidad para terminar mis estudios universitarios.*

*A mis amigos, por a ver compartido tantas experiencias muy bonitas conmigo, y por apoyarme cuando lo necesite, y que siempre contarán con mi amistad y apoyo incondicional, y porque los amigos son para toda la vida y ustedes siempre lo serán.*

## **DEDICATORIAS:**

*A Dios, por darme la oportunidad de seguir con vida y estar conmigo siempre cuidándome, por iluminar mi mente en mis estudios y por haberme permitido conocer grandes personas que siempre me han apoyado y acompañarme en todo este tiempo.*

*A mi madre **Lilia Rosa Raya Torres**, por ser mi apoyo incondicional en todo momento, en toda mi educación, tanto académica como en la vida, y por su apoyo en todo este tiempo.*

*A mi familia **María Salud Torres Guerra, Arturo Raya Alvarado, Alejandra Raya Torres, Dora Neli Raya Torres, Guadalupe Raya Torres, Sergio Arturo Raya Torres, Elia Lucero Raya Torres**, porque ellos me apoyaron para seguir estudiando y alcanzar mis propósitos y metas.*

*A todas esas personas que a lo largo de mi vida encontré en mi camino que me enseñaron bien o mal que la amistad se demuestra, y que siempre estuvieron en las buenas y malas.*

*A mis amigos, quienes quisieron ver un amigo y no solo un compañero durante los años que compartimos en las aulas de la universidad, por esos momentos que nunca olvidare y que siempre quedaran como un buen momento, aquí tendrán aun amigo sincero.*

## ÍNDICE

	Página
AGRADECIMIENTOS:.....	I
DEDICATORIAS:.....	II
RESUMEN .....	VI
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	3
1.2. JUSTIFICACIÓN .....	3
1.3. OBJETIVO .....	4
1.4. HIPÓTESIS.....	4
1.5. METAS .....	4
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1. CARACTERÍSTICAS DEL LA ALFALFA ( <i>Medicago sativa</i> ) .....	5
2.2. MORFOLOGÍA DE LA ALFALFA ( <i>Medicago sativa</i> ) .....	7
2.3. FORMAS DE CULTIVO DE ALFALFA ( <i>Medicago sativa</i> ).....	8
2.4. CARACTERÍSTICAS DE LOS METALES PESADOS .....	9
2.5. TOXICIDAD DE LOS METALES PESADOS .....	10
2.6. TOXICIDAD DEL PLOMO.....	11
2.7. ENFERMEDADES POR INTOXICACIÓN DE PLOMO .....	14
2.7.1. PLANTAS.....	14
2.7.2. SER HUMANO .....	15
2.8. NORMAS OFICIALES MEXICANAS EN MATERIA DE AGUAS RESIDUALES.....	16
2.8.1.NOM-001-SEMARNAT-1996 .....	16
2.8.2. NOM-002-SEMARNAT-1996.....	16
2.8.3. NOM-003-SEMARNAT-1997 .....	16

2.9.NORMAS OFICIALES MEXICANAS DE LA SECRETARIA DE SALUBRIDAD Y ASISTENCIA. ....	17
2.9.1. NOM-127-SSA1-1994.....	17
2.9.2. NOM-014-SSA1-1993.....	17
2.9.3. NOM-117-SSA1-1994.....	17
2.9.4. NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 .....	18
2.9.6. NOM-185-SSA1-2002.....	18
2.9.7. NOM-199-SSA1-2000.....	18
2.9.8. NOM-243-SSA1-2010.....	19
2.9.9. NOM-247-SSA1-2008.....	19
2.10. ANTECEDENTES RELACIONADOS CON LA DETERMINACION DE PLOMO EN DIFERENTES PLANTAS .....	20
III. MATERIALES Y METODOS.....	23
3.1. SITIO DE INVESTIGACION.....	23
3.2.DISEÑO EXPERIMENTAL.....	23
.....	24
3.3.MUESTREO.....	24
3.4.PREPARACIÓN DE LA MUESTRA.....	24
3.6.PROCEDIMIENTO PARA DETERMINACIÓN DE METALES.....	25
IV. RESULTADOS.....	26
V. DISCUSIÓN.....	32
VI. CONCLUSIÓN .....	34
VII. BIBLIOGRAFIA .....	36

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Resultados obtenidos en el laboratorio de las muestras de planta de alfalfa para la determinación la misma del bloque 1-9. ....	<b>26</b>
<b>Tabla 2.</b> Análisis de varianza de plomo en plantas de alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> ). 26	
<b>Tabla 3.</b> Comparación de los valores de las medias de las muestras de planta de alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> ) colectadas en los 9 bloques.....	<b>27</b>
<b>Tabla 4.</b> Resultados de laboratorio de muestras de suelo para determinar plomo colectadas a 3 profundidades diferentes: (0-30 cm), (30-60 cm) y (60-90 cm).....	<b>29</b>
<b>Tabla 5.</b> Análisis de varianza de concentración de plomo en suelo. ....	<b>30</b>
<b>Tabla6.</b> Comparación de los valores de las medias de muestras de suelo colectadas a diferente profundidad: (0-30 cm), (30-60 cm) y (60-90 cm).....	<b>30</b>

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Comparación de los valores de las medias de concentración de plomo en planta en los 9 bloques.....	<b>28</b>
<b>Figura 2.</b> Comparación de los valores de las medias a distintas profundidades de concentración de plomo en el suelo. ....	<b>31</b>



## RESUMEN

La alfalfa es uno de los cultivos más valiosos para la alimentación del ganado, tanto en pastoreo directo como en las distintas formas en que su forraje puede ser conservado. A esto debe sumarse su alto contenido de vitaminas A, E y K o sus precursores, y de la mayoría de los minerales requeridos por el ganado productor de leche y carne, en especial calcio, potasio, magnesio y fosforo. El rol de los forrajes conservados en los sistemas de producción de carne y leche en México ha ido avanzando a través del tiempo. El valor de la alfalfa radica en su alto potencial de producción de materia seca, alta concentración de proteína, alta digestibilidad y un elevado potencial de consumo animal. En los últimos años en México estos cultivos se han estado regando con aguas residuales provenientes de zonas industriales lo que representa un problema para la población ya que con el tiempo los metales pesados que contienen estas aguas, pueden acumularse en los suelos de donde pueden traslocarse hacia los cultivos y así entrar a la cadena alimenticia.

El en presente trabajo se determinó la concentración de plomo en plantas de alfalfa (*Medicago sativa*) establecidas en un suelo irrigado con aguas residuales. En el ejido Plan de San Luis, Torreón, Coahuila.

Mediante el análisis de los resultados se determinó que la mayor concentración de plomo se localiza en el bloque 1 siendo su valor de 62.33 mg/kg y la menor concentración correspondió al bloque 9 con un valor de 8.29 mg/kg. Existiendo una diferencia alta significancia entre estos dos bloques, lo cual puede ser atribuible a la ubicación de las plantas con el punto de descarga.

**Palabras clave:** Determinación, Plomo, Toxicidad, Alfalfa (*Medicago sativa*), absorción.

## I. INTRODUCCIÓN

Un aumento significativo en el contenido de Pb de los suelos cultivados se ha observado cerca de las zonas industriales, que es fácilmente absorbido por las plantas del suelo y se acumula en diferentes órganos, se considera un veneno protoplásmico en general, que es de acción acumulativa, lenta y sutil, la forma en que entra en las plantas a través de las hojas depende de la capacidad de las hojas para absorber Pb a partir de fuentes aéreas, que a su vez depende de la morfología foliar específica (Dubey, 2005). La presencia de Pb en el medio ambiente ha aumentado en algunas zonas a niveles que amenaza la salud de los organismos terrestres, la contaminación localizada a niveles muy elevados de plomo se encuentra en las raíces de plantas y follaje (Kocjan *et al.*, 1996). Las plantas expuestas a altos niveles de Pb, acumulan altas concentraciones en los tejidos tanto raíces y brotes (Scott *et al.*, 2004). El plomo reduce las cosechas interfiere con el crecimiento de la planta y también amenaza a la salud humana a través de la entrada en la cadena alimentaria (Satoh-Nagasawa *et al.*, 2011). La alfalfa (***Medicago sativa***) es rica en proteínas, vitaminas y minerales, proporciona alto valor nutritivo del heno y pasto para los animales y la producción de lácteos (Yang *et al.*, 2008), ya que tiene un papel esencial en la nutrición humana y animal (Ben *et al.*, 2013). La concentración de plomo en la alfalfa (***Medicago sativa***) está influida por el riego con aguas residuales.

El plomo es una sustancia altamente tóxica, a cuya exposición puede producir una amplia gama de efectos adversos para la salud, tanto los adultos como los niños pueden sufrir los efectos de la intoxicación por plomo, pero el envenenamiento infantil por plomo es mucho más frecuente, durante los años que hemos conocido acerca de los peligros del plomo, decenas de millones de niños han sufrido sus efectos sobre la salud, incluso hoy en día, todavía hay unos 310.000 niños menores de seis años que tienen demasiado plomo en su sangre, (Marc Monachese *et al.*, 2012). La toxicidad del plomo y la exposición

puede también ocurrir a través del consumo de alimentos contaminados, agua o la ingestión de partículas de plomo( Monachese *et al.*, 2012).

El plomo puede ser absorbido o acumulado en el cuerpo a través de los pulmones, el estómago y los intestinos, por lo tanto, las personas pueden estar expuestas a los contaminantes en el aire, polvo, tierra o alimentos y bebidas contaminados, aproximadamente el 60% de la ingesta de plomo puede ser absorbido a través del tracto respiratorio, los estudios han demostrado que la exposición a concentraciones altas de plomo en el lugar de trabajo puede tener efectos graves para la salud, incluidos los efectos agudos y crónicos en la sangre, el sistema nervioso, los riñones, el tracto gastrointestinal, las articulaciones y el sistema reproductivo(Bonde *et al.*, 2002). En el presente trabajo se determinara, la concentración de plomo en los cultivos de alfalfa (***Medicago sativa***) regados con aguas residuales en el ejido de Plan de San Luis, Torreón, Coahuila.

## **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Los metales pesados están presentes naturalmente en los suelos, pero en los últimos años se ha presentado una acumulación antropogénica por las actividades industriales, agrícolas y la disposición de residuos de todo tipo, las actividades humanas vierten sobre los recursos de suelo y agua grandes cantidades de elementos, generando excesos por acumulación de Ni, Cd, Hg y Pb, entre otros, afectando así las relaciones de las plantas y otros organismos, lo cual origina toxicidad en el ecosistema, la mayoría de estos contaminantes entra a la cadena alimenticia a través de los cultivos que absorben el agua de riego contaminada. En algunas áreas de la Comarca Lagunera los cultivos de alfalfa son regados principalmente con aguas residuales y esto puede llegar a ocasionar un problema si las plantas de alfalfa acumularan elementos químicos ya que se podrían pasar a los productos que se derivan de las vacas como lo puede ser la leche o la carne y traspasarse a los humanos por la ingestión de estos productos y llegar a ocasionar enfermedades.

## **1.2. JUSTIFICACIÓN**

Esta investigación se realizó con la finalidad de determinar si la concentración de plomo en las plantas de alfalfa, está influida por el riego con agua residual, y determinar si los valores obtenidos están dentro del límite máximo permisible de la norma CODEX STAN 171-1989, que es de 0.1 mg/kg a 0.2 mg/kg, para leguminosas, y los resultados obtenidos en esta investigación servirán como aportación para investigaciones futuras que se realicen sobre la determinación de plomo en plantas regadas con agua residual y determinar el incremento de la concentración de plomo en planta ha incrementado con el paso del tiempo para así plantear alternativas para remediar este problema, y el cual se refleja en las personas por la acumulación de plomo en la sangre por el consumo derivados de los animales que consumen alfalfa que es el principal forraje de la región.

### **1.3. OBJETIVO**

Determinar la concentración de plomo en los cultivos de alfalfa (*Medicago sativa*) regados con aguas residuales.

### **1.4. HIPÓTESIS**

La concentración de plomo en la alfalfa (*Medicago sativa*) estará o no influida por el riego con aguas residuales.

### **1.5. METAS**

En este trabajo se determinara, si existe presencia de plomo en los cultivos de alfalfa (*Medicago sativa*), que son regados con aguas residuales, y determinar si están bajo los límites máximos permisibles que establecen las normas de la Codex Alimentarius CODEX STAN 171-1989.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. CARACTERÍSTICAS DEL LA ALFALFA (*Medicago sativa*)

La alfalfa (*Medicago sativa*) es uno de los cultivos más valiosos para la alimentación del ganado, tanto en pastoreo indirecto como en las distintas formas en que su forraje puede ser conservado, estas características hacen que la alfalfa sea una de las especies preferidas para producir forraje conservado de alta calidad,(Yang *et al.*, 2008). La mayoría de la alfalfa se usa para la producción de heno, uno de los rasgos clave para la evaluación del valor del heno en el mercado es el color de las hojas de alfalfa, el verde brillante, en lugar de buscar amarillento, es una de las características físicas del heno prima (Zhou *et al.*, 2011). Ya que tiene un papel esencial en la nutrición humana y animal (Ben *et al.*, 2013).Es un cultivo que permite aumentar la carga animal, mantener el stock, mejorar la ganancia en peso o el rendimiento en producción individual de leche, además, se constituye en la base de la oferta forrajera como un forraje de calidad, es posible cosecharlo y conservarlo como reserva forrajera, no limita a los sistemas de alta productividad, reduce costos variables, aumenta la estabilidad de producción, y bien manejado, no extrae del sistema uno de los recursos más escasos, como el nitrógeno edáfico, sino que, por el contrario, incorpora materia orgánica y recupera fertilidad del suelo(Ben *et al.*, 2013). El rendimiento de la alfalfa se ve afectado en los meses de mayo, junio, y julio por el ataque del pulgón y trips debido a las altas temperaturas y época de estiaje, el periodo de las alfalfas es de 4 a 6 años, al año se obtienen en promedio 10 cortes/ha, según la variedad, aplicación de los riegos y edad de cultivo, el rendimiento de las alfalfas disminuyen en 3 años en adelante hasta un 40%, La principal limitante de la alfalfa es la cantidad de agua, teniéndose algunas regiones donde se riega únicamente con aguas negras o tratadas provenientes de las grandes ciudades (Attellis *et al.*, 2005). La industria en general descarga sus aguas sin tratar en ríos y presas, teniendo una gran variación en su contenido de elementos pesados como el plomo, mercurio y

cadmio. El empleo de esta agua industrial en el riego trae como consecuencia primaria una disminución importante en la persistencia del alfalfar y una posible intoxicación al ganado (Attellis *et al.*, 2005). La alfalfa ocupa el 57% (36,000 ha) de la superficie sembrada en la región Comarca lagunera, la cual es la cuenca lechera más importante de México, esta región está limitada por varios municipios de los estados de Coahuila y Durango, la industria lechera produce 1600 millones de litros de leche por año, la cual tiene una demanda de alrededor de 3 millones de toneladas de forraje verde anualmente, siendo la alfalfa la principal fuente de este insumo, sin embargo la producción de alfalfa en esta región enfrenta la serios problemas de manejo de recursos de agua y suelo, siendo el principal problema la escasez de agua derivada de la sobre explotación de agua subterránea para el riego de este cultivo y otros forrajes, así como la demanda de riego anual de este cultivo el cual varía entre 2.4 a 2.7 m<sup>3</sup>(Vázquez *et al.*, 2010).

## 2.2. MORFOLOGÍA DE LA ALFALFA (*Medicago sativa*)

La alfalfa es una planta dicotiledónea que pertenece a la familia de las Leguminosas. El hecho que sea una dicotiledónea significa que la semilla está formada por dos hojas embrionales llamadas cotiledones. La semilla a su vez tiene la raíz primaria o radícula, el epicotile o punto de crecimiento sobre los cotiledones y el endosperma, que es el tejido de reserva que utiliza el embrión al germinar. La germinación y emergencia de la plántula ocurre a los 3 a 7 días de la siembra, dependiendo de las condiciones de humedad, temperatura y de la calidad fisiológica de la semilla. Posteriormente de la yema del primer nudo del tallo, sobre los cotiledones, emerge la primera hoja verdadera (unifoliada), en este momento finaliza el estado de plántula, bajo buenas condiciones el proceso dura 10 a 15 días (Moschetti *et al.*, 1982). Para lograr un adecuado manejo de la alfalfa necesariamente se deben conocer las características de su crecimiento y comprender su mecanismo de reservas en las raíces y corona, lo que permitirá mantener plantas vivas y vigorosas a lo largo de los años. En la parte superior de la raíz, inmediatamente por debajo de la superficie del suelo se desarrolla una estructura que se denomina corona (Moschetti *et al.*, 1982). En la misma se encuentran las yemas que formarán el rebrote basal, que emiten los tallos principales que son responsables, junto a los secundarios, del rebrote de la planta. En las plantas adultas, los nuevos rebrotes se originan en la base de la corona, dando lugar a tallos vigorosos. Sin embargo, el crecimiento puede continuar también desde las yemas de los propios tallos cuando se deja un rastrojo muy alto. Este rebrote proveniente de tallos secundarios generalmente es de menor vigor y tiende a desprenderse de los tallos viejos con mayor facilidad (Hidalgo *et al.*, 2001). El conocimiento de cómo evolucionan las reservas en la planta es clave para entender la respuesta productiva ante diversas prácticas de manejo, la alfalfa utiliza la corona y raíces para almacenar sus reservas de energía, los carbohidratos que conforman estas reservas son utilizados para iniciar el nuevo crecimiento después de cada pastoreo y sobrevivir a condiciones de estrés. La alfalfa produce varios ciclos de crecimiento anualmente. Después de cada



pastoreo, una vez removida la parte aérea, la alfalfa inicia el nuevo crecimiento desde los rebrotes basales, movilizandando las reservas de energía almacenadas en las raíces y corona. Este proceso continúa hasta que el nuevo crecimiento alcanza 15 a 20 centímetros (momento en crecimiento vigoroso de los tallos y hojas producen suficiente energía para continuar con el crecimiento y comenzar nuevamente el almacenaje de reservas (*Hidalgo et al.*, 2001).

### **2.3. FORMAS DE CULTIVO DE ALFALFA (*Medicago sativa*)**

Esta especie no se adapta a suelos que se inundan en algún momento del año. Son preferibles los suelos de texturas no arcillosas, no es recomendable sembrarla en suelos con un pH menor a 5.6 es necesario conocer el contenido de fósforo, potasio, condiciones de drenaje y pH del suelo escogido para la siembra. Es básico eliminar al máximo la biomasa residente del sitio antes de mover el suelo, para ello es recomendable el pastoreo intensivo desde la temporada anterior. La utilización de vacunos y caballos son una alternativa adicional a los ovinos. Por otra parte, con alambrado previo al pastoreo intensivo es fundamental, ya que permite emplear altas presiones de pastoreo (*Arrieta et al.*, 2008). Es ideal establecer estas especies sobre suelos cultivados previamente, por ejemplo con avena o básicas forrajeras porque mejora condiciones del suelo como microrelieve y la presencia de restos vegetales. Las labores de preparación, son: arar con maquinaria o yunta el suelo, pasar rastra 2 o 3 veces en forma cruzada hasta lograr un buen mullido, si es el suelo ácido, aplicar cal dos meses antes de la siembra, nivelar si el terreno tiene ondulaciones, compactar si la siembra va a ser con sembradora, todas estas labores deben ser realizadas con la debida anticipación a la fecha de siembra, para permitir la acumulación de agua lluvia o de riego en el perfil y lograr un control de malezas (*Arrieta et al.*, 2008). Considerando que la semilla de alfalfa es pequeña, la siembra es muy superficial, a 1 ó 2 centímetros de profundidad, la siembra se efectúa al voleo o con sembradora, la distancia entre surcos será de 15 a 20 cm, la densidad de siembra

o cantidad de semilla a utilizarse por hectárea, será entre 20 a 25 Kg de semilla pura, se recomienda sembrar en el mes de septiembre a octubre, si es con riego, entre el 15 de diciembre al 15 de febrero, si es en seco o con agua de lluvia, puedes preparar melgas para facilitar el riego. La alfalfa es, dentro de las leguminosas, de la especie que más capacidad tiene de fijar nitrógeno atmosférico, por lo que la fertilización con este nutriente debe ser mínimo, al contrario debe aplicar fosforo y potasio en forma elevada. Si se aplica nitrógeno, no debe ser mayor a 20 Kg/ha (Arrieta *et al.*, 2008).

#### **2.4. CARACTERÍSTICAS DE LOS METALES PESADOS**

Los metales pesados son componentes naturales de la corteza de la tierra que son cinco veces más pesados en densidad que el agua. Estos metales pesados son encontrados en varias formas no pueden ser destruidos o degradados. De los 35 metales que son expuestos comúnmente, varias agencias, han definido 20-25 de estos metales pesados, como tóxicos (Cornelis y Nordberget *al.*, 2007) Algunos de estos elementos son más tóxicos que otros y pueden ser una amenaza para la salud cuando se bioacumulan en los tejidos del cuerpo. Algunos de estos metales pesados incluyen; Arsénico, antimonio, talio, mercurio, plomo y cadmio. Otros elementos en formas de rastro (elementos traza), así como zinc, cobre, cromo, cobalto, selenio, hierro, y manganeso son esenciales para nuestro metabolismo celular propio y función normal de nuestro organismo (Cornelis y Nordberget *al.*, 2007). En cantidades equivocadas aun siendo elementos esenciales no son saludables y pueden causar efectos detrimentales al cuerpo, los metales se definen en base a sus propiedades físicas en el estado sólido como son: alta reflectividad, alta conductividad eléctrica, alta conductividad térmica, propiedades mecánicas como fuerza y ductilidad. Los compuestos metálicos y metaloides se presentan en diferente estado de oxidación en agua, aire y suelo y presentan diversos grados de reactividad, carga iónica y solubilidad en agua (Cornelis y

Nordberget *et al.*, 2007). Su características químicas se basan en su estructura electrónica que condiciona las preferencias de enlace en que predominan el enlace metálico, que se establece entre átomos del mismo elemento, caracterizado por la formación de estructuras cristalinas en que cada átomo comparte los electrones de muchos de sus vecinos, y el enlace iónico, sobre todo entre los metales alcalinos y alcalinotérreos y los no metales (Ferrer *et al.*, 2003). Los metales pesados se encuentran en forma natural en la corteza terrestre; sin embargo cuando se liberan en el ambiente por las actividades humanas pueden llegar a convertirse en contaminantes en el aire, agua superficial, subterránea, otros ambientes acuáticos y suelo. Las fuentes antropogénicas más importantes son la extracción de minerales, desde hace 10,000 años el hombre comenzó la minería, fundición y manufactura de metales utilizados para producir utensilios, herramientas, armas y ornamentos (Castro *et al.*, 2006). En las prácticas agrícolas, el uso de químicos para combatir plagas y fertilizar el suelo aportan grandes cantidades de metales pesados como son cobre, cadmio, mercurio, cromo, arsénico, entre otros. Otras actividades son la fabricación de plásticos, recubrimientos anticorrosivos, alimentos, manufactura de plaguicidas, baterías, soldaduras, pigmentos, producción de acero, curtidoras de piel, entre otras (Castro *et al.*, 2006).

## **2.5. TOXICIDAD DE LOS METALES PESADOS**

La toxicidad de los metales pesados puede dañar o reducir las funciones de la mente y el sistema nervioso central, niveles bajos de energía, y daño a la composición de la sangre, pulmones, riñones, hígado y otros órganos vitales. Exposición a largo plazo puede resultar en el progreso lento de los procesos físicos, musculares y neurológicos degenerativos que imitan la enfermedad de Alzheimer, la distrofia muscular, la enfermedad de Parkinson, y la esclerosis múltiple, las alergias no son infrecuentes y el contacto repetido a largo plazo con algunos metales y sus compuestos pueden aún causar cáncer, los efectos que estos elementos tienen sobre la salud del ser humano dependen de la naturaleza

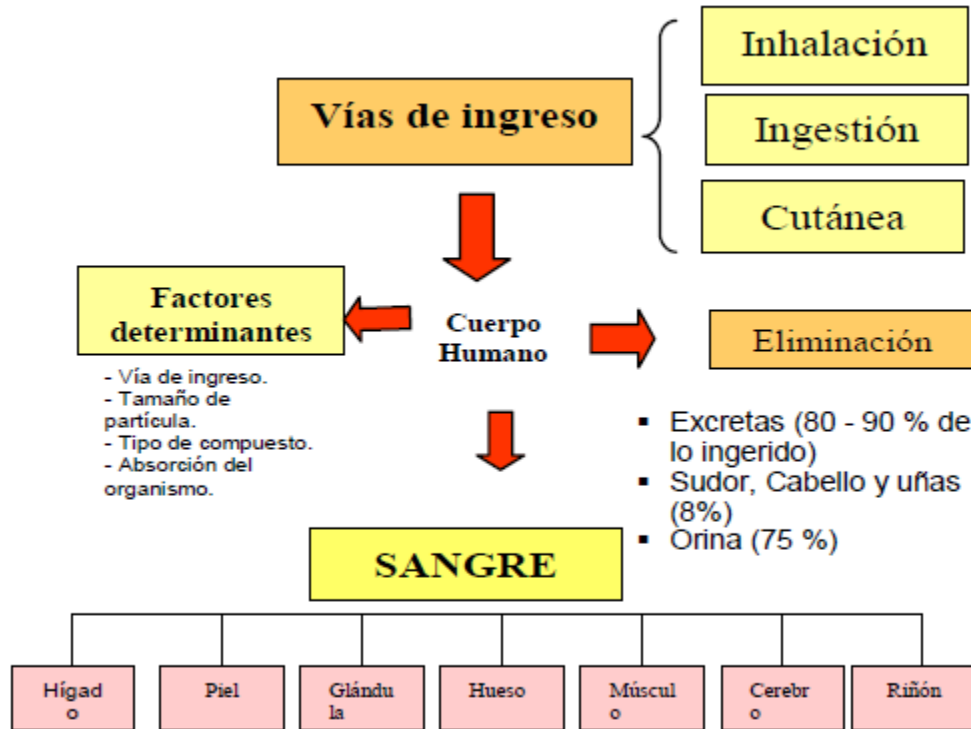
del compuesto, la ruta de exposición, la dosis de exposición y el tiempo de exposición (Gross *et al.*, 1975). Las vías de exposición pueden ser por la inhalación de humos o aire contaminado, ingesta de alimentos y/o agua contaminada, consumo de medicamentos, o por contacto directo con la piel (IARC *et al.*, 2012). Actualmente una de las más importantes rutas de exposición es la ingesta de agua debido a la contaminación de acuíferos, la intoxicación por metales pesados es un problema a nivel mundial, los metales pesados son perjudiciales porque compiten con los minerales sanos (zinc, hierro, selenio, etc.) y esto afecta a la forma de aprovechar los nutrientes que ingerimos y a las reacciones químicas que se llevan a cabo en nuestro organismo, se van acumulando de forma lenta en distintos órganos alterando su correcto funcionamiento (IARC *et al.*, 2012).

## **2.6. TOXICIDAD DEL PLOMO**

La intoxicación por plomo ocurre luego de la exposición a este metal; este tiene muchos usos y fuentes, como pueden ser baterías para autos ya mencionadas, aditivo en la gasolina, revestimiento de cables, producción de tuberías, cisternas, protección de materiales expuestos a la intemperie, fabricación de municiones, pigmentos para pinturas y barnices, fabricación de cristales, esmaltado de cerámica, litargirio, soldadura de latas, antisépticos (Valdivia *et al.*, 2005). El plomo puede ser inhalado y absorbido a través del sistema respiratorio o ingerido y absorbido por el tracto gastrointestinal. Después de la ingestión de plomo, éste se absorbe activamente, dependiendo la forma, tamaño, tránsito gastrointestinal,

estado nutricional y la edad; hay mayor absorción de plomo si la partícula es pequeña, hay deficiencia de hierro y/o calcio, si hay gran ingesta de grasa o inadecuada ingesta de calorías, si el estómago está vacío y si se es niño, ya que en ellos la absorción de plomo es de 30 a 50 % mientras que en el adulto es de 10% (Valdivia *et al.*, 2005). 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 (Valdivia *et al.*, 2005). El Pb ingresa al organismo principalmente por vía respiratoria y gastrointestinal, una vez en el torrente sanguíneo, se acumula dentro de los glóbulos rojos, ocasionando anemia. Luego de aproximadamente un mes, se redistribuye a diferentes órganos y tejidos, generando alteraciones en el sistema nervioso, hematopoyético, cardiovascular, reproductivo y renal. Finalmente, se deposita en tejidos duros como huesos, uñas y dientes, donde puede permanecer acumulado durante toda la vida (Fontana *et al.*, 2013). La absorción de plomo puede constituir un grave riesgo para la salud pública, el plomo puede provocar un retraso del desarrollo mental e intelectual de los niños y causar hipertensión y enfermedades cardiovasculares en los adultos. En los últimos diez años, los contenidos de plomo de los productos alimenticios se redujeron sensiblemente porque aumentó la sensibilización ante el problema sanitario que puede representar el plomo, por los esfuerzos realizados para reducir la emisión de plomo en su origen y por los progresos en la garantía de calidad de los análisis químicos. El contenido medio de plomo en los productos alimenticios no parece ser causa de alarma pero que debe proseguirse la acción a largo plazo con el objetivo de continuar reduciendo los contenidos medios de plomo en los productos alimenticios (Fernández *et al.*, 2002).

## VÍAS DE INGRESO Y ELIMINACIÓN DEL PLOMO EN EL ORGANISMO HUMANO



(Fernández *et al.*, 2002).

## 2.7. ENFERMEDADES POR INTOXICACIÓN DE PLOMO

### 2.7.1. PLANTAS

El plomo puede entrar a la planta a través del sistema de la raíz o de las hojas. Las diferentes partes de las plantas acumulan el plomo en diferentes grados. En general, las partes del fruto y de la flor acumulan las cantidades más pequeñas de plomo, la toxicidad del plomo en las plantas difiere con las especies de plantas (Montenegro *et al.*, 2002). La fitotoxicidad por plomo en plantas ocasiona desordenes en las actividades fisiológicas normales de las plantas hasta matar eventualmente las células a altas concentraciones, los principales procesos fisiológicos afectados son la actividad enzimática, la estructura de la membrana y el transporte de electrones. El proceso de la fotosíntesis en las plantas es alterado por la intoxicación de plomo causando innumerables efectos adversos, los cloroplastos son los principales órganos indicadores dañados ocasionados por el plomo sobre el proceso metabólico de la fotosíntesis. El plomo perjudica la absorción de elementos esenciales tales como hierro y magnesio en plantas de pepino y, como consecuencia, inhibe la síntesis de clorofila (Montenegro *et al.*, 2002).

### 2.7.2. SER HUMANO

La sintomatología y los signos observantes son dependientes de la alteración funcional del órgano blanco afectado, el plomo puede ejercer sus efectos tóxicos en varios órganos y sistemas, pero aquellos efectos sobre los riñones son los más frecuentes. Entre los principales órganos blancos afectados tenemos:

- Sistema hematopoyético: Interferencia con las síntesis del grupo hemo y alteración morfológica de los precursores de los glóbulos rojos en la medula ósea.
- Alteración del metabolismo del calcio.
- Estimula la síntesis de proteínas ligadas a los riñones, el cerebro y los huesos.
- Tiroides: Deprime la captación de yodo.
- Riñones: Inclusiones intranucleares, reducción de la filtración glomerular, síndrome de Fancoti, gota, insuficiencia renal e hipertensión.
- Sistema inmunológico: Reducción del número de macrófagos pulmonares, y disminución de la síntesis de anticuerpos (Ramírez *et al.*, 2005).

La exposición ocupacional origina intoxicaciones agudas y crónicas, produciendo sus efectos sobre órganos blancos específicos, el efecto toxico del plomo está relacionado entre otros con las interacciones metabólicas con elementos esenciales (por ejemplo el hierro, el zinc y el cobre). En la mayoría de los casos el plomo es absorbido lentamente por semanas o meses, y el curso clínico es subagudo o crónico, el inicio de los síntomas de la intoxicación crónica es frecuentemente brusco. Los síntomas iniciales son: astenia, pérdida de peso, insomnio, e hipotensión a estos síntomas pueden asociarse síntomas gastrointestinales: estreñimiento, anorexia, y molestias abdominales e incluso cólicos, los signos incluyen: palidez, mal nutrición, hipersensibilidad abdominal (Ramírez *et al.*, 2005).



## **2.8. NORMAS OFICIALES MEXICANAS EN MATERIA DE AGUAS RESIDUALES.**

### **2.8.1.NOM-001-SEMARNAT-1996**

Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Límite máximo permisible para plomo es de 0.5 mg/ lt promedio mensual y 1 mg/ lt promedio mensual en suelo de uso agrícola.

### **2.8.2. NOM-002-SEMARNAT-1996**

Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal. Límite máximo permisible para plomo es de 1 mg/ lt promedio mensual y 1.5 mg/ lt promedio diario.

### **2.8.3. NOM-003-SEMARNAT-1997**

Establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios públicos. Para plomo no viene ninguna cantidad específica.

## **2.9.NORMAS OFICIALES MEXICANAS DE LA SECRETARIA DE SALUBRIDAD Y ASISTENCIA.**

### **2.9.1. NOM-127-SSA1-1994**

Agua para uso y consumo. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. El límite máximo permisible para plomo es de 0.01 mg/ lt total en el agua.

### **2.9.2. NOM-014-SSA1-1993**

Procedimientos sanitarios para el muestreo de agua para uso y consumo humano, en sistemas de abastecimientos públicos y privados. Es esta norma no se menciona cantidad de límite máximo permisible para plomo.

### **2.9.3. NOM-117-SSA1-1994**

Método de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, fierro, zinc y mercurio en alimentos, agua potable y agua purificada por espectrometría de absorción atómica. No se mencionan los límites máximos permisibles para plomo.

#### **2.9.4. NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004**

Establece criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y/o vanadio. El límite máximo permisible de plomo es de 400 mg/ kg, en suelo de uso agrícola.

#### **2.9.5. NOM-047-SSA1-2011**

Salud ambiental. Índices biológicos de exposición para el personal ocupacionalmente expuesto a sustancias químicas. El índice biológico de exposición es de 30 µg/100 ml para el plomo en la sangre de personas ocupacionalmente expuestas.

#### **2.9.6. NOM-185-SSA1-2002**

Productos y servicios. Mantequilla, cremas, producto lácteo condensado azucarado, productos lácteos fermentados y acidificados, dulces a base de leche. Especificaciones sanitarias. Los límites máximos permisibles de plomo en todos los productos mencionados en esta norma es de 0.1 mg/kg.

#### **2.9.7. NOM-199-SSA1-2000**

Salud ambiental. Niveles de plomo en sangre y acciones como criterios para proteger la salud de la población no expuesta ocupacionalmente. El valor criterio de plomo en la sangre para niños y mujeres embarazadas y en periodo de lactancia es de 10µg/dl y para el resto de la población no expuesta ocupacionalmente es de 25µg/dl.

### **2.9.8. NOM-243-SSA1-2010**

Productos y servicios. Leche, fórmula láctea, producto lácteo combinado y derivados lácteos. Disposiciones sanitarias. Método de prueba. El límite máximo permisible del plomo es de 0.1 mg/kg límite máximo solo para leche, fórmula láctea y producto lácteo combinado y 0.5 mg/kg es el límite para quesos.

### **2.9.9. NOM-247-SSA1-2008**

Productos y servicios. Cereales y sus productos. Cereales, harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de: cereales, semillas comestibles, de harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales. Métodos de prueba. En nivel máximo permisible de plomo en estos productos es de 0.5 mg/kg.

## 2.10. ANTECEDENTES RELACIONADOS CON LA DETERMINACION DE PLOMO EN DIFERENTES PLANTAS

El estudio realizado en plantaciones de lechuga , apio , repollo y brócoli en una finca en Soacha (vereda Canoas), Cundinamarca, ubicada en la cuenca media del río Bogotá, analizando los niveles de metales pesados plomo (Pb), cadmio (Cd), arsénico (As) y mercurio (Hg) en agua, suelo y en la parte comestible de las plantas. En las cuatro hortalizas, la concentración de Pb no supero los límites máximos permisibles indicados en la Codex Alimentarius que es de 0.1 a 0.2 de plomo en hortalizas y vegetales (Miranda *et al.*, 2008).

### LECHUGA

Concentración de metales pesados, determinados en tejido foliar fresco (PF) de lechuga.

Muestreo	Plomo (mg/kg)	Cadmio (mg/kg)	Arsénico (mg/kg)	Mercurio (mg/kg)
1 (30 ddt)	< 0.06 (nd)	< 0.02 (nd)	0.09 b	0.07 a
2 (74 ddt)	0.20	0.40 a	0.19 a	0.06 a
3 (89 ddt)	<0.06 (nd)	0.04 b	0.02 c	0.01 b

### APIO

Muestreo	Plomo (mg/kg)	Cadmio (mg/kg)	Arsénico (mg/kg)	Mercurio (mg/kg)
1 (30 ddt)	< 0.04 (nd)	0.009 b	0.02 a	< 0.003 (nd)
2 (74 ddt)	<0.04 (nd)	0.490 a	0.02 a	< 0.002 (nd)
3 (89 ddt)	< 0.04 (nd)	0.008 b	0.02 a	0.020

REPOLLO

<b>Muestreo</b>	<b>Plomo (mg/kg)</b>	<b>Cadmio (mg/kg)</b>	<b>Arsénico (mg/kg)</b>	<b>Mercurio (mg/kg)</b>
1 (30 ddt)	< 0.05 (nd)	0.010(nd)	0.06 a	< 0.003 (nd)
2 (74 ddt)	<0.04 (nd)	0.008 (nd)	0.04 a	< 0.002 (nd)
3 (89 ddt)	< 0.04 (nd)	0.008 (nd)	0.05 a	0.150

BROCOLI

<b>Muestreo</b>	<b>Plomo (mg/kg)</b>	<b>Cadmio (mg/kg)</b>	<b>Arsénico (mg/kg)</b>	<b>Mercurio (mg/kg)</b>
1 (30 ddt)	< 0.05 (nd)	< 0.01(nd)	0.05 a	< 0.003 (nd)
2 (74 ddt)	<0.06 (nd)	<0.01 (nd)	0.05 a	< 0.004 (nd)
3 (89 ddt)	<0.05 (nd)	<0.01 (nd)	0.05 a	0.004 (nd)

Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según la prueba de Tukey ( $P \leq 0,05$ ); ddt, días después de trasplante; nd, niveles no detectables.

El estudio realizado en vegetales, tomados de los establecimientos localizados en el área metropolitana de Monterrey, Rábano (*Raphanus sativus* L.), Brócoli (*Brassica oleracea* L.) y calabacín (*Cucurbita pepo* L. var. *Italica*). Donde se determinó la concentración de metales pesados que contienen, en este caso cadmio, plomo, níquel y aluminio, analizadas mediante espectrofotometría de absorción atómica con digestión vía seca. El resultado de los análisis arroja que en cuanto al contenido de plomo, no supera los límites máximos permisibles indicados en la Codex Alimentarius que es de 0.1 a 0.2 mg/kg en hortalizas y vegetales ya que todos los resultados están por debajo de 0.2 (Núñez *et al.*, 2008).

Concentración de los metales pesados en las muestras de rábano, brócoli y calabacín.

<b>Rábano</b>	<b>Cadmio(mg/kg)</b>	<b>Níquel(mg/kg)</b>	<b>Plomo(mg/kg)</b>	<b>Aluminio(mg/kg)</b>
1	< a 0.05	< a 0.2	< a 0.2	5.55
2	< a 0.05	< a 0.2	< a 0.2	1.4
3	< a 0.05	< a 0.2	< a 0.2	3.0
<b>Brócoli</b>				
1	< a 0.05	< a 0.2	< a 0.2	4.5
2	< a 0.05	< a 0.2	< a 0.2	2.6
3	< a 0.05	< a 0.2	< a 0.2	3.5
<b>Calabacín</b>				
1	< a 0.05	< a 0.2	< a 0.2	< a 1
2	< a 0.05	< a 0.2	< a 0.2	< a 1
3	< a 0.05	< a 0.2	< a 0.2	< a 1

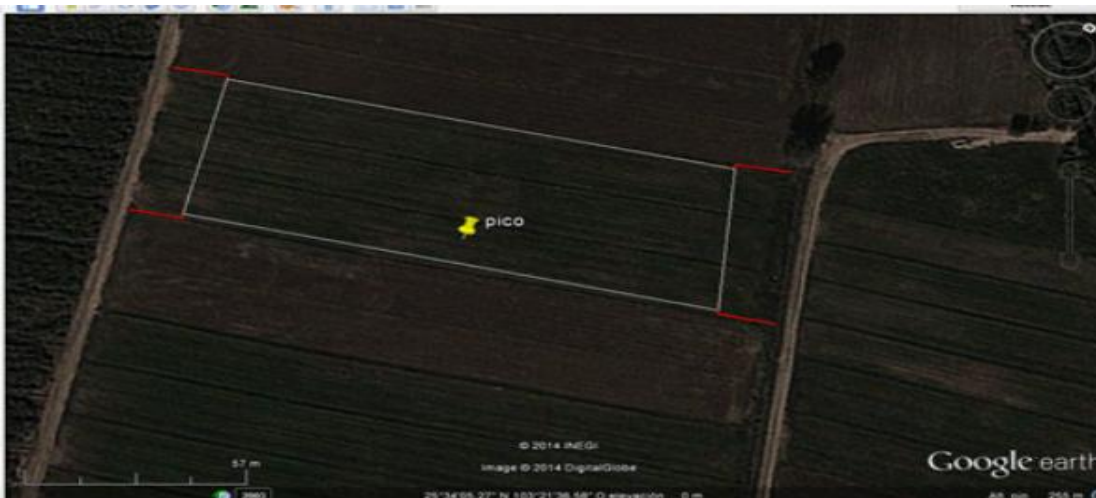
### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. SITIO DE INVESTIGACION.

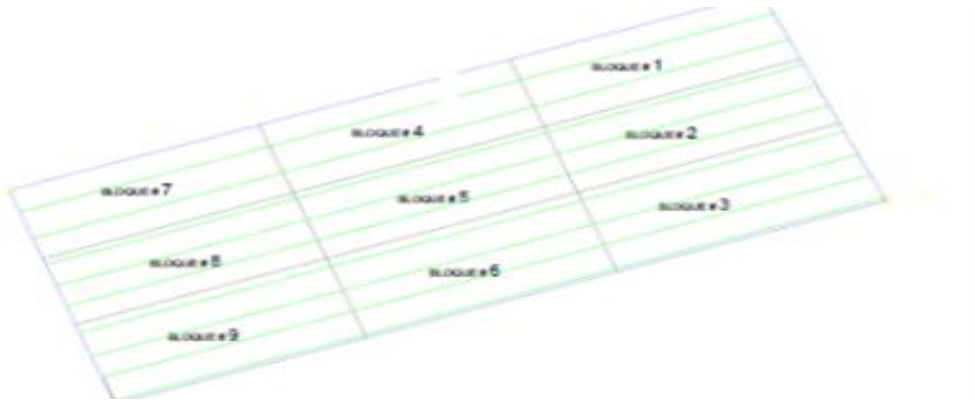
El presente trabajo se llevó a cabo en el ejido Plan de San Luis, Torreón, Coahuila con latitud  $25^{\circ}34'5.24$  N y longitud  $103^{\circ}21'35.81$  O en una parcela con un área de  $3420$  m<sup>2</sup>, se realizó el 19 de abril del 2013 a las 10 am.

#### 3.2.DISEÑO EXPERIMENTAL.

El experimento se realizó mediante el diseño bloques al azar con 12 repeticiones, por lo cual se utilizó una parcela de 18 m por 180 m teniendo como un área de  $3420$  m<sup>2</sup>, donde se eliminaron 15 m de cabecera y 15 m de recibidor para eliminar posibles efectos erróneos en el muestreo, también se eliminaron 1.5m de cada lado para así dejar un campo de muestreo de 15 m por 150 m teniendo este mismo un área de  $2250$  m<sup>2</sup>, donde se hicieron 9 bloques de 15 m por 16 m obteniendo así una área de  $240$  m<sup>2</sup> en cada uno de ellos, en los cuales se tomaron 12 muestras por bloque. Variable a determinar: cantidad de plomo en muestras vegetales de alfalfa (mezclas de raíz, tallo y hoja) colectadas mediante un diseño de bloques al azar.







### 3.3.MUESTREO

El muestreo se llevó a cabo mediante el diseño bloques al azar para lo cual primeramente se trabajó para obtener el área aproximada de la parcela, al obtener el área se prosiguió hacer 9 bloques, de los cuales se tomaron 12 repeticiones por bloque.

### 3.4.PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

Se tomaron 12 plantas por bloque en el sitio del experimento y se pusieron a secar por un periodo de 4 días a temperatura ambiente de 35°C, posterior al secado de las plantas se hizo una maceración de las mismas. Por último se procedió al análisis de las muestras en el laboratorio mediante el método de extracción con ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) y perclórico ( $\text{HClO}_4$ ) y la lectura de la concentración de plomo en las plantas de alfalfa se leyó en equipo de absorción atómica. (Lux *et al.*, 2011).

### 3.5. EQUIPO

- Se utilizó espectrofotómetro de absorción atómica (Perkin Elmer 2380) para la determinación de metales pesados.

### 3.6. PROCEDIMIENTO PARA DETERMINACIÓN DE METALES

Se utilizó una mezcla digestora, de 4 ml de  $\text{HNO}_3$  y 2 ml de  $\text{HClO}_4$  por muestra. Se pesa el material vegetal, 0.50 g y se coloca en matraces microkjeldahl de 30 ml. Se adicionan 6 ml de mezcla digestora. Se deja en predigestión por 12 horas como mínimo o en reposo toda la noche. Se colocan los matraces, en la unidad digestora y se calienta a 150 °C hasta que desaparezcan los humos de los óxidos de nitrógeno. Este proceso toma entre 30 y 45 minutos. Durante esta etapa se rota el matraz, para lavar las paredes de todo residuo orgánico. Una vez conocida la etapa anterior se eleva la temperatura del aparato digestor a 210°C para llevar a ebullición la mezcla azeotrópica de  $\text{HClO}_4$  (203°C). El final de la reacción está marcado por la aparición de vapores característicos del  $\text{HClO}_4$ . Esta etapa dura aproximadamente una hora. Después de la aparición de vapores, dejar las muestras por cinco minutos más en el aparato digestor. Se transfiere cuantitativamente el digestado a un matraz aforado de 10 ml y se afora con agua desionizada, por último se hizo la lectura mediante el equipo de absorción atómica (Etcheveres *et al.*, 1971).

#### IV. RESULTADOS

Tabla 1. Resultados obtenidos en el laboratorio de las muestras de planta de alfalfa para la determinación la misma del bloque 1-9.

<b>Bloque 1 mg/kg</b>	<b>Bloque 2 mg/kg</b>	<b>Bloque 3 mg/kg</b>	<b>Bloque 4 mg/kg</b>	<b>Bloque 5 mg/kg</b>	<b>Bloque 6 mg/kg</b>	<b>Bloque 7 mg/kg</b>	<b>Bloque 8 mg/kg</b>	<b>Bloque 9 mg/kg</b>
71.5	57.5	49.5	75.5	40.5	21	27.5	17	12
66.5	56.5	48.5	71	38.5	18.5	26.5	16.5	12
65.5	54.5	48	69.5	36	15	26	16.5	12
64	54.5	47	61.5	34.5	14.5	23	15	10.5
63.5	54.5	47	58	34.5	14	22	15	8.5
61.5	54	45	57	34.5	13	21.5	14.5	8
60	54	44	56.5	31	9	21.5	14.5	8
59.5	52.5	40.5	56	29	8	21	14	8
59	52	31	54.5	25	7.5	20.5	14	7.5
59	52	27.5	50	24.5	7	18	13.5	6.5
59	50	9.5	48	22.5	6.5	18	13	3.5
59	49.5	3	44	21.5	2	17	13	3
<b>Media mg/kg</b>	<b>Media mg/kg</b>	<b>Media mg/kg</b>	<b>Media mg/kg</b>	<b>Media mg/kg</b>	<b>Media mg/kg</b>	<b>Media mg/kg</b>	<b>Media mg/kg</b>	<b>Media mg/kg</b>
62.33	53.45	36.70	58.45	31.00	11.33	21.87	14.70	8.29

Tabla 2. Análisis de varianza de plomo en plantas de alfalfa (*Medicago sativa*)

<b>Fuente de v.</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F. calculada</b>	<b>Significancia estadística</b>
Tratamientos	8	41796.14352	5224.51794	216.61	<.0001 **
Repeticiones	11	2924.07407	265.82492	11.02	<.0001 **
Error	88	2122.46759	24.11895		
Total correcto	107	46842.68519			

\*\* : Altamente significativa

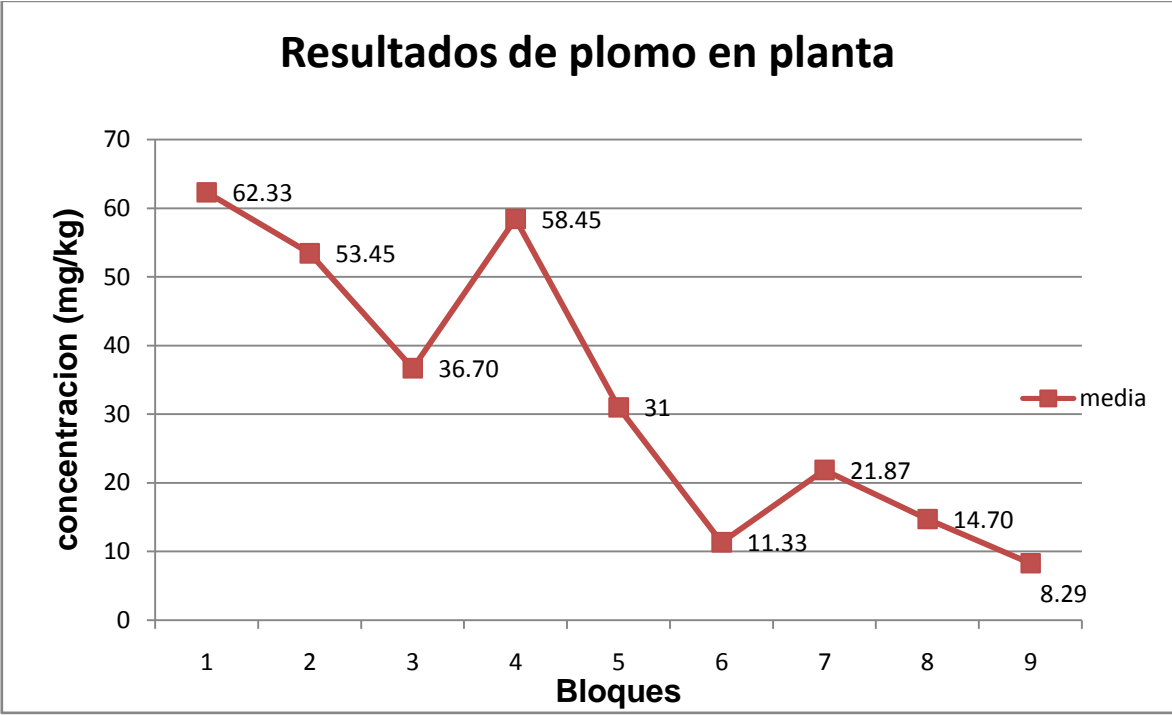
Tabla 3. Comparación de los valores de las medias de las muestras de planta de alfalfa (*Medicago sativa*) colectadas en los 9 bloques

<b>Bloques</b>	<b>Medias mg/kg</b>	<b>No de muestras</b>	<b>Significancia</b>
<b>1</b>	<b>62.33</b>	<b>12</b>	<b>A</b>
<b>4</b>	<b>58.45</b>	<b>12</b>	<b>A</b>
<b>2</b>	<b>53.45</b>	<b>12</b>	<b>B</b>
<b>3</b>	<b>36.70</b>	<b>12</b>	<b>C</b>
<b>5</b>	<b>31.00</b>	<b>12</b>	<b>D</b>
<b>7</b>	<b>21.87</b>	<b>12</b>	<b>E</b>
<b>8</b>	<b>14.70</b>	<b>12</b>	<b>F G</b>
<b>6</b>	<b>11.33</b>	<b>12</b>	<b>F G</b>
<b>9</b>	<b>8.29</b>	<b>12</b>	<b>G</b>

Medias con distinta letra indican diferencia significativa. Según el método de comparación de medias "Diferencia mínima significativa o (LSD), con un alfa de error de 0.05%.

Se indica la tendencia en la diferencia significativa entre los tratamientos o bloques, con una mayor concentración de Pb, en donde se realizan la descarga de las aguas residuales.

Figura 1. Comparación de los valores de las medias de concentración de plomo en planta en los 9 bloques.



En la figura 1 se muestra la comparación de los 9 bloques y los valores de medias de concentración de plomo en planta, donde se puede observar que la mayor concentración de plomo se encontró en el bloque 1 con un valor de 62.33 mg/kg, y en el bloque 9 la menor concentración con un valor de 8.29 mg/kg.

Tabla 4. Resultados de laboratorio de muestras de suelo para determinar plomo colectadas a 3 profundidades diferentes: (0-30 cm), (30-60 cm) y (60-90 cm).

<b>Bloques</b>	<b>Muestra</b>	<b>Resultado en mg/kg</b>	<b>Media mg/kg</b>
<b>1</b>	1 / 0-30	162.9	
	2 / 0-30	159	<b>160.85</b>
	3 / 0-30	160.7	
	4 / 0-30	160.8	
<b>2</b>	1/30-60	159.5	
	2 / 30-60	162	
	3 / 30-60	161.3	<b>160.92</b>
	4 / 30-60	160.9	
<b>3</b>	1/60-90	154.9	
	2/60-90	157.6	
	3/60-90	157.6	<b>156.7</b>
	4/60-90	156.7	
<b>4</b>	1/0-30	162.9	
	2/0-30	161.1	<b>161.4</b>
	3/0-30	160.2	
	4/0-30	161.4	
<b>5</b>	1/30-60	165	
	2/30-60	171.3	
	3/30-60	159.9	<b>165.4</b>
	4/30-60	165.4	
<b>6</b>	1/60-90	156.1	
	2 /60-90	157.1	
	3/60-90	156.6	<b>156.67</b>
	4/60-90	156.9	
<b>7</b>	1/0-30	160.9	
	2/0-30	161.6	
	3 /0-30	159.1	<b>160.52</b>
	4/0-30	160.5	
<b>8</b>	1/30-60	162.7	
	2/30-60	161.6	
	3/30-60	156.3	<b>160.2</b>
	4/30-60	160.2	
<b>9</b>	1/60-90	159.5	
	2/60-90	156.4	<b>158.22</b>
	3/60-90	158.8	
	4/60-90	158.2	

Tabla 5. Análisis de varianza de concentración de plomo en suelo.

Fuente de v.	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F. calculada	Significancia estadística
Profundidad	2	40.12666667	20.06333333	6.33	0.0577 *
Repeticiones	2	5.14666667	2.57333333	0.81	0.5061 NS
Error	4	12.68666667	4.1217593		
Total correcto	8	57.96000000			

\*: Diferencia significativa

NS: No existe significancia

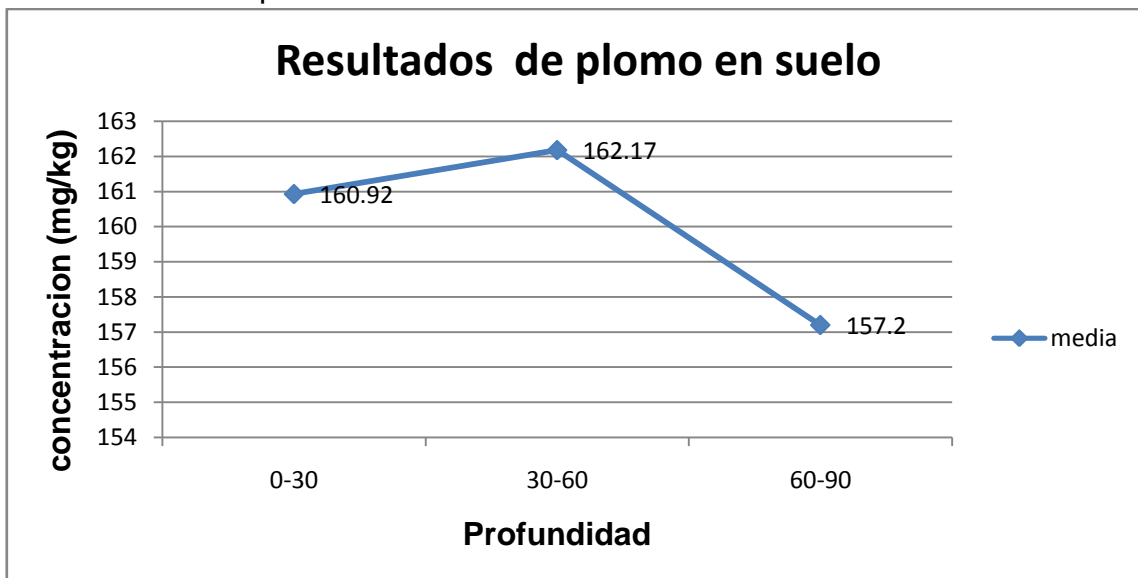
Indica la significancia en la profundidad del muestreo, se localiza la más alta concentración de Pb a 30-60 cm. Dentro de la variable de las repeticiones el resultado es no significativo.

Tabla6. Comparación de los valores de las medias de muestras de suelo colectadas a diferente profundidad: (0-30 cm), (30-60 cm) y (60-90 cm).

Agrupamiento	Media mg/kg	No. de muestras	Profundidad
A	162.17 mg/kg	12	2 ( 30-60)
A	160.92 mg/kg	12	1 ( 0-30)
B	157.2 mg/kg	12	3 ( 60-90)

Medias con distinta letra indican diferencia significativa. Según el método de comparación de medias "Diferencia mínima significativa o (LSD), con un alfa de error de 0.05%.

Figura 2. Comparación de los valores de las medias a distintas profundidades de concentración de plomo en el suelo.



En la figura 2 se indica la comparación de los resultados de las medias a las profundidades: 0-30cm, 30-60cm y 60-90cm, en el suelo, donde se muestra que la mayor concentración de plomo encontrado en suelo es a la profundidad de 30-60 cm, con un valor de 162.17 mg/kg, siguiendo la profundidad 0-30 cm, con un valor de 160.92 mg/kg, y la profundidad de 60-90 cm, con la menor concentración con un valor de 157.2 mg/kg. Siendo significativamente iguales las profundidades: 0-30 cm y 30-60 cm y diferentes que la profundidad 60-90 cm.



## V. DISCUSIÓN

El análisis de varianza de la concentración de Pb en las plantas de alfalfa, indica que existe una alta diferencia significativa entre los tratamientos o bloques, se presenta también dentro de las repeticiones. Esto indica que existe absorción del plomo por la planta de alfalfa cultivada dentro del predio.

Los resultados al ser analizados estadísticamente indican que la mayor concentración de plomo en planta se encontró en el tratamiento o bloque 1 con 62.33 mg/kg, y la menor concentración en el tratamiento o bloque 9 con 8.29 mg/kg.

El Pb presento concentraciones elevadas en los 9 bloques, que rebasan los límites máximos permisibles establecidos en la norma CODEX STAN 171-1989 para leguminosas que es de 0.1 a 0.2 mg/kg para Pb.

Mediante el análisis de comparación de medias (Diferencia mínima significativa o LSD) se determina que existe diferencia altamente significativa entre los bloques y sus repeticiones. La variación entre los tratamientos o bloques es significativa, ya que los mismos con más alta concentración de Pb, están localizados donde se realizan las descargas residuales dentro de la parcela.

Miranda y et al (2008), en análisis de hortalizas como lechuga, apio, repollo y brócoli en Colombia, la concentración de Pb (plomo) en lechuga fue de 0.20 mg/kg, en repollo y brócoli los valores encontrados fueron de 0.5 mg/kg, que están por debajo de la norma CODEX STAN 171- 1989. Que es de 0.30 mg/kg.

De acuerdo a la norma CODEX STAN 171-1989 la concentración de plomo permisible en plantas leguminosas es de 0.1 a 0.2 mg/kg, por lo cual los datos obtenidos en el presente trabajo están muy por encima de la norma indicada.

Núñez y et al (2008) realizo trabajos en rábano, brócoli y calabacín en la UANL, en Monterrey N.L. los productos provienen de San LuisPotosí, Guanajuato y Puebla,

los datos obtenidos fueron por debajo de 0.2 mg/kg en los tres vegetales por debajo de la norma CODEX STAN 171- 1989.

Pérez – Zapata y et al en 1993, trabajando con peces en Coatzacoalcos, Veracruz., para determinar la presencia de Pb (plomo), detectaron 0.1 mg/kg a 1.18 mg/kg, también se realizó análisis de sangre dentro de la población cercana a la zona y se determinó de 1 a 48  $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ , los límites permisibles para la NOM-047-SSA1-2011 es de 30 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ .

En algunos alimentos de consumo humano como la leche, el límite máximo permisible es de 0.1 mg/kg de plomo y de productos derivados de la leche como los quesos, el límite máximo permisible es de 0.5 mg/kg. Estos valores son establecidos en la NOM-243-SSA1-2010. En cuanto a otros productos derivados de la leche como lo son la mantequilla, cremas, producto lácteo condensado azucarado, productos lácteos fermentados y acidificados, dulces a base de leche, los límites máximos permisibles de plomo en estos productos mencionados es de 0.1 mg/kg establecido en la NOM-185-SSA1-2002. Con los valores obtenidos en este estudio mediante el análisis de muestras vegetales estas concentraciones podrían ser fácilmente rebasadas si se continúan irrigando con aguas residuales, y como consecuencia al tejido animal vacuno, leche y sus derivados y sangre en ser humano, dado que el plomo es un elemento que se puede acumular de manera progresiva en el tejidohumano.

## VI. CONCLUSIÓN

Las plantas de alfalfa analizadas en el ejido Plan de San Luis, las cuales son irrigadas con aguas residuales provenientes del municipio de Torreón, Coahuila. Se encontró alta concentración por plomo con resultados en los 9 tratamientos o bloques investigados están arriba de 0.1 a 0.2 mg/kg, límite máximo permisible que indica la CODEX STAN 171-1989 para leguminosas programa conjunto con la (FAO) y la (OMS) encargados en fijar las normas alimentarias.

Los datos obtenidos que van desde 8.29 mg/kg a 62.33 mg/kg de plomo en las plantas de alfalfa, basándose en la norma indicada en el párrafo anterior que tiene como límite permisible 0.1 mg/kg a 0.2 mg/kg en las plantas leguminosas que es el caso de la alfalfa.

Esto indica que el alimento que ingiere el ganado tiene una alta concentración de metal pesado que es el plomo (Pb) y que este puede contaminar al ganado que es lo que consume o la leche que produce el animal, lo cual, puede ser un problema de salud en la población en humanos que consuman el producto

En el suelo de la plantación de alfalfa no se encontraron niveles tóxicos de plomo según los resultados obtenidos de las medias en las 3 profundidades: 0-30 cm, 30-60 cm y 60-90 cm, las 3 están bajo el límite máximo permisible que es de 400 mg/kg para plomo en suelos de uso agrícola indicado en la norma oficial mexicana NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004. En cambio dentro de la norma de la (EPA) 1992. Los resultados obtenidos de plomo en suelo rebasan el límite máximo permisible que es de 100 mg/kg en suelo de uso agrícola.

En los suelos que se usan para cultivos urbanos y semiurbanos deben ser cuidadosamente monitoreados considerando el riesgo de entrada de metales pesados en la cadena alimenticia humana.

Se Considera que se realice un mejor muestreo, para comparar entre diferentes zonas de la comarca lagunera, ya que los resultados obtenidos nos indican un riesgo considerable, y que sería conveniente realizar estudios de concentración de plomo en la sangre dentro de la población humana y en ganado vacuno.

## VII. BIBLIOGRAFIA

- Arrieta I. y Romero C. 2008. "curso de pasturas." American Society of Agronomy 1: 3-6.
- Attellis, R. A. 2015. "Alfalfa (Medicago sativa L.) Producción de semilla Tinogasta, Catamarca " Dirección Provincial de Programación del Desarrollo Ministerio de Producción y Desarrollo Gobierno de la Provincia de Catamarca 1: 4-6.
- Ben, C., Toueni M., Montanari S., Tardin M.C., Fervel M., Negahu A., Saint-Pierre L., MathieuG., GrasM.-C, NoëID., ProspériJ.-M, Pilet-NayelM.-L., BarangerA., HuguetT., JulierB., Rickauer M.y Gentzbittel L.2013. "Natural diversity in the model legume Medicago truncatula allows identifying distinct genetic mechanisms conferring partial resistance to Verticillium wilt." Journal of Experimental Botany 64: 317-332.
- Bonde J.P., Joffe M., Apostoli M., Dale A., P Feenstra, S., Hussain R y Van der Hoek W. 2000. "Health risks of irrigation with untreated urban wastewater in the southern punjab, pakistan." International Water Management Institute, Lahore 1: 1-13.
- Castro, M. 2006. Presencia de arsénico en el agua de bebida en América Latina y su efecto en la salud pública. International Congress: Natural Arsenic in Groundwaters of Latin America. México
- Cornelis, R., M. Nordberg. 2007. General Chemistry, Sampling, Analytical Methods, and Speciation. Handbook on the toxicology of metals. pp 29-35
- Dubey, P. S. 2005. "Lead Toxicity in plants." plant Physiol. 17: 35-52.

- EPA United States Environmental Protection Agency. (1992). Guide to site and soil description for hazardous waste site characterization. Vol. 1: metals. Washington.
- Etcheveres B. J. P., De Etcheveres G, López R.M., Cuevas J, López J., Moreno C., Cruz M.L., Peña A., Bertha Gutiérrez y Cruz E.M. 1971. "Manual de procedimientos analíticos para análisis de suelo y planta del laboratorio de fertilidad de suelo." Sociedad mexicana de la ciencia del suelo. 1: 27-28.
- Fernández F.J. González C., Ameneiros-lago E., Martínez F.S. 2002. "Intoxicación crónica por plomo." *Universidad de Santiago de Compostela. La Coruña* 19: 130-132.
- Ferrer, A. 2003. "Intoxicación por metales " *Anales de Sanidad* 26:pp 141-153.
- Fontana D., Lazcano V. M., Sola N., Martínez S. Virgolini M. y M. M. R. 2013. "Intoxicación por plomo y su tratamiento farmacológico." *Revista de salud pública* 1: 49-59.
- Gross, S. B., E.A. Pfitzer, D.W. Yeager y R. A. Kehoe 1975. "Lead in human tissues." *Toxicol.Appl.Pharmacol* 32: 638-651.
- Hidalgo, L. G. 2001. "Morfología del desarrollo y crecimiento de pasturas." *American Society of Agronomy* 2: 6-9.
- IARC. 2012. Agents Classified by the IARC Monographs. Volume 1–106.
- Kocjan, G., Samardakiewicz S. y Wozny A.1996. "Regions of lead uptake in Lemna minor plants and localization of this metal within selected parts of the root " *biologiaplantarum* 38: 107-117.
- Lux, A., M. Vaculik, Martinka M., Lisková D., Kulkarni M.G, Stirk W.A. y Van Staden J. 2011. "Cadmium induces hypodermal periderm formation in the roots of the monocotyledonous medicinal plant *Merwillaplumbea*." *Annals of Botany* 107: 285-292.

- Miranda D., Carranza C., Rojas C.A., Jerez C.M, Fischer G. y Zurita J. 2008. "Acumulación de metales pesados en suelo y plantas de cuatro cultivos hortícolas, regados con agua del río Bogotá." revista colombiana de ciencias hortícolas 2: 180-181.
- Monachese M., Burton J.P. y Reid G. 2012. "Bioremediation and Tolerance of Humans to Heavy Metals through Microbial Processes: a Potential Role for Probiotics" Applied and Environmental Microbiology 78: 6397–6404.
- Montenegro, R. O. 2002. "Contaminación química de suelos y cultivos. Estrategias para la productividad de suelos agrícolas." Universidad Nacional de Colombia 1: 12-19.
- Moschetti, C. J. Y E. Dell'Agostino 1982. La cosecha de semilla de alfalfa. Revisión Bibliográfica. INTA - EEA H. Ascasubi Informe Técnico nº 24 13p
- Muñoz, N. M. N. 2009. "Determinación de plomo y cadmio en hierbas medicinales." Universidad de Belgrano 1: 30-45.
- Néstor A. J, Romero L.A. y Bruno O.A. 1995. "conservación del forraje de la alfalfa." INTA C.R. 9: 173-192.

NOM-001-SEMARNAT-1996. Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.

NOM-002-SEMARNAT-1996. Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.

NOM-003-SEMARNAT-1997. Establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público.

NOM-014-SSA1-1993. Procedimientos sanitarios para el muestreo de agua para uso y consumo humano, en sistemas de abastecimientos públicos y privados.

NOM-047-SSA1-2011. Salud ambiental. Índices biológicos de exposición para el personal ocupacionalmente expuesto a sustancias químicas.

NOM-117-SSA1-1994. Método de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, fierro, zinc y mercurio en alimentos, agua potable y agua purificada por espectrometría de absorción atómica.

NOM-127-SSA1-1994. Agua para uso y consumo. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.

NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004. Establece criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y/o vanadio.

NOM-185-SSA1-2002. Productos y servicios. Mantequilla, cremas, producto lácteo condensado azucarado, productos lácteos fermentados y acidificados, dulces a base de leche. Especificaciones sanitarias.

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



NOM-243-SSA1-2010. Productos y servicios. Leche, fórmula láctea, producto lácteo combinado y derivados lácteos. Disposiciones sanitarias. Método de prueba.

NOM-247-SSA1-2008. Productos y servicios. Cereales y sus productos. Cereales, harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de: cereales, semillas comestibles, de harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales. Métodos de prueba.

Núñez A., Martínez S., Moreno S., Cárdenas M.L., García G., Hernández J.L., Rodríguez A. y Castillo I. 2008. "Determinación de metales pesados (aluminio, plomo, cadmio y níquel) en rábano (*Raphanus sativus L.*), brócoli (*Brassica oleracea L. var. Italica*) y calabacín(*Cucurbita pepo L. var. italica*)." Universidad Autónoma de Nuevo León 1: 6-15.

Pérez Zapata, A.J., De León. R. I 1993. "La Contaminación por plomo en Coahuila de Zaragoza." Instituto Politécnico Nacional 1: 45-72.

Ramírez, A. V. 2005. "El cuadro clínico de la intoxicación ocupacional por plomo." Universidad Nacional Mayor de San Marcos 1: 57-70.

Satoh N., Nagasawa, Mori M., Nakazawa N., Kawamoto T., Nagato Y, Sakurai K., Takahashi H, Watanabe A. y Akagi H. 2011. "Mutations in Rice (*Oryza sativa*) Heavy Metal ATPase 2 (OsHMA2) Restrict the Translocation of Zinc and Cadmium." *Plant Cell Physiol.* 53: 213–224.

Scott, A., J. Heckathorn, Mueller K., Laguidice S., B. Zhu, T. Barrett, B. Blair Y. Dong 2004. "Chloroplast small heat-shock proteins protect photosynthesis during heavy metal stress." *American Journal of Botany* 9: 1312–1318.

Valdivia, M. M. 2005. "Intoxicación por plomo." *Rev. Soc. Per. Med. Inter.* 18: 13-16.

- Vázquez, C., Hernández J.L., Sosa E., Murillo B., Castillo I., Zúñiga R., Rueda E.O. P y Rangel P. 2010. "Alfalfa (*Medicago sativa*) forage nutritional value and yield at different cattle manure doses." *RevMexCiencPecu* 1: 363-372.
- Yang, s., M. Gao, C. Xu, J. Gao, s. Deshpande, S. Lin, B. A. Roe y H. Zhu 2008. "Alfalfa benefits from *medicago truncatula*: the *rct1* gene from *m. truncatula* confers broad-spectrum resistance to antracnose in alfalfa." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105: 12164-12169.
- Zhou, C., L. Han, C. Pislariu, J. Nakashima, C. Fu, Q. Jiang, L. Quan, E. B. Blancaflor, Y. Tang, J. H. Bouton, M. Udvardi, G. Xia y Z.-Y. Wang .2011. "From model to crop: Functional analysis of a stay-green gene in the model legume *Medicago truncatula* and effective use of the gene for alfalfa improvement." *Plant Physiol.* 157: 1483-1496.