



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

“CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS EN
PARQUES DEL DISTRITO FEDERAL Y ÁREA
CONURBADA (ZONA ESTE)”

T E S I S

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I Ó L O G A

PRESENTA:

ALMA BEATRÍZ GALLARDO MORENO

Director de Tesis: Dr. Guillermo Javier Horta-Puga

Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Estado de México 2009.





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIA

Quiero dedicar este logro, que es uno de mis más grandes anhelos a dos personas que son fundamentales en mi vida. Estas dos personas que con su ejemplo me han enseñado el valor del trabajo, de la constancia y del esfuerzo. Pero sobre todo han inculcado en mí, algo tan esencial como lo es el AMOR y RESPETO. Ellos de quienes hablo, son el regalo más hermoso que me haya regalado la vida, me han heredado el tesoro más valioso que puede dársele a un hijo: Amor. A quienes sin escatimar esfuerzo alguno, han sacrificado gran parte de su vida para formarme y educarme. A quienes la ilusión de su vida ha sido convertirme en una persona de provecho. A quienes nunca podré pagar todos sus desvelos, ni aun con las riquezas mas grandes del mundo.

Mis padres:

**Alejandra Moreno Escárcega
José Antonio Gallardo González**

Quiero decirles que sin ustedes no lo hubiera logrado. Los amo, los admiro y respeto. Sin duda alguna son mi mayor ejemplo. Gracias por su gran esfuerzo, su apoyo incondicional, sus cuidados y desvelos pero sobre todo por su infinito amor. Mami Ale y Papi Juan: LO LOGRE!!! Aquí está el fruto de todo el amor y apoyo que me han brindado a lo largo de mi vida. Agradezco a Dios y a la vida por darme a estos dos seres tan hermosos como mis padres. Soy muy afortunada al tenerlos a mi lado. LOS AMO.

Quiero dedicar también éste trabajo a tres angelitos que ya no están aquí, pero se que donde quiera que se encuentren lo verán. Mis abuelitos: Josefina Escarcega Mardueño y José Antonio Gallardo Camarillo yo se que siempre están cuidándonos a todos. Los amo, Y por ultimo a mi tía Dulce “Biscocha” quiero decirte que dejaste una gran huella en mí. Te quiero mucho, gracias por todo lo bonito que nos dejaste a todos, tu amor. A cada uno de ustedes los guardare siempre en mi corazón.

AGRADECIMIENTOS

A la máxima casa de estudios: Universidad Nacional Autónoma de México Campus Iztacala por brindarme el principal cimiento en mi formación como Bióloga.

A la primera persona que quiero expresarle mi más sincera admiración y profundo respeto es al Dr. Guillermo Horta Puga por su ayuda incondicional y disposición para la realización de mi Tesis, por su tiempo brindado a este proyecto, pero sobre todo por su sincera amistad. Profe de todo corazón GRACIAS!

A mis sinodales: M. en C. Mayra Mónica Hernández Moreno, M. en C. Francisco López Galindo, Biol. Margarita Moreno Ramírez y M. en C. Irma Delfín Alcalá por su valiosa colaboración así como en sus observaciones críticas en la redacción del trabajo, pero sobre todo por su amistad y cordialidad.

Maestra Margarita, nuestra mejor amiga, confidente y paño de lagrimas en todo momento, gracias por todo el tiempo que nos brindo, por su gran ayuda pero sobre todo por su paciencia y cariño. Siempre tenía las palabras indicadas para nosotras brindándonos los mejores consejos pero sobre todo ánimos para seguir adelante. La admiro y respeto. Nuevamente mil gracias. La quiero mucho.

Al Dr. Daniel Muñoz y al Biol. Alfonso Aburto Soler por el apoyo brindado en el laboratorio Edafología de la UBIPRO. Gracias por cada explicación y su gran paciencia.

Un agradecimiento especial al Biol. José Luis Tello por su apoyo y amistad durante toda la carrera. Gracias profe Tello.

A mis mejores amigas: gracias por cada risa, por todos los momentos que compartimos (buenos y malos), por todo su apoyo y paciencia. Pero sobre todo por brindarme su cariño y amistad. Créanme todo lo que viví con ustedes, lo voy a guardar en mi corazón. Badi: gracias por tanta risa, porque juntas aprendimos a reírnos y sacar solo lo mejor de los momentos difíciles. Mucha suerte amiga échale muchas ganas y animo, no te dejes de nadie, recuerda que te quiero mucho.

Selenoide: gracias por tus consejos, como te lo dije alguna vez, eres una de las personas que admiro y respeto muchísimo. Se que has pasado momentos difíciles pero los has sabido enfrentar y sobre todo has demostrado ser una mujer con mucha fortaleza. Te quiero mucho amiga. **Adrianita:** gracias por enseñarme la verdadera sencillez de las personas.

A toda mi familia: Abuelita Meche te amo, Abuelito Félix ya viste Dios nos dio otra oportunidad, te amo, eres ejemplo de lucha pero sobre todo de amor a la vida. A todos mis tíos y tías tanto por parte de mi mamá como de mi papá, gracias por vivir este sueño conmigo, por todos sus consejos, por darme ánimos cuando los necesitaba, pero sobre todo por tanto amor y cariño que me han dado a lo largo de mi vida.

Familia postiza: mil gracias por todo su apoyo, por estar conmigo tanto en las buenas como en las malas, los quiero mucho, cada uno de ustedes significan mucho para mí. Gracias por adoptarme y quererme como un miembro más de su familia. **DE TODO CORAZON GRACIAS.**

Amor: GRACIAS por compartir y vivir a mi lado uno de mis mas grandes logros. Gracias por estar aquí siempre conmigo apoyándome, cuidándome, pero sobre todo por encontrar las palabras indicadas para no dejarme caer y nunca darme por vencida. **TE AMO CON TODO MI SER. GRACIAS POR TODO AMOR.**

Monstro: Que, pensabas que me había olvidado de ti, pues no. A ti también tengo que darte las gracias por todas las platicas en las cuales me dabas animo para continuar, algunas veces por jalarme las orejas, otras tantas por ayudarme. Pero sobre todo gracias por ser mi hermano y por estar conmigo. **TE QUIERO MUCHO.**

“Por mi raza hablara mi espíritu

ÍNDICE

1.- Introducción	6 - 8
2.- Objetivos	9
3.- Materiales y método	10 - 16
3.1.- Descripción del Área de estudio	
3.2.- Métodos Empleados	
3.3.- Trabajo de Campo	
3.3.1.- Recolección Manual	
3.4.- Trabajo de Laboratorio	
3.5.- Determinación del contenido de Metales Pesados	
3.6.- Métodos de Análisis Edafológicos	
3.6.1.- Textura	
3.6.2.- Materia orgánica	
3.6.3.- pH	
4.- Resultados	17 - 36
4.1.- Características Edáficas de las muestras de suelo y polvo	
4.2.- Concentración de Metales Pesados en muestras de suelo y polvo	
4.3.- Resultados por elemento	
4.4.- Resultados por subzona	
5.- Análisis de resultados	37 - 58
5.1.- Análisis de las concentraciones por metal	
5.2.- Parámetros para la evaluar la contaminación de muestras	
5.3.- Promedios totales de Metales Pesados	
5.4.- Distribución de Metales Pesados por subzona	
5.5.- Correlación	
5.6.- Comparación de Resultados con otros trabajos	
6.- Conclusiones	59 - 60
7.- Bibliografía	61 - 66

1.- INTRODUCCIÓN

Las mega ciudades densamente pobladas y en rápido crecimiento, someten a sus poblaciones a niveles de contaminación atmosférica muy superiores a los recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 1997). La contaminación atmosférica afecta a millones de personas en todo el mundo, especialmente a aquellas que viven en los grandes núcleos urbanos y en áreas fuertemente industrializadas. Por ejemplo, la Ciudad de México, es una de las regiones más pobladas de la Tierra con más de 20 millones de habitantes en un área de 1486.4 km², esto ha ocasionado un incremento en los niveles de contaminantes ambientales, producto de las emisiones y desechos industriales no controlados, así como de los desechos domésticos. Aunado a que 4 millones de automóviles circulan en la Ciudad, lo que ha aumentado considerablemente la concentración de metales pesados con el subsecuente deterioro de la calidad ambiental (Morton-Bermea, 2006).

Se considera metal pesado al elemento metálico que tiene una densidad igual o superior a 5 g/cm³ cuando está en forma elemental (Kabata-Pendías y Pendías, 1992), cuyo número atómico es superior a 20 (excluyendo los metales alcalinos o alcalinotérreos). Su presencia en la corteza terrestre es inferior al 0,1% y casi siempre menor a 0,01%. Junto a estos metales pesados hay otros elementos químicos, arsénico, boro, bario y selenio que se suelen englobar con ellos por presentar orígenes y comportamientos asociados.

En general las grandes urbes presentan problemas de contaminación serios. Debido a ésta situación es importante el estudio de los metales en suelo ya que éstos pueden contaminarse por metales debido al contacto directo con residuos de actividades industriales, por lixiviado de residuos, depósito de lodos, regado con aguas residuales, tráfico vehicular, etc., lo cual trae como consecuencia problemas en el suelo como son: pérdida de fertilidad y capacidad biodegradadora, así como de otras funciones que directa o indirectamente permiten la supervivencia de flora y fauna, afectando indirectamente la salud del hombre (González *et al.*, 2003).

Los contaminantes, principalmente metales pesados, tienden a acumularse en diversos compartimientos ambientales, destacando el suelo de las áreas no cubiertas por pavimento y/o construcciones, y el polvo que se acumula sobre las superficies expuestas de las zonas urbanas (Kabata-Pendias, 1992). Un claro ejemplo de la contaminación en áreas verdes y parques, es el estudio realizado por Ordoñez *et al.* (2002) en España, donde reportaron que muchas de sus muestras de suelo presentaban altas concentraciones de As, Cd, Cu, Hg, Pb, Ni y Zn. El 35% de las muestras fueron tomadas de parques, el 30% en jardines, 25% en tierras subdesarrolladas, mientras que sólo el 10% fueron colectadas en tierras privadas que eran utilizadas para el cultivo de verduras para el consumo doméstico. De manera particular obtuvieron una muestra en un parque público del centro de la ciudad, específicamente en la zona de recreación infantil, la cual presentó concentraciones muy altas de Zn, Hg, Pb, Ag, Sr, Ca y As, representando un alto riesgo en la salud de la comunidad infantil.

Es importante mencionar que los suelos en los jardines, parques, patios etc., están sujetos tanto a deposiciones naturales como antropogénicas de metales pesados, causadas por la erosión de suelo, construcciones de caminos (asfalto, pintura de concreto), automóviles (neumáticos, polvo de frenos, óxidos y gases de combustión en tubos de escape), entradas industriales y deposiciones atmosféricas. En áreas urbanas, los niveles elevados de metales pesados en suelos pueden plantear un riesgo en la salud humana. El riesgo es sobre todo alto para los niños debido a la baja tolerancia que presentan hacia estos metales, así como a la ingestión involuntaria de cantidades significativas del polvo (o suelos) a través de la piel o el camino de la mano hacia la boca. Por otra parte la gente mayor quienes también son visitantes frecuentes de los parques pueden ser sensibles a las altas cantidades de los metales presentes en los suelos y polvos urbanos (Acosta *et al.*, 2008).

En años recientes se ha incrementado el estudio y caracterización del polvo suspendido en el aire de ciudades con intensa actividad industrial, donde los contenidos generalmente sobrepasan las normas ambientales en vigor (Aragón *et al.*, 2006). Como lo mostró un estudio en Madrid, realizado por Chacón *et al.* (1997), en el cual se analizó el polvo de caminos y carreteras de la ciudad, clasificando los

elementos en urbanos, naturales y de origen mezclado. Concluyendo que los elementos (Ba, Cd, Co, Cu, Mg, Pb, Ti y Zn) en su mayoría son originados por el tráfico, la construcción de edificios, la corrosión de los materiales de construcción, los compuestos usados como aditivos de aceites lubricantes, y diesel. En años subsecuentes, Puga *et al.* (2006), realizaron un estudio sobre la contaminación por metales pesados en suelo provocada por la Industria Minera en Chihuahua, evaluando los siguientes metales: Pb, Cd, Zn y As, y se concluyó que la mayor concentración se da en sitios cercanos a los jales, disminuyendo la concentración a medida que se aleja de ellos. Todos los elementos analizados sobrepasan los rangos establecidos por las agencias internacionales. Okunola *et al.* (2007) mostraron en su estudio que las fuentes más probables de los metales que analizaron (Pb, Cd, Zn, Cu, y Mn) son los automóviles, basura de productos de petróleo, y aceites que son vertidos a lo largo de los caminos así como emisiones industriales vía deposición atmosférica.

Los daños que causan estos metales son tan severos y en ocasiones ausentes de síntomas, que las autoridades ambientales y de salud de todo el mundo ponen mucha atención en minimizar la exposición de la población, en particular la población infantil, a estos elementos tóxicos.

Ejemplo de esto son los casos de envenenamiento por metales pesados entre la población infantil de Torreón, Coahuila, en el Norte-Centro de México (Valdés *et al.*,1999). Una situación similar se vivió en una zona urbana de Kosovo, ya que se realizó una explotación excesiva de recursos minerales sin tener en cuenta los efectos medio ambientales lo que trajo como consecuencia una degradación grave del medio y por supuesto, de la salud de la población (Seoáñez *et al.*,1999).

Aunque el Distrito Federal es pobre en áreas verdes, la mayoría de éstas están localizadas en el sur. Milpa Alta cuenta con el 32% aproximadamente, seguido por Tlalpan con el 30% y Xochimilco con 12%. El porcentaje restante está esparcido en las otras delegaciones, (Yip *et al.* 2000). Sin embargo la población hace un uso intensivo de estas áreas para su recreación y esparcimiento, por lo cual resulta imperativo conocer si existe algún riesgo para los infantes que visitan los parques de la ZMVM ya que se encuentran en contacto directo con el suelo de las zonas de recreación infantil.

Por este motivo es importante analizar las concentraciones de algunos metales pesados en muestras ambientales, que permitan mostrar referencias que estimen la dimensión de la contaminación específicamente en los suelos y polvos en los parques de la Ciudad de México.

Hipótesis

Debido a la problemática ambiental que presenta la ZMVM se espera que los suelos y polvos de los parques muestreados representen un riesgo importante en la salud de la población infantil, así mismo sean éstos los que presenten un alto grado de contaminación por metales pesados.

2.- Objetivo General

Determinar los parques de la parte Este del Distrito Federal y Área Conurbada, representan un riesgo para la población humana, principalmente infantil, por la presencia de concentraciones elevadas de metales pesados biodisponibles en el suelo de las áreas de recreación infantil y el polvo que se acumula sobre las aceras de los parques.

Objetivos Particulares

1. Determinar la concentración de Fe, Mn, Cd, Cr, Cu, Pb, Zn, Ni, Co y V, existentes en el polvo y el suelo de los parques de la zona Este de la Ciudad de México y Área Conurbada.
2. Determinar la concentración de Materia Orgánica, la textural y pH, de las muestras de suelo y polvo.
3. Determinar si existe una relación entre las características fisicoquímicas del suelo y polvo con las concentraciones de metales pesados en los parques de la Zona Metropolitana del Valle de México y Área Conurbada sección este.
4. Determinar cual subzona (norte, centro y sur9 de la ZMVM sección este se encuentra la mayor concentración de metales en suelo y polvo.

3.- MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Descripción del área de estudio

La zona metropolitana del Valle de México (ZMVM) se asienta sobre la planicie aluvial que dejaron los antiguos lagos de Texcoco, Chalco y Xochimilco en el interior de la Cuenca del Valle de México, la cual se encuentra en la región central del territorio nacional, y tiene como centroide la confluencia del paralelo 10° 30' de Latitud Norte y el Meridiano 99° 02' de Longitud Oeste. La Altitud promedio es de 2240 msnm.

La ZMVM colinda al Norte con el Estado de Hidalgo, al Oriente con los Estados de Puebla y Tlaxcala, al Sur con el Estado de Morelos; entre tanto, al Occidente limita con la Cuenca del Pánuco. La ZMVM posee una extensión de 4715.3 km² (3228.9 km² del Estado de México y 1486.4 km² del Distrito Federal). Del total de la superficie, el 65.5% es de uso urbano (43% del D.F y 22.5 del Estado de México) y el 34.5% restante es zona rural con usos de suelo agrícola, pecuario, forestal y áreas de conservación (Secretaría del Medio Ambiente, 2002). (Fig. 1)



Figura 1. Zona de estudio

3.2. Métodos empleados

El área de muestreo incluyó los parques y áreas verde recreativas que se distribuyen sobre la parte Este de la Ciudad de México y Área conurbada. En la zona este se tomaron muestras de las siguientes delegaciones y municipios: Tecamac, Teotihuacán, Ecatepec, Atenco, Gustavo A. Madero, Venustiano Carranza, Chalco, Netzahualcóyotl, Iztacalco, Coyoacán, Iztapalapa, Ixtapaluca, Tláhuac y Xochimilco, cabe mencionar que en esta zona se ubican Áreas Naturales protegidas, y también presenta una actividad industrial importante en la mayoría de las delegaciones como industrias manufactureras, producción de alimentos, bebidas y tabaco, productos metálicos, maquinaria y algunas plantas generadoras de energía eléctrica. En éste trabajo sólo se muestrearon parques que se encuentran en la zona Este del Distrito Federal y Área Conurbada (Fig. 2, Tabla 1), cumpliendo con una distribución homogénea. Se tomaron en cuenta algunos factores como por ejemplo: si se localizaban en vías de circulación importantes, el uso que se les da y la importancia que tienen para los habitantes que se encuentran viviendo en sus alrededores ya que si por diversas situaciones las personas no pueden salir a otros lugares fuera de la ciudad, éstos son espacios recreativos dentro de ella y por lo tanto son muy concurridos para la diversión de las familias. Simultáneamente se realizó otro trabajo por Adriana Gutiérrez Carrillo, en el que se muestreó la zona Oeste del Distrito Federal y Área Conurbada siendo ambos estudios complementarios.

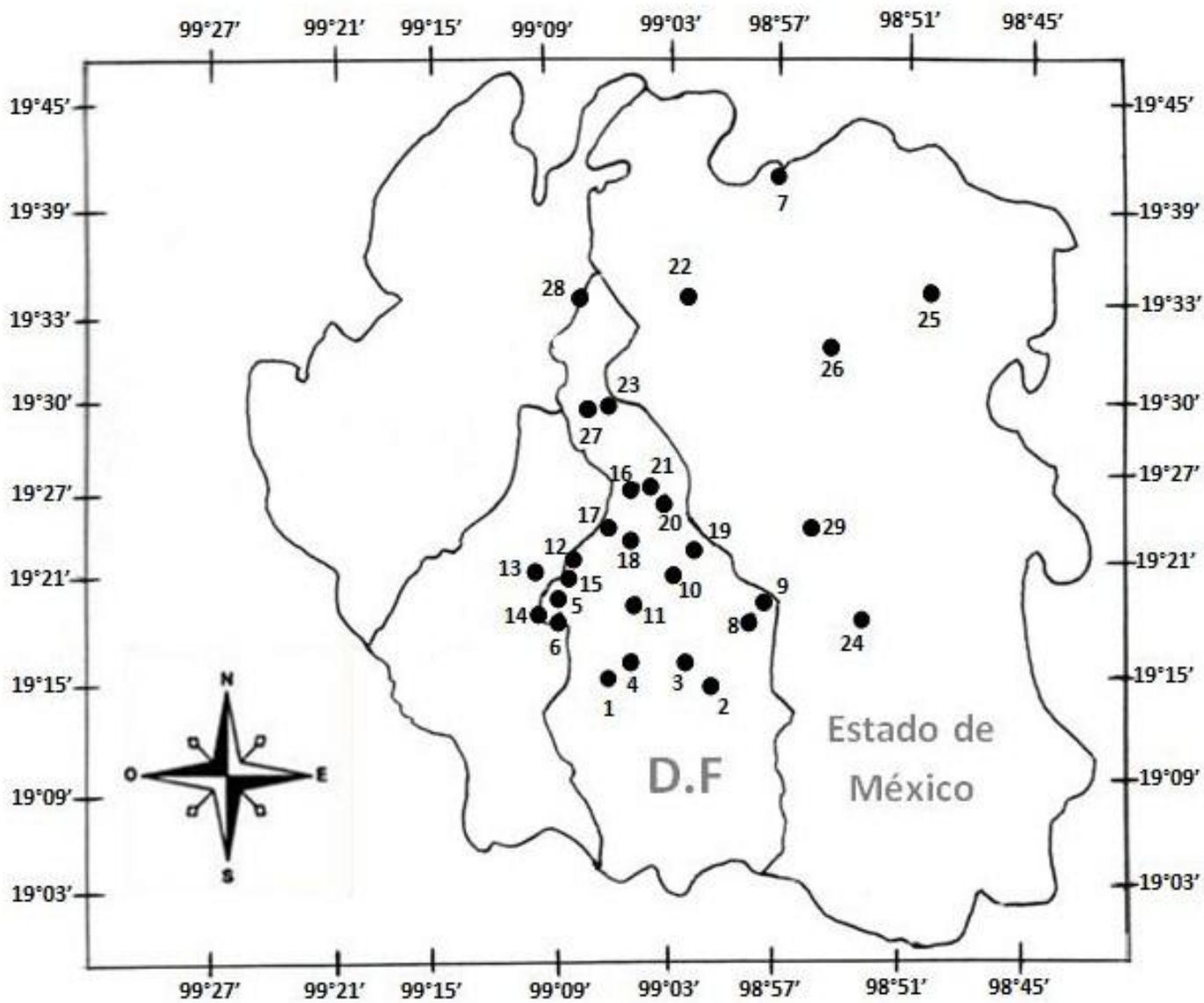


Figura 2. Localización de los sitios de muestreo

Tabla 1. Listado de parques

muestreados.

#	PARQUE	ENTIDAD FEDERATIVA	COLONIA	COORDENADAS	
				LATITUD	LONGITUD
1	CENTRO DEPORTIVO XOCHIMILCO	XOCHIMILCO	SN. PEDRO, CALLE 16 DE SEPTIEMBRE, CALZADA DE LA REDENCIÓN Y CALLE MAÍZ.	19°15'17.86"N	99°06'20.30"O
2	BOSQUE SAN JUAN TLAXIALTEMALCO	XOCHIMILCO	SN. LUIS TLAXIALTEMALCO, CALLE FRANCISCO I. MADERO Y AÑO DE JUÁREZ, ANDADOR REY TIZOC.	19°15'32.9"N	99°01'45.6"O
3	BOSQUE DE TLAHUAC	TLAHUAC	MIGUEL HIDALGO, CALLE HEBERTO CASTILLO, CALLE GUILLERMO PRIETO	19°17'00.6"N	99°02'48.2"O
4	PARQUE ECOLOGICO XOCHIMILCO	XOCHIMILCO	ANILLO PERIFÉRICO, CALLE DEL CANAL NACIONAL	19°17'58.1"N	99°05'38.5"O
5	CIUDAD UNIVERSITARIA (FACULTAD DE QUIMICA)	COYOACAN	AV. INSURGENTES SUR, CALLE ESCOLAR C.U.	19°20'00.8"N	99°11'16.5"O
6	PARQUE ECOLOGICO HUAYAMILPAS	COYOACAN	PEDREGAL DE MONSERRAT, CALLE CORAS, CALLE NEZAHUALCOYOTL, CALLE HUAYAMILPAS	19°19'28.3"N	99°09'00.1"O
7	PARQUE VILLA SIERRA HERMOSA	TECAMAC	CARRETERA CIUDAD DE MEXICO-PACHUCA	19°42'15.3"N	98°57'44.6"O
8	PARQUE SIERRA SANTA CATARINA	TLAHUAC	SAN FRANCISCO APOLOCALCO	19°19'36.05"N	99°58'04.19"O
9	PARQUE ECOLOGICO YAUTLICA	IZTAPALAPA	AMPLIACIÓN EMILIANO ZAPATA, AV. LAS TORRES, CALLE J. GABRIEL	19°20'01.6"N	99°58'55.7"O
10	PARQUE DEPORTIVO ECOLOGICO CUITLAHUAC	IZTAPALAPA	RENOVACIÓN, AV. GUELATAO, CALLE LUIS MÉNDEZ	19°21'54.8"N	99°02'38.6"O
11	PARQUE NACIONAL CERRO DE LA ESTRELLA	IZTAPALAPA	EL SANTUARIO, ERMITA IZTAPALAPA, CALLE S.N	19°20'41.8"N	99°05'34.7"O
12	PARQUE MASHAYOSHI OHIRA	COYOACAN	CHURUBUSCO, CALLE DE LOS CICLISTAS Y CALLE DE LOS CORREDORES.	19°21'08.7"N	99°08'32.1"O
13	VIVEROS DE COYOACÁN	COYOACAN	CALLE UNIVERSIDAD, CALLE MADRID Y CALLE MÉXICO	19°21'10.4"N	99°10'26.2"O
14	CENTRO CULTURAL UNIVERSITARIO	COYOACAN	AV. INSURGENTES SUR, CALLE INTERIOR DE LA UNAM	19°18'49.0"N	99°11'04.9"O
15	PARQUE XICOTENCATL (ALAMOS)	COYOACAN	ÁLAMOS, CALLE DE CASTILLA, CALLE FERNANDO	19°21'04.2"N	99°08'17.5"O
16	BOSQUE SAN JUAN DE ARAGON	GUSTAVO A. MADERO	BOSQUE SAN JUAN DE ARAGÓN, CALLE ISIDRO FABELA, AV. 608 Y AV. 412	19°27'43.1"N	99°04'47.1"O
17	PARQUE LOS PERIODISTAS ILUSTRES	VENUSTIANO CARRANZA	AV. CONGRESO DE LA UNIÓN, CALLE FRAY SERVANDO TERESA DE MIER, CALLE LUCAS ALAMÁN	19°25'13.0"N	99°07'08.0"O
18	DEPORTIVO MAGDALENA MIXHUCA	IZTACALCO	IGNACIO ZARAGOZA, CALLE VIADUCTO RIO DE LA PIEDAD, AV. RIO CHURUBUSCO	19°24'29.8"N	99°05'29.6"O
19	PARQUE DEL PUEBLO	NEZAHUALCOYOTL	AMPLIACIÓN VICENTE VILLADA, CALLE SAN ESTEBAN, CALLE GLORIETA DE COLÓN	19°23'40.8"N	99°00'17.3"O
20	ALAMEDA ORIENTE	VENUSTIANO CARRANZA	EL ARENAL CUARTA SECCIÓN, CALLE VÍA TAPO EXPRESS, ANILLO PERIFÉRICO	19°26'05.6"N	99°03'22.5"O
21	BOSQUE SAN JUAN DE ARAGON FRENTE (2)	GUSTAVO A. MADERO	BOSQUE SAN JUAN DE ARAGÓN, AV. INGENIERO JOSÉ LORETO FABELA, AV. 510	19°27'40.21"N	99°04'52.44"O
22	DEPORTIVO SIERVO DE LA NACION	ECATEPEC	VÍA MORELOS, CALLE ORIENTE 1	19°34'20.9"N	99°02'38.7"O
23	IPN ZACATENCO	GUSTAVO A. MADERO	SAN JOSÉ TICOMAN, AV. INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL, CALLE DE MIGUEL ANDRADE DE ÁNDA Y BARREDO	19°30'09.39"N	99°07'53.93"O
24	PARQUE ECOLOGICO LOS HEROES	IXTAPALUCA	LOS HÉROES IXTAPALUCA	19°19'35.60"N	98°52'55.76"O
25	TEOTIHUACÁN	TEOTIHUACAN	CARRETERA A TEOTIHUACAN, CALLE DEL CIRCUITO PIRÁMIDES	19°41'34.3"N	98°50'37.0"O
26	PARQUE DE LOS AHUEHUETES	ATENCO	CARRETERA TEXCOCO-TEPEXPAN	19°32'47.9"N	98°55'28.7"O
27	AREA DE RESERVA ECOLOGICA CERRO DE ZACATENCO	GUSTAVO A. MADERO	SAN PEDRO ZACATENCO, INSURGENTES NORTE	19°30'19.57"N	99°07'09.39"O
28	RESERVA SIERRA DE GUADALUPE (D.F)	GUSTAVO A. MADERO	MALACATES, CALLE TOKIO	19°34'42.44"N	99°08'03.42"O
29	PARQUE MUNICIPAL DE SAN JOSE	CHALCO	BLVR. ANTONIO MONTIEL	19°24'36.6"N	99°56'01.6"O

3.3. Trabajo de campo

El muestreo se llevó a cabo durante Octubre 2007 a Enero 2008. Las muestras de suelo se obtuvieron en las áreas de juegos infantiles ya que en éstas zonas los infantes están en contacto directo con el suelo probablemente contaminado, cabe mencionar que las muestras fueron tomadas superficialmente aproximadamente a 15 cm de profundidad. En el caso de la recolección de polvo, las muestras se obtuvieron en los accesos a los parques y sobre las aceras, ya que en estos lugares había mayor concentración de polvo.

3.3.1. Recolección manual

Los instrumentos que se utilizaron para la recolección de las muestras fueron los siguientes:

- palas de plástico
- bolsas de polietileno previamente etiquetadas

Se obtuvo una muestra de 250 g aproximadamente para cada una de las mismas. Sólo se tomó una muestra de suelo y una muestra de polvo en cada parque.

3.4. Trabajo de laboratorio

Las muestras tanto de suelo como de polvo se llevaron al laboratorio y se secaron al aire libre para eliminar la humedad. Una vez secas las muestras se limpiaron eliminando la hojarasca así como residuos de basura. Después se tamizaron en un tamiz de malla de 2mm aproximadamente, algunas de las muestras se homogenizaron usando un mortero de ágata cuando presentaron agregados muy grandes.

3.5. Determinación del contenido de metales pesados

Para la extracción química de los metales (Fe, Mn, Cu y Zn) en las muestras de suelo y polvo se utilizó la técnica con DTPA de acuerdo con lo propuesto por Lindsay y Norvell, 1978 citado por Carter (1993). Esta solución quelante posee la propiedad química de combinarse con iones metálicos polivalentes en solución. Ésta técnica se utilizó debido a que está establecida en la norma Mexicana PROY-NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004

para la extracción de la fracción biodisponible en suelos, ya que esta fracción es la que puede ser incorporada por el ser humano. Para éste método se pesaron 5 g de muestra, colocándola en un frasco de polietileno previamente lavado (HNO_3 al 10%), posteriormente se le añadieron 25mL de la solución extractante de DTPA colocando el frasco en un agitador orbital durante 2 h a una velocidad de 120 ciclos por minuto. Después se realizó un filtrado de la solución usando un papel filtro Whatman No. 42, y posteriormente se hizo el análisis del filtrado por espectrofotometría de absorción atómica a la flama (Varian SpectrAA 800), en el Laboratorio de Biogeoquímica en la UBIPRO. Para la extracción de Cd, Pb, Ni, V, Cr y Co se realizó la técnica con solución 1M de HNO_3 de acuerdo con lo propuesto por Lindsay y Norvell, 1978 citado por Carter (1993), se utilizó esta técnica porque permite una extracción rápida de la fracción biodisponible. El procedimiento fue el siguiente: se pesaron 3 g de muestra y posteriormente se depositaron en un frasco de polietileno previamente lavado (HNO_3 al 10%) añadiéndole 30 mL de la solución 1M de HNO_3 . Después se sometió la muestra a un agitador orbital durante 2 h a una velocidad de 120 ciclos por minuto, al término se realizó un filtrado de la muestra utilizando papel filtro Whatman No. 42., para su posterior análisis por espectrofotometría de absorción atómica a la flama (Varian SpectrAA 800), en el Laboratorio de Biogeoquímica en la UBIPRO.

3.6. Métodos de análisis edafológicos

De acuerdo con Muñoz *et al.* (2007), se analizaron diferentes parámetros edáficos como textura, materia orgánica y pH para la caracterización de las muestras.

3.6.1. Textura

Se realizó por el método del hidrómetro (Boyucos, 1962). Este método es el más usado en la determinación de las texturas y está basado en el cálculo de la velocidad de sedimentación de las partículas, utilizando el principio de la ley de Stokes que establece lo siguiente: “la densidad de una solución acuosa en reposo varía directamente con la cantidad de partículas en suspensión que se van asentando de acuerdo a su diámetro y al tiempo transcurrido”.

3.6.2. Materia orgánica

Se realizó por el método de oxidación con ácido crómico y ácido sulfúrico (Walkley y Black, 1947). Este método se basa en la oxidación de la materia orgánica mediante un agente añadido en exceso al suelo, con la subsiguiente valoración o determinación de dicho agente. En el método de Walkley y Black, la materia orgánica del suelo se oxida mediante el calor de la reacción del dicromato de potasio en presencia de ácido sulfúrico, formando ácido crómico cuyo exceso es valorado por titulación con sulfato ferroso y la solución indicadora de difenilamina. Además, se adiciona ácido fosfórico para eliminar la acción enmascaradora de los óxidos de hierro y como contribuyente al viraje de la solución.

3.6.3.

pH

Se realizó por el método potenciométrico (Bates, 1954; Willard, Merrit y Dean, 1958). El método potenciométrico o electrométrico para medir el pH del suelo es el más utilizado en los laboratorios, con este método se mide el potencial de un electrodo sensitivo a los aniones H^+ (electrodo de vidrio) presentes en una solución problema, usando como referencia un electrodo cuya solución problema no se modifica cuando cambia la concentración de los iones a medir; siendo generalmente un electrodo de calomelano o de $Ag/AgCl$. El electrodo de vidrio a través de sus paredes desarrolla un potencial eléctrico. En la práctica se utilizan soluciones tampones, de pH exactamente conocido, para calibrar el instrumento y luego comparar, ya sea el potencial eléctrico o directamente el pH de la solución a evaluar. El establecimiento de las características edáficas de un suelo resulta imprescindible a la hora de determinar la toxicidad de un metal pesado ya que de estas características depende el comportamiento del suelo frente a la acumulación de metal. Cabe mencionar que para el mejor manejo de datos se dividieron los puntos de muestreos en tres sub zonas (norte, centro y sur), las cuales se especifican más adelante. También se realizó una correlación entre los parámetros físicos y químicos del suelo y polvo con los metales analizados y por último se comparan los resultados obtenidos en éste trabajo con otros realizados.

4.- RESULTADOS

Los primeros análisis realizados en las muestras de suelo y polvo correspondientes a los 29 parques previamente muestreados fueron los diferentes parámetros edáficos como pH , materia orgánica y textura (Tablas 2 y 3).

4.1. CARACTERÍSTICAS EDAFICAS DE LAS MUESTRAS

SUELO

El pH promedio fue de 7.6 ligeramente alcalino, el Bosque San Juan Aragón presentó el pH más alcalino con 9.7, y por el contrario, la muestra de Viveros de Coyoacán tuvo el pH más ácido con 5.8.

En cuanto a la materia orgánica, el Centro Deportivo Xochimilco registró 23.1% siendo éste porcentaje el más alto y rico en materia orgánica, sin embargo la muestra obtenida del Bosque de San Juan Aragón (2) tuvo 0.8% registrando el porcentaje más bajo y pobre en materia orgánica. En promedio la materia orgánica fue de 7.9%.

Las muestras de suelo analizadas presentaron 5 tipos de texturas como: Franco arenoso, franco arcilloso arenoso, arena migajosa, y franco limoso.

POLVO

El pH promedio fue neutro con 7.2, la muestra recolectada en el Parque Villa Sierra Hermosa presentó el pH más alcalino de 9.3, siendo que la muestra del Parque Mashayoshi Ohira y el Centro Cultural Universitario registraron el pH más ácido de 5.9.

En cuanto a la materia orgánica la muestra del Parque de los Periodistas Ilustres registró 39.6% siendo el porcentaje más alto, en tanto que la muestra del Parque Villa Sierra Hermosa tuvo 0.5% registrando el porcentaje más bajo, el promedio de la materia orgánica fue de 12.9%.

Las muestras de polvo analizadas presentaron 3 tipos de texturas como: Franco arenoso, Arena y Arena migajosa.

Tabla 2. Parámetros edáficos determinados en muestras de suelo.

PARQUE	pH	%				TEXTURA
		M.O	Arenas	Limos	Arcillas	
Centro Deportivo Xochimilco	6.6	23.1	78.8	12	9.2	Franco Arenoso
Bosque San Juan Tlaxialtemalco	7.1	2.6	84.4	10.4	5.2	Franco Arenoso
Bosque de Tlahuac	7	14.8	72.8	19.6	7.6	Franco Arenoso
Parque Ecológico Xochimilco	8.6	5.5	58.8	25.6	15.6	Franco Arenoso
Ciudad Universitaria (F.Q)	6.8	8.6	76.4	20	3.6	Franco Arenoso
Parque Ecológico Huayamilpas	7.3	2.1	88.8	0.4	11.6	Franco Arenoso
Parque Villa Sierra Hermosa	6.9	6.7	94.4	0.4	6	Franco Arenoso
Parque Sierra Santa Catarina	8.3	2.9	78.4	17.6	4	Franco Arenoso
Parque Ecológico Yautlica	8	2.6	68.4	23.6	8	Franco Arenoso
Parque Deportivo Ecológico Cuitlahuac	6.4	13.4	70	22	8	Franco Arenoso
Parque Nacional Cerro de la Estrella	8.5	4.4	80	14	6	Franco Arenoso
Parque Mashayoshi Ohira	6.5	5.5	74.4	7.6	18	Franco Arenoso
Viveros de Coyoacan	5.8	5.9	78.4	10	31.6	Franco Arcillo Arenoso
Centro Cultural Universitario	6.5	8.8	94.4	2.8	2.8	Arena Migajosa
Parque Xicoténcatl (Álamos)	8.1	6.6	83.6	2	14.4	Franco Arenoso
Bosque San Juan de Aragón	9.7	3.9	41.6	52	6.4	Franco Limoso
Parque los Periodistas Ilustres	7.2	15.7	65.6	18	16.4	Franco Arcillo Arenoso
Deportivo Magdalena Mixhuca	8.2	3.2	65.6	17.6	16.8	Franco Arenoso
Parque del Pueblo	8.4	16	75.6	21.6	2.8	Arena Migajosa
Alameda Oriente	8.3	12	72.4	19.6	8	Arena Migajosa
Bosque San Juan de Aragón (2)	7.4	0.8	73.6	17.6	8.8	Franco Arenoso
Deportivo Siervo de la Nación	7.7	12.9	65.6	23.6	10.8	Franco Arenoso
IPN Zacatenco	7.1	14.6	65.6	27.6	6.8	Franco Arenoso
Parque Ecológico los Héroes	7.8	15.1	77.2	16	6.8	Arena Migajosa
Teotihuacán	8.2	3.1	63.2	24	12.8	Franco Arenoso
Parque de los Ahuehuetes	8.1	0.9	91.2	1.6	7.2	Arena
Área de Reserva Ecológica Cerro de Zacatenco	7.7	5.3	57.2	21.6	21.2	Franco Arcillo Arenoso
Reserva Sierra de Guadalupe (D.F)	7.6	9.2	63.2	27.6	9.2	Franco Arenoso
Parque Municipal de San José	7.8	2.3	61.2	25.6	13.2	Franco Arenoso
Max	9.7	23.1	94.4	52	31.6	
Min	5.8	0.8	41.6	0.4	2.8	
D.E	7.6±0.8	7.9±5.7	73.1±11.9	17.5±10.6	10.7±6.2	

Tabla 3. Parámetros edáficos evaluados en muestras de Polvo.

Parque	pH	%				Textura
		M.O	Arenas	Limos	Arcillas	
Centro Deportivo Xochimilco	6.4	8.6	88.8	4	7.2	Franco Arenoso
Bosque San Juan Tlaxiatalmalco	6.8	3.1	82.8	9.6	7.6	Franco Arenoso
Bosque de Tlahuac	7	7.8	78.8	15.6	5.6	Franco Arenoso
Parque Ecológico Xochimilco	7.9	4.1	88.4	6	5.6	Franco Arenoso
Ciudad Universitaria (F.Q)	6.8	8.6	86.4	6	7.6	Franco Arenoso
Parque Ecológico Huayamilpas	7	1.6	92	6	2	Franco Arenoso
Parque Villa Sierra Hermosa	9.3	0.5	80.4	13.6	6	Franco Arenoso
Parque Sierra Santa Catarina	7.3	16.2	92.4	5.6	2	Franco Arenoso
Parque Ecológico Yautlica	7.5	0.9	92	6	2	Franco Arenoso
Parque Deportivo Ecológico Cuitlahuac	7.9	0.5	94.4	3.6	2	Franco Arenoso
Parque Nacional Cerro de la Estrella	6.6	20.6	*	*	*	*
Parque Mashayoshi Ohira	5.9	19.4	84	12	4	Franco Arenoso
Viveros de Coyoacan	6.7	18.6	96.8	1.6	1.6	Arena
Centro Cultural Universitario	5.9	28.1	*	*	*	*
Parque Xicoténcatl (Álamos)	7.3	27.5	83.6	12	4.4	Franco Arenoso
Bosque San Juan de Aragón	7.7	7.7	81.6	16	2.4	Arena Migajosa
Parque los Periodistas Ilustres	6.9	39.6	79.6	15.6	4.8	Franco Arenoso
Deportivo Magdalena Mixhuca	7.3	6.6	89.6	8	2.4	Arena
Parque del Pueblo	7.9	27.6	*	*	*	*
Alameda Oriente	7.6	14.6	87.2	9.6	3.2	Franco Arenoso
Bosque San Juan de Aragón (2)	7.3	5.5	92.4	5.6	2	Franco Arenoso
Deportivo Siervo de la Nación	7	15.7	*	*	*	*
IPN Zacatenco	6.9	14.2	79.6	13.6	6.8	Arena Migajosa
Parque Ecológico los Héroes	7.3	3.2	93.6	3.6	2.8	Arena
Teotihuacán	7	7.2	57.2	29.6	13.2	Franco Arenoso
Parque de los Ahuehuetes	7.9	27.4	91.2	6	2.8	Franco Arenoso
Área de Reserva Ecológica Cerro de Zacatenco	7.7	15.5	*	*	*	*
Reserva Sierra de Guadalupe (D.F)	7.9	15.9	*	*	*	*
Parque Municipal de San José	7.4	6.1	83.2	13.6	3.2	Franco Arenoso
Max	9.3	39.6	96.8	29.6	13.2	
Min	5.9	0.5	57.2	3.6	2	
D.E	7.2±0.7	12.9±10.1	85.9±36.2	10±6.7	4.5±3	

4.2. CONCENTRACION DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE SUELO Y POLVO

Una vez realizado el análisis edafológico se evaluó la concentración de metales pesados en las muestras de suelo y polvo, donde se obtuvieron los siguientes resultados. (Tablas 4 y 5)

SUELO

En el caso del Cu y el Zn la Reserva Sierra de Guadalupe (D.F) presentó las concentraciones más altas registrando valores de 3.6 µg/g y 26.3 µg/g respectivamente.

El Parque de los Periodistas Ilustres tuvo la mayor concentración de Mn y Pb con un valor de 16.6 µg/g y 145.6 µg/g respectivamente.

El Centro Deportivo Xochimilco registró el nivel más alto de Fe con 22.9 µg/g. La concentración más alta de Cr la registró el Parque del Pueblo con 26.7 µg/g.

En el caso del Cd la concentración más alta se registró en el Deportivo Magdalena Mixhuca con 6.1 µg/g.

Refiriéndonos al Ni, el parque que presentó la mayor concentración fue el Parque Ecológico Xochimilco con 12 µg/g.

El Bosque de San Juan Aragón registró la concentración más alta de Co con 2.8 µg/g y por último el V registró la concentración más alta en el Deportivo Siervo de la Nación, con 20.3 µg/g.

POLVO

En el caso del Cu, Zn y Ni, el Deportivo Magdalena Mixhuca presentó las concentraciones más altas con 5.5 µg/g, 77.5 µg/g y 11.1 µg/g respectivamente.

El IPN Zacatenco obtuvo la mayor concentración de Mn con un valor de 42.2 µg/g. El parque Xicoténcatl (Álamos) registró el nivel más alto de Fe con 22.3 µg/g.

La concentración más alta de Cr la registró el parque San José con 28.8 µg/g. El Cd tuvo la concentración más alta en la Reserva Sierra de Guadalupe (D.F) con 1 µg/g.

El Deportivo Siervo de la Nación registró la mayor concentración de Pb con 1940.1 µg/g seguido del parque Municipal San José con 574.8 µg/g y 326.8 µg/g registrado en Ciudad Universitaria (Facultad de Química).

El parque de Los Periodistas Ilustres registró el nivel más alto de Co con 3.5 µg/g. Y por último la concentración más alta de V lo registro el Parque Ecológico Huayamilpas con 1.1 µg/g.

Tabla 4. Concentración de Metales Pesados determinados en muestras de suelo.

Parque	DTPA							HNO ₃		
	Cu μg/g	Mn μg/g	Zn μg/g	Fe μg/g	Cr μg/g	Cd μg/g	Pb μg/g	Ni μg/g	Co μg/g	V μg/g
Centro Deportivo Xochimilco	0.3	2.7	1.8	22.9	1.3	0.2	11.3	2.6	1.9	6.6
Bosque San Juan Tlaxiátemalco	0.1	1.3	1.8	4.9	0.7	0.1	5.7	3.3	1.1	3.7
Bosque de Tlahuac	1.3	1.8	21.7	3.6	1.6	0.4	15.7	6.1	1.9	7.6
Parque Ecológico Xochimilco	0.6	0.4	0.7	0.6	4.2	0.7	7.7	12	2.3	4.1
Ciudad Universitaria (F.Q)	0.8	4	0.9	20.8	0.9	0.3	30	6.1	2.1	3.7
Parque Ecológico Huayamilpas	0.7	0.9	2.2	3.3	1.7	0.2	20.7	3.5	1.6	3.7
Parque Villa Sierra Hermosa	0.2	1.5	1.9	0.6	1.1	0.3	5.1	6.4	1.9	4.5
Parque Sierra Santa Catarina	0.6	0.4	1.9	1.5	0.5	0.2	7.7	2.8	1.1	3.8
Parque Ecológico Yautlica	0.1	0.5	0.8	2.2	0.7	0.2	3.8	3.2	1.1	4.1
Parque Deportivo Ecológico Cuitlahuac	0.1	1.4	2.3	7.1	0.7	0.2	6.2	4	1	5.8
Parque Nacional Cerro de la Estrella	0.1	0.4	0.1	0.6	1.1	0.4	3.7	6.2	1.8	12.4
Parque Mashayoshi Ohira	0.7	0.7	1.9	4.5	1.2	0.3	29.6	4.7	2.1	7.1
Viveros de Coyoacan	0.5	2.6	2.4	10.3	0.9	0.2	8.3	6.2	2.5	6.6
Centro Cultural Universitario	0.4	2	2.8	11.9	1	0.2	7.9	3.7	1.3	6.8
Parque Xicotencatl (Alamos)	2.1	0.2	2	2.1	2.4	0.7	72.5	6.5	2.7	10.2
Bosque San Juan de Aragón	0.4	0.8	0.5	0.7	2.5	0.4	11.5	4.5	2.8	10.8
Parque los Periodistas Ilustres	1.5	16.6	1.5	7	2.5	0.5	145.6	7.3	2.5	9.9
Deportivo Magdalena Mixhuca	2.1	0	3.2	0.6	4.1	6.1	62.5	6.4	2.1	6.3
Parque del Pueblo	0.3	1.9	1.7	4.5	26.7	0.3	8.3	4.2	1.7	4.5
Alameda Oriente	0.3	0.5	1.8	1.3	17.9	0.6	40.8	5.3	1.9	3.6
Bosque San Juan de Aragón (2)	0.3	0.3	1.4	3.9	1.5	0.3	13.2	4.8	1.5	2.9
Deportivo Siervo de la Nación	0.4	0.6	2.1	5	3.9	0.5	22.7	9.5	2.4	20.3
IPN Zacatenco	1.5	2	3.3	4	1.8	0.5	25	4.6	2.4	7.4
Parque Ecológico los Héroes	1	6.4	0.9	1.8	0.9	0.2	4.5	5.5	2.6	3.4
Teotihuacán	0.1	4.7	2.4	2	0.5	0.2	2.5	1.5	1.2	1.6
Parque de los Ahuehuetes	0.4	0.3	1.4	0.6	2.1	0.3	9.3	3.2	1.5	3.7
Reserva Ecológica Cerro de Zacatenco	1.1	2	5.2	2.4	2.3	0.4	8.5	4.6	2.4	8.6
Reserva Sierra de Guadalupe (D.F)	3.6	4.1	26.3	20.7	0.1	0.2	3.5	0.9	0.3	0.2
Parque Municipal de San José	0.4	1	0.5	5.2	1.2	0.2	3	5.5	2.4	5.3
Max	3.6	16.6	26.3	22.9	26.7	6.1	145.6	12	2.8	20.3
Min	0.1	0	0.1	0.6	0.1	0.1	2.5	0.9	0.3	0.2
D.E	0.8±0.7	2.1±3.1	3.4±5.8	5.4±6.2	3±5.5	0.5±1	20.6±29.5	5±2.2	1.9±0.6	6.2±3.9

Tabla 5. Concentración de Metales Pesados encontrados en muestras de polvo.

PARQUE	DTPA						HNO3			
	Cu µg/g	Mn µg/g	Zn µg/g	Fe µg/g	Cr µg/g	Cd µg/g	Pb µg/g	Ni µg/g	Co µg/g	V µg/g
Centro Deportivo Xochimilco	2	8.6	8.7	9.6	27.1	0.5	197.3	7.6	2.3	0.3
Bosque San Juan Tlaxialtemalco	1.4	8.3	9.7	5.8	3.3	0.2	24.9	4.7	1.9	0.4
Bosque de Tlahuac	3.5	12.2	17.6	11.8	11.1	0.4	53.5	5	1.2	0.2
Parque Ecológico Xochimilco	1.9	6.3	3.1	8.2	6.1	0.4	59	7.7	1.6	0.2
Ciudad Universitaria (F.Q)	4.6	10.2	2.2	6.8	22.5	0.5	326.8	5.4	1.9	0.4
Parque Ecológico Huayamilpas	1.1	4.1	2.3	9.8	8.6	0.5	49.5	1.1	1.2	1.1
Parque Villa Sierra Hermosa	0.2	5.6	1.6	2.8	2.2	0.5	10.3	6.2	2.2	0.4
Parque Sierra Santa Catarina	0.6	5.1	2	0.8	1.3	0.3	7	3.9	0.9	0.2
Parque Ecológico Yautlica	1.4	5.4	2.7	4.5	13.8	0.3	84	5.2	1	0.2
Parque Deportivo Ecológico Cuitlahuac	0.6	3.7	2.1	3.3	4.9	0.2	23.4	2.6	0.7	0.3
Parque Nacional Cerro de la Estrella	0.6	6.5	1	1	10.4	0.3	141.1	4.9	1.6	0.3
Parque Mashayoshi Ohira	3	16.7	2.9	10.4	20.2	0.3	83.4	3.8	1.6	0.4
Viveros de Coyoacan	2.3	11.6	2.2	7.8	14.6	0.4	75	5	1.2	0.2
Centro Cultural Universitario	1	5.4	1.6	4.8	11.4	0.3	61.3	3.4	1.2	0.4
Parque Xicoténcatl (Álamos)	3.2	15	10.9	22.3	23.8	0.8	0	8	2.6	0.3
Bosque San Juan de Aragón	2.6	16.6	3	5.4	6.3	0.7	47	6.4	2.3	0.4
Parque los Periodistas Ilustres	1	11.4	1.7	3.9	10.9	0.9	141.9	8.6	3.5	0.4
Deportivo Magdalena Mixhuca	5.5	11	77.5	17.2	12.9	0.9	98.2	11.1	2.4	0.2
Parque del Pueblo	2.7	5.6	18	6.1	1.4	0.7	8.6	7.9	1.8	0.2
Alameda Oriente	1.5	0.1	1.6	6.4	1.7	0.6	42.9	10.4	2.3	0.2
Bosque San Juan de Aragón (2)	1.3	8.5	1.6	4.6	5.2	0.4	25.1	4.6	1.5	0.3
Deportivo Siervo de la Nación	3.5	14	1.8	5	9.8	0.5	1940.1	6.3	2	0.3
IPN Zacatenco	2.5	42.1	3.2	4.3	1.8	0.4	22.1	4.2	2.2	0.5
Parque Ecológico los Héroes	0.6	16.2	1.8	2.9	2.4	0.3	6.3	5.7	2.7	0.5
Teotihuacán	0.1	2	1.4	0.5	1.6	0.4	10.5	3.8	2.1	0.6
Parque de los Ahuehuetes	1.5	7.4	0.2	4.6	18.4	0.5	69.3	3.9	2.2	0.6
Reserva Ecológica Cerro de Zacatenco	3.9	7.7	0.7	5.5	1.9	0.4	22	2.5	1.8	0.7
Reserva Sierra de Guadalupe (D.F)	1	3.1	0.2	8.6	3.1	1	52.8	5.8	2.2	0.4
Parque Municipal de San José	1.5	7.3	0.4	12.2	28.8	0.5	574.8	3.6	1.5	0.4
MAX	5.5	42.1	77.5	22.3	28.8	1	1940.1	11.1	3.5	1.1
MIN	0.1	0.1	0.2	0.5	1.3	0.2	0	1.1	0.7	0.2
D.E	2±1.4	9.6±7.7	6.3±14.5	6.8±4.8	9.9±8.3	0.5±0.2	146.8±364.1	5.5±2.3	1.8±0.6	0.4±0.2

4.3. RESULTADOS POR ELEMENTO

Cobre

SUELO

El promedio de Cu en suelo fue de 0.8 µg/g, el valor máximo registrado en este tipo de muestras fue de 3.6 µg/g registrado en la Reserva Sierra de Guadalupe D.F. (RSG); el valor mínimo de Cu fue de 0.1 µg/g, registrado en Teotihuacán (TEO), Parque Ecológico Yautlica (PEY), Parque Deportivo Ecológico Cuitláhuac (PDEC), Parque Nacional Cerro de la Estrella (PNCE) y por último en el Bosque San Juan Tlaxialtemalco (BTLAX).

POLVO

El promedio de Cu en polvo fue de 2.0 µg/g, el valor máximo registrado de éste metal fue de 5.5 µg/g se registró en el Deportivo Magdalena Mixhuca (DMM), y el valor mínimo se registró en Teotihuacán (TEO) con 0.1 µg/g.

Manganeso

SUELO

El promedio de Mn en suelo fue de 2.1 µg/g, el valor máximo se registró en el Parque de los Periodistas Ilustres (PPI) con 16.6 µg/g; la concentración mínima se registró en el Deportivo Magdalena Mixhuca con 0 µg/g.

POLVO

El promedio fue de 9.6 µg/g, la concentración máxima registrada fue de 42.1 µg/g perteneció al Instituto Politécnico Nacional de Zacatenco (IPN.Z), por otra parte la concentración mínima se registró en la Alameda Oriente (AO) con 0.1 µg/g.

Zinc

SUELO

El promedio de Zinc en éste tipo de muestras fue de 3.4 µg/g, la concentración máxima fue de 26.3 µg/g localizada en la Reserva Sierra de Guadalupe (D.F) (RSG), por otro lado, la concentración mínima fue 0.1 µg/g registrada en el Parque Nacional Cerro de la estrella (PNCE).

POLVO

El promedio de Zn en éste tipo de muestras fue de 6.3 µg/g, el valor máximo se registró en el Deportivo Magdalena Mixhuca con una concentración de 77.5 µg/g, la concentración mínima analizada en éstas muestras fue de 0.2 µg/g, dicha concentración se registró en el Parque de los Ahuehuetes (PAHUE) y en la Reserva Sierra de Guadalupe Distrito Federal (RSG).

Hierro

SUELO

El promedio de Fe en este tipo de muestras fue de 5.4 $\mu\text{g/g}$, la concentración máxima se registró en el Centro Deportivo Xochimilco con 22.9 $\mu\text{g/g}$, el valor mínimo de Fe es de 0.6 $\mu\text{g/g}$, dicho valor lo registraron el Parque Villa Sierra Hermosa (PVSH), el Parque de los Ahuehuetes (PAHUE), el Deportivo Magdalena Mixihuca (DMM), el Parque Nacional Cerro de la Estrella (PNCE), y por último el Parque Ecológico Xochimilco (PEX).

POLVO

El promedio de Fe en éste tipo de muestras fue de 6.8 $\mu\text{g/g}$, la concentración máxima registrada de este metal fue similar a la del suelo con 22.3 $\mu\text{g/g}$ registrada en el Parque Xicotécatl Álamos (PXA), por otro lado la concentración mínima registrada fue 0.5 $\mu\text{g/g}$ localizada en Teotihuacán (TEO).

Cromo

SUELO

El promedio de Cr en este tipo de muestras fue de 3 $\mu\text{g/g}$, el valor máximo se registró en el Parque del Pueblo (PP) con una concentración de 26.7 $\mu\text{g/g}$, el valor mínimo se registró en la Reserva Sierra de Guadalupe con 0.1 $\mu\text{g/g}$.

POLVO

El promedio en este tipo de muestras fue tres veces más (9.9 $\mu\text{g/g}$) que el promedio en las muestras de suelo. La concentración máxima registrada de Cr en polvo fue ligeramente superior (28.8 $\mu\text{g/g}$) en comparación con la máxima encontrada en suelo. La concentración mínima fue de 1.3 $\mu\text{g/g}$ localizada en el Parque Sierra Santa Catarina (SSC).

Cadmio

SUELO

El promedio de Cd en éste tipo de muestras fue de 0.5 $\mu\text{g/g}$, la concentración máxima se localizó en el Deportivo Magdalena Mixihuca con 6.1 $\mu\text{g/g}$, mientras que el valor mínimo fue 0.1 $\mu\text{g/g}$ registrado en el Bosque San Juan Tlaxialtemalco.

POLVO

El promedio en éste tipo de muestras fue igual que en las muestras de suelo (0.5 $\mu\text{g/g}$), el valor máximo fue 1.0 $\mu\text{g/g}$ registrado en la Reserva Sierra de Guadalupe (RSG), notablemente bajo en comparación con las muestras de suelo. El valor mínimo registrado fue de 0.2 $\mu\text{g/g}$ lo registraron sólo dos parques, el Parque Deportivo Ecológico Cuitlahuac (PDEC) y el Bosque San Juan Tlaxialtemalco (BTLAX).

Plomo

SUELO

El promedio de Pb en este tipo de muestras fue de 20.6 $\mu\text{g/g}$, la concentración máxima en suelo se registró en el Parque de los Periodistas Ilustres (PPI) con 145.6 $\mu\text{g/g}$, por otro lado la concentración mínima se registró en Teotihuacán (TEO) con 2.5 $\mu\text{g/g}$.

POLVO

El promedio de Pb en este tipo de muestras fue de 146.8 $\mu\text{g/g}$, el valor máximo registrado de Pb en polvo fue 1940.1 $\mu\text{g/g}$ registrado en el Deportivo Siervo de la Nación (DSN), la concentración mínima se registró en el Parque Xicotécatl Álamos (PXA) con 0 $\mu\text{g/g}$.

Níquel

SUELO

El promedio de Ni en estas muestras fue de 5 $\mu\text{g/g}$, el valor máximo se registró en el Parque Ecológico Xochimilco con 12 $\mu\text{g/g}$, la concentración mínima fue de 0.9 $\mu\text{g/g}$ registrada en la Reserva Sierra de Guadalupe D.F (RSG).

POLVO

El promedio de Ni en estas muestras fue de 5.5 $\mu\text{g/g}$, similar al promedio obtenido en las muestras de suelo. La concentración máxima en el polvo fue 11.1 $\mu\text{g/g}$ localizada en el Deportivo Magdalena Mixhuca, por otro lado la concentración mínima fue de 1.1 $\mu\text{g/g}$ registrada en el Parque Ecológico Huayamilpas (PEH).

Cobalto

SUELO

El promedio de Co en este tipo de muestras fue de 1.9 $\mu\text{g/g}$, la máxima concentración se registró en el Bosque San Juan Aragón con 2.8 $\mu\text{g/g}$, la concentración mínima fue 0.3 $\mu\text{g/g}$ localizada en la Reserva Sierra de Guadalupe (RSG).

POLVO

El promedio de Co en polvo fue de 1.8 $\mu\text{g/g}$, ligeramente menor al promedio en las muestras de suelo. La concentración máxima registrada fue de 3.5 $\mu\text{g/g}$ localizada en el Parque de los Periodistas Ilustres, por otra parte, la concentración mínima fue de 0.7 $\mu\text{g/g}$ localizado en el Parque Deportivo Ecológico Cuitláhuac (PDEC).

Vanadio

SUELO

El promedio de V en estas muestras fue de 6.2 $\mu\text{g/g}$, la concentración máxima se localizó en el Deportivo Siervo de la Nación (DSN) con 20.3 $\mu\text{g/g}$, por otra parte la concentración mínima fue de 0.2 $\mu\text{g/g}$ ésta se registró en la Reserva Sierra de Guadalupe D.F (RSG).

POLVO

El promedio de V en estas muestras fue de 0.4 µg/g, la concentración máxima registrada de éste metal fue de 1.1 µg/g en el Parque Ecológico Huayamilpas (PEH), esta concentración en comparación con la máxima de suelo es notablemente menor. La concentración mínima fue de 0.2 µg/g, esta concentración se registró en los siguientes parques: Alameda Oriente (AO), el Parque del Pueblo (PP), el Deportivo Magdalena Mixhuca (DMM), Viveros de Coyoacán (VC), el Parque Ecológico Yautlica (PEY), el Parque Sierra Santa Catarina (SSC), el Parque Ecológico Xochimilco (PEX) y por último en el Bosque de Tláhuac (BTLA).

4.4. RESULTADOS POR SUBZONAS

Una vez que ya se conocieron los parques con las concentraciones más representativas de cada elemento, se decidió dividir la zona de estudio para facilitar la interpretación de los datos obtenidos, esta división consiste en tres subzonas: zona norte, zona centro y zona sur.

Zona..Norte: Parque Villa Sierra Hermosa (PVSH), Teotihuacán (TEO), Deportivo Siervo de la Nación (DSN), Parque de los Ahuehuetes (PAHUE), Área de Reserva Ecológica Cerro de Zacatenco (ARECZ), Reserva Sierra de Guadalupe D.F (RSG), IPN. Zacatenco (IPN.Z), Bosque San Juan de Aragón (BSJA), Bosque San Juan de Aragón 2 (BSJA2), Alameda Oriente (AO), Parque de los Periodistas Ilustres (PPI).

Zona Centro: Parque Municipal San José (PMSJ), Parque del Pueblo (PP), Deportivo Magdalena Mixhuca (DMM), Viveros de Coyoacán (VC), Parque Mashayoshi Ohira (PMO), Parque Xicoténcatl Álamos (PXA), Parque Ecológico Yautlica (PEY), Parque Deportivo Ecológico Cuitláhuac (PDEC), Parque Nacional Cerro de la Estrella (PNCE).

Zona Sur: Ciudad Universitaria Facultad de Química (CU.FQ), Parque Ecológico Huayamilpas (PEH), Parque Ecológico los Héroes (PELH), Parque Sierra Santa Catarina (SSC), Parque Ecológico Xochimilco (PEX), Bosque de Tláhuac (BTLA), Centro Cultural Universitario (CCU), Bosque San Juan Tlaxiátemalco (BTLAX), Centro Deportivo Xochimilco (CDX).

Tabla 6. Concentración de Metales Pesados en muestras de suelo por subzonas

ZONA NORTE	Cu $\mu\text{g/g}$	Mn $\mu\text{g/g}$	Zn $\mu\text{g/g}$	Fe $\mu\text{g/g}$	Cr $\mu\text{g/g}$	Cd $\mu\text{g/g}$	Pb $\mu\text{g/g}$	Ni $\mu\text{g/g}$	Co $\mu\text{g/g}$	V $\mu\text{g/g}$
MAX	3.6	16.6	26.3	20.7	17.9	0.6	145.6	9.5	2.8	20.3
MIN	0.1	0.3	0.5	0.6	0.1	0.2	2.5	0.9	0.3	0.2
D.E	0.9 \pm 1	3 \pm 4.7	4.3 \pm 7.4	4.4 \pm 5.8	3.3 \pm 5	0.4 \pm 0.1	26.2 \pm 41.2	4.8 \pm 2.4	1.9 \pm 0.7	6.7 \pm 5.7
ZONA CENTRO										
MAX	2.1	2.6	3.2	10.3	26.7	6.1	72.5	6.5	2.7	12.4
MIN	0.1	0	0.1	0.6	0.7	0.2	3	3.2	1	4.1
D.E	0.7 \pm 0.8	1 \pm 0.8	1.7 \pm 1	4.1 \pm 3.2	4.3 \pm 8.5	1 \pm 1.9	22 \pm 27.2	5.2 \pm 1.2	1.9 \pm 0.6	6.9 \pm 2.7
ZONA SUR										
MAX	1.3	6.4	21.7	22.9	4.2	0.7	30	12	2.6	7.6
MIN	0.1	0.4	0.7	0.6	0.5	0.1	4.5	2.6	1.1	3.4
D.E	0.6 \pm 0.4	2.2 \pm 1.9	3.9 \pm 6.7	7.9 \pm 8.6	1.4 \pm 1.1	0.3 \pm 0.2	12.4 \pm 8.4	5.1 \pm 2.9	1.8 \pm 0.5	4.8 \pm 1.7

Tabla 7. Concentración de Metales Pesados en muestras de polvo por subzonas

ZONA NORTE	Cu µg/g	Mn µg/g	Zn µg/g	Fe µg/g	Cr µg/g	Cd µg/g	Pb µg/g	Ni µg/g	Co µg/g	V µg/g
MAX	3.9	42.1	3.2	8.6	18.4	1	1940.1	10.4	3.5	0.7
MIN	0.1	0.1	0.2	0.5	1.6	0.4	10.3	2.5	1.5	0.2
D.E	1.7±1.2	10.8±11.5	1.5±1.0	4.7±2.0	5.7±5.4	0.6±0.2	216.7±572.8	5.7±2.3	2.2±0.5	0.4±0.1
ZONA CENTRO										
MAX	5.5	16.7	77.5	22.3	28.8	0.9	574.8	11.1	2.6	0.4
MIN	0.6	3.7	0.4	1	1.4	0.2	0.1	2.6	0.7	0.2
D.E	2.3±1.5	9.2±4.6	13.1±24.8	9.4±6.9	14.5±8.7	0.5±0.3	120.9±176.3	5.8±2.7	1.6±0.6	0.3±0.1
ZONA SUR										
MAX	4.6	16.2	17.6	11.8	27.1	0.5	326.8	7.7	2.7	1.1
MIN	0.6	4.1	1.6	0.8	1.3	0.2	6.3	1.1	0.9	0.2
D.E	1.9±1.4	8.5±3.9	5.4±5.5	6.7±3.5	10.4±9.0	0.4±0.1	87.3±106.3	4.9±2.1	1.7±0.6	0.4±0.3

Cobre

SUELO

El promedio en la zona norte fue de 0.9 µg/g, la concentración máxima registrada en esta sub zona fue de 3.6 µg/g localizada en la Reserva Sierra de Guadalupe (RSG), la concentración mínima de 0.1 µg/g se localizó en Teotihuacán (TEO), y en el Bosque San Juan Tlaxialtemalco (BTLAX). (Tabla 6).

En la zona centro el promedio fue de 0.7 µg/g, la concentración máxima de 2.1 µg/g se registró en el Deportivo Magdalena Mixhuca (DMM), y la concentración mínima (0.1 µg/g) se localizó en el Parque Ecológico Yautlica (PEY), el Parque Deportivo Ecológico Cuitláhuac (PDEC) y en el Parque Nacional Cerro de la Estrella (PNCE).

En la zona sur el promedio fue de 0.6 µg/g siendo éste el más bajo comparado con los promedios de las subzonas anteriores. La concentración máxima registrada en esta sub zona fue de 1.3 µg/g localizada en el Bosque de Tláhuac (BTLA), la concentración mínima de Cu en ésta sub zona fue de 0.1 µg/g localizada en el Bosque San Juan Tlaxialtemalco (BTLAX).

POLVO

El promedio en la zona norte fue de 1.7 µg/g, la concentración máxima registrada (3.9 µg/g) se localizó en el Área de Reserva Ecológica Cerro de Zacatenco (ARECZ), la concentración mínima fue de 0.1 µg/g localizada en Teotihuacán (TEO). (Tabla 7).

El promedio en la zona centro fue ligeramente superior (2.3 µg/g) al promedio en la zona norte. La concentración máxima en ésta zona fue de 5.5 µg/g localizada en el Deportivo Magdalena Mixhuca (DMM), y por último la concentración mínima registrada en esta sub-zona fue de 0.6 µg/g localizada en el Parque Deportivo Ecológico Cuitláhuac (PDEC) y en el Parque Nacional Cerro de la Estrella (PNCE).

En la zona sur el promedio de Cu fue de 1.9 µg/g, la concentración máxima registrada de 4.6 µg/g se localizó en Ciudad Universitaria en la Facultad de Química (C.U (F.Q), por otra parte la concentración mínima en esta sub zona fue de 0.6 µg/g localizada en el Parque Ecológico los Héroes (PELH) y el Parque Sierra Santa Catarina (SSC).

Manganeso

SUELO

En la zona norte el promedio fue de 3.0 µg/g, la concentración máxima registrada en esta zona fue 16.6 µg/g localizada en el Parque de los Periodistas Ilustres, la concentración mínima fue de 0.3 µg/g localizada en el Parque de los Ahuehuetes (PAHUE) y en el Bosque de San Juan Aragón frente al Zoológico (BSJA2). (Tabla 6).

En la zona centro el promedio de Mn fue de 1.0 µg/g notablemente inferior al de la zona norte. La concentración máxima en ésta zona se registró en los Viveros de Coyoacán (VC) con 2.6 µg/g esta concentración es menor en comparación con el valor máximo registrado en la zona norte. La concentración mínima registrada fue 0 µg/g reportada para el Deportivo Magdalena Mixhuca (DMM).

En la zona sur el promedio registrado fue de 2.2 µg/g, la concentración máxima se localizó en el Parque Ecológico los Héroes (PELH) con 6.4 µg/g, y la concentración mínima de Mn se localizó en el Parque Sierra Santa Catarina (SSC) y el Parque Ecológico Xochimilco (PEX) con 0.4 µg/g.

POLVO

En la zona norte el promedio obtenido fue de 10.8 µg/g superior al del suelo. La concentración máxima de Mn en esta subzona fue 42.1 µg/g localizada en el Instituto Politécnico Nacional Zacatenco, la concentración mínima se registró en Teotihuacán con 0.1 µg/g. (Tabla 7).

En la zona centro el promedio fue de 9.2 µg/g inferior al de la zona norte. La concentración más alta en esta sub zona se registró en el Bosque San Juan Aragón con 16.7 µg/g y la concentración mínima fue de 3.7 µg/g localizada en el Parque Deportivo Ecológico Cuitlahuac (PDEC).

En la zona sur el promedio obtenido fue de 8.5 µg/g notablemente el menor de las tres sub zonas. La concentración más alta de esta zona fue de 16.2 localizada en el Parque Ecológico los Héroes (PELH) y la concentración más baja de Mn en la zona sur fue de 4.1 µg/g localizada en el Parque Ecológico Huayamilpas.

Zinc

SUELO

En la zona norte el promedio fue de 4.3 µg/g, la concentración máxima se registró en la Reserva Sierra de Guadalupe (RSG) con 26.3 µg/g, por el contrario, la concentración mínima se registró en el Bosque San Juan Aragón (BSJA) con 0.5 µg/g. (Tabla 6).

En el caso de la zona centro el promedio fue 1.7 µg/g, la concentración más alta en esta zona se registró en el Deportivo Magdalena Mixhuca (DMM) con 3.2 µg/g, y la concentración mínima fue de 0.1 µg/g localizada en el Parque Nacional Cerro de la Estrella (PNCE).

Para la zona sur, el promedio fue de 3.9 µg/g, la concentración máxima se localizó en el Bosque de Tláhuac (BTLA) con 21.7 µg/g y la concentración mínima fue de 0.7 µg/g localizado en el Parque Ecológico Xochimilco (PEX).

POLVO

El promedio de Zn para la zona norte fue de 1.5 µg/g, el Instituto Politécnico Nacional Zacatenco (IPN.Z) registró la concentración más alta en ésta sub zona con 3.2 µg/g, sin embargo el Parque de los Ahuehuetes (PAHUE) presentó la concentración mínima con 0.2 µg/g. (Tabla 7).

Para la zona centro el promedio de Zn fue de 13.1 µg/g, el Deportivo Magdalena Mixhuca (DMM) registró la concentración más alta de ésta zona con 77.5 µg/g, y la concentración mínima la registró el Parque Municipal San José (PMSJ) con 0.4 µg/g.

En la zona sur el promedio de Zn fue de 5.4 µg/g, El Bosque de Tláhuac (BTLA) registró la concentración más alta con 17.6 µg/g, por otro lado, la concentración mínima en ésta misma zona fue de 1.6 µg/g localizada en el Centro Cultural Universitario (CCU).

Hierro

SUELO

En la zona norte el promedio registrado fue de 4.4 µg/g, la Reserva Sierra de Guadalupe (RSG) registró la concentración más alta en ésta sub zona con 20.7 µg/g, en tanto que la concentración mínima fue de 0.6 µg/g localizada en el Parque Villa Sierra Hermosa (PVSH) y en el Parque de los Ahuehuetes (PAHUE). (Tabla 6).

Para la zona centro el promedio obtenido fue de 4.1 µg/g, en Viveros de Coyoacán se localizó la concentración más alta de esta zona con 10.3 µg/g, y la concentración más baja registrada fue de 0.6 µg/g localizada en el Deportivo Magdalena Mixhuca (DMM) y el Parque Nacional Cerro de la Estrella (PNCE).

En el caso de la zona sur, el promedio obtenido fue de 7.9 µg/g, el Centro Deportivo Xochimilco presentó la concentración más alta con 22.9 µg/g y la concentración más baja de esta misma zona fue de 0.6 µg/g localizada en el Parque Ecológico Xochimilco (PEX).

POLVO

El promedio de la zona norte fue de 4.7 µg/g, la Reserva Sierra de Guadalupe (RSG) presentó la concentración más alta de esta sub zona con 8.6 µg/g, Teotihuacán registró la concentración más baja con 0.5 µg/g. (Tabla 7).

Para la zona centro, el promedio que se obtuvo fue de 9.4 µg/g, el Parque Xicoténcatl Álamos (PXA) presentó la concentración más alta de la zona centro con 22.3 µg/g y por otro lado, la concentración más baja la registró el Parque Nacional Cerro de la Estrella (PNCE) con 1 µg/g.

En el caso de la zona sur el promedio de Fe obtenido fue de 6.7 $\mu\text{g/g}$, el Bosque de Tláhuac (BLTA) obtuvo la concentración más alta con 11.8 $\mu\text{g/g}$, por el contrario la concentración más baja de ésta sub zona fue de 0.8 $\mu\text{g/g}$ localizada en el Parque Sierra Santa Catarina (SSC).

Cromo

SUELO

En la zona centro el promedio que se obtuvo fue de 3.3 $\mu\text{g/g}$, la Alameda Oriente (AO) presentó la concentración más alta con 17.9 $\mu\text{g/g}$, y la concentración más baja se localizó en Teotihuacán con 0.1 $\mu\text{g/g}$. (Tabla 6).

En la zona centro el promedio fue ligeramente mayor con 4.3 $\mu\text{g/g}$ al de la zona norte. La concentración más alta de Cr en la zona centro fue de 26.7 $\mu\text{g/g}$ localizada en el Parque del Pueblo, por el contrario la concentración más baja se presentó en el Parque Ecológico Yautlica (PEY) y en el Parque Deportivo Ecológico Cuitláhuac (PDEC) con 0.7 $\mu\text{g/g}$.

El promedio en la zona sur fue de 1.4 $\mu\text{g/g}$, el Parque Ecológico Xochimilco (PEX) registró la concentración más alta de Cr con 4.2 $\mu\text{g/g}$, y la concentración más baja en esta zona fue de 0.5 $\mu\text{g/g}$ localizada en el Parque Sierra Santa Catarina (PSSC).

POLVO

El promedio en la zona norte obtenido fue 5.7 $\mu\text{g/g}$, el Parque de los Ahuehuetes (PAHUE) presentó la concentración más alta con 18.4 $\mu\text{g/g}$, y la concentración más baja de esta zona fue 1.6 $\mu\text{g/g}$ localizada en Teotihuacán (TEO). (Tabla 7).

En la zona centro el promedio fue de 14.5 $\mu\text{g/g}$ notablemente mayor en comparación con el de la zona norte. La concentración más alta en la zona centro fue de 28.8 $\mu\text{g/g}$ localizada en el Parque Municipal San José (PMSJ) y la concentración más baja se localizo en el Parque del Pueblo (PP) con 1.4 $\mu\text{g/g}$.

El promedio de Cr en la zona sur fue de 10.4 $\mu\text{g/g}$, la concentración más alta se registró en el Centro Deportivo Xochimilco (CDX) con 27.1 $\mu\text{g/g}$ y por el contrario la concentración más baja se localizó en el Parque Sierra Santa Catarina (SSC) con 1.3 $\mu\text{g/g}$.

Cadmio

SUELO

El promedio de Cd en la zona norte obtenido fue de 0.4 $\mu\text{g/g}$, el valor máximo se registró en la Alameda Oriente (AO) con 0.6 $\mu\text{g/g}$, por el contrario el valor mínimo de Cd en éstas muestras se registró en Teotihuacán (TEO) y en la Reserva Sierra de Guadalupe D.F. (RSG) con 0.2 $\mu\text{g/g}$. (Tabla 6).

En la zona centro el promedio obtenido fue de 1 $\mu\text{g/g}$ notablemente mayor al de la zona norte. La concentración más alta registrada en ésta zona fue la del Deportivo Magdalena Mixihuca (DMM) con 6.1 $\mu\text{g/g}$, cabe mencionar que esta concentración de las tres sub zonas es la más alta. La concentración más baja de esta sub zona se registró en el Parque Municipal San José (PMSJ), en los Viveros de Coyoacán (VC), en el Parque Ecológico Yautlica (PEY) y por último en el Parque Deportivo Ecológico Cuitlahuac (PDEC) todos con una concentración de 0.2 $\mu\text{g/g}$.

El promedio de la zona sur obtenido fue 0.3 $\mu\text{g/g}$, la concentración máxima registrada fue 0.7 $\mu\text{g/g}$ localizada en el Parque Ecológico Xochimilco (PEX), y la concentración más baja registrada en esta zona fue 0.1 $\mu\text{g/g}$ localizada en el Bosque San Juan Tlaxialtemalco (BTLAX).

POLVO

El promedio de la zona norte en muestras de polvo fue 0.6 $\mu\text{g/g}$, la concentración máxima registrada en esta zona fue 1.0 $\mu\text{g/g}$ localizada en la Reserva Sierra de Guadalupe D.F (RSG), la concentración más baja de Cd en este tipo de muestras fue 0.4 $\mu\text{g/g}$ localizada en Teotihuacán (TEO), Área de Reserva Ecológica Cerro de Zacatenco (ARECZ), en el Instituto Politécnico Nacional Zacatenco (IPN.Z) y por último en el Bosque San Juan Aragón frente al zoológico (BSJA2). (Tabla 7).

En la zona centro el promedio fue 0.5 $\mu\text{g/g}$, ligeramente menor al de la zona norte. La concentración máxima registrada en ésta zona fue 0.9 $\mu\text{g/g}$ localizada en el Deportivo Magdalena Mixihuca (DMM), y la concentración mínima de Cd en esta zona fue 0.2 $\mu\text{g/g}$ localizada en el Parque Deportivo Ecológico Cuitláhuac (PDEC).

En la zona sur el promedio de Cd en este tipo de muestras fue 0.4 $\mu\text{g/g}$, por otro lado la concentración más alta registrada en esta zona fue 0.5 $\mu\text{g/g}$ localizada en Ciudad Universitaria Facultad de Química (CUFQ), Parque Ecológico Huayamilpas (PEH) y por último el Parque Ecológico Xochimilco (PEX).

Plomo

SUELO

En la zona norte el promedio de Pb obtenido fue de 26.2 $\mu\text{g/g}$, la concentración más alta en esta zona fue de 145.6 $\mu\text{g/g}$ localizada en el Parque de los Periodistas Ilustres (PPI), y en Teotihuacán (TEO) se presentó la concentración más baja con 2.5 $\mu\text{g/g}$. (Tabla 6).

En la zona centro el promedio fue de 22 $\mu\text{g/g}$ ligeramente menor que el promedio de la zona norte, la concentración más alta en ésta zona se localizó en el Parque Xicoténcatl Álamos (PXA) con 72.5 $\mu\text{g/g}$, y en el Parque Municipal San José (PMSJ) se registró la concentración más baja con 3 $\mu\text{g/g}$.

En la zona sur el promedio obtenido fue 12.4 $\mu\text{g/g}$, en la muestra de Ciudad Universitaria Facultad de Química (CU.FQ) se registró la concentración más alta de Pb (30 $\mu\text{g/g}$) en esta zona, por el contrario, la concentración más baja se registró en el Parque Ecológico los Héroes (PELH) con 4.5 $\mu\text{g/g}$.

POLVO

En la zona norte el promedio de Pb fue 216.7 $\mu\text{g/g}$, en el Deportivo Siervo de la Nación (DSN), se localizó la concentración más alta con 1940.1 $\mu\text{g/g}$, y por el contrario la concentración más baja de Pb en ésta zona fue 10.3 $\mu\text{g/g}$ localizado en el Parque Villa Sierra Hermosa (PVSH). (Tabla 7).

El promedio en la zona centro fue 120.9 $\mu\text{g/g}$, en el Parque Municipal San José se localizó la concentración más alta con 574.8 $\mu\text{g/g}$, y la concentración más baja se localizó en el Parque Xicotécatl Álamos (PXA) con 0.1 $\mu\text{g/g}$.

En la zona sur el promedio obtenido fue 87.3 $\mu\text{g/g}$, en la muestra de Ciudad Universitaria en la Facultad de Química (CU.FQ) se presentó la concentración más alta en ésta zona con 326.8 $\mu\text{g/g}$ y la concentración más baja fue 6.3 $\mu\text{g/g}$ localizada en el Parque Ecológico los Héroes (PELH).

Níquel

SUELO

En la zona norte el promedio obtenido fue 4.8 $\mu\text{g/g}$, la concentración más alta de Ni en este tipo de muestras fue 9.5 $\mu\text{g/g}$ localizado en el Deportivo Siervo de la Nación (DSN), en tanto que la concentración más baja en esta zona fue 0.9 $\mu\text{g/g}$ localizada en la Reserva Sierra de Guadalupe (RSG). (Tabla 6).

El promedio en la zona centro fue 5.2 $\mu\text{g/g}$, la concentración máxima en esta zona fue 6.5 $\mu\text{g/g}$ localizado en el Parque Xicotécatl Álamos (PXA), por otro lado la concentración más baja en esta zona fue 3.2 $\mu\text{g/g}$ en el Parque Ecológico Yautlica (PEY).

En la zona sur el promedio fue 5.1 $\mu\text{g/g}$, la concentración más alta de Ni en esta zona fue 12 $\mu\text{g/g}$ en el Parque Ecológico Xochimilco (PEX), y la concentración más baja se localizó en el Centro Deportivo Xochimilco (CDX) con 2.6 $\mu\text{g/g}$.

POLVO

El promedio de Ni en muestras de polvo fue 5.7 $\mu\text{g/g}$, la concentración más alta en esta zona fue de 10.4 $\mu\text{g/g}$ localizada en la Alameda Oriente (AO), y la concentración más baja fue de 2.5 $\mu\text{g/g}$ perteneciendo a el Área de Reserva Ecológica Cerro de Zacatenco (ARECZ). (Tabla 7).

En la zona centro el promedio de Ni en este tipo de muestras fue 5.8 µg/g, en el Deportivo Magdalena Mixhuca (DMM) se registró la concentración más alta con 11.1 µg/g, y en el Parque Deportivo Ecológico Cuitláhuac (PDEC) se presentó la concentración más baja de Ni en esta zona (2.6 µg/g).

El promedio de Ni en la zona sur fue 4.9 µg/g, en el Parque Ecológico Xochimilco se presentó la concentración más alta con 7.7 µg/g y la concentración más baja de Ni fue 1.1 µg/g localizada en el Parque Ecológico Huayamilpas (PEH).

Cobalto

SUELO

El promedio en la zona norte en muestras de suelo fue 1.9 µg/g, la concentración más alta se registró en el Bosque San Juan de Aragón (BSJA) con 2.8 µg/g, y en la Reserva Sierra de Guadalupe (RSG) se localizó la concentración más baja con 0.3 µg/g. (Tabla 6).

En la zona centro el promedio de Co fue 1.9 µg/g, el Parque Xicotécatl Álamos (PXA) presentó la concentración más alta de esta zona con 2.7 µg/g, por el contrario la concentración más baja se localizó en el Parque Deportivo Ecológico Cuitlahuac (PDEC) con 1 µg/g.

El promedio de Co en la zona sur fue 1.8 µg/g, en el Parque Ecológico los Héroes (PELH) se localizó la concentración más alta con 2.6 µg/g ligeramente menor en comparación con la de la zona centro. En el Parque Sierra Santa Catarina (SSC) se localizó la concentración más baja con 1.1 µg/g.

POLVO

El promedio de Co en la zona norte fue 2.2 µg/g, el Parque de los Periodistas Ilustres (PPI) registró la concentración más alta de esta zona con 3.5 µg/g, y el Bosque San Juan Aragón frente al Zoológico presentó la concentración más baja con 1.5 µg/g. (Tabla 7).

En la zona centro el promedio de Co fue 1.6 µg/g notablemente inferior al de la zona norte. La concentración máxima en esta zona la presentó el Parque Xicotécatl Álamos (PXA) con 2.6 µg/g y el Parque Deportivo Ecológico Cuitlahuac registró la concentración más baja con 0.7 µg/g.

El promedio de Co en la zona sur fue 1.7 µg/g, el Parque Ecológico los Héroes (PELH) registró la concentración más alta con 2.7 µg/g y el Parque Sierra Santa Catarina (SSC) presentó la más baja de esta zona con 0.9 µg/g.

Vanadio

SUELO

El promedio de V en la zona norte fue de 6.7 $\mu\text{g/g}$, el Deportivo Siervo de la Nación (DSN) registró la concentración más alta con 20.3 $\mu\text{g/g}$, por el contrario la concentración más baja se localizó en la Reserva Sierra de Guadalupe D.F (RSG) con 0.2 $\mu\text{g/g}$. (Tabla 6).

En la zona centro el promedio de V fue 6.9 $\mu\text{g/g}$, el Parque Nacional Cerro de la Estrella (PNCE) tuvo la concentración más alta con 12.4 $\mu\text{g/g}$, y la concentración más baja se localizó en el Parque Ecológico Yautlica (PEY) con 4.1 $\mu\text{g/g}$.

El promedio en la zona sur fue 4.8 $\mu\text{g/g}$, el Bosque de Tlahuac (BLTA) registró la concentración más alta en esta zona con 7.6 $\mu\text{g/g}$, y el Parque Ecológico los Héroes (PELH) presentó la concentración más baja con 3.4 $\mu\text{g/g}$.

POLVO

El promedio de V en la zona norte fue 0.4 $\mu\text{g/g}$, el Área de Reserva Ecológica Cerro de Zacatenco (ARECZ) presentó la concentración más alta de ésta zona con 0.7 $\mu\text{g/g}$, sin embargo la concentración más baja la registró la Alameda Oriente (AO) con 0.2 $\mu\text{g/g}$. (Tabla 7).

En la zona centro el promedio de V en polvo fue 0.3 $\mu\text{g/g}$, la concentración más alta de esta zona la registraron el Parque Municipal San José (PMSJ) y el Parque Mashayoshi Ohira (PMO) con 0.4 $\mu\text{g/g}$. El promedio de V en la zona sur fue de 0.4 $\mu\text{g/g}$, el Parque Ecológico Huayamilpas (PEH) registró la concentración más alta con 1.1 $\mu\text{g/g}$, el Parque Sierra Santa Catarina (SSC), el Parque Ecológico Xochimilco (PEX) y el Bosque de Tláhuac (BTLA) presentaron las concentraciones más bajas de esta zona con 0.2 $\mu\text{g/g}$.

5.- ANÁLISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

Para el análisis de los resultados obtenidos se debe mencionar que se ocupó una norma establecida por una institución de seguridad pública llamada IHOBE (1998) del Gobierno Vasco en España. Esta norma indica las concentraciones de metales pesados consideradas como contaminantes en suelos exclusivamente de recreación infantil. A continuación se muestran las concentraciones establecidas por dicha norma. Es importante mencionar que los elementos que no tienen una concentración definida son porque la norma no la establece como Mn, Fe y V.

Es de suma importancia mencionar que no se utilizaron normas mexicanas para el presente trabajo ya que no existen normatividades específicas para zonas de recreación infantil, solamente para suelos de uso agrícola (NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004) que para efectos de éste estudio no son de utilidad.

Elemento	mg/kg
Cu	250
Mn	*
Zn	480
Fe	*
Cr	8
Cd	5
Pb	120
Ni	110
Co	30
V	*

A continuación se muestran las graficas que representan las diferentes concentraciones de los diez metales pesados (Cu, Mn, Zn, Fe, Cr, Cd, Pb, Ni, Co y V) registrados en los diferentes parques muestreados. Como ya se menciono anteriormente se utilizo la norma IHOBE ya que en base a esta se determino si los parques se encontraban contaminados por los metales pesados.

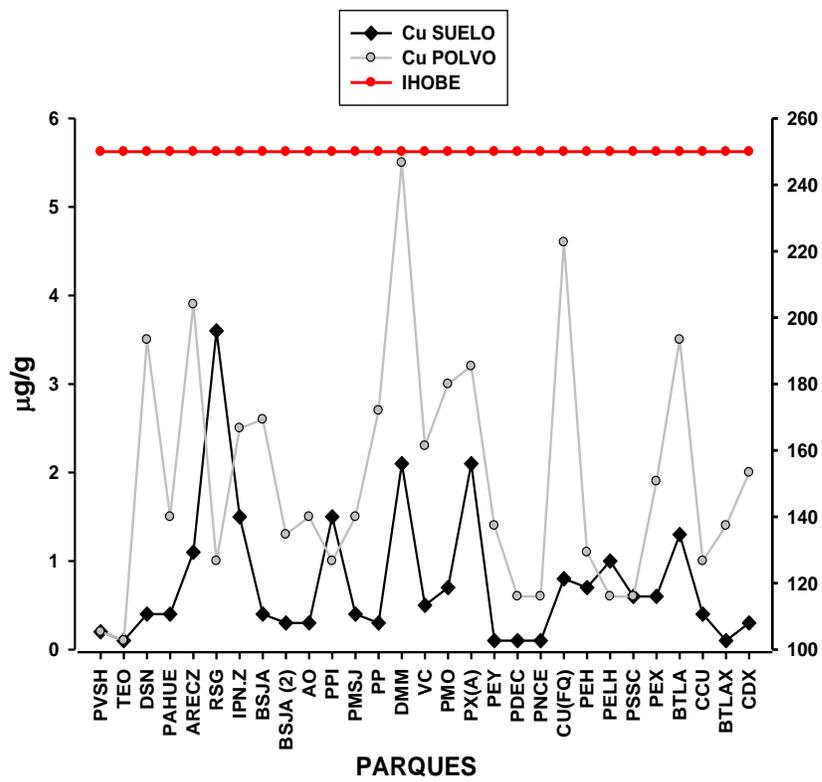


Figura 3. Concentración de Cobre en muestras de suelo y polvo en parques de la ZMVM.

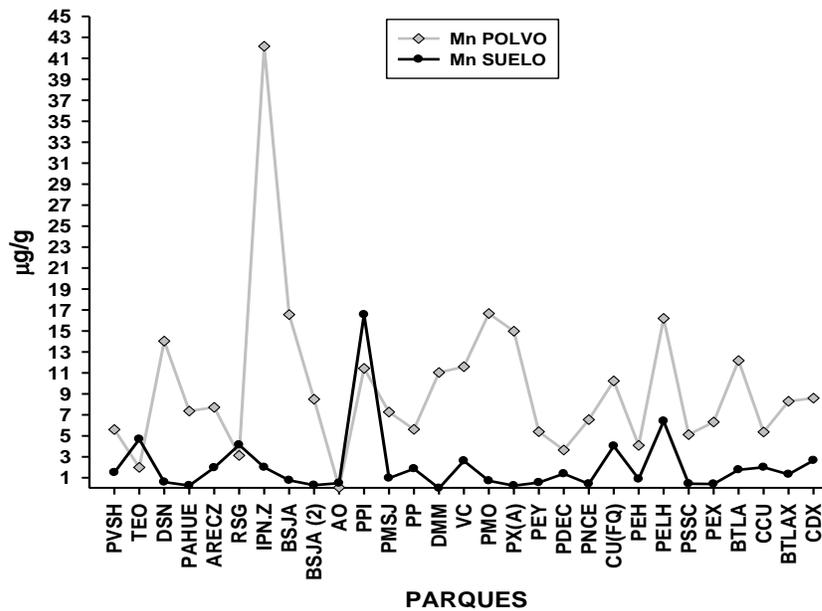


Figura 4. Concentración de Manganeso en muestra de suelo y polvo en parques de la ZMVM.

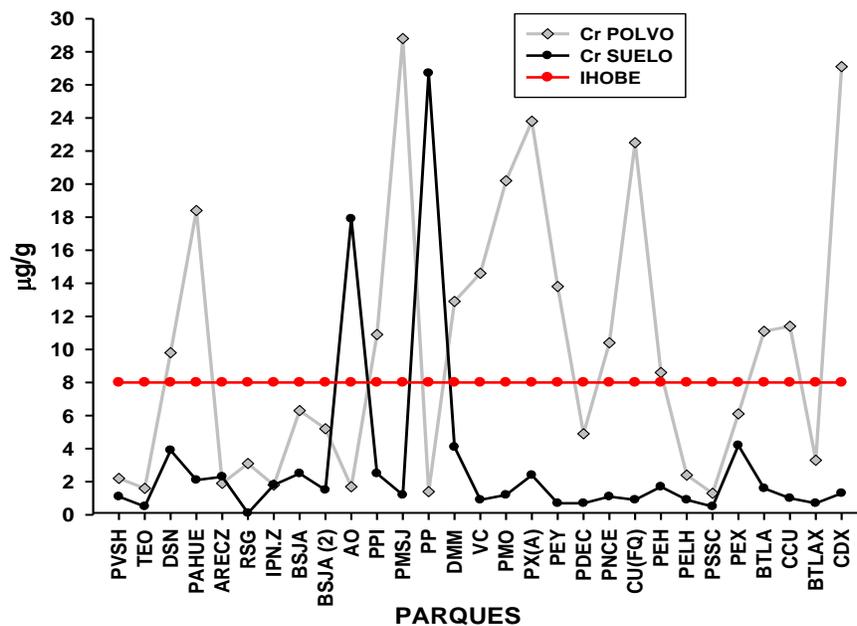


Figura 5. Concentración de Cromo en muestras de suelo y polvo en parques de la ZMVME.

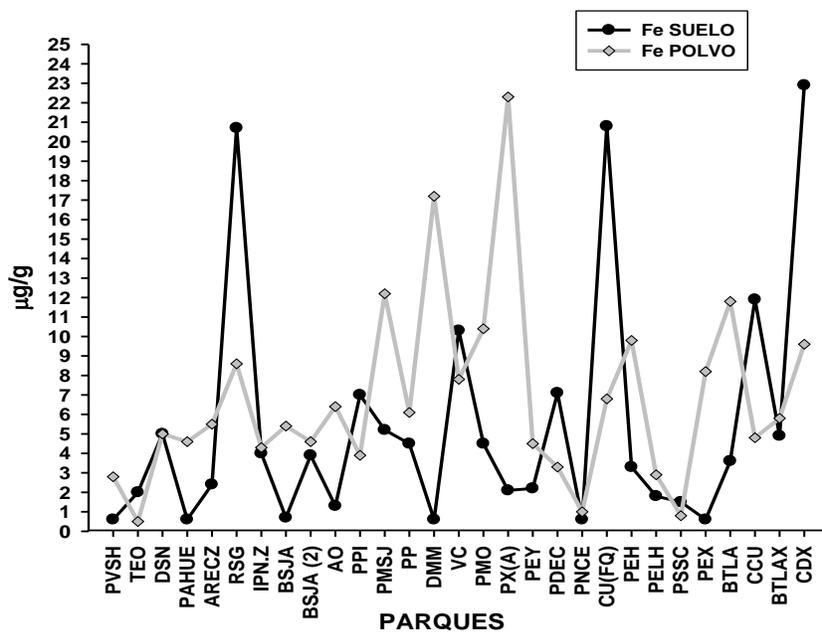


Figura 6. Concentración de Hierro en muestras de suelo y polvo en parques de la ZMVME.

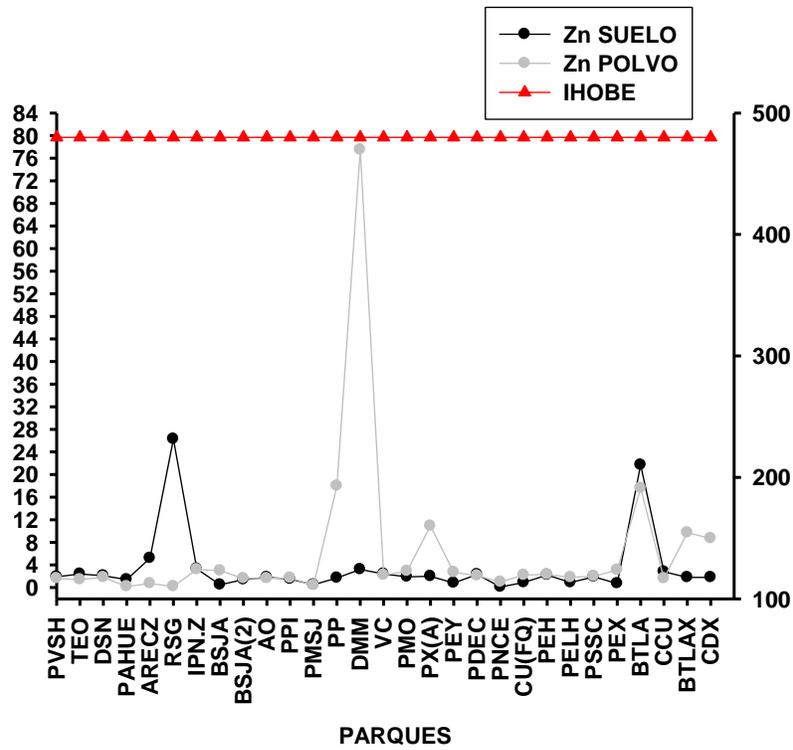


Figura 7. Concentración de Zinc en muestras de suelo y polvo en parques de la ZMVME

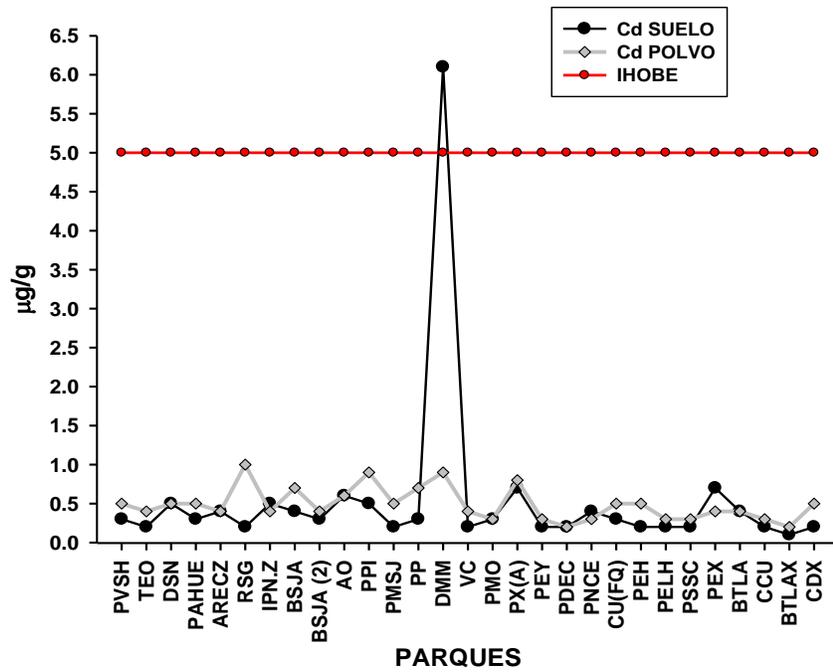


Figura 8. Concentración de Cadmio en muestras de suelo y polvo en parques de la ZMVME.

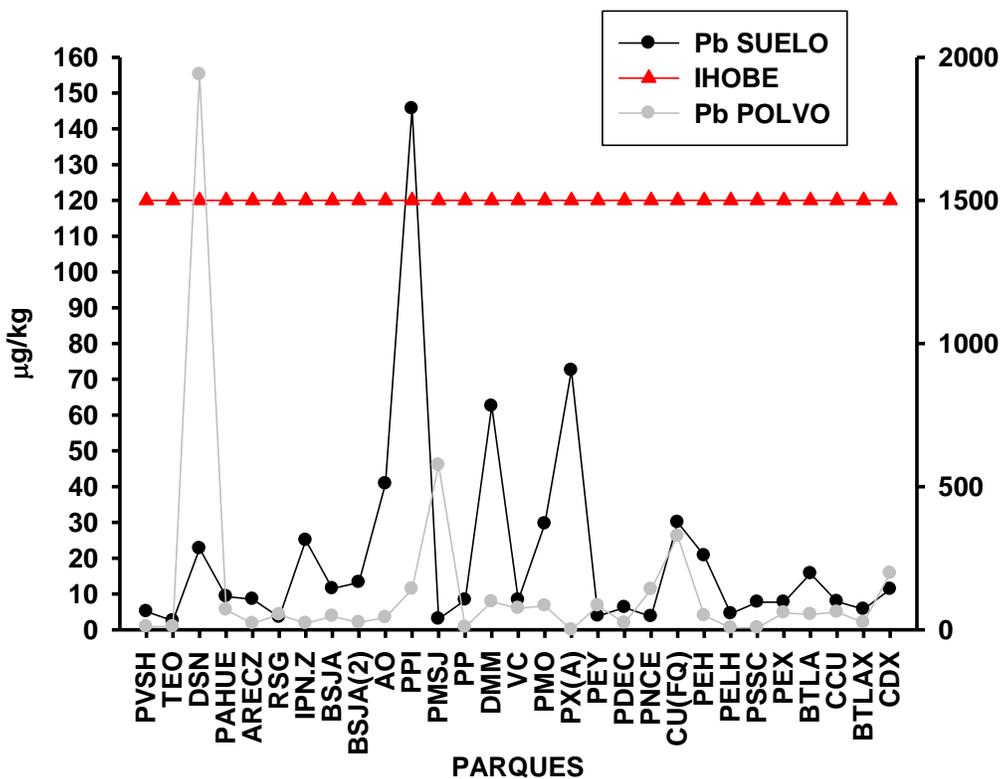


Figura 9. Concentración de Plomo en muestras de suelo y polvo en parques de la ZMVME

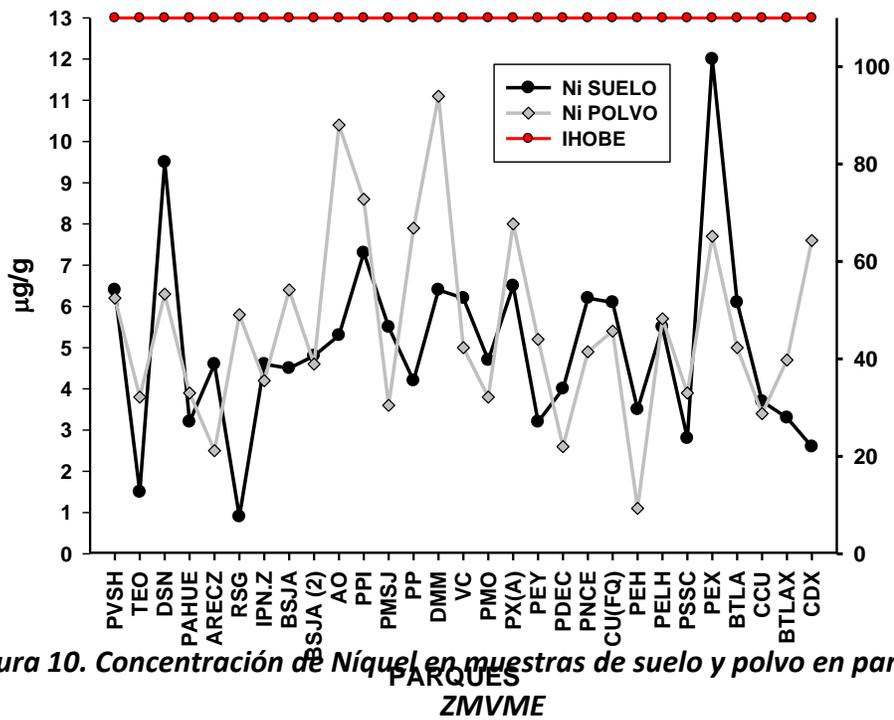


Figura 10. Concentración de Níquel en muestras de suelo y polvo en parques de la ZMVME

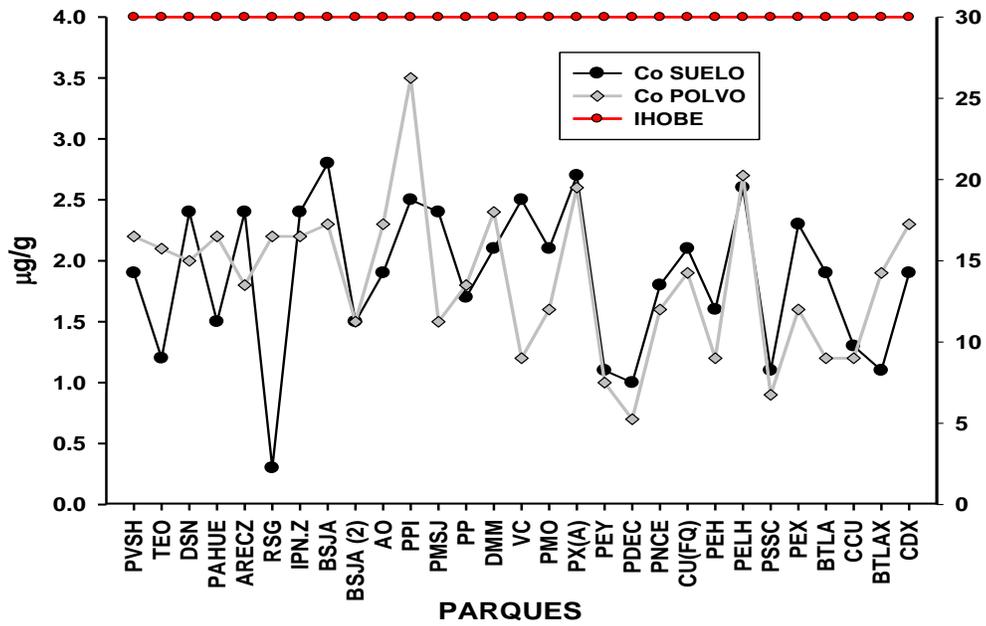


Figura 11. Concentración de Cobalto en muestras de suelo y polvo en parques de la ZMVME

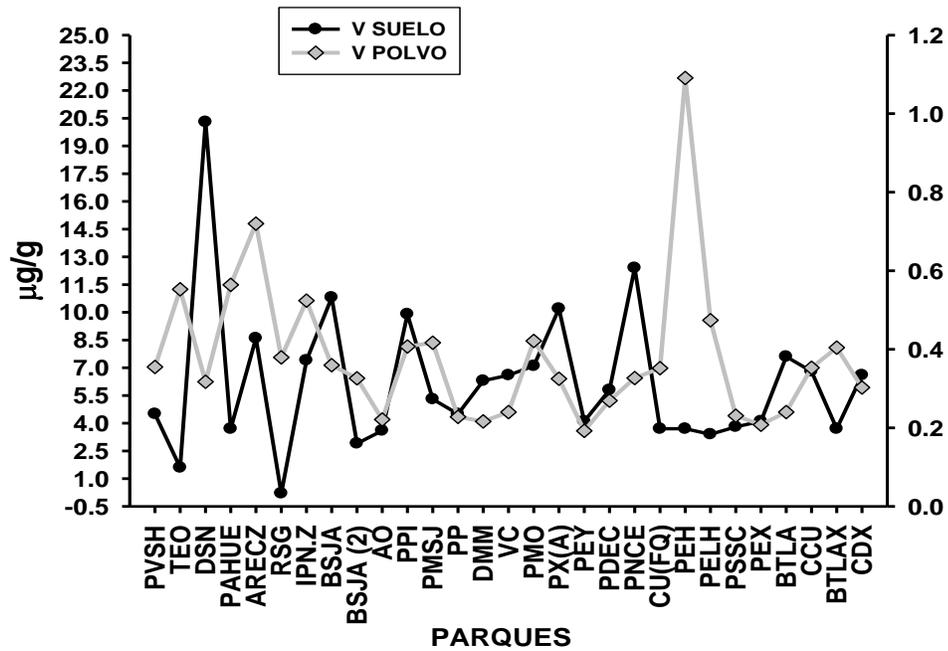


Figura 12. Concentración de Vanadio en muestras de suelo y polvo en parques de la ZMVME.

5.1. ANALISIS DE LAS CONCENTRACIONES POR METAL

En resumen, de los diez metales pesados analizados es importante mencionar que las concentraciones de los micro elementos tales como el Zn, Co, Cu y Ni no sobrepasaron la norma establecida por la IHOBE que indica las concentraciones consideradas como contaminadas en muestras de suelo. Para Fe, Mn y V no se encontró alguna norma que sirviera como parámetro para indicar si las muestras presentaban concentraciones contaminantes. Los metales pesados cuyas concentraciones obtenidas fueron superiores a las establecidas por las normas son: Cadmio, Plomo y Cromo.

Cadmio

En el caso del Cadmio la única muestra de suelo que sobrepasó lo establecido por la IHOBE (5mg/kg) fue el Deportivo Magdalena Mixhuca (DMM) con 6.1 mg/kg (Fig. 8). Cabe mencionar que ninguna muestra de polvo rebaso lo establecido por la norma, nulificando con esto algún riesgo con respecto al Cd en polvo hacia la población que acude frecuentemente a este Deportivo. El Cd es un elemento que está presente en suelos y rocas en forma natural, pero que también puede ser incorporado al ambiente a través de fertilizantes, plásticos, baterías, pilas, compuestos asociados al zinc, pinturas, aplicación de desechos al suelo y otros. Es uno de los principales contaminantes de suelos agrícolas de todo el mundo debido a su alta movilidad (McBride., 1995)

El cadmio no es un elemento esencial para los animales y el hombre, pero para ambos puede tener efectos tóxicos agudos de corto plazo y crónicos de mediano y largo plazo. Los últimos por su capacidad de acumularse en órganos como riñón e hígado. Los efectos agudos pueden producir daño severo en varios órganos, entre ellos edema pulmonar, problemas respiratorios, bronconeumonía (Ryan *et al.*, 1982). La acumulación del cadmio parece aumentar con la edad, disminuyendo después de los 50 años (Elinder *et al.*, 1976). Se ha estimado que la vida media del cadmio en el riñón va de 18 a 33 años.

La contaminación por Cd se cree que es la más riesgosa para la salud. En condiciones inducidas por el hombre, este elemento probablemente aumentará en suelos superficiales. Sin embargo niveles elevados de Cd en suelos podrían ser de origen litogénico (Kabata-Pendías y Pendías, 1992). Esta posiblemente sea una explicación del porqué sólo una muestra resultó con dicha concentración.

Su principal uso es como cubierta protectora de otros metales, para la manufactura de baterías de níquel-cadmio y como estabilizador de PVC. Entra al medio ambiente por fuentes antropogénicas como la minería, metalurgia, combustión de carbón y de petróleo, por la mala disposición de residuos sólidos municipales peligrosos. (Volke y Velasco, 2005).

El Deportivo Magdalena Mixhuca (DMM) se localiza en la delegación Iztacalco ésta se caracteriza por tener una amplia industria manufacturera, es la segunda delegación con el mayor número de establecimientos industriales (INEGI. 2006), siendo ésta una posible explicación de la concentración tan alta de Cd que se registró en este Deportivo en comparación con los otros parques.

Esta muestra del DMM registró un pH catalogado como moderadamente alcalino con 8.2, se sabe que al aumentar el pH, los metales pesados son removidos de la solución del suelo y adsorbidos por los coloides del suelo, disminuyendo su biodisponibilidad (Basta *et al.*, 1992; Alloway, 1995, Lassatt, 2001).

Plomo

En el caso del Pb, los parques que sobrepasaron la concentración establecida por la norma IHOBE (120 mg/kg) y USEPA (400 mg/kg) determinándolos como muestras contaminadas son: la muestra de suelo del Parque de los Periodistas Ilustres (PPI) con 145 µg/g ubicado en la zona norte. En el caso de las muestras de polvo contaminadas por Pb son el Deportivo Siervo de la Nación (DSN) con una concentración de 1940.1 µg/g así como el Parque de los Periodistas Ilustres (PPI) con 141.1 µg/g ambas muestras ubicadas en la zona norte. En la zona centro en el Parque Municipal San José (PMSJ) y en el Parque Nacional Cerro de la Estrella (PNCE) se obtuvo una concentración de 574.8 µg/g y 141.1 µg/g respectivamente. Ciudad Universitaria Facultad de Química (CU(FQ)) y el Centro Deportivo Xochimilco (CDX) ubicados en la zona sur presentan concentraciones de 326.8 µg/g y 197.3 µg/g respectivamente (Fig. 9). Las concentraciones más altas de Pb están relacionadas con suelos expuestos a condiciones de tránsito pesadas, como se reportó también en un estudio realizado por Morton-Bermea en el año 2006 en la Ciudad de México, donde se registraron así mismo los mayores índices de acumulación de Pb con rangos de 240 y 1570 mg/kg, atribuyéndole estas concentraciones en muestras de suelo al uso de gasolina con contenido de plomo, a pesar de que en el año 1998 se retiró del mercado en México la gasolina con Pb, el contenido acumulado a lo largo de los años lo clasifican como el contaminante metálico más abundante en suelos urbanos de la Ciudad de México.

El plomo está presente en forma natural en la mayoría de los suelos. La principal forma de contaminación proviene del uso de la gasolina con agregado orgánico de plomo, práctica que ha disminuido en los últimos años a nivel mundial (González, S., 1994) Múltiples estudios han demostrado que este metal permanece principalmente en la superficie del suelo (Chaney *et al.*, 1978), lo que representa una ventaja pues minimiza el riesgo de contaminación de aguas subterráneas. Sin embargo al permanecer en la superficie aumenta el riesgo de exposición a los niños, por lo tanto, la única muestra de suelo

contaminada por plomo registrada en el Parque de los Periodistas Ilustres podría representar un riesgo de exposición en los niños que visiten éste parque ya que la muestra se recolectó en la zona de recreación infantil. El plomo afecta el sistema nervioso y causa problemas en el crecimiento. La solubilidad del plomo en el suelo depende de sus características químicas como pH, contenido de materia orgánica y capacidad de intercambio catiónico (Gough *et al.*, 1979). En las plantas suele acumularse en las raíces.

Los polvos urbanos representan un riesgo para la salud debido a los elevados niveles de Pb, a ello se atribuye el hecho de que este metal está concentrado en las partículas más finas que pueden suspenderse fácilmente y depositarse con facilidad. El enriquecimiento con Pb es una constante en todos los suelos cercanos a áreas urbanas e industriales (Ratto *et al.* 2006) como es el caso de la muestra tomada en el Deportivo Siervo de la Nación (DSN) siendo ésta la más elevada ubicándose en la zona norte en el municipio de Ecatepec Estado de México, donde hay gran cantidad de industrias tanto alimentarias, como metalúrgicas pudiendo ser éstas la probable fuente de emisión aunado a que el parque se encuentra sobre una avenida con gran afluencia vehicular. Diversos trabajos definen al Pb como elemento urbano (Chacón *et al.* 1997., Ruiz C. *et al.* 2005). Según Bacon & Hewitt (2005) más del 80% del Pb proviene de depositación atmosférica probablemente por el tránsito vehicular como su mayor fuente.

Los factores del suelo que afectan la biodisponibilidad del metal son pH, potencial redox, textura, contenido y tipo de arcillas, materia orgánica, óxidos de Fe, Mn y Al, y la presencia de cationes y aniones en solución. (Rieuwertts *et al.*,1998; Reichman, 2002; Silveira *et al.*, 2003; Basta, 2004).

En el caso del tipo textural del suelo, la muestra del PPI presentó una textura Franco arcillo arenoso con 65.6% de arenas, 18% de limos y 16.4% de arcillas. Aunque éste último porcentaje de arcillas no es muy alto, juega un papel importante en la solubilidad y biodisponibilidad del Plomo; ya que las arcillas se caracterizan por tener cargas eléctricas principalmente negativas en su superficie. Estas cargas son responsables de la CIC del suelo constituyen un freno al movimiento de los cationes metálicos en la solución del suelo, hacen que los metales permanezcan por más tiempo en el suelo y disminuyen su solubilidad y biodisponibilidad (Kabata-Pendias, 2000).

En cuanto a la materia orgánica en la muestra de polvo en el PPI fue de 39.6 catalogada como extremadamente rica. Aquí la relación entre ésta característica edáfica y los metales es importante en la biodisponibilidad de éstos debido a su alta capacidad de formar complejos (Reichman, 2002). Los grupos carboxilos (COO-) de la M.O forman complejos estables con los metales, especialmente en ambientes alcalinos, donde la afinidad es mayor (González, 1993,1995; Baker *et al.*, 1995; Yin *et al.*, 1996). De esta forma los

metales pesados quedan adsorbidos en la materia orgánica del suelo y en otras formas de materia orgánica humificada (Rieuwerts *et al.*, 1998; Silveira *et al.*, 2003; Basta, 2004). Por lo tanto al aumentar la cantidad de materia orgánica en el suelo también aumenta la formación de complejos órgano-metálicos. En general las plantas no absorben complejos metálicos grandes por lo que su biodisponibilidad disminuye. Este es el caso también de los siguientes parques (DSN, CUFQ y PMSJ) que registraron altas cantidades de M.O catalogadas como extremadamente rico.

Respecto al pH ácido de las muestras de polvo (PNCE y CDX) registraron 6.6 y 6.4 respectivamente, en estos casos, se produce una competencia de los iones H⁺ con los cationes metálicos por los sitios de intercambio. A pH bajo se produce desorción de los metales pesados, aumentando su concentración en la solución del suelo y su biodisponibilidad (Alloway, 1995b; Lassat, 2001).

Cromo

Aquí se observan las muestras tanto de suelo como de polvo que sobrepasaron lo establecido por la norma y se consideran contaminadas por Cr, representando un riesgo a la población que visita con frecuencia éstos parques. Las muestras de suelo que sobrepasaron lo establecido por la IHOBE son la Alameda Oriente (AO) con 17.9 µg/g ubicada en la zona norte y el Parque del Pueblo (PP) con 26.7 µg/g ubicado en la zona centro. (Fig. 7)

Entre las muestras de polvo, 15 de ellas sobrepasaron lo establecido por la IHOBE, las dos primeras muestras ubicadas en la zona norte: Parque de los Ahuehuetes (PAHUE) con 18.4 µg/g, Deportivo Siervo de la Nación (DSN) con 9.8 µg/g. Los siguientes 8 parques se ubican en la zona centro como el Parque Municipal San José (PMSJ) con 28.8 mg/kg, Parque Xicoténcatl Álamos (PXA) con 23.8 µg/g, Parque Mashayoshi Ohira (PMO) con 20.2 µg/g, Viveros de Coyoacán (VC) con 14.6 µg/g, Parque Ecológico Yautlica (PEY) con 13.8 µg/g, Deportivo Magdalena Mixhuca (DMM) con 12.9 µg/g, Parque de los Periodistas Ilustres (PPI) con 10.9 µg/g y el Parque Nacional Cerro de la Estrella (PNCE) con 10.4 µg/g. El Centro Deportivo Xochimilco (CDX) con 27.1 µg/g, Ciudad Universitaria Facultad de Química (CU(FQ)) con 22.5 µg/g, Centro Cultural Universitario (CCU) con 11.4 µg/g, Bosque de Tláhuac (BTLA) con 11.1 µg/g y el Parque Ecológico Huayamilpas (PEH) con 8.6 µg/g, todos éstos localizados en la zona sur.

En la zona centro se registró el mayor número de muestras de polvo contaminadas por Cr, éste es un elemento natural ubicuo, que se encuentra en rocas, plantas, suelos, animales, en los humos y gases volcánicos. Puede funcionar con distintas valencias y en el ambiente se encuentra en varias formas; las más comunes son las derivadas del cromo trivalente, o cromo (III), y las del cromo hexavalente, o cromo (VI).

El cromo (III) es un nutriente esencial para los humanos, en los que promueve la acción de la insulina. El cromo metálico, o cromo (0), y los derivados del cromo (VI), usualmente son de origen antropogénico. Se trata, fundamentalmente, de los cromatos y dicromatos. Ambos grupos son agentes oxidantes energéticos en el medio ácido, en el que pasan a cromo (III). El cromo se usa en tres industrias principales: metalúrgica, química y de materiales refractarios. El cromo, en sus formas (III) y (VI), entra en el ambiente principalmente a partir de fuentes estacionarias. Por ejemplo, aproximadamente el 64% del total de las emisiones atmosféricas de cromo en Estados Unidos es cromo (III) que procede de la producción de acero y de la combustión –comercial e industrial- de diversos combustibles, mientras que cerca del 32% es cromo (VI) que proviene de la fabricación de productos químicos, de las actividades de cromado y de las torres de enfriamiento en las que se usan cromatos como inhibidores de la corrosión.

Usualmente, los niveles naturales de concentración de cromo en aire son bajos. Por ejemplo, la concentración de cromo total en aire en zonas no industriales, generalmente es menor de 0.1 mg/m^3 . Sin embargo, las emisiones de plantas de industria química que usan o producen compuestos de cromo, los incineradores, la gestión inadecuada de los desechos peligrosos y el polvo de cemento pueden aumentar estos valores y constituir un riesgo para las poblaciones cercanas (Fujiwara *et al.*, 2006, Tapia J. 1997).

El cromo puede entrar al organismo humano por inhalación, ingestión, y, en mucho menor medida, por absorción a través de la piel. El cromo puede absorberse por vía respiratoria cuando se inhala aire que lo contiene. En el caso del cromo metálico, sus partículas se pueden depositar en los pulmones, si esto ocurre en la parte superior del aparato respiratorio, lo común es que las partículas salgan con la tos o sean tragadas. Si, en cambio, las partículas penetran al fondo de los pulmones, pueden permanecer ahí el tiempo suficiente para ser absorbidas y pasar a la sangre. Normalmente el cromo no se absorbe a través de la piel, sin embargo, algunos estudios con poblaciones ocupacionalmente expuestas parecen indicar que es posible la absorción de algunos compuestos de cromo (VI) a través de la piel.

Las muestras de polvo consideradas contaminadas por Cr al superar la norma también superaron en número a las muestras de suelo contaminadas por este mismo elemento. Es importante mencionar que estas muestras de polvo se encuentran en delegaciones y municipios que tienen algún tipo de industria como la construcción, química, alimentaria, manufacturera, productos metálicos, maquinaria y plantas generadoras de energía eléctrica.

La ingestión o inhalación de polvo o suelo en parques y jardines es probablemente por partículas pequeñas, ya que tienen una gran facilidad de suspenderse en el aire y porque son más fáciles de adherirse a la piel (Yamamoto *et al.*, 2006). Por lo tanto los metales presentes en las fracciones finas de los suelos urbanos son un punto importante para que sean considerados en la transferencia de metales hacia las personas.

Las características orográficas de la ZMVM favorecen la contaminación atmosférica. La entrada principal del viento se ubica en la zona norte, región donde el terreno es más plano, se forman remolinos, líneas de confluencia y zonas de convergencia del viento, mismos que tienden a incrementar la acumulación de los contaminantes que llegan a precipitar en el valle, ocasionando el aumento de éstos en la zona centro (Figura 14). En la ZMVM hay dos épocas climáticas durante el año: la estación invernal seca (Noviembre-Abril) y la de lluvia (Mayo-Octubre) (INEGI., 2006). Durante la época seca son frecuentes las inversiones térmicas, es importante recordar que el muestreo se realizó de Octubre 2007 a Enero 2008, ésta situación pudo influir en los resultados obtenidos. Porque al ocurrir este fenómeno la velocidad del aire es baja a consecuencia de la inversión, los gases de escape de los automóviles, fabricas y otros contaminantes no se dispersan y alcanzan concentraciones elevadas como las registradas en este trabajo.

5.2. PARAMETROS UTILIZADOS PARA EVALUAR LA CONTAMINACION DE LAS MUESTRAS

Ahora ya que se tiene claro qué metales fueron los que sobrepasaron la norma y cuáles fueron los parques afectados, con esto nos podemos dar una idea de los sitios en donde existen posibles riesgos para la población infantil que visita frecuentemente estos parques y se encuentra en contacto directo con el suelo y con el polvo de los mismos.

La comparación de las concentraciones de los metales pesados con la norma IHOBE, nos sirvió como primer parámetro para conocer en qué sitios la población infantil puede correr un posible riesgo que merme su salud.

El segundo parámetro que se utilizó para tener más fundamento en cuanto al posible riesgo que corre la salud de los infantes, fue el promedio general de cada metal, ya que al compararlo con las concentraciones registradas de los mismos, así como con la norma; si éstas llegasen a superar el promedio o en su defecto la norma, nos puede ayudar a descubrir otros parques que posiblemente representen algún riesgo aunque éste sea de menor magnitud en comparación con los sitios que sobrepasaron ya una norma establecida.

5.3. PROMEDIOS TOTALES DE METALES PESADOS

En la siguiente tabla se muestran los promedios de cada metal en muestras de suelo y polvo.

Tabla 8. Comparación de los promedios de cada metal con la IHOBE (suelo y polvo)

METALES	PROMEDIO SUELO ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	PROMEDIO POLVO ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	IHOBE mg/kg
Cu	0.8	2	250
Mn	2.1	9.6	-
Zn	3.4	6.3	480
Fe	5.4	6.8	-
Cr	3	9.9	8
Cd	0.5	0.5	5
Pb	20.6	146.8	120
Ni	5	5.5	110
Co	1.9	1.8	30
V	6.2	0.4	-

En las muestras de suelo los promedios totales obtenidos no rebasan lo establecido por la IHOBE ya que éstos se encuentran muy por debajo de la norma. Sin embargo en los promedios de polvo, el Cr ($9.9 \mu\text{g}/\text{g}$) sí sobrepasó a lo establecido por la IHOBE ($8\text{mg}/\text{kg}$). Otro fue el caso del Pb ya que su promedio ($146.9 \mu\text{g}/\text{g}$) también superó lo indicado por la IHOBE ($120 \text{mg}/\text{kg}$). En cuanto a estos elementos (Mn, Fe y V) no se encontró alguna norma que estableciera las concentraciones consideradas como contaminantes en suelos y además que hiciera hincapié en las zonas de recreación infantil.

Para poder apreciar mejor estos resultados se realizaron dos mapas indicando los parques uno de suelo y otro de polvo. Los parques que no presentaron ningún problema se encuentran indicados con color verde, al no rebasar ninguna norma así como ninguno de los promedios en los metales analizados. Estos parques no representan riesgo alguno en cuanto a la salud de los infantes que los visitan. Por otra parte, los parques que sobrepasaron los promedios totales de cada metal están indicados con color amarillo, y por último los parques que presentaron concentraciones superiores a las normas ambientales se encuentran indicados con color rojo.

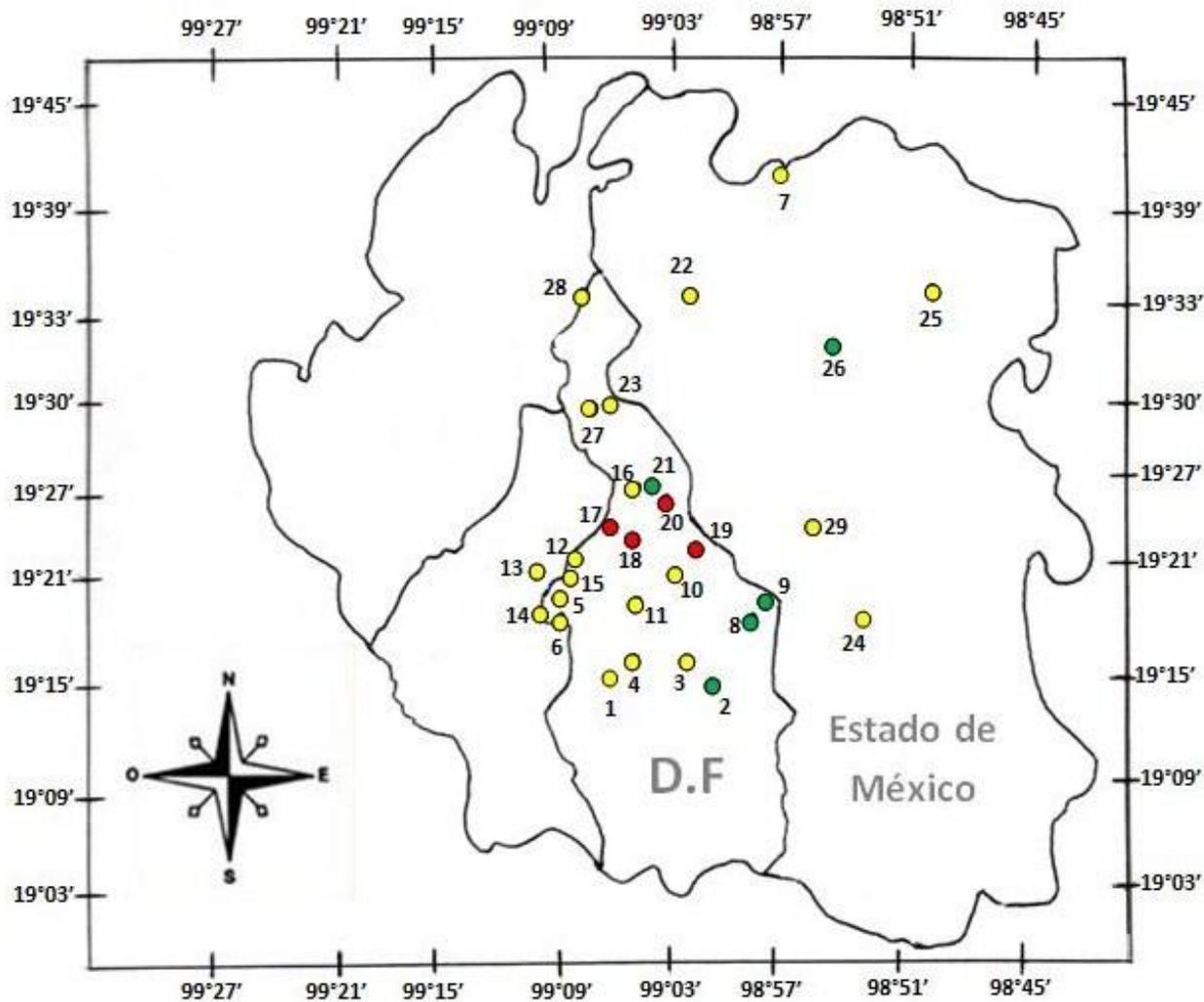


Figura 13. Caracterización de los parques (muestras de suelo)

SUELO:

En la Figura 13 se observa la distribución de los parques en color rojo, que son considerados como contaminados por sobrepasar las concentraciones establecidas por la IHOBE. Entre paréntesis se indican los metales que sobrepasaron la norma.

- 17.** El Parque de los Periodistas Ilustres, (Pb)
- 18.** Deportivo Magdalena Mixhuca, (Cd)
- 19.** Parque del Pueblo, (Cr)
- 20.** La Alameda Oriente, (Cr)

La distribución de los parques en color amarillo representa un riesgo menor en comparación con los parques que sí superaron la norma. Ya que éstos parques sobrepasaron el promedio total de los diferentes metales pesados analizados. Con esto nos dan una idea de los parques que podrían representar en el futuro un serio riesgo para la población infantil.

1. Centro Deportivo Xochimilco (V, Mn y Fe)
3. Bosque de Tláhuac (V, Cu, Zn y Ni)
4. Parque Ecológico Xochimilco (Cr, Cd, Ni y Co)
5. Ciudad Universitaria Facultad de Química (Mn, Fe, Pb ,Ni y Co)
6. Parque Ecológico Huayamilpas (Pb)
7. Parque Villa Sierra Hermosa (Ni)
10. Parque Deportivo Ecológico Cuitláhuac (Fe)
11. Parque Nacional Cerro de la Estrella (V y Ni)
12. Parque Mashayoshi Ohira (V, Pb y Co)
13. Viveros de Coyoacán (V, Mn, Fe, Ni y Co)
14. Centro Cultural Universitario (V y Fe)
15. Parque Xicoténcatl Álamos (V, Cd, Pb, Ni y Co)
16. Bosque San Juan de Aragón (Co)
22. Deportivo Siervo de la Nación (V, Cr, Pb, Ni y Co)
23. Instituto Politécnico Nacional Zacatenco (V, Co)
24. Parque Ecológico los Héroeas (Cu, Mn, Ni y Co)
25. Teotihuacán (Mn)
27. Área de Reserva Ecológica Cerro de Zacatenco (V, Zn y Co)
28. Reserva Sierra de Guadalupe (Cu, Mn, Zn y Fe)
29. Parque Municipal San José (Ni y Co).

La distribución de los parques en color verde no representan ningún riesgo que pueda afectar la salud de los infantes, ya que sus concentraciones de metales pesados no sobrepasan la norma, así como ninguna de éstas supera los promedios totales de los metales.

2. Bosque San Juan Tlaxialtemalco
8. Parque Sierra Santa Catarina
9. Parque Ecológico Yautlica
21. Bosque San Juan de Aragón frente al Zoológico
26. Parque de los Ahuehuetes

POLVO:

En la Figura 14 se observa la distribución de los parques en color rojo que son considerados como contaminados por sobrepasar las concentraciones establecidas por la IHOBE.

- 1.** Centro Deportivo Xochimilco, (Cr y Pb).
- 3.** Bosque de Tláhuac, (Cr)
- 5.** C.U Facultad de Química, (Cr y Pb).
- 6.** Parque Ecológico Huayamilpas, (Cr).
- 9.** Parque Ecológico Yautlica, (Cr).
- 11.** Parque Nacional Cerro de la Estrella, (Cr).
- 12.** Parque Mashayoshi Ohira, (Cr).
- 13.** Viveros de Coyoacán, (Cr).
- 14.** Centro Cultural Universitario, (Cr)
- 15.** Parque Xicoténcatl Álamos, (Cr).
- 17.** El Parque de los Periodistas Ilustres, (Cr)
- 18.** Deportivo Magdalena Mixhuca, (Cr).
- 22.** Deportivo Siervo de la Nación, (Pb).
- 26.** Parque de los Ahuehuetes, (Cr).
- 29.** Parque Municipal San José, (Cr y Pb).

La distribución de los parques en color amarillo representa un riesgo menor en comparación con los parques que si superaron la norma. Ya que estos parques sobrepasaron el promedio total de los diferentes metales pesados analizados. Con esto nos dan una idea de los parques que podrían representar en el futuro un serio riesgo para la población infantil.

- 2.** Bosque de San Juan Tlaxialtemalco (Zn y Co)
- 4.** Parque Ecológico Xochimilco (Fe y Ni)
- 6.** Parque Ecológico Huayamilpas (Fe y V)
- 7.** Parque Villa Sierra Hermosa (Ni y Co)
- 16.** Bosque San Juan de Aragón (Cu, Mn, Cd, Ni y Co)
- 19.** Parque del Pueblo (Cu, Zn, Cd y Ni)
- 20.** Alameda Oriente (Cd, Ni y Co)
- 23.** Instituto Politécnico Nacional Zacatenco (Cu, Mn, Co y V)
- 24.** Parque Ecológico los Héroeas (Mn, Ni, Co y V)
- 25.** Teotihuacán (Co y V)
- 27.** Área de Reserva Ecológica Cerro de Zacatenco (Cu y V)
- 28.** Reserva Sierra de Guadalupe (Fe, Cd, Ni, Co y V).

Los parques (muestras de polvo) en color verde no representan ningún riesgo que pueda afectar la salud de los infantes, ya que sus concentraciones de metales pesados no sobrepasan la norma así como ninguno de éstas superan los promedios totales de los metales.

8. Sierra Santa Catarina

10. Parque Deportivo Ecológico Cuitláhuac

21. El Bosque San Juan de Aragón frente al zoológico

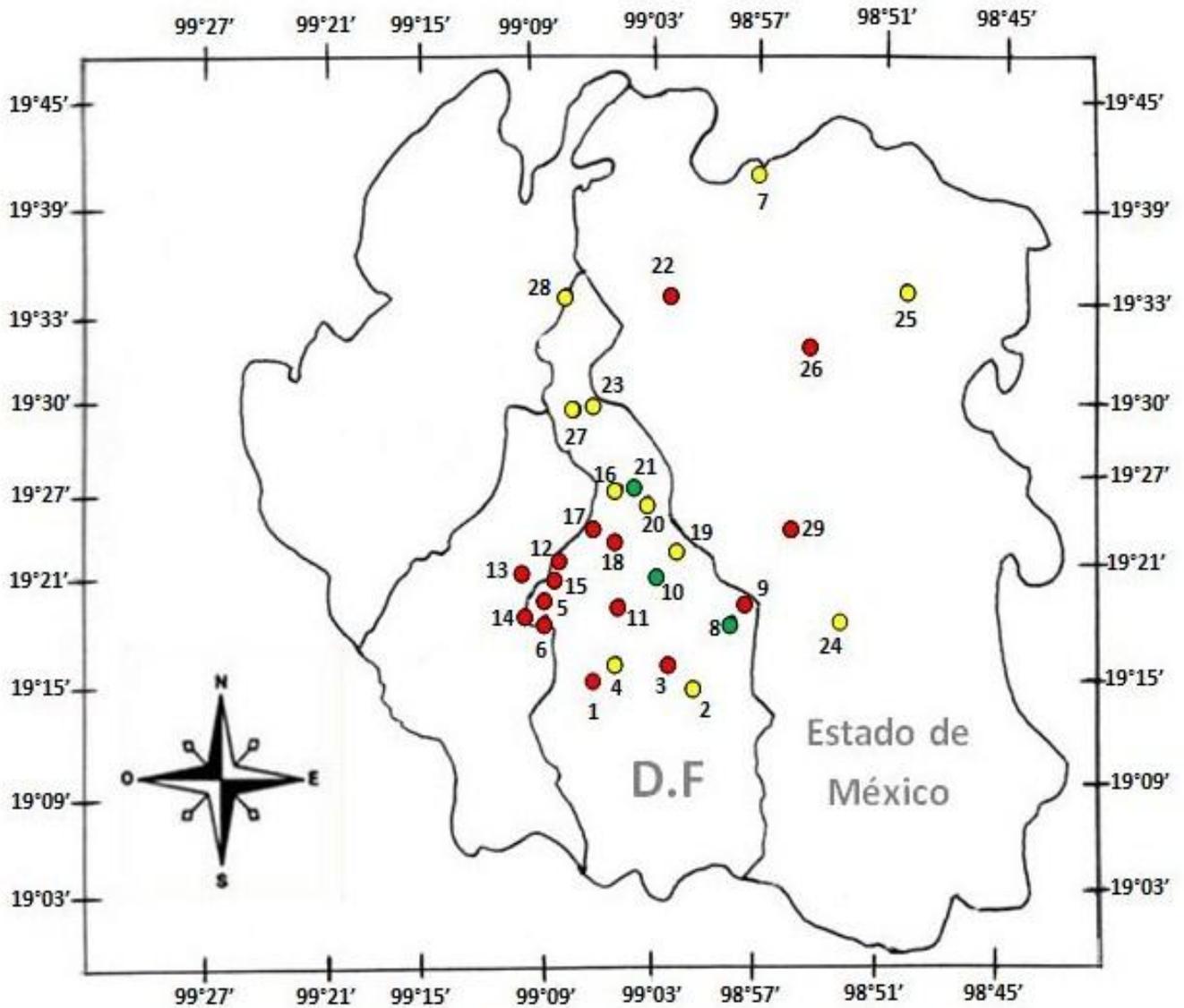


Figura 14. Caracterización de los parques (muestras de polvo)

5.4. DISTRIBUCIÓN DE METALES PESADOS POR SUBZONAS

Para tener una visión más amplia en cuanto al comportamiento y presencia de los metales pesados tanto en muestras de suelo como en las de polvo se realizaron gráficas que reflejan el promedio general de cada metal por subzonas establecidas anteriormente, para así poder observar cuáles son los metales que predominan en la zona norte, zona centro y zona sur.

En la Figura 15 se muestran los promedios de cada metal por zona en muestras de suelo, para poder observar en cuál de éstas los metales predominaron más. Es importante mencionar que los elementos analizados se encuentran acomodados por subzonas, obteniendo como resultados que la zona norte registró las concentraciones más altas de Pb con 26.2 $\mu\text{g/g}$, Cu con 0.9 $\mu\text{g/g}$, Mn con 3 $\mu\text{g/g}$, y Zn con 4.3 $\mu\text{g/g}$. En cuanto a la zona centro se refiere ésta registró las concentraciones más altas de V con 6.9 $\mu\text{g/g}$, Cr con 4.3 $\mu\text{g/g}$, Cd con 1 $\mu\text{g/g}$ y Ni con 5.2 $\mu\text{g/g}$. El Co registró la misma concentración tanto en la zona norte como en la zona centro con 1.9 $\mu\text{g/g}$. La zona sur sólo presentó la concentración más alta de Fe con 7.9 $\mu\text{g/g}$.

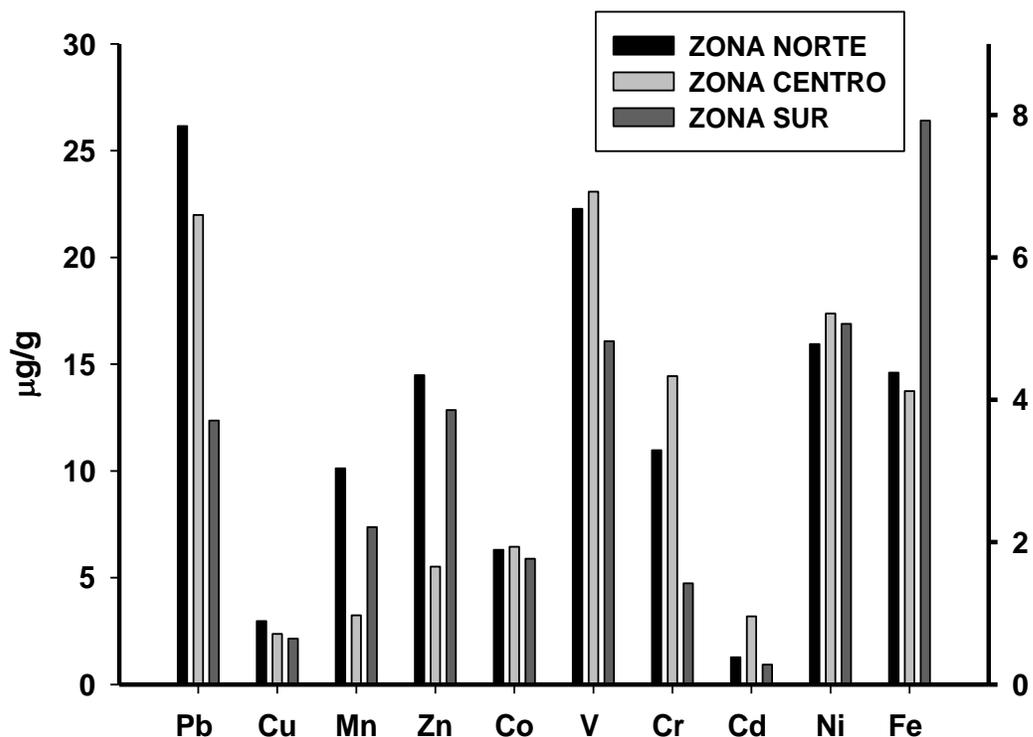


Figura 15. Comparación entre las concentraciones de metales pesados de las subzonas en muestras de suelo.

La segunda gráfica (Figura 16) muestra la concentración de los metales por zona en muestras de polvo. En ella se observa que la zona norte registró las concentraciones más altas de los siguientes metales: Pb con 216.7 $\mu\text{g/g}$, Mn con 10.8 $\mu\text{g/g}$, Cd con 0.6 $\mu\text{g/g}$, Co con 2.2 $\mu\text{g/g}$. La zona centro registró las concentraciones más altas de Cu con 2.3 $\mu\text{g/g}$, Zn con 13.1 $\mu\text{g/g}$, Fe con 9.4 $\mu\text{g/g}$, Cr con 14.5 $\mu\text{g/g}$, y Ni con 5.8 $\mu\text{g/g}$. La zona sur al igual que la zona centro presentó las concentraciones más altas de V con 0.4 $\mu\text{g/g}$.

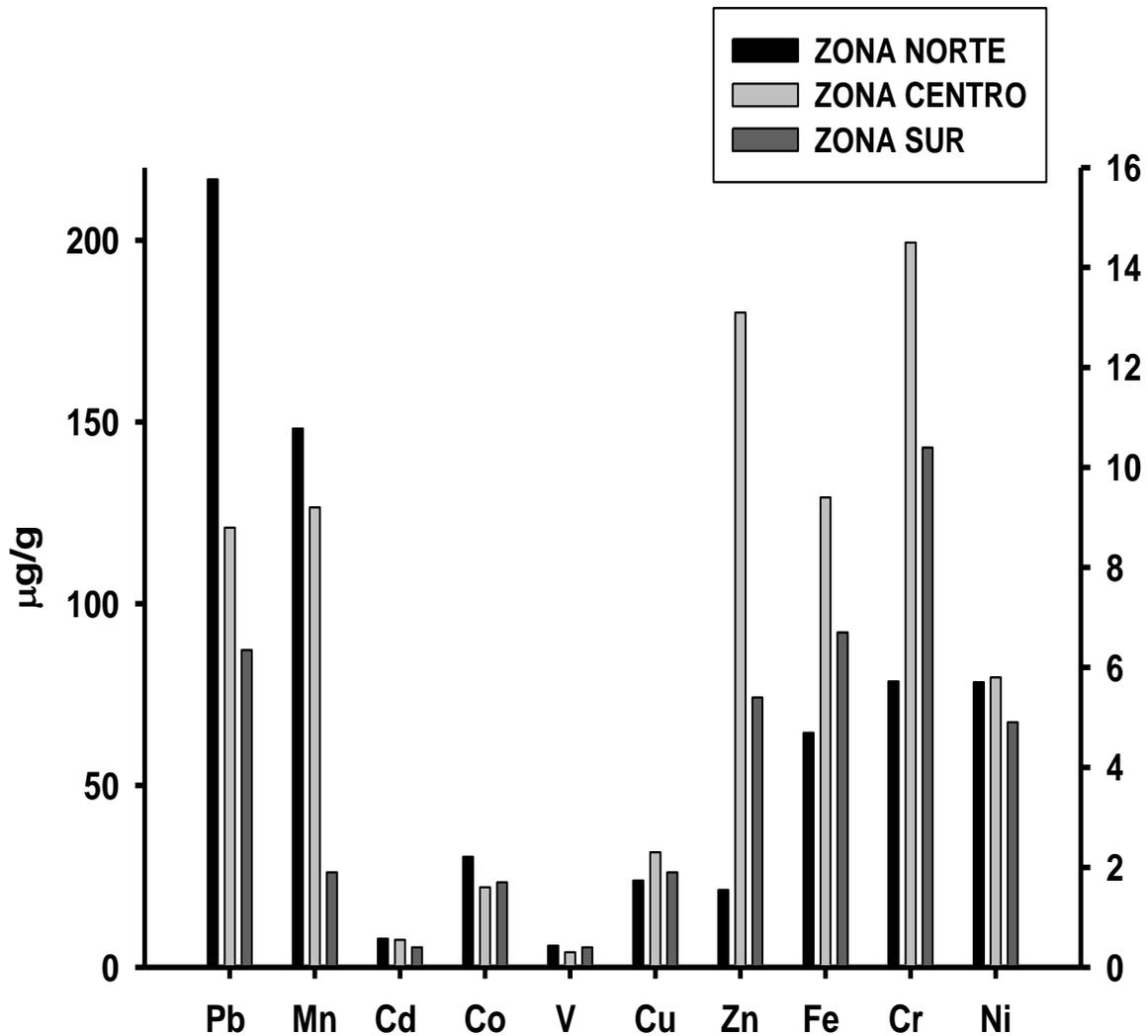


Figura 16. Comparación entre las concentraciones de metales pesados de las subzonas en muestras de polvo.

Tabla 9. Correlación de las características edáficas con los metales pesados

SUELO	Cu µg/g	Mn µg/g	Zn µg/g	Fe µg/g	Cr µg/g	Cd µg/g	Pb µg/g	Ni µg/g	Co µg/g	V µg/g
pH	0.000	0.041	0.018	0.279	0.105	0.036	0.001	0.009	0.015	0.005
M.O	0.019	0.173	0.039	0.196	0.093	0.017	0.050	0.008	0.033	0.049
ARENAS	0.040	0.014	0.016	0.008	0.001	0.026	0.006	0.026	0.076	0.038
LIMOS	0.005	0.003	0.019	0.000	0.013	0.001	0.012	0.001	0.015	0.018
ARCILLAS	0.031	0.019	0.001	0.001	0.041	0.042	0.058	0.067	0.125	0.029
POLVO										
pH	0.028	0.065	0.000	0.010	0.143	0.073	0.013	0.032	0.011	0.005
M.O	0.006	0.011	0.007	0.003	0.025	0.140	0.001	0.039	0.125	0.004
ARENAS	0.008	0.009	0.003	0.010	0.019	0.024	0.000	0.000	0.120	0.023
LIMOS	0.007	0.012	0.002	0.004	0.021	0.054	0.000	0.000	0.087	0.017
ARCILLAS	0.001	0.006	0.012	0.023	0.002	0.009	0.000	0.000	0.062	0.004

Uno de los objetivos particulares de este trabajo fue realizar una correlación lineal simple con las concentraciones de los metales pesados y las características edáficas de las muestras tanto de suelo como de polvo, con el propósito de revelar si las características del suelo podían explicar las concentraciones de los metales pesados presentes en éstos. El resultado de esta correlación fue que las variables edáficas como pH, materia orgánica, arenas, limos y arcillas no explican la variabilidad en las concentraciones de los metales pesados presentes en las muestras. Esto se debe a que la magnitud de los coeficientes de correlación entre las características del suelo con las concentraciones de los metales presentes fueron menores a $R^2=0.40$ y el coeficiente de correlación mas alta fue $R^2= 0.279$.

5.6. COMPARACION DE RESULTADOS CON OTROS TRABAJOS

Es importante realizar una comparación de los resultados obtenidos en el presente trabajo con otros trabajos realizados, algunos de ellos también enfocados a zonas de recreación infantil como lo fue éste, para así poder darnos una idea más clara, de en qué condiciones se encuentran nuestros parques con los de otros países y ciudades del mundo (Tabla 15).

SUELO

El promedio de Cd y el rango de Pb registrado en Alemania son mayores que el promedio de Cd ($0.5 \mu\text{g/g}$) y el rango de Pb registrado en este trabajo en la ZMVM ($2.5-145.6 \mu\text{g/g}$). El promedio de Cu en Australia es notablemente mayor al obtenido en la ZMVM ($0.8 \mu\text{g/g}$).

En cuanto al rango de Cu, Zn y Pb en Canadá son superiores a los registrados en el presente estudio ($0.1-3.6 \mu\text{g/g}$), ($0.1-26.3 \mu\text{g/g}$) y ($2.5-145.6 \mu\text{g/g}$) respectivamente. Los promedios registrados de metales pesados en Escocia, son muy superiores a los obtenidos en la ZMVM. El promedio de Cu en Filipinas ($352 \mu\text{g/g}$) en comparación con el registrado en el presente estudio ($0.8 \mu\text{g/g}$) es muy alto. Los promedios de (Cu, Zn y Cd) en Huelva, España son superiores a los obtenidos en la ZMVM, sin embargo el promedio de Fe ($5.4 \mu\text{g/g}$) y Pb ($20.6 \mu\text{g/g}$) en el presente estudio fueron más altos que en los de Huelva, ($3.29 \mu\text{g/g}$) y ($13.07 \mu\text{g/g}$) respectivamente. En Italia el rango de Zn registrado es mayor al de la ZMVM ($0.1-26.3 \mu\text{g/g}$). Los rangos de Cu, Zn y Pb en Japón superaron a los obtenidos en la ZMVM. ($0.1-3.6 \mu\text{g/g}$), ($0.1-26.3 \mu\text{g/g}$) y ($2.5-145.6 \mu\text{g/g}$) respectivamente. Los rangos de Cu, Zn y Pb en Nanjing, China fueron notablemente menores en comparación con los de la ZMVM ($0.1-3.6 \mu\text{g/g}$), ($0.1-26.3 \mu\text{g/g}$) y ($2.5-145.6 \mu\text{g/g}$). Los rangos registrados Cu, Zn, Cd y Pb en Estados Unidos fueron superiores a los obtenidos en la ZMVM ($0.1-3.6 \mu\text{g/g}$), ($0.1-26.3 \mu\text{g/g}$), ($0.1-6.1 \mu\text{g/g}$), y ($2.5-145.6 \mu\text{g/g}$).

POLVO

Los promedios de los metales pesados analizados en la ZMVM en comparación con los promedios de polvo en India y Oslo fueron notablemente menores.

Tabla 10. Metales pesados en diferentes Países y Ciudades del mundo (fracción biodisponible).

	País/Ciudad	Cu	Mn	Zn	Fe	Cr	Cd	Pb	Ni	Co	V	Referencia	
Suelo	Alemania	-	-	-	-	-	3.9	127-338	-	-	-	Kabata-Pendias <i>et al.</i> , 1991	
	Australia	210	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Tiller, K. <i>et al.</i> ,1981	
	Canadá	11-130	-	10-200	-	-	-	6-888	-	-	-	Hutchinson, T. C., <i>et al.</i> , 1974	
	Escocia	174	895	435.21	33.33	44.98	2.24	386	-	25.51	155.41	Markiewicz <i>et al.</i> , 2004	
	Filipinas	352	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Vicente-Beckett, <i>et al.</i> , 1991.	
	Huelva, España	136.28	-	890.75	3.29	-	0.99	13.07	-	-	-	López-González <i>et al.</i> , 2005	
	Italia	-	-	16-157	-	-	-	-	-	-	-	-	Bini C. <i>et al.</i> 1990
	Japón	31-300	-	10-622	-	-	-	-	132-397	-	-	-	Kitagishi, K. <i>et al.</i> ,1981
	Nanjing, China	0.08-0.79	-	0.22-0.86	-	-	-	-	0.43-1.27	-	-	-	Ying L. <i>et al.</i> , 2003
	Rusia	50-83	-	47-139	-	-	-	-	-	-	-	-	Zborishchuk <i>et al.</i> , 1978
	USA	3-140	-	13-300	-	-	0.02-13.6	218-10,900	-	-	-	-	Preer <i>et al.</i> , 1980
ZMVM	0.8	2.1	3.4	5.4	3	0.5	20.6	5	1.9	6.2	Presente Trabajo		
Polvo	India	128.98	-	420.78	-	171.8	16.47	230	98.78	-	-	Anju D.K. 2002	
	Oslo	123	883	412	-	-	1.4	180	41	19	-	Chacón. 1997	
	ZMVM	2	9.6	6.3	6.8	9.9	0.5	146.8	5.5	1.8	0.4	Presente Trabajo	

- Elemento no Analizado

6.- CONCLUSIONES

- La ZMVM sección Este, sí registra parques que significan un riesgo en la salud de la población infantil que los visita, ya que se encuentran contaminados por metales pesados que se localizan en la fracción biodisponible.
- De acuerdo con la norma IHOBE establecida para determinar la contaminación en suelos con uso de recreación infantil, tres metales pesados, Cd, Pb y Cr sobrepasaron dicha norma. Sin embargo Cu, Mn, Zn, Fe, Ni, Co y V no rebasaron ninguna norma.
- Las muestras de suelo contaminadas son las siguientes: El Parque de los Periodistas Ilustres (Pb), Deportivo Magdalena Mixhuca, (Cd), Parque del Pueblo (Cr) y La Alameda Oriente (Cr).
- Las muestras de polvo contaminadas son las siguientes: Centro Deportivo Xochimilco (Cr y Pb), Bosque Tlahuac (Cr), Ciudad Universitaria F.Q (Cr y Pb), Parque Ecológico Huayamilpas (Cr), Parque Ecológico Yautlica (Cr), Parque Nacional Cerro de la Estrella (Cr), Parque Masayoshi Ohira (Cr), Viveros de Coyoacán (Cr), Centro Cultural Universitario (Cr), Parque Xicotencatl Álamos (Cr), Parque Periodistas Ilustres (Cr), Deportivo Magdalena Mixhuca (Cr), Deportivo Siervo de la Nación (Pb), Parque de los Ahuehuetes (Cr) y Parque Municipal San José (Cr y Pb).
- Los parques que no representan algún riesgo para los infantes que los visitan ya que no sobre pasaron la norma IHOBE son son: Bosque San Juan Tlaxialtemalco, Parque Sierra Santa Catarina, Parque Ecológico Yautlica, Bosque San Juan de Aragón frente al Zoológico, Parque de los Ahuehuetes, estos son en cuanto a las muestras de suelo se refiere. Ahora refiriéndonos a las muestras de polvo: Sierra Santa Catarina, Parque Deportivo Ecológico Cuitlahuac y el Bosque San Juan de Aragón.
- Las muestras de polvo resultaron con niveles más altos de metales pesados que las muestras de suelo. Representando un factor de riesgo mayor por la facilidad que tiene el polvo para ingresar al organismo, sobre todo a los más vulnerables en este caso, al de los infantes.

6.- CONCLUSIONES

- La zona centro es la que registra el mayor número de muestras de polvo contaminadas por metales pesados, por lo tanto es la subzona con mayor riesgo para los niños que visitan los parques ubicados en dicha zona.
- Respecto a la correlación realizada entre las características edáficas y las concentraciones de los metales pesados, no se encontró correlación alguna entre estas variables.
- Al realizar la comparación de los promedios obtenidos de MP (fracción biodisponible) en el presente trabajo con los resultados de otros países y/o ciudades del mundo, nos damos cuenta que la situación en los parques de la ZMVM sección Este, no es tan seria como en otros lugares. Sin embargo los promedios de Cu, Zn y Pb en las muestras de suelo fueron mayores en comparación con los rangos registrados en Nanjing, China. Por otro lado también los promedios de Fe y Pb fueron notablemente mayores a los indicados en España.
- A falta de normas mexicanas que regulen las concentraciones de MP en suelos con usos de recreación infantil, residencial e industrial. Es imperativo crear este tipo de normas para el bien de la población que hace uso de estos sitios, pero sobre todo para los niños.

BIBLIOGRAFIA

Acosta, A. Faz Cano, J.M. Arocena, F. Debela, S. Martinez-Martinez, (2008). *Distribution of metals in soil particle size fractions and its implication to risk assessment of palygrounds in Murcia City (Spain)*.

Alloway, B.J. (1995). *The origin of the heavy metals in soils*. E In: Alloway, B.J. (ed.). *Heavy metals in soils*. Blackie Academic and Professional, London, 2nd. Edition. Pp. 38-57.

Alloway, B.J. (1995b). Chapter 2: *Soil process and the behavior of the heavy metals*. In Alloway. B.J. (ed.). *Heavy metals in soil*. Blackie Academic and Professional, London, 2nd edition. Pp. 11-37.

Aragón A., Campos A., Leyva R., Hernández M., Ortiz N., Luszczewski A. (2006). *Influencia de emisiones industriales en el polvo atmosférico de la ciudad de San Luis Potosi, México*. UNAM. Revista Internacional de Contaminación Ambiental. Año/Vol. 22. Numero 001. Pp. 5-19.

Aguilar R. (2006). *Muestreo de Suelos para la identificación y la cuantificación de metales y metaloides, y manejo de la muestra*. NMX-AA-132-SCFI-2006.

Bacon, J.R., & I.J. Hewitt. (2005). *Heavy metals deposited from the atmosphere on upland Scottish soils: Chemical and Lead isotope studies of the association of metals with soil components*. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 69-1: 19-33.

Basta, N.T. and Tabatabai, M.A (1992). *Effect of cropping systems on adsorption of metals by soils: II. Effect of pH*. *Soil Science*, 153:195-204.

Basta, N.T (2004). *Heavy Metal and trace element chemistry in residual-treated soil: Implications on metal bioavailability and sustainable land application*. In: Sustainable land application Conference, January, 4-8, Florida; University of Florida.

Baker, D.E., Senef, J.P. (1995). Chapter 8: Copper . In: Alloway. B.J. (ed.). *Heavy metals in soils*. Blackie Academic and Professional, London, 2nd. Edition. Pp. 179-205.

Biasioli. M., Grcman,H., Kralj, T., Madrid, F., (2007) *Potentially toxic elements contamination in urgan soils: a comparison of three European cities*. *Journal of Environmental Quality* 36, 70-79.

Bini, C., Dall' Aglio, M., Ferretti, O., and Gagnani, R., (1998). *Background levels of microelements in soils of Italy*, *Environ. Geochem. Health*, 10, 35,

Carter R. M. (1993) *Soils Sampling and Methods of Analysis*. Lewis Publishers. Pp. 87-89, 106-117.

Chacon. (1997). *Origin and Patterns of Distribution of Trace Elements in Street Dust: Unleaded Petrol and Urban Lead*. *Atmospheric Environment*. Vol.31, No. 17. Pp.2733-2740.

Chaney, R.L., Hundemann, P.T., Pamer, W.T., Small, R.J., White, M.C., and Decker, A.M. (1978). *Plant Accumulation of heavy metals and phytotoxocoty resulting from the utilization of sewage sludge and sludge compost on cropland*. Proc. National Conference, on Composting Municipal Residues and Sludges. Information Transfer, Inc, Rockville, MD: 86-96.

Chacón E., Llamas F. (1997). *Origin and patterns of Distribution of trace elements in street dust: unleaded petrol and urban lead*. *Atmospheric Environment*, Vol., 31, No., 17, pp. 2733-2740.

Elinder, C. G., Kjellstrom, T., Friberg, L., Lind, B., and Linnman, L (1976). *Cadmium in kidney cortex, liver and pancreas from Swedish autopsies*. *Arch. Environ. Health* 31: 293-302

Facultad de Zootecnia , Universidad Autónoma de Chihuahua, División de Ciencias e Ingeniería Ambiental, CIMAV.

Fujiwara, F., M. Dos Santos, J. Marrero, G. Polla, D. Gómez, L. Dawidowski & P. Smichowski, (2006) *Fractionation of eleven elements by chemical bonding from airborne particulate mater collected in an industrial city of Argentina*. *Journal of Environmental Monitoring*.

Galvao, L.A.C., y Corey G. (1987). *Interim Canadian Environment Quality Criteria for Contaminated Sites*. Report CCME EPC-C534, Winnipeg, Manitoba.

González, M.S. (1993). *Reducción de la toxicidad del cobre y cadmio en alfalfa mediante el uso de abonos orgánicos*. *Agricultura Técnica (Chile)* 57:245-249.

González, S. (1994). *Geoquímica de metals pesados en Chile*. Pp.10-29. En: *Seminario Taller: Impacto ambiental de metals pesados en Chile*. Editado por INIA, INACAP, U. de CHILE y BRITISH COUNCIL, Santiago, Chile, 261 p.

González M.S. (1995). *Copper upper critical levels for plants on copper-polluted soils and the effect of organic additions*. In: Adriano, D.C.; Z-E.; Chen, S-S. Yang, (eds.) *Biochemistry of trace elements*. Science and Technology Letters, Northwood. Pp.195-203.

González A., Cuevas G., Vélez C., Hernández D. (2003). *Caracterización de suelos y evaluación del contenido de metales pesados en zonas urbanas del estado de Chihuahua*.

Gough, L.P., Shacklette, H.T., Case, A.A. (1979). *Element concentrations toxic to plants, animals, and man*. U.S. Department of Interior, Geological Survey Bulletin, 1466, Washington.

Hutton, M. Hutton, M. Chaney, C.R. KrishnaMurti, A. Olade and A.L. (1987). *Cadmium and Arsenic in the Environment*. John Wiley & Sons, New York, pp. 35–41. Group report: cadmium. In: T.C. Hutchinson and K.M. Meema, Editors, *Lead, Mercury,*

Hutchinson, T. C., Czuba, M., and Cunningham, L., (1974). *Lead, cadmium, Zinc, copper and nickel distributions in vegetables and soils of an intensely cultivated area and levels of copper, lead and zinc in growers, in Trace Subst. Environ. Health, Vol. 8,* Hemphill, D.D., Ed., University of Missouri, Columbia, MO, 81.

Imperato, P., Adamo, D. Naimo, M., Arienzo, D. Stanzione, P. Violante (2003). *Spatial distribution of heavy metals in urban soils of Naples city (Italy)*. Environmental Pollution 124 (2003) 247-256.

IHOBE (Seguridad pública de gestión ambiental). (1998). *Manual práctico para la investigación de la contaminación del suelo. Seguridad pública de gestión ambiental*. Gobierno Vasco. España.

Kabata-Pendias, A. and Brummer, G.W., (1991). *Ecological consequences of As, Cd, Hg and Pb enrichment in European soils, in Lead, Mercury, Cadmium and Arsenic in the Environment, SCOPE 32,* Hutchinson, T.C. and Meema, K. Gordon, C., Eds., J. Wiley,.

Kabata-Pendias, A., Pendías, H. (1992). *Trace elements in soil and plants*. 2nd. Edit. CRC Press, Boca Raton, Fl. 315 pp.

Kabata-Pendias, Alina. (2000). *Trace elements in soil and plants*. Third Edition. CRC Press, - Boca Raton, USA.

Kitagishi, K. and Yamane, I., (1981). Eds., *Heavy Metal Pollution in Soils of Japan*, Japan Science Society Press, Tokyo, 302.

Lassat M. (2001). *The uses of plants for removal of toxic metal from contaminated soil*. USEPA.

López., Perelman P., Rivara M., Faggi A. (2006). *Características del suelo y concentración de metales a lo largo en un gradiente de urbanización*. Buenos Aires, Argentina. Grupo Agronomico, CNEA.

McBride, M.B. (1995). *Toxic metal accumulation from agricultural use of sludge*. USEPA. Regulations protective. J. Environ. Qual. 24:5-18.

Morton-Bermea (2006). *Contenido de Metales Pesados en suelos superficiales de la Ciudad de México*. Tip Revista especializada en Ciencias Químico-Biológicas, año/Vol. 9, numero 001, Universidad Nacional Autónoma de México.

Muñoz E., Mendoza A., López F., Soler A., Hernández M. (2007). *Edafología Manual de Métodos de Análisis de Suelo*. 3ª Impresión. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala.

Ordóñez (2002). *Distribution of Heavy Metals in the Street Dust and Soils of an Industrial City in Northern Spain*. Archives Environmental Contamination and Toxicology. Pp.44, 160-170

Organización Mundial de la Salud. (OMS) (1997). *Health and Environment in Sustainable Development: Five Years after the Earth Summit*. Ginebra: Organización Mundial de la Salud.

Okunola, Uzairu, A. and Ndukwe, G. . (2007). *Levels of trace metals in soils and vegetation along major and minor roads in metropolitan city of Kaduna, Nigeria*. African Journal of Biotechnology. Vol. 6 (14), pp. 1703-1709.

Puga S., Sosa M., Lebgue T., Quintana C., Campos A. (2006). *Contaminación por metales pesados en suelo provocado por la industria minera*. Departamento Académico de Biología. Universidad Nacional Agraria. La Molina, Lima-Perú

Preer, J. R. and Rosen, W. G. (1977). *Lead and Cadmium content fo urban garden vegetables, in Trace Subst. Environ. Health*, Vol. 11, Hemphill, D. D., Ed., University of Missouri, Columbia, MO, 399.

Ratto, S., M. González, L. Marbán, & L. Giuffre. (1999). *Calidad de suelos antrópicos en espacios verdes urbanos*. Gerencia Ambiental. 38:36-40.

Riechaman M.S (2002). *The responses of plants to metals toxicity: A review focusing on copper, manganese and cinc*. Australian Minerals and Energy Environment Foundation 54p.

Rieuwerts J.S., Thonton I., Farago M.E and Ashmore M.R (1998). *Factors influencing metals bioavailability in soils: preliminary investigations for the development of a critical loads approach for metals*. Chemical Speciation and Bioavailability, 10(2): 61-75.

Rossini, S., Fernández Espinosa., A.J., (2007). *Monitoring of heavy metals in topsoils, atmospheric particles and plant leaves to identify possible contamination sources*. Microchemical Journal 86,131-139.

Ryan, J. A., Pahren, H.R., and Lucas, J.B.(1982) *Controlling cadmium in the human food chain: A review and rationale base on health effects*. Environ. Res. 28: 251-302.

Salomons W., Forstner U. (1995). *Heavy Metals Problems and Solutions*. Germany. Springer-Verlag Berlin Meidelbag.

Seoáñez C. *et al.* (1999). *Contaminación del Suelo, Estudios, tratamiento y gestión*. Ediciones Mundi. Pp. 179-181.

Silviera M.L.A., L.R.F. Alleoni, and L.R.G. Guilherme (2003). *Biosolids and heavy metals in soils*. Scientia Agricola 60 (4): 793-806.

Secretaría de Medio Ambiente, Gobierno del Distrito Federal (2002). *Inventario de áreas verdes urbanas*. Obtenido el día 10 de Marzo de 2009 de: www.sma.df.gob.mx

Tapia J. (1997). *Evaluación de la contaminación por cromo en un sistema fluvial de Chile Central: Una propuesta para la disminución en su origen*. Tesis Doctoral, Centro EULA, Universidad de Concepción, Concepción, Chile

Tiller, K.G. and Merry, R. H., (1981). *Copper pollution of agricultural soils, in Copper in Soils and Plants*, Loneragan, J. F., Robson, A.D., and Graham, R. D., Eds., Academic Press, New York, 119.

USEPA (United State Environmental Agency). (2001). *Residential lead hazard standards-TSCA section 403: office of pollution prevention and toxics*. Environmental protection Agency. US.

Valdés F., Cabrera V. (1999). *La contaminación por metales pesados en Torreón, Coahuila, México*. En Defensa del Ambiente, A.C., Ciudadanía Lagunera por los Derechos Humanos, A.C.

Vicente-Beckett, V. A., (1991). *Heavy metal levels in some terrestrial environments in the Philippines, in Lead, Mercury, Cadmium and Arsenic in the Environment*, SCOPE 32, Hutchinson, T. C., Meema, K., and Gordon, C., Eds., J. Wiley.

Volke, T.L. y J.A. Velasco. (2005). *Tecnologías de remediación para suelos contaminados*. INE-Semarnat, México. 64 pp.

Wang X.S (2005) *Accumulation sources of heavy metals in urban topsoils: a case study from the city of Xuzhou, China*. Environ Geol (2005) 48:101-107 DOI 10.1007/s00254-005-1270-x.

Yamamoto, N., Takahashi, Y., Yoshinaga, J., Tanaka, A., Shibata, Y. (2006). *Size distribution of soil particles adhered to children's hands*. Achieves of Environmental Contamination and Toxicology 51,157-163.

Yin.; H.E Allen. Y. Li,. C.P. Huang, and P.F. Sanders (1996). *Adsorption of mercury (II) by soil: effects of pH, chloride and organic matter*. J. Environ. Qual. Vol. 25. Pp. 837-844.

Yip M., Madl P. (2002). *Air pollution in Mexico City*. International Laboratory for Air Quality and Health at QUT. Australia.

Zborishchuk, J. N. and Zyrin, N. G. (1978). *Cooper and Zinc in the ploughed layer of soils of the European USSR, Pochvovedenie, 1,31, (Ru)*.