

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**Determinación de la acumulación de Cadmio en suelo del lecho seco del río  
Nazas, por actividades industriales en Gómez Palacio, Durango.**

**POR**

**DANIELA GUADALUPE PÉREZ PÉREZ**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES**

**TORREÓN, COAHUILA**

**MAYO 2015**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Determinación de la acumulación de Cadmio en suelo del lecho seco del río  
Nazas, por actividades industriales en Gómez Palacio, Durango.

POR  
DANIELA GUADALUPE PÉREZ PÉREZ

TESIS

QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR  
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

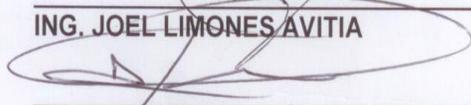
INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES

APROBADA POR

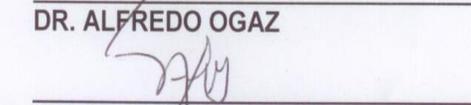
PRESIDENTE:

  
\_\_\_\_\_  
ING. JOEL LIMONES AVITIA

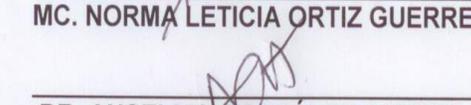
VOCAL:

  
\_\_\_\_\_  
DR. ALFREDO OGAZ

VOCAL:

  
\_\_\_\_\_  
MC. NORMA LETICIA ORTIZ GUERRERO

VOCAL SUPLENTE:

  
\_\_\_\_\_  
DR. ANSELMO GONZÁLEZ TORRES

  
\_\_\_\_\_  
M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERA AGRONÓMICAS



Coordinación de la División de  
Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA

MAYO 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Determinación de la acumulación de Cadmio en suelo del lecho seco del río  
Nazas, por actividades industriales en Gómez Palacio, Durango.

POR  
DANIELA GUADALUPE PÉREZ PÉREZ

TESIS

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

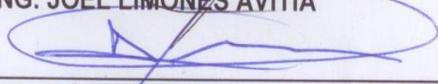
INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES

APROBADA POR

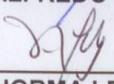
ASESOR PRINCIPAL:

  
\_\_\_\_\_  
ING. JOEL LIMONES AVITIA

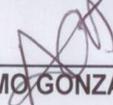
ASESOR:

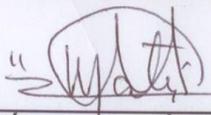
  
\_\_\_\_\_  
DR. ALFREDO OGAZ

ASESOR:

  
\_\_\_\_\_  
MC. NORMA LETICIA ORTIZ GUERRERO

ASESOR:

  
\_\_\_\_\_  
DR. ANSELMO GONZÁLEZ TORRES

  
\_\_\_\_\_  
M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



TORREÓN, COAHUILA

MAYO 2015

## **DEDICATORIA**

### **A DIOS**

Por hacer que confiara en mí en que lograría salir adelante, en que los retos se podían superar y que lograría graduarme de la universidad y todo esto se lo debo a él.

### **A MI MADRE JULIA PÉREZ RUIZ**

Por darme la oportunidad y el apoyo para salir adelante, por ser el pilar para culminar este sueño

### **A MI PADRE DANIEL PÉREZ RUIZ**

Por apoyarme en mi decisión, por el gran esfuerzo de todos los días para culminar mis estudios.

### **A MI HERMANA MIRELIA**

Por su apoyo y esfuerzo para ayudarme a terminar mi carrera profesional.

### **A MIS SOBRINOS**

Diana, Valeria, Mauricio, Leandro, Johana, Chuy, Toñito, Krystel y Carlos José, por ser mis motivos para terminar mis estudios.

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A DIOS**

Por darme la vida y la fuerza de voluntad cuando más la necesitaba, por levantarme en cada caída que tuve, por hacerme llegar con bien a casa.

### **A MIS PADRES**

Por la gran herencia que me han regalado y darme su apoyo pero sobre todo por darme la oportunidad de realizar este triunfo en mi vida.

### **A MIS HERMANOS Y HERMANAS**

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 MI AMIGAS**

Verito, Raquel, Rita por estar conmigo compartiendo momentos tristes y alegres y sobre todo por regalarme su amistad.

### **A MIS ASESORES**

Ing. Joel Limones Avitia, Dr. Alfredo Ogáz, M.C. Norma Leticia Ortiz Guerrero y al Dr. Anselmo González Torres. Por su apoyo y dedicación en este proyecto por brindarme sus conocimientos.

### **AL TÉCNICO ACADEMICO JOSE SILVERIO ALVAREZ VALADEZ**

Por su apoyo en el laboratorio y sus consejos dentro y fuera de él.

### **AL QUIMICO INDUSTRIAL JUAN CARLOS MEJIA CRUZ**

Por ayudarnos en la culminación de los análisis del laboratorio.

### **A GUSTAVO DEL ÁNGEL ARIZA:**

Por motivarme y darme ánimos para finalizar este proyecto y también por estar siempre a mi lado apoyándome incondicionalmente.

**A TODOS ELLOS GRACIAS...**

## RESUMEN

Los metales pesados son parte fundamental de las fuentes antropogénicas provenientes de desechos domésticos, agrícolas e industriales. El problema en la ciudad de Torreón es provocado por el plomo, el cadmio y el arsénico, tres elementos altamente dañinos para los humanos. En el ambiente, el cadmio es peligroso porque muchas plantas y algunos animales lo absorben y lo concentran dentro de sus tejidos.

El objetivo de este trabajo fue determinar la concentración de cadmio en suelo del lecho seco del río Nazas del lado de la ciudad de Gómez Palacio, Durango. Por lo cual se tomaron muestras de suelo y después se llevó a cabo el análisis en el laboratorio de suelos de la UAAAN U.L. se tomaron 8 muestras con 2 diferentes profundidades.

Los resultados obtenidos de las muestras no rebasan los límites ya que arrojaron una máxima de 0.72 Mg/Lt de cadmio, comparándolo con los límites máximos permisibles según la NOM-147-SEMANART-2004, que es de 450 Mg/Kg, así también basada en la norma de los EUA se encuentra dentro del rango.

Con esto se concluye que el suelo está contaminado por una concentración mínima de cadmio, lo cual utilizando la biorremediación la existencia mínima del cadmio en el suelo, puede desaparecer con facilidad.

**Palabras claves:** biorremediación, cadmio, contaminación, Norma, suelo

## INDICE

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS .....	ii
RESUMEN .....	iii
INDICE .....	iv
INDICE DE CUADROS .....	vii
INDICE DE FIGURAS .....	vii
INTRODUCCIÓN .....	1
OBJETIVOS .....	2
Objetivo General: .....	2
Objetivo Específico: .....	2
REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
Contaminación industrial.....	3
Inicios de la contaminación industrial.....	3
Contaminación del lecho seco del río Nazas por actividades industriales .....	4
Contaminación ambiental.....	5
Causas de la contaminación .....	5
Clases de contaminación .....	6
Físico .....	6
Químico .....	6
Biológico .....	6
Fuentes de la contaminación .....	6
Naturales .....	7
Antropogénicas.....	7
Tipos de contaminación .....	7

Contaminación del agua .....	7
Contaminación del aire .....	8
Contaminación de suelo .....	8
Suelo.....	9
Composición del suelo .....	9
Propiedades físicas del suelo .....	9
Textura.....	9
pH.....	10
Textura.....	10
Propiedades químicas del suelo .....	10
Clasificación de los suelos .....	10
Clasificación de los suelos por su origen .....	10
Clasificación de los suelos según su textura .....	11
Contaminación de suelo.....	11
Contaminación de suelo por desechos industriales: .....	12
Importancia del estudio de la contaminación de suelos. ....	12
Metales pesados .....	13
Dinámica de los metales pesados en suelo .....	14
Metales pesados, salud y ambiente .....	14
Clasificación de los metales pesados .....	15
Cadmio (Cd).....	15
Cadmio en el ambiente .....	16
Cadmio en la salud .....	17
Movilización del cadmio en el suelo .....	18

Biorremediación y fitrromediación como alternativa para la eliminación de metales pesados.....	19
Normativa para cadmio en suelos de uso industrial.....	20
NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004.....	20
EPA 1992 metales pesados en suelo.....	21
MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
Localización del área de estudio.....	22
Toma de muestra.....	22
Método para la determinación de metales pesados en suelo.....	23
Método para la determinación de las características físicas y químicas del suelo.....	23
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25
CONCLUSIÓN.....	29
LITERATURA CITADA.....	30

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1 NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004.....	20
Cuadro 2 EPA 1992 metales pesados en suelo .....	21
Cuadro 3 Cuadro de valores medios de las propiedades físicas-químicas y concentraciones de cadmio.....	26
Cuadro 4 Valores estadísticos de las propiedades físicas-químicas y concentraciones de cadmio.....	27
Cuadro 5 Análisis de la correlación de Pearson de las características Físicas y químicas, concentración de Cadmio .....	28

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1 ubicación del sitio .....	22
Figura 2 Determinación de media, máximo y mínimo de la concentración de cadmio.....	25

## INTRODUCCIÓN

En el parque industrial de La Laguna se encuentran importantes empresas del sector manufacturero. Casi todas estas industrias están en el parque industrial perteneciente al municipio de Gómez Palacio, establecido en 1962 y considerado como el cuarto más importante del país. En el parque industrial de Gómez Palacio se encuentran en operación 693 empresas y 136 más en el territorio del municipio (SEMARNAT, 2010).

Actualmente el medio ambiente es uno de los temas más discutidos y de mayor significado para las naciones desarrolladas y en especial las consecuencias desastrosas de la contaminación de los suelos, las aguas subterráneas y de la vulnerabilidad de los agro-ecosistemas(Pérez-López *et al.*, 2012).

El suelo es uno de los más importantes componentes del ambiente y también el de mayor riesgo por las cantidades de contaminantes emitidos por la actividad antrópica(de S.-Fadigas *et al.*, 2006).

Entre los contaminantes que habitualmente podemos encontrar están los Metales Pesados (MP) que pueden tener su origen en el medio ambiente ya sea natural como antropogénicas (Alloway, 2013)

Entre los metales pesados de interés, desde el punto de vista ambiental, se encuentra el cadmio (Cd), debido a su grado de toxicidad. El Cd puede llegar al suelo por medio de la fertilización fosforada y por derrames o escapes de desechos peligrosos (baterías, lodos, minerías etc.)La alta movilidad del Cd<sup>2+</sup> en el suelo se atribuye a la acidez del suelo(Gonzalez *et al.*, 2012).

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General:**

Evaluar el contenido de cadmio con respecto a la Norma Oficial Mexicana 147 SEMARNAT 2002.

### **Objetivo Específico:**

Conocer la concentración de cadmio contenido en el suelo del lecho seco del río Nazas vertido por las industriales instaladas en el parque industrial lagunero de la Ciudad de Gómez Palacio, Durango.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### Contaminación industrial

#### Inicios de la contaminación industrial

La contaminación ambiental, aquel fenómeno por el cual la tierra está sufriendo deterioro progresivo, se inicia prácticamente con la era industrial y se agrava luego de la segunda guerra mundial con el auge de la tecnología. Recién a partir de la década de los 70 el hombre comienza a tomar conciencia de la gravedad de este progresivo e irreparable daño. El problema, como hemos visto, comienza con la revolución industrial a finales del siglo XVIII con el invento de la máquina a vapor y su hija inmediata, la máquina de tejer. Hasta entonces, la producción humana se hacía artesanalmente y la comercialización de los productos tenía cuasi un carácter de trueque. Se inicia así la gran etapa de la fábrica como sistema de producción masiva lo que trae avance tecnológico y desarrollo tan preciados hoy en día. Sin embargo, a resultas de lo mismo y concomitantemente otro proceso sigiloso y paulatino comienza y nos está llevando la destrucción de nuestro hábitat natural(Ramírez, 2004).

Se hizo evidente que el ser humano tiene el poder de transformar, de innumerables maneras y a gran escala, todo cuanto lo rodea y, como consecuencia, ha venido desarrollando técnicas de producción intensivas que no consideran el impacto de estas actividades sobre el ambiente. En este contexto, no es de extrañar que los problemas de contaminación sean más evidentes a partir de la era industrial, momento a partir del cual se comenzaron a generar grandes cantidades de desechos a velocidades superiores a las que los ecosistemas son capaces de degradar. En efecto, está generalmente aceptado que la actividad industrial es la principal responsable de las emisiones atmosféricas, la producción de los desechos peligrosos, la generación de efluentes líquidos, así como de producir contaminación térmica y sónica(Reyes *et al.*, 2006)

## **Contaminación del lecho seco del río Nazas por actividades industriales**

En el parque industrial de La Laguna se encuentran importantes empresas del sector manufacturero. Casi todas estas industrias están en el parque industrial perteneciente al municipio de Gómez Palacio, establecido en 1962 y considerado como el cuarto más importante del país. En el parque industrial de Gómez Palacio se encuentran en operación 693 empresas y 136 más en el territorio del municipio. Este parque industrial lagunero de Gómez Palacio cuenta con cinco parques industriales dotados de la infraestructura y equipamiento necesarios para las inversiones que se han realizado, además de ser ésta la base del desarrollo industrial generada en los últimos años, contándose también con reservas territoriales para futuros crecimientos (SEMARNAT, 2010).

En el 2004 en Gómez Palacio, Durango, se reconoció que las aguas residuales generadas en el parque industrial y que el depósito de estas desde hace varios años en el lecho seco del río Nazas, se encuentran por encima de la Norma Oficial Mexicana, tomando en cuenta que el Sideapa realiza un monitoreo diario donde en ese entonces se depositaban 90 litros por segundo al lecho seco del río y aproximadamente con 30 elementos considerados como contaminantes, así como también se encarga de monitorear las descargas de aguas tanto en el área urbana como en el área industrial. Para la remediación de este problema se propuso iniciar una construcción de una planta tratadora que captaría las aguas de la zona industrial en el ejido Las Huertas con un predio de 24 hectáreas, con un costo de 4 millones y medio de dólares, anteriormente se hizo la propuesta de plantas tratadoras en forma particular por las empresas que tenían un mayor grado de contaminación, como "Lala, Barcel y Bull D" cabe señalar que en ese entonces las aguas particulares de esas empresas estaban totalmente dentro de la Norma, sin embargo al generalizarse con las aguas del parque industrial todavía estaban por encima de la Norma (Ibarra-Camacho, 2004).

Alrededor de 17 millones 280 mil litros de agua contaminada son descargados diariamente en el lecho seco del río Nazas, procedentes de la planta tratadora de Gómez Palacio. Un análisis realizado en el 2013 a esas aguas, reveló la existencia de una elevada concentración de elementos contaminantes como: coliformes fecales, grasas, aceites y sólidos suspendidos, principalmente, esto aunado a la presencia de

metales pesados como el plomo, cuyas cantidades no han sido precisadas, ya que el estudio que se hizo a varias muestras de agua, es de carácter preliminar y abarca una primera etapa. Los resultados obtenidos en estos análisis fueron superiores a lo que marca la Norma Oficial Mexicana-003-SEMARNAT, que: "establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas, que se reúsen en servicios públicos". Como una referencia del estudio, la Norma Oficial Mexicana indica que el límite de coliformes fecales (excremento) debe ser de 240 NMP, pero el resultado del agua analizada marca la existencia de 15 millones 068 mil 592 NMP/100ml(Ríos, 2013).

### **Contaminación ambiental**

La contaminación ambiental es un fenómeno que afecta directa e indirectamente la salud de las poblaciones, no solo de los seres humanos, pues también altera el equilibrio de los ecosistemas. En general, las personas y los animales de vida silvestre están expuestos a mezclas de más de dos sustancias tóxicas. Este contacto con contaminantes tóxicos puede darse durante procesos de producción, distribución o utilización de productos como medicamentos, alimentos, productos de limpieza, insecticidas, pesticidas, formulaciones industriales y artículos para el hogar, o bien cuando estos son desechados al ambiente(De Celis-Carrillo *et al.*, 2015).

### **Causas de la contaminación**

El aumento continuo de la población y un incontrolado desarrollo industrial originan serios problemas para el medio ambiente en forma de contaminación. Las causas de la contaminación ambiental son variadas. La presencia en el ambiente de cualquier agente físico, químico o biológico cuya concentración ocasione alteraciones en la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas se consideran como parte de este tipo de contaminación(Twenergy, 2012).

## **Clases de contaminación**

### **Físico**

Este tipo de contaminación puede presentarse tanto en ambientes cerrados como abiertos. Las contaminaciones por calor (contaminación térmica), ruido y radiaciones ionizantes son algunos ejemplos. La contaminación física puede ocasionar diversos efectos indeseables, entre ellos, muerte de animales y plantas, mutaciones, cáncer, efectos siconeurologicos, defectos congénitos y otros igualmente graves(Albert, 2013).

### **Químico**

Se consideran como contaminantes químicos, las sustancias orgánicas e inorgánicas, naturales o sintéticas que, durante la fabricación, manejo, transporte, almacenamiento, uso y desecho, pueden ingresar al organismo en forma de líquido, sólido, aerosol, gas o vapor, con efectos irritantes, corrosivos, asfixiantes, cancerígenos, mutagénicos, teratogénicos, narcóticos, alérgicos o sistémicos, en condiciones que puedan alterar la salud de las personas expuestas. La cantidad de sustancia absorbida por el organismo se denomina dosis y está relacionada con la concentración del contaminante y el tiempo de exposición(Mancera-Fernandez).

### **Biológico**

Se considera contaminante toda sustancia que tiene el potencial de presentar un riesgo de dañar a la salud humana o cualquier otro valor medioambiental. La Contaminación biológica son aquellos que inducen a la proliferación de especies ajenas a los microorganismos presentes en el suelo de forma natural(Sabroso-González y Pastor-Eixarch, 2004).

## **Fuentes de la contaminación**

La contaminación puede surgir a partir de ciertas manifestaciones de la naturaleza (fuentes naturales), o bien, debido a los diferentes procesos productivos del hombre (fuentes antropogénicas), que conforman las actividades de la vida diaria(Chile, 2015).

## **Naturales**

Es aquella producida por los humanos, alguna de las más importantes son industriales. Según el tipo de industria se producen distintos tipos de residuos, las más peligrosas son las que producen contaminantes más peligrosos, como metales tóxicos. La contaminación humana o antropogénica se origina en las actividades humanas que se desarrollan diariamente, como son las actividades industriales, mineras, agropecuarias, artesanales y domésticas y es más grave por su naturaleza y la gran variedad de contaminantes que genera (Ecored, 2015).

## **Antropogénicas**

Las fuentes que generan contaminación de origen antropogénico más importantes son: industriales (frigoríficos, mataderos y curtiembres, actividad minera y petrolera), comerciales (envolturas y empaques), agrícolas (agroquímicos), domiciliarias (envases, pañales, restos de jardinería) y fuentes móviles (gases de combustión de vehículos)(Chile, 2015).

## **Tipos de contaminación**

### **Contaminación del agua**

Si por agua entendemos el compuesto químico H<sub>2</sub>O, cualquier cosa distinta a este elemento está cambiando su característica y podría considerarse como un contaminante. Por supuesto que este concepto es muy poco práctico, puesto que el agua pura rara vez se encuentra en la naturaleza. Tendemos a aceptar la noción de que un contaminante del agua es cualquier sustancia o compuesto cuya concentración límite o impida sus usos benéficos (Orta-Arrazcaeta, 2002).

Al agua contaminada, en general, se le califica como residual. Por las fuentes de generación, se define como la combinación de los residuos líquidos procedentes de residencias, instituciones públicas, establecimientos industriales y comerciales(Silva-Gómez *et al.*, 2002).

Entre las sustancias que se incorporan al suelo por medio del agua, se encuentran, los metales pesados, los cuales, pueden participar diversos procesos como incorporación al ciclo del agua, principalmente en la fase relacionada con el suelo y el agua subterránea; también pueden acumularse en el suelo con diversos grados de

disponibilidad o en el tejido vegetal, debido a su absorción por las plantas(Michael-Gadd, 2010)..

### **Contaminación del aire**

La contaminación del aire es actualmente uno de los problemas ambientales más severos a nivel mundial. El crecimiento económico y la urbanización, asociados al desarrollo de diversas actividades como la industria petrolera, los servicios, la agroindustria y el incremento de las unidades automotoras, traen como resultado un consumo intenso de combustibles fósiles; al mismo tiempo, la práctica de actividades agropecuarias no apropiadas inciden en la generación de elevados volúmenes de contaminantes, que al relacionarse con las condiciones ambientales pueden dañar la salud humana, los ecosistemas y los recursos materiales(Romero-Placeres *et al.*, 2006).

En los años 60-70, los problemas de contaminación atmosférica más importantes eran el dióxido de azufre la materia particulada, que eran emitidos fundamentalmente por las fuentes industriales y en menor cantidad por las fuentes urbanas. Posteriormente con la utilización de combustibles derivados del petróleo y las centrales térmicas como fuente de energía, han ocasionado que sean las combustiones de los motores de los vehículos, las calefacciones, plantas industriales etc., las principales fuentes de emisiones de los contaminantes atmosféricos(Martínez-Ataz y Díaz de Mera-Morales, 2004).

### **Contaminación de suelo**

La contaminación del suelo se produce por la introducción en él, de sustancias químicas u otro material que se encuentra fuera de lugar y presente en concentraciones mayores a las naturales, lo cual implica pérdida de capacidad para su uso y amenazas para la salud(Velasco-Rivera y Minota-Zea, 2012).

El manejo inadecuado de los materiales y residuos peligrosos ha provocado en el mundo un grave problema de contaminación de los suelos y los cuerpos de agua(Ortínez-Brito *et al.*, 2003).

## **Suelo**

A partir de su origen y de los factores ambientales, la Sociedad Americana de la Ciencia del Suelo (SSSA, por sus siglas en inglés), lo define como la capa superficial de material mineral y orgánico no consolidado que sirve de medio natural para el crecimiento de las plantas, y que ha sido sujeto y presenta los efectos de los factores que le dieron origen (clima, topografía, biota, material parental y tiempo) y que debido a la interacción de éstos, difiere en sus propiedades físicas, químicas, biológicas y morfológicas del sustrato rocoso del que se originó. Por ello, el suelo ya no es roca ni sedimento geológico, sino un producto proveniente de las alteraciones e interacciones que experimentan estos materiales (Sumner, 1999).

## **Composición del suelo**

El suelo está compuesto de sustancias sólidas, agua y aire. Las sustancias sólidas, son los residuos de plantas, animales vivos o muertos y los minerales que proceden de la desintegración y descomposición de las rocas. En el agua se disuelven los minerales del suelo para que las raíces de las plantas puedan tomarlos. Sin aire en el suelo se mueren las raíces de las plantas y los pequeños animales que viven en él (Mocóa., 2002).

## **Propiedades físicas del suelo**

### **Textura**

La textura representa el porcentaje en que se encuentran los elementos que constituyen el suelo; arena gruesa, arena media, arena fina, limo, arcilla. Se dice que un suelo tiene una buena textura cuando la proporción de los elementos que lo constituyen le dan la posibilidad de ser un soporte capaz de favorecer la fijación del sistema radicular de las plantas y su nutrición (Rucks *et al.*, 2004).

## **pH**

El pH del suelo influye en la disponibilidad de los nutrientes para las plantas, es decir, este factor puede ser la causa de que se presente deficiencia, toxicidad o que los elementos no se encuentren en niveles adecuados(Benton-Jones, 2003).

## **Textura**

Se considera como la exposición vegetal de una porción superficial de la corteza terrestre que incluye todas las capas u horizontes que han sido alteradas durante el periodo de su formación, junto con las más profundas que influyeron en su génesis. Básicamente y sin profundizar en el aspecto puramente edafológico (sub horizontes y sistemas de nomenclatura(Navarro-Garci y Navarro-Blaya, 2003).

## **Propiedades químicas del suelo(Hernandez-Picaso, 2014):**

La acidez, esta propiedad en el suelo hace que haya muy pocos alimentos para las raíces de las plantas, por lo que producción de las cosechas son muy bajas.

La fertilidad en el suelo es cuando existe gran cantidad de alimentos onutrientes para el crecimiento de las plantas.

## **Clasificación de los suelos**

En la Clasificación de Suelos se refiere a la agrupación con un rango de propiedades similares (químicas, físicas y biológicas) a unidades que puedan ser geo-referenciadas y mapeadas. De hecho, los suelos se consideran como un recurso natural mucho más complejo que otros elementos como el aire y el agua. Los suelos por su naturaleza contienen elementos químicos y simultáneamente se combinan entre fases sólidas, líquidas y gaseosas(FAO, 2015).

## **Clasificación de los suelos por su origen(Flores-Puente *et al.*, 2004):**

Suelos residuales: se forman en el mismo punto donde las rocas son desintegradas por los agentes físicos, químicos y biológicos.

Suelos sedimentarios: se forman por la acumulación de partículas y restos provenientes de otros sitios que han sido arrastrados por agua o viento.

## **Clasificación de los suelos según su textura(consumer, 2005):**

El suelo está compuesto por tres partículas minerales de distintos tamaños: arena, limo y arcilla. A su vez, la arena se compone de partículas minerales gruesas, el limo de partículas minerales finas y la arcilla, de partículas minerales muy finas.

**Franco.** Tiene una textura media (45%de arena, 40% de limo y 15% de arcilla), por lo que sus condiciones físicas y químicas son las mejores y es el más apto para el cultivo.

**Turboso.** Está formado por tierra vegetal descompuesta, por lo que tiene un bajo contenido mineral y un exceso de materia orgánica.

**Pedregoso.** Contiene partículas muy gruesas y su drenaje es muy bueno, pero no retiene ni el agua ni los nutrientes. Es un suelo difícil de cultivar, aunque no imposible.

**Ligero o arenoso.** Este tipo de suelo tiene una textura gruesa con un 75% de arenas, un 5% de arcillas y un 20% de limo, lo que le permite una gran aireación. Aunque absorbe bien el agua, no la retiene y se filtra con facilidad hacia el fondo. Estos suelos se secan con rapidez y no almacenan el agua como los arcillosos, por lo que precisan de riego frecuente, pero en poca cantidad.

**Pesado o arcilloso.** Su fina textura le otorga una elevada retención de agua y nutrientes. Tiene un 45% de arcillas, un 30% de limo y un 25% de arena. No obstante, la porosidad es baja y carece de buenas posibilidades de aireación.

## **Contaminación de suelo**

Contaminación se suelo por actividades mineras:

El suelo es alterado como resultado de las actividades mineras(Puga *et al.*, 2006).

La minería en su conjunto produce toda una serie de contaminantes gaseosos, líquidos y sólidos, que de una forma u otra van a parar al suelo. Esto sucede ya sea por depósito a partir de la atmósfera como partículas sedimentadas o traídas por las aguas de lluvia, por el vertido directo de los productos líquidos de la actividad minera y metalúrgica, o por la infiltración de productos de lixiviación del entorno minero: aguas

provenientes de minas a cielo abierto, escombreras (mineral dumps), etc., o por la disposición de elementos mineros sobre el suelo: escombreras, talleres de la mina u otras edificaciones más o menos contaminantes en cada caso(Vega-Matos, 2007).

### **Contaminación de suelo por desechos industriales:**

El problema ambiental es, sin duda, uno de los más importantes por su envergadura y se agudiza en las zonas rurales, afectando la economía, el bienestar y la cultura de los agricultores y sus familias(Guzmán-Morales *et al.*, 2007).

Desde el inicio de la industrialización y hasta la actualidad, este tipo de actividades genera diversos tipos de residuos peligrosos que, ante la falta de una regulación jurídica adecuada que los identificara como tales, se dispusieron sitios inadecuados como terrenos aledaños a las plantas industriales especialmente adquiridos para ese propósito, patios de las propias instalaciones industriales o bien, se depositaron indiscriminadamente en barrancas, ríos basureros, terrenos baldíos y cañadas entre otros (Volke-Sepulveda *et al.*, 2005).

Los metales pesados están presentes naturalmente en los suelos, pero en los últimos años las actividades industriales y la disposición de residuos de todo tipo han contribuido a una acumulación de estos elementos en suelos. Es importante avanzar en el estudio de líneas base de referencia y en el conocimiento de la concentración de metales en suelos contaminados, para establecer regulacionesadecuadas que permitan avances en la protección del ambiente y la salud humana(Giuffré *et al.*, 2005)

### **Importancia del estudio de la contaminación de suelos.**

El suelo es un componente ambiental que por su origen, formación y evolución no puede ser aislado del entorno que lo circunda, representando, en la mayoría de ecosistemas terrestres, el medio físico-químico en el que se desarrolla la vida. Es frágil, de difícil y larga recuperación, y de extensión limitada. Por ello, un uso inadecuado del mismo puede contribuir a la degradación de este recurso natural no renovable a corto plazo. De todo lo anterior se desprende que el concepto tradicional de degradación de suelos como pérdida o reducción del potencial productivo resulta en la actualidad

insuficiente, pues existen otras formas de degradación que si bien no están orientadas hacia la producción, disminuyen la calidad medioambiental y, por tanto, la sostenibilidad de los sistemas. Una alternativa consiste en considerar como degradación cualquier cambio en las propiedades del suelo que ocasione una reducción en las funciones que el mismo puede desempeñar. Se puede hablar de diferentes tipos de degradación (física, química y/o biológica), según se produzca una alteración de dichas propiedades del suelo(Info-Agro).

### **Metales pesados**

Se les considera metales pesados a aquellos metales que pueden causar trastornos en la salud del ser humano(Peña *et al.*, 2001). (Peña *et al.*, 2001), ya sea por exposición a ellos o por almacenamiento en el cuerpo (ya que en algunos casos el cuerpo no los asimila y los bioacumula)(Turekian, 2010).

Los metales pesados son parte fundamental de las fuentes antropogénicas provenientes de desechos domésticos, agrícolas e industriales, los cuales son peligrosos para la biota marina, el hombre y el deterioro ambiental en general(Acosta *et al.*, 2002)

Los metales pesados corresponden a un grupo de elementos con características químicas semejantes; a) un mismo estado de oxidación (i.e., generalmente cationes bivalente), b) igual distribución electrónica de las capas externas (metales de transición) y c) pesos atómicos comprendidos entre 63,55 a 200,59 g mol<sup>-1</sup>. Algunos de estos metales son considerados esenciales para la vida, tienen como función catalítica reacciones a nivel bioquímico (se ubican en los sitios alostéricos y sitios activos de las proteínas). De hecho, aquellos metales que no tienen funciones fisiológicas reconocidas, por sus concentraciones levemente superiores a las naturales, pueden reemplazar a los esenciales, con disfunciones que los convierten en elementos tóxicos (Ahumada-B., 1994)

El problema en la ciudad de Torreón es provocado por el plomo, el cadmio y el arsénico, tres elementos altamente dañinos para los humanos. Sin embargo, los estudios, las denuncias y ahora las acciones que se han realizado en torno a este

problema tienen como actor principal al plomo. Esto no significa que el plomo sea el más tóxico de los tres elementos de hecho ocurre lo contrario- sino a que de los tres es el que ha sido utilizado por la humanidad más ampliamente y por ende es el que causa más problemas y más preocupación en todo el mundo (Valdés-Perezgasga, 1999).

### **Dinámica de los metales pesados en suelo**

Los metales pesados presentes en los suelos no se comportan como elementos estáticamente inalterables, si no que siguen unas pautas de movilidad generales. La dinámica de los metales pesados en el suelo puede clasificarse resumidamente en cuatro vías (Mejía-Domínguez, 2011):

- Movilización a las aguas superficiales o subterráneas
- Transferencia a la atmosfera por volatilización.
- Absorción por las plantas e incorporación a las cadenas tróficas
- Retención de metales pesados en el suelo de distintas maneras: disueltos o fijados, retenidos por adsorción, complejación y precipitación.

### **Metales pesados, salud y ambiente**

Los metales pesados se convierten en un tema actual tanto en el campo ambiental como en el de salud pública. Los daños que causan son tan severos y en ocasiones tan ausentes de síntomas, que las autoridades ambientales y de salud de todo el mundo ponen especial atención en minimizar la exposición de la población, en particular de la población infantil. Desafortunadamente, a pesar de la evidencia de sus efectos en el deterioro de la salud, la exposición a los metales pesados continúa. Es por tanto necesario evitar la entrada de metales tóxicos en los medios acuáticos y, sobre todo, que las industrias reduzcan la concentración de metales hasta unos niveles que no generen problemas de toxicidad. En muchos casos se han establecido normativas que regulan las cantidades máximas de metal que puede contener un efluente antes de ser abocado al medio acuático y así evitar la contaminación del medio en la fuente de origen (Martín-Lara, 2008).

## Clasificación de los metales pesados

En la clasificación de los metales se encuentra (Navarro-Aviñó *et al.*, 2007):

- a) **Oligoelementos o micronutrientes.** Necesarios en pequeñas cantidades para los organismos, pero tóxicos una vez pasado cierto umbral. Incluyen As, B, Co, Cr, Cu, Mo, Mn, Ni, Se y Zn.
- b) **Sin función biológica conocida.** Son altamente tóxicos, e incluyen Ba, Cd, Hg, Pb, Sb, Bi.

Naturalmente estos metales se encontraban en concentraciones mínimas en el medio ambiente pero a medida que el dominio antropocéntrico aumenta por el constante crecimiento de las ciudades. Así como su consecuente uso de bienes y la construcción de nuevas plantas industriales que son las principales en emplear dichos metales y sus derivados, han traído consigo un incremento en los niveles de metales pesados en el medio ambiente, alcanzando concentraciones que causan daño a la salud y al equilibrio biológico (Lozada-Zarate *et al.*, 2006).

### Cadmio (Cd)

Elemento químico relativamente raro, símbolo Cd, número atómico 48; tiene relación estrecha con el zinc, con el que se encuentra asociado en la naturaleza. Es un metal dúctil, de color blanco con un ligero matiz azulado. El cadmio no se encuentra libre en la naturaleza, y la greenockita (sulfuro de cadmio), único mineral de cadmio, no es una fuente comercial de metal. Casi todo el que se produce es obtenido como subproducto de la función y refinamiento de los minerales de zinc, los cuales por lo general contienen de 0.2 a 0.4% (Lenntech, 2014).

Uno de los mayores agentes tóxicos asociado a contaminación ambiental e industrial es el cadmio, pues reúne cuatro de las características más temidas de un tóxico (Ramirez, 2002):

1. Efectos adversos para el hombre y el medio ambiente.
2. Bioacumulación.

3. Persistencia en el medio ambiente. 4. "Viaja" grandes distancias con el viento y en los cursos de agua. Además de contaminar el ambiente desde su fundición y refinación, contamina también por sus múltiples aplicaciones industriales

### **Cadmio en el ambiente**

En el ambiente, el cadmio es peligroso porque muchas plantas y algunos animales lo absorben y lo concentran dentro de sus tejidos. Las fuentes de contaminación de este metal son diversas, pero podemos destacar las siguientes(Arriazu-Navarro, 2007a):

- a) Fuentes naturales: la mayor fuente natural de liberación de cadmio a la atmósfera es la actividad volcánica. El suelo se contamina por este metal a través de los desechos de la fabricación de cementos y a través de residuos sólidos y de aguas residuales municipales.
- b) Fuentes industriales: entre las industrias que utilizan el cadmio, podemos citar la galvanoplastia, baterías, grabados, pigmentos de pinturas y vidrios.
- c) Fuentes agrícolas: algunos pesticidas fosfatados que contenían cadmio, actualmente prohibidos, han aportado concentraciones variables de este metal a algunos alimentos, como por ejemplo el arroz o el trigo.

El cadmio puede entrar en el organismo por distintas vías, siendo las principales: la inhalación, en caso de los trabajadores, o por ingestión, en caso de la población en general. Por inhalación, dependiendo del tamaño de partícula, se absorbe, aproximadamente, el 5% del cadmio inhalado(Arriazu-Navarro, 2007a).

Las fuentes de contaminación de este metal son diversas, pero podemos destacar las siguientes(Arriazu-Navarro, 2007b):

Fuentes naturales: la mayor fuente natural de liberación de cadmio a la atmósfera es la actividad volcánica. El suelo se contamina por este metal a través de los desechos de la fabricación de cementos y a través de residuos sólidos y de aguas residuales municipales. La minería de metales ferrosos, especialmente el

zinc, es la principal fuente de liberación de cadmio al medio acuático, se han llegado a encontrar relaciones de cadmio y zinc de 1:100 a 1:1200 en la mayoría de minerales y suelos.

Fuentes industriales: entre las industrias que utilizan el cadmio, podemos citar la galvanoplastia, baterías, grabados, pigmentos de pinturas y vidrios.

Fuentes agrícolas: algunos pesticidas fosfatados que contenían cadmio, actualmente prohibidos, han aportado concentraciones variables de este metal a algunos alimentos, como por ejemplo el arroz o el trigo.

### **Cadmio en la salud**

La toma por los seres humanos de Cadmio tiene lugar mayormente a través de la comida. El Cadmio primero es transportado hacia el hígado por la sangre. Allí es unido a proteínas. Los efectos que pueden ser causados por el Cadmio son (Lenntech, 2014):

- a) Diarrea, dolor de estómago y vómitos severos
- b) Fractura de hueso, daño al sistema inmune, posible daño en el ADN o desarrollo de cáncer
- c) Daño en el sistema inmune, desordenes psicológicos.
- d) Fallos en la reproducción y posibilidad incluso de infertilidad.

El cadmio que penetra en el organismo, se suele fijar rápidamente a los tejidos, combinándose de forma selectiva con la metalotioneína, una pequeña proteína compuesta de un alto número de residuos de cisteína. La mayor parte de la carga total de cadmio acumulada en el organismo se localiza en el hígado y riñones, unido a dicha proteína. Cuando la capacidad de estos órganos para sintetizar metalotioneína (proteína que tiene un papel destacado en el equilibrio de la bioquímica cerebral, en particular en la regulación de los niveles de cobre y zinc; así como en la protección contra metales pesados) se ve sobrepasada, el cadmio

podría ejercer su efecto tóxico, cuyas primeras manifestaciones son las propias de una nefropatía (Delfino *et al.*, 2003).

La población abierta se expone a él principalmente a través de la cadena alimenticia, aunque también por el consumo de tabaco contaminado con cadmio presente en los fertilizantes fosfatados. El cadmio se acumula en el organismo humano, fundamentalmente en los riñones, causando hipertensión arterial. La absorción pulmonar es mayor que la intestinal, por lo cual, el riesgo es mayor cuando el cadmio es aspirado. La concentración crítica en la corteza renal, que da lugar a una prevalencia de 10% de proteinuria de bajo peso molecular en la población en general, es aproximadamente de 200 mg/kg y se alcanza con una ingestión alimentaria diaria de unos 175 µg por persona durante 50 años. Partiendo de una tasa de absorción de cadmio vía los alimentos de 5% y de una tasa diaria de excreción de 0.005% de la carga corporal se estableció un nivel de ingestión semanal tolerable provisional de 7µg/kg (INECC, 2009).

### **Mobilización del cadmio en el suelo**

Por otro lado sus movilidades dependen fundamentalmente del pH. El cadmio es más móvil en medio ácido. Lo cual es un factor importante que influirá en la lixiviación(Díaz *et al.*, 2005).

En general, los metales pesados incorporados al suelo pueden seguir cuatro diferentes vías: la primera, quedar retenidos en el suelo, ya sea disueltos en la fase acuosa del suelo u ocupando sitios de intercambio; segunda, específicamente adsorbidos sobre constituyentes inorgánicos del suelo; tercera, asociados con la materia orgánica del suelo y cuarta, precipitados como sólidos puros o mixtos(Prieto-Méndez *et al.*, 2009).

## **Biorremediación y fitorremediación como alternativa para la eliminación de metales pesados.**

La biorremediación puede clasificarse de acuerdo al organismo que afecte la degradación del compuesto xenobiótico. La fitorremediación, es el uso de plantas para la remoción de contaminantes de suelo y aguas, es una técnica apropiada para la remoción de metales pesados y radionucleos(López de-Mesa *et al.*, 2006).

La biorremediación es un proceso biológico en donde diversos microorganismos (m.o.) degradan diversos contaminantes hasta compuestos no tóxicos presentes en suelo, agua o aire, trabajando de manera individual o coordinadamente (mediante sinergias), dentro de un consorcio microbiano, se han utilizado dos estrategias para contrarrestar dichas limitaciones y fomentar la actividad degradadora de la flora microbiana nativa: a) la bioestimulación (adición de nutrientes o compuestos estimuladores de la degradación) y b) la bioaumentación (adición de cepas microbianas con atributos especiales para degradar los contaminantes)(Olguín *et al.*, 2007).

Una alternativa para la remediación de suelos contaminados con metales pesados es el uso de plantas cuyos exudados radicales contribuyen a la precipitación de los metales y por consiguiente, reducen su biodisponibilidad quedando estabilizados en la matriz del suelo (fitoestabilización). Algunas plantas poseen la característica de liberar enzimas específicas o cofactores enzimáticos que propician que un contaminante orgánico recalcitrante sea transformado o degradado (fitotransformación/fitodegradación). Cuando las plantas poseen el mecanismo para convertir un contaminante del suelo o agua a una forma elemental volátil menos tóxica, como lo es el caso de selenio (Se) o mercurio (Hg), ocurre un proceso de volatilización, el cual es asistido por algunos microorganismos(Ferrera-Cerrato *et al.*, 2006).

## Normativa para cadmio en suelos de uso industrial

### NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004

Norma oficial mexicana que establece criterios, para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por Arsénico, Bario, Berilio, Cadmio, Cromo, Hexavalente, Niquel, Plata, Plomo, Selenio y Talio.

<b>Contaminante</b>	<b>Uso agrícola/comercial (mg/kg)</b>	<b>Uso industrial (mg/kg)</b>
<b>Arsénico</b>	22	260
<b>Bario</b>	5400	6700
<b>Berilio</b>	150	1900
<b>Cadmio</b>	37	450
<b>Cromo hexavalente</b>	280	510
<b>Mercurio</b>	23	310
<b>Niquel</b>	1600	20000
<b>Plata</b>	390	5100
<b>Plomo</b>	400	800
<b>Selenio</b>	390	5100
<b>Talio</b>	5.2	67
<b>Banadio</b>	7.8	1000

Cuadro 1 NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004

## EPA 1992 metales pesados en suelo

La concentración de metales y no metales (oligoelementos). Considerado como fitotoxicidad excesivo. Los niveles en la superficie del suelo y diversas plantas en ppm Aire Peso seco (10.000 ppm = 1%)

Elemento	Superficie del suelo Acido-Neutral	Planta	Relativamente móvil	Relativamente toxico
Antimonio (Sb)	5-10	150	+	-
Arsénico (As)	100-1000	5-20		
Berilio (Be)	>10	10-50		+
Boro (B)	30-100	>500	+	
Bario (Ba)	30-100	50-200		
Cadmio (Cd)	3-10	5-30	+	+
Cobalto (Co)	30-50	15-50		
Cromo (Cr)	2-10	5-30		
Cobre (Cu)	20-100	30-100	+	
Mercurio(Hg)	1-5	1-3	+	+
Manganeso (Mn)	3000-8000	300-500	+	
Molibdeno (Mo)	5-10	10-50		
Níquel (Ni)	30-100	10-100	-	
Plomo (Pb)	50-100	30-300	-	+
Selenio (Se)	5-10	5-30	+	+
Plata (Ag)	>2	5-10	-	+
Talio (Tl)	---	>20	+	+-
Estaño (Sn)	>50	>60	+	-
Zinc (Zn)	200-400	100-400	+	+

Cuadro 2 EPA 1992 metales pesados en suelo

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización del área de estudio

El estudio se realizó en el lecho seco del río Nazas, correspondiente del lado del municipio de Gómez Palacio, Durango con las coordenadas geográficas siguientes: 25°34'17.1"N 103°27'05.5"W. La presente investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna (UAAAN-UL) en el departamento de Suelos en su respectivo laboratorio, ubicado en el periférico Raúl López Sánchez.



Figura 1 ubicación del sitio

### Toma de muestra

Se tomaron muestras de suelo, la toma de muestras fue en zigzag de forma aleatoria, con 2 diferentes profundidades de 0-30 cm, 30-60 cm siendo una muestra sin vegetación.

Para determinación del cadmio (Cd) y las características físicas y químicas de la muestra de suelo fueron trasladados y analizados en el laboratorio del departamento de suelos de la UAAAN-UL.

### **Método para la determinación de metales pesados en suelo**

Una vez que las muestras fueron trasladadas al laboratorio de suelos se realizaron las muestras del extracto del mismo para dar paso al análisis del extracto por medio del equipo de espectrometría de absorción atómica

### **Método para la determinación de las características físicas y químicas del suelo**

Para la determinación de las características físico-químicas se emplearon los siguientes métodos:

Densidad aparente, se obtuvo aplicando el método de los agregados, se utilizó parafina como elemento impermeabilizante (literatura citada)

Materia Orgánica, las muestras fueron expuestas a temperatura ambiente para secarse, se cribó con un tamiz de apertura de 0.5 mm para homogenizar, para la determinación de materia orgánica se utilizó el método de Walkey y Black descrito por Nelson y Sommers (1982) (literatura citada)

Conductividad Eléctrica (C.E.), se determinó utilizando el Conductivímetro de Orion mod-162 a través de una solución extraída de la pasta de saturación.

Textura, se determinó por el método de hidrómetro de Bouyoucos (1962).

pH del suelo por el método de conductimetría en una solución extraída de la pasta de saturación, leída en el potenciómetro termo Orion Mod-420.

## **Análisis estadísticos**

Para el análisis estadístico se realizó un diseño completamente al azar y correlaciones entre las propiedades físicas y químicas del suelo y la concentración del metal pesado así, como pruebas de media en el que se determinó un análisis de varianza usando Microsoft SAS (2001) (Sistema de Análisis Estadístico) y se determinó el valor máximo, medio y el valor mínimo en cada muestra.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados de las muestras de suelo analizadas en el laboratorio, estos se presentan en la siguiente gráfica, en la cual se señala los valores máximo, mínimo y medio.

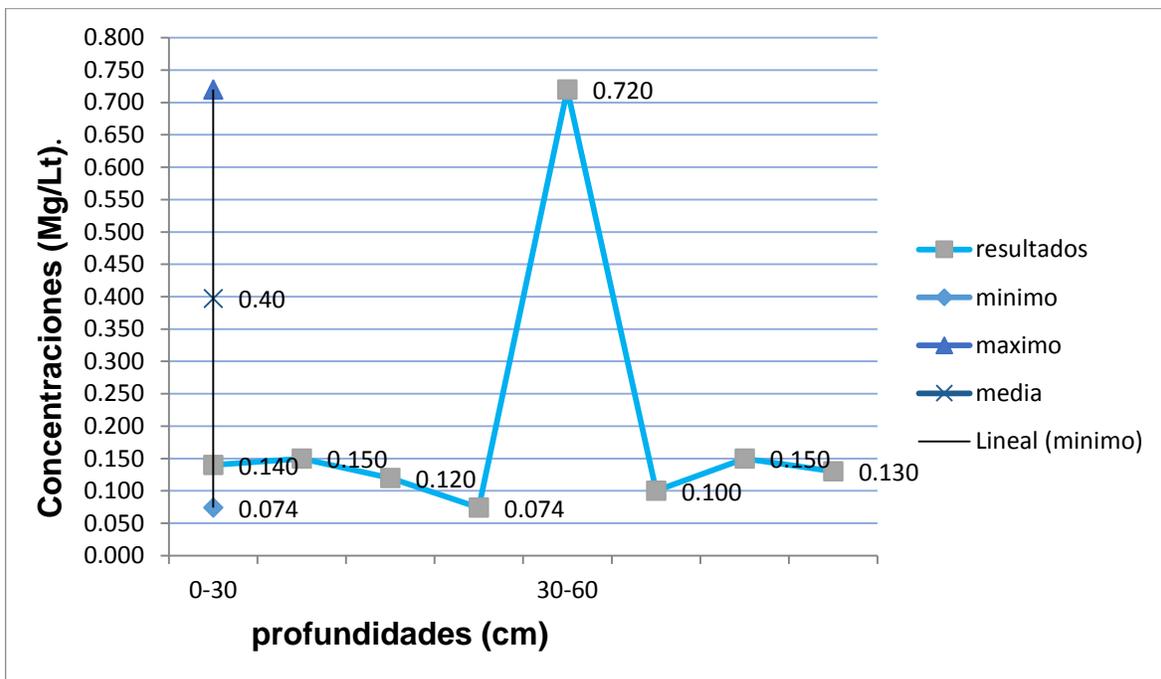


Figura 2 Determinación de media, máximo y mínimo de la concentración de cadmio

En la gráfica anterior se muestran los valores con una máxima de 0.720 Mg/Lt, una media de 0.40 Mg/Lt y una mínima de 0.074 Mg/Lt de cadmio en suelo, de acuerdo a los resultados de la gráfica, teniendo en cuenta que la concentración máxima de Cadmio se encuentra en la profundidad de 30-60 cm y la concentración mínima la encontramos en la profundidad de 0-30 cm, haciendo una comparación con el límite máximo permisible de la Norma Oficial Mexicana y la Norma de la EPA, los resultados nos arrojan, que los parámetros se encuentran por debajo de ambas normas. Esto quiere decir que las descargas de aguas residuales de las industrias aledañas al terreno se encuentran con una concentración de menor impacto en la concentración de Cadmio en dicho suelo.

**Cuadro 3 Cuadro de valores medios de las propiedades físicas-químicas y concentraciones de cadmio**

<b>Profundidad</b>	<b>Ph</b>	<b>C.E</b>	<b>D.A</b>	<b>M.O</b>	<b>Arena</b>	<b>Arcilla</b>	<b>Limo</b>	<b>Cd</b>
unidades		Ms/cm <sup>2</sup>	gr/m <sup>3</sup>	%				
<b>0-30 cm</b>	8.03	0.88	1.30	1.52	88.2	9.42	11.27	0.27
	a	a	a	a	a	a	a	a
<b>30-60 cm</b>	7.94	0.74	1.30	0.49	79.3	9.06	8.72	0.12
	a	a	a	a	a	a	a	a

**pH:** potencial de hidrogeno

**C.E.:** conductividad eléctrica

**dA:** densidad aparente

**M.O.:** materia orgánica

**Cd:** Cadmio

**a:** concentraciones iguales

En el cuadro anterior se muestran las 4 repeticiones, con 2 diferentes profundidades donde los promedio del cadmio son diferentes según las profundidades ya que a mayor profundidad mayor concentración, las 2 concentraciones de los extractos se encuentran dentro del rango de la NOM-147-SEMARNAT/SSA-2004, ya que esta nos marca un límite máximo permisible de 450 Mg/Kg lo cual nos indica que se encuentra con un impacto bajo de concentración de cadmio.

Con respecto a sus propiedades físico químicas no se encontraron variaciones, ya que todas son estadísticamente iguales.

**Cuadro 4 Valores estadísticos de las propiedades físicas-químicas y concentraciones de cadmio**

<b>Variables</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
<b>Ph</b>	7.98	0.10	7.76	8.12
<b>C.E</b>	0.81	0.85	0.24	2.44
<b>D.A</b>	1.30	0.06	1.16	1.38
<b>M.O</b>	1.00	1.56	0.26	4.88
<b>Arena</b>	8.76	8.77	66.36	90.72
<b>Arcilla</b>	9.24	2.70	4.56	13.28
<b>Limo</b>	9.99	7.15	2.00	20.36
<b>Cadmio</b>	0.19	0.21	0.07	0.72

En el cuadro anterior se demuestra que el cadmio con 8 repeticiones, obtuvo una media de 0.19 Mg/Lt, una desviación estándar de 0.21 Mg/Lt, como también un mínimo de 0.07 Mg/Lt por último un máximo de 0.72 Mg/Lt.

Se observa de acuerdo a la NOM-147-SEMARNAT/SSA-2004, que el contenido de cadmio máximo no rebasa el límite máximo permisible.

**Cuadro 5 Análisis de la correlación de Pearsón de las características Físicas y químicas, concentración de Cadmio**

<b>Correlación</b>	<b>R</b>	<b>Pr&gt;F</b>	<b>Significancia</b>
<b>Ph-Cd</b>	-0.090	0.83	NS
<b>C.E-Cd</b>	-0.264	0.52	NS
<b>D.A-Cd</b>	0.189	0.65	NS
<b>M.O-Cd</b>	-0.201	0.63	NS
<b>Arena-Cd</b>	0.272	0.51	NS
<b>Arcilla-Cd</b>	-0.084	0.84	NS
<b>Limo-Cd</b>	-0.302	0.46	NS
<b>Cd-Cd</b>	1.000		
<b>Pb-Cd</b>	-0.498	0.20	NS

En los resultados del cuadro anterior no hay significancia en ninguna de las propiedades físico-química, esto quiere decir que el efecto del cadmio no altera las propiedades del suelo, ya que la concentración en cada una de ellas es menor a 0.05 esto se debe a que a la concentración del cadmio es demasiado baja tomando en cuenta los límites máximos permisibles.

## CONCLUSIÓN

De acuerdo con las condiciones y análisis realizados durante el desarrollo de este trabajo y de la discusión e interpretación de los resultados que de ellos se hace, se puede generar la siguiente conclusión:

En los resultados obtenidos en el suelo del lecho seco del río Nazas, se puede comprobar que las mayores concentraciones se encuentran en la superficie del mismo suelo, seguido de el de mayor profundidad donde su contenido fue menor que al de la superficie. De acuerdo a la NOM-147-SEMARNAT/SSA 2004 y a la Norma de la EPA 1992 Metales pesados en suelo, la concentración de Cadmio encontrados en dicho suelo se encuentra por debajo de los límites máximos permisibles.

Esto no significa que las descargas de agua de las industrias aledañas a este suelo no puedan contener otro tipo de metal pesado con una concentración mayor a los resultados obtenidos en esta investigación y que pueda rebasar los límites máximos permisibles.

Por lo anterior recomendamos llevar acabo análisis a mayores profundidades del suelo en virtud a que los resultados obtenidos arrojan una mayor concentración de cadmio en la mayor profundidad que en la superficie.

De acuerdo a los resultados obtenidos se considera que la hipótesis planteada es verdadera.

## LITERATURA CITADA

- Acosta, V., C. Lodeiros, W. Senior y G. Martínez 2002. "Niveles de metales pesados en sedimentos superficiales en tres zonas litorales de Venezuela." *Interciencia* 27: 686-690.
- Ahumada-B., R. 1994. "Niveles de concentración e índice de bioacumulación para metales pesados Cd, Cr, Hg, Ni, Cu, Pb, y Zn en tejidos de invertebrados bentónicos de Bahía San Vicente, Chile." *Revista de Biología Marina* 29: 77-87.
- Albert, L. A. 2013. "Contaminación ambiental. Origen, clases, fuentes y efectos." en línea (<http://es.slideshare.net/veshey/contaminacion-ambientalorigenclasesfuentesyefectos>) consultado 27/03/2015: 37-52.
- Alloway, B. J. 2013. "Heavy metals in the soil." en línea ([http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-007-4470-7\\_1#page-2](http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-007-4470-7_1#page-2) <[http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-007-4470-7\\_1](http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-007-4470-7_1)>) 15-03-2015: 4.
- Arriazu-Navarro, R. 2007a. "El camio ¿carcinógeno o prostático o no?" IX Congreso virtual hispanoamericano de anatomía patológica y II Congreso de preparaciones virtuales por internet. 1-9.
- Arriazu-Navarro, R. 2007b. "El cadmio ¿carcinógeno prostático o no?" Congreso virtual hispanoamericano de anatomía patológica: 1-9.
- Benton-Jones, J. J., Ed. (2003). Agronomic handbook. Management of crops, soils, and their fertility. Boca Raton. London. New York. Washington, D.C.
- Consumer, E. 2005. "Las diferentes texturas del suelo." en línea (<http://www.consumer.es/web/es/bricolaje/jardin/2005/06/15/142946.php>) 28/02/2015: 1p.
- Chile, I. d. I. s. p. d. 2015. Contaminación ambiental. en línea ([http://www.ispch.cl/saludambiental/ambiente/quimica\\_ambiental/contaminacion](http://www.ispch.cl/saludambiental/ambiente/quimica_ambiental/contaminacion)), gobierno de Chile. 27/03/2015 1p
- De Celis-Carrillo, R., A. Bravo-Cuella, V. Preciado-Martínez y A. Díaz-Guerrero 2015. "Los efectos de la contaminación ambiental sobre nuestra salud." *Revista mexicana de ciencias en línea* ([http://www.revistaciencia.amc.edu.mx/index.php?option=com\\_content&task=view&id=73](http://www.revistaciencia.amc.edu.mx/index.php?option=com_content&task=view&id=73)): 25-03-2015.
- de S.-Fadigas, F., N. M. B. Do Amaral-Sobrinho, N. Mazur, L. H. C.- dos Anjos y A. A.-Freixo 2006. "Proposição de valores de referência para a concentração

natural de metais pesados em solos brasileiros." Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 3: 699-705.

Delfino, M. R., M. C. Sarno, C. E. Martinez y D. S. Rinaldi 2003. "Cadmio en hojas de tabaco." Comunicaciones científicas y tecnológicas 06-12-2014: 1-3.

Diaz, A., A. Arroqui y P. Sarquis 2005. "Estudio de niveles de cadmio en perfiles de suelo en la localidad de villa nueva." Minería y Geología 21: 1-10.

Ecured 2015. "Contaminantes antropogénicos." en línea ([http://www.ecured.cu/index.php/Contaminantes antropog%C3%A9nicos](http://www.ecured.cu/index.php/Contaminantes_antropog%C3%A9nicos)) consultado el 01/04/2015: 1p.

FAO 2015. "Clasificación de suelos." en línea (<http://www.fao.org/soils-portal/levantamiento-de-suelos/clasificacion-de-suelos/es/>) consultado el 10/04/2015: 1p.

Ferrera-Cerrato, R., N. G. Rojas-Avelizapa, H. M. Poggi-Varaldo, A. Alarcón y R. O. Cañizares-Villanueva 2006. "Procesos de biorremediación de suelo y agua contaminados por hidrocarburos del petróleo y otros compuestos orgánicos." Revista latinoamericana de microbiología 48: 179-187.

Flores-Puente, M. A., S. Torras-Ortiz y R. Téllez-Gutiérrez 2004. "Medidas de mitigación para uso de suelos contaminados por derrames de hidrocarburos en infraestructura de transporte terrestre." Secretaría de comunicaciones y transporte: 1-65.

Giuffré, L., S. Ratto, L. Marbán, J. Schonwald y R. Romaniuk 2005. "Riesgo por metales pesados en horticulrura urbana." Ci. Suelo (argentina) 23: 101-106.

Gonzalez, C., J. Thompson, Y. Martinez y N. Sanchez 2012. "Concentración de cadmio en partículas de diferentes tamaños de un suelo de la cuenca del lago de valencia." de la facultad de ingeniería U.C.V. 25: 73-80.

Guzmán-Morales, A. R., S. Sánchez Elías y E. García Nieblas 2007. "Efecto de los residuos de una industria cerámica sobre la contaminación del suelo." revista ciencias técnicas agropecuarias 16: 46-52.

Hernandez-Picaso, F. J. 2014. Determinación de cadmio (cd) en suelos agrícolas dedicados a la producción de alfalfa medicago sativa irrigado con aguas residuales. Biología. Coahuila, Universidad Autonoma Agrario. licenciatura29

Ibarra-Camacho, R. 2004. Aguas residuales del parque industrial contaminan el Nazas, reconoce Sideapa. El siglo de Torreón. Torreón. 101p.

INECC 2009. "Metale pesados." SEMARNAT citado el 28/03/2015: 1p.

Info-Agro "Contaminación de suelos por metales pesados." en línea ([http://www.infoagro.com/abonos/contaminacion\\_suelos\\_metales\\_pesados.htm](http://www.infoagro.com/abonos/contaminacion_suelos_metales_pesados.htm)) consultado el 02/04/2015: 1p.

Lenntech, W. t. s. 2014. "Cadmium." en línea (<http://www.lenntech.com/periodic/elements/cd.htm#Cadmium>) 07-12-2004: 1pp.

López de-Mesa, J. B., G. Quintero, A. L. Guevara-Vizcaíno, D. C. Jaimes Cáceres, S. M. Gutiérrez-Riaño y J. Miranda-García 2006. "Bioremediación de suelos contaminados con hidrocarburos derivados del petróleo." NOVA 4: 82-90.

Lozada-Zarate, E. J., S. Monks, G. Pulido-Flores, A. J. Gordillo-Martinez y F. Prieto-García 2006. "Determinación de metales pesados en *Cyprinus carpio* en la laguna de metztitlán, Hidalgo, México." en línea ([http://www.uaemex.mx/Red\\_Ambientales/docs/memorias/Extenso/CB/EC/CBC-11.pdf](http://www.uaemex.mx/Red_Ambientales/docs/memorias/Extenso/CB/EC/CBC-11.pdf)) 06-12-2014: 7pp.

Mancera-Fernandez, M. J. contaminantes químicos. en línea (<http://manceras.com.co/artquimicos.pdf>), seguridad y salud en el trabajo LTDA. 27/03/201541p.

Martín-Lara, M. A. 2008. Caracterización y aplicación de biomasa residual a la eliminación de metales pesados. Ingeniería Química. Granada, Universidad de Granada. Doctorado1-347

Martínez-Ataz, E. y Y. Díaz de Mera-Morales (2004). Contaminación atmosférica. España, Universidad de Castilla-La Mancha.

Mejía-Domínguez, C. M. 2011. "Metales pesados en suelos y plantas contaminación y fitotoxicidad." en línea (<http://www.scribd.com/doc/204360496/METALES-PESADOS-EN-SUELOS-Y-PLANTAS-CONTAMINACION-Y-FITOTOXICIDAD#scribd>) 01/04/2015: 1-107.

Michael-Gadd, G. 2010. "Metals, minerals and microbes: geomicrobiology and bioremediation." microbiology 156: 609-643.

Mocoa. 2002. "Suelo propiedades físicas y químicas." Ministerio de cultura y desarrollo rural, programa nacional de transferencia de tecnología agropecuaria pronatta 1: 1-14.

Navarro-Aviñó, J. P., I. Aguilar Alonso y J. R. López-Moya 2007. "Aspectos bioquímicos y genéticos de la tolerancia y acumulación de metales pesados en plantas." revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente 16: 10-25.

- Navarro-Garci, G. y S. Navarro-Blaya 2003. Quimica agricola. Grupo mundiprensa. Barcelona. 2 edicion487
- Olguín, E. J., M. E. Hernández y G. Sánchez-Galván 2007. "Contaminación de manglares por hidrocarburos y estrategias de biorremediación, fitorremediación y restauración." *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 23: 139-154.
- Orta-Arrazcaeta, L. 2002. "Contaminación de las aguas por plaguicidas químicos." *Fitosanidad* 6: 55-62.
- Ortíz-Brito, O., I. Ize-Lema y A. Gavilán-García 2003. "La restauración de suelos contaminados con hidrocarburos en México." *Gaceta Ecológica* 69: 83-92.
- Peña, C. E., D. E. Carter y F. Fierro-Ayala (2001). Evaluacion de riesgos y restauracion ambiental. Arizona, En linea (<http://superfund.pharmacy.arizona.edu/content/publications>).
- Pérez-López, Y., N. Moura do Amaral-Sobrinho, M. A. Balbín Arias, R. Valdés-Carmenate y M. O. Lima-Magalhães 2012. "Contenido de elementos metálicos en suelos característicos del municipio San José de las Lajas." *Ciencias Tecnicas Agropecuaria* 21: 43-46.
- Prieto-Méndez, J., C. A. González-Ramírez, A. D. Román-Gutiérrez y F. Prieto-García 2009. "Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua." *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 10: 29-44.
- Puga, S., M. Sosa, T. Lebgue, C. Quintana y A. Campos 2006. "Contaminación por metales pesados en suelo provocada por la industria minera." *ecologia aplicada* 5: 149-155.
- Ramirez, A. 2002. "Toxicología del cadmio conceptos actuales para evaluar exposición ambiental u ocupacional con indicadores biológicos." *Anales de la Facultad de Medicina* 63: 52-64.
- Ramírez, A. L., Teresita 2004. "Impacto del crecimiento industrial en la salud de los habitantes de una ciudad minera del Perú." *Anales de la Facultad de Medicina* 65: 111-118.
- Reyes, G., R. De Souza, A. Petersen y Jan. 2006. "La prevencion de la contaminacion industrial como asignatura para la formacion ambiental universitaria." *Universidad, Ciencia y Tecnología* 10: 198-204.
- Ríos, Y. 2013. Gomez contamina el Nazas. El siglo de Torreón. Torreón 181p.
- Romero-Placeres, M., F. Diego-Olite y M. Álvarez-Toste 2006. "La contaminación del aire su repercusión como problema de salud." *Revista cubana de higiene y epidemiología* 44: 1-14.

- Rucks, L., F. García, A. Kaplán, J. Ponce de León y H. Hill 2004. "Propiedades físicas del suelo." facultad de agronomía 1-68.
- Sabroso-González, M. C. y A. Pastor-Eixarch 2004. Guía sobre suelos contaminados. Confederación de pequeña y mediana empresa aragonesa 3-109
- SEMARNAT 2010. "Programa para mejorar la calidad del aire en la región de la Comarca Lagunera 2010-2015." SEMARNAT consultado 01/04/2015: 181p.
- Silva-Gómez, S. E., A. Muñoz-Orozco, M. d. L. Isla de Bauer y S. de la Infante-Gil 2002. "Contaminación ambiental en la región de Atlixco: 1. agua." *Terra Latinoamericana* 20: 243-251.
- Sumner, M. E., Ed. (1999). Handbook of soil science. Hardcover.
- Turekian, K. K. (2010). Marine chemistry and geochemistry. Londres, en línea ([http://books.google.com.mx/books?hl=en&lr=&id=F0HstDk\\_cgYC&oi=fnd&pg=PA72&dq=Transition+metals+and+heavy+metal+speciation&ots=ScwSh8HHtk&sig=\\_e0MNIP6iNu0z05hcaBdBxyi1sE&redir\\_esc=y#v=onepage&q=Transition%20metals%20and%20heavy%20metal%20speciation&f=false](http://books.google.com.mx/books?hl=en&lr=&id=F0HstDk_cgYC&oi=fnd&pg=PA72&dq=Transition+metals+and+heavy+metal+speciation&ots=ScwSh8HHtk&sig=_e0MNIP6iNu0z05hcaBdBxyi1sE&redir_esc=y#v=onepage&q=Transition%20metals%20and%20heavy%20metal%20speciation&f=false)).
- Twenergy 2012. Causas de la contaminación ambiental. en línea (<http://twenergy.com/a/causas-de-la-contaminacion-ambiental-587>). España, Endesa. 16-03-2015 1p.
- Valdés-Perezgasga, F. (1999). La contaminación por metales pesados en Torreon, Coahuila, Mexico. Torreon, Coahuila Mexico, CILADHAC.
- Vega-Matos, R. 2007. "Los impactos sobre la salud humana de los polvos de minerales y el desarrollo sustentable de la minería como alternativa para mitigar sus efectos." *revista futuros* 18: 1-16.
- Velasco-Rivera, A. y Y. M. Minota-Zea 2012. "Evaluación por contaminación en suelos aledaños a los cementerios jardines del recuerdo e immaculada." *Ciencia e Ingeniería Neogranadina* 22: 165-175.
- Volke-Sepulveda, T., J. A. Velasco-Trejo y D. A. de la Rosa-Pérez, Eds. (2005). suelos contaminados por metales y metaloides: muestreo y alternativas para su remediación. en línea ([https://books.google.com.mx/books?hl=en&lr=&id=A50ITx37ScsC&oi=fnd&pg=PA19&dq=tratamiento+de+suelo+contaminado+por+desechos+industriales&ots=Pj1UHRZEDX&sig=-J9erqDxjhyrxFQtf2dUZws\\_-64#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.mx/books?hl=en&lr=&id=A50ITx37ScsC&oi=fnd&pg=PA19&dq=tratamiento+de+suelo+contaminado+por+desechos+industriales&ots=Pj1UHRZEDX&sig=-J9erqDxjhyrxFQtf2dUZws_-64#v=onepage&q&f=false)). México.