

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro
Unidad Laguna

División de Carreras Agronómicas



Determinación de plomo en el agua de lluvia de Torreón, Coahuila

Por

Mauricio Moreno Pérez

TESIS

Presentada como requisito parcial

Para obtener el título de:

INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES

Torreón, Coahuila

Enero 2009

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA**

DIVISION DE CARRERAS AGRONOMICAS

**"Determinación de plomo en el agua de lluvia de Torreón,
Coahuila"**

ASESOR PRINCIPAL



DR. JOSE LUIS REYES CARRILLO

ASESOR



I.I.Q. ELBA MARGARITA AGUILAR MEDRANO

ASESOR



I.B.Q. RUBI MUÑOZ SOTO

ASESOR



MC. HUGO AGUILAR MÁRQUEZ.



**MC. VICTOR MARTINEZ CUETO
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE
CARRERAS AGRONÓMICAS**



Coordinación de la División
de Carreras Agronómicas

TORREON COAH. MEXICO

ENERO DE 2009

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA

DIVISION DE CARRERAS AGRONOMICAS

TESIS ELABORADA BAJO LA SUPERVISION DEL COMITÉ DE
ASESORIA Y APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES

APROBADA POR EL JURADO

PRESIDENTE



DR. JOSE LUIS REYES CARRILLO

VOCAL



I.I.Q. ELBA MARGARITA AGUILAR MEDRANO

VOCAL



I.B.Q. RUBEN MUÑOZ SOTO

VOCAL SUPLENTE



MC. HUGO AGUILAR MÁRQUEZ.

MC. VICTOR MARTINEZ CUETO
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE
CARRERAS AGRONÓMICAS



Coordinación de la División
de Carreras Agronómicas

TORREON COAH. MEXICO

ENERO DE 2009

DEDICATORIAS

A Dios por darme día a día tantas bendiciones y dejarme ver realizado el ser profesionalista.

A mis Padres, Samuel Moreno y Guadalupe Pérez quienes desde el momento en que nací se dedicaron a brindarme lo mejor en mi vida y a base de esfuerzo regalarme mis estudios.

A Brenda Rey por su apoyo incondicional.

A Juan Moreno Esparza por ser mi inspiración.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por ser la institución donde inicié mi desarrollo como profesionista.

Agradezco al Doctor José Luis Reyes Carrillo por su infinita paciencia en el desarrollo de este trabajo, su incondicional asesoramiento durante más de cuatro años y todos los conocimientos que compartió conmigo.

A Elba Margarita Aguilar Medrano y al departamento de Suelos, por su soporte en la realización de los análisis de las muestras y asesoramiento en el desarrollo del presente trabajo.

INDICE

	Pág.
Resumen	
I Introducción	1
I.I Objetivo	4
II Revisión de literatura	5
II.I ¿Qué es el plomo?	5
II.II Contaminación por metales pesados	5
II.II.I Vías de exposición al plomo	7
II.III Como afecta la exposición al plomo a la salud humana	8
II.IV Límite máximo permisible	9
II.V Esgurrimiento pluvial	9
II.VI La antropización	10
II.VII La contaminación difusa	12
II.VIII La movilización de partículas solidas	15
II.IX Otras fuentes de plomo	19
II.X Lluvia acida: causa y efectos	21
II.XI Causa de contaminación de la lluvia	22
II.XII La dispersión de partículas contaminantes	23
II.XIII ¿Que daños origina la lluvia acida?	24
II.XIV Peñoles	25
II.XV Efectos del plomo a la salud humana	27
II.XVI Efectos del plomo en la vegetación	28
II.XVII Normatividad de plomo en el agua para uso humano	28
II.XVIII Normatividad de plomo en el agua residual	28
III Materiales y métodos	29
IV Resultados	31
V Discusión	36
VI Conclusiones	38
VII Literatura citada	39
VIII Anexos	49

RESUMEN

Los metales pesados se han convertido en un tema actual tanto en el campo ambiental como en el de salud pública. El plomo tiene la facilidad de flotar en el aire cuando las partículas son menores a 500 micras y es muy probable que sean arrastradas por la lluvia así como en el caso de la lluvia ácida. Torreón, Coahuila México sufre actualmente contaminación por plomo en todas las zonas del área conurbana y los alrededores. Han existido varias fuentes de emisión de plomo a lo largo de la historia de Torreón Coahuila. Se muestrearon once puntos, estas muestras fueron tomadas en temporada de lluvia en Torreón Coahuila en diversos puntos de la ciudad de finales del 2004 hasta finales de 2005. El estudio tuvo por objetivo el determinar la presencia de plomo en el agua de lluvia. Se empleó el equipo de Absorción Atómica para el análisis de acuerdo a la metodología aceptada por la NOM-AA-51-1981. Según los resultados obtenidos podemos determinar que los límites máximos permisibles en el plomo del agua de uso urbano son excedidos en la mayoría de las muestras analizadas en los 11 puntos de muestreo. La Normatividad Mexicana en materia de contaminación del agua no establece límites máximos permisibles de plomo en el agua de lluvia, mas sin embargo si los establece para el agua para consumo humano en el reglamento de la ley general de salud en el título tercero en el artículo 213, es de ahí donde se parte para determinar si las concentraciones de plomo en el agua de lluvia son altas o bajas. El objetivo del muestreo fue determinar la presencia de plomo en el agua de lluvia de muestras representativas en diversas áreas

cercanas, intermedias y alejadas del supuesto punto de emisión. En los resultados de las muestras se encontró que las mayores concentraciones de plomo no se presentan en las áreas más cercanas a la fuente de contaminación, no hay una relación entre la distancia del punto de emisión y la concentración detectada en las muestras.

Palabras clave: Muestreo, medición, metales pesados, precipitación pluvial

INTRODUCCION

La necesidad de controlar la contaminación que provocan los metales pesados es cada vez más urgente. Se ha demostrado científicamente que, además de causar algunos de los problemas ambientales más graves, la exposición a metales pesados en determinadas circunstancias es la causa de la degradación y muerte de vegetación, ríos, animales e, incluso, de daños directos en el hombre (EROSKI, 2007).

Los daños que causan son tan severos y en ocasiones tan ausentes de síntomas, que las autoridades ambientales y de salud de todo el mundo ponen mucha atención en minimizar la exposición de la población, en particular de la población infantil, a estos elementos tóxicos. Recientemente, ha llamado la atención de la prensa internacional y nacional, el caso del envenenamiento por metales pesados entre la población infantil de Torreón, Coahuila, en el Norte-Centro de México. Este problema había sido estudiado y publicado desde hace veinte años por diversas instituciones y grupos ambientalistas. El problema en la ciudad de Torreón es provocado por el plomo, el cadmio y el arsénico, tres elementos altamente dañinos para los humanos (Valdés y Cabrera, 1999).

La contaminación por plomo es un problema sustancial en países en desarrollo como la India. El Centro para el control y prevención de enfermedades de Estados Unidos (The US Centers for Disease Control and Prevention (US CDCP)) ha definido un nivel alto de plomo en la sangre de los niños mayor de 10 micro gramos por decilitro en base a la toxicidad neurológica. La Agencia Protectora de Medio Ambiente (EPA Environmental Protection Agency) sugiere un umbral de 20 – 40 microgramos por decilitro para causar anemia en la niñez, pero hay poca información relacionada con los niveles de plomo (Mitin *et al.*, 2004).

De acuerdo con el US CDCP, es estimado que 1 de cada 20 niños en los Estados Unidos sufre de envenenamiento subclínico por plomo, y un artículo científico reciente argumenta que “la pintura parece ser la principal fuente de de envenenamiento a la niñez por plomo en los Estados Unidos”, si es que solo durante los pasados 15 años que la historia de esta trágica situación se ha documentado en todo detalle a través de la documentación de envenenamiento a la niñez por plomo en la salud pública y la literatura médica del primer cuarto del siglo XX (Markowitz y Rosner, 2000).

El agua puede ser contaminada por metales de manera natural o a través de diferentes procesos de captación, tratamiento, almacenamiento y distribución, afectando su calidad en el punto final de consumo (Segura *et al.*, 1997).

A través de los años, y especialmente en las últimas décadas, se ha visto cómo el hombre ha influido en el medio ambiente, la mayoría de veces contaminándolo. Esta contaminación se ha visto principalmente en las aguas del mundo, ya que el agua potable cada día es menor. Estas contaminaciones están hechas generalmente, por fábricas cercanas a los cuerpos de agua ya que liberan los desechos de estas allí (Camilo y Monrroy, 2002), incluso el agua de la lluvia podría contaminarse al caer por las partículas suspendidas en la atmósfera.

OBJETIVO

El objetivo del presente trabajo fue determinar la presencia de plomo en el agua de lluvia de la ciudad de Torreón Coahuila.

REVISIÓN DE LITERATURA

¿Qué es el plomo?

El plomo es un metal pesado, azulado, suave y maleable, usado en varios procesos industriales. El plomo existe naturalmente en la corteza terrestre, de donde es extraído y es procesado para usos diversos. Cuando el plomo es ingerido, inhalado o absorbido por la piel, resulta ser altamente tóxico para los seres vivos en general y para los humanos en particular. Se sospecha que es tóxico para los sistemas endocrino, cardiovascular, respiratorio, inmunológico, neurológico, y gastrointestinal además de poder afectar la piel y los riñones. El plomo no es biodegradable y persiste en el suelo, en el aire, en el agua y en los hogares. Nunca desaparece sino que se acumula en los sitios en los que se deposita y puede llegar a envenenar a generaciones de niños y adultos a menos que sea retirado (Valdés y Cabrera, 1999).

Contaminación por metales pesados

La contaminación por metales pesados ha existido desde que el hombre aprendió como usar el fuego, pero como resultado del desarrollo de la industria y la producción de metales pesados se ha incrementado. La dispersión de metales pesados en vegetales, frutas y otros puede terminar finalmente en la cadena alimenticia. Muchos investigadores han usado diferentes tipos de organismos bio monitores de la contaminación del aire por metales pesados (Fakhimzadeh, 2000).

Actualmente, los principales metales pesados calificados como contaminantes ambientales son el cadmio, mercurio y plomo, que resultan nocivos para el hombre, los animales, las plantas y el ambiente (Schinitman, 2004).

El plomo se encuentra entre los metales no-ferrosos que más se reciclan en el mundo. Su producción secundaria ha ido creciendo de manera continua e incluso sobrepasó en 1989 a la que proviene de la producción minera, lo que refleja las condiciones económicas favorables asociadas con esta actividad. El reciclado de los acumuladores usados y de la escoria conteniendo plomo ha adquirido gran importancia en los países que carecen de minas y dependen de estas fuentes para abastecerse de este metal. Cabe destacar que la energía requerida para reciclar el plomo contenido en la escoria es menor que la necesaria para su producción primaria. En México se cuenta con cinco recicladoras de metales autorizadas y el reciclado de baterías es una práctica común (INE, 2005).

La exposición al plomo es uno de los envenenamientos comunes más fáciles de prevenir en los niños. Una información del Centro para el Control de las Enfermedades ("CDC") demuestra que el 6% de todos los niños entre las edades de uno a dos años y el 11% de niños afro-americanos (no-hispanos) entre las edades de uno a cinco años tienen niveles de plomo en la sangre en gama tóxica. El plomo es un veneno muy potente y puede afectar a personas de todas las edades. Los niños, cuyos cuerpos se están desarrollando, son especialmente vulnerables porque el plomo puede afectar

gravemente su sistema nervioso, que está en pleno desarrollo (Alliance for Healthy Homes, 2002).

Vías de exposición al plomo.

Algunos de los denominados metales pesados ingresan habitualmente a nuestro organismo en porciones menores, transportados por los alimentos, el agua o el aire que respiramos. Varios persisten o se bioacumulan durante largo tiempo en los organismos vivos (Shinitman, 2004).

Un estudio comparativo de las concentraciones malas del plomo en el esmalte de los dientes y premolares humanos y muelas permanentes fue conducido por medio de un procedimiento de muestreo sistemático con análisis de energía-dispersiva de la fluorescencia de la radiografía. En una primera serie de análisis, no se observó ninguna diferencia estadística significativa en concentraciones malas de plomo en los varios niveles de esmalte y dentina de los pacientes jóvenes de Estrasburgo, Francia y los de pequeñas aldeas de , Francia ni entre pacientes mayores que vivían en estas dos localidades, a pesar de que el tráfico de autos era perceptiblemente más bajo en las zonas rurales. Sin embargo en ambas localizaciones, una concentración perceptiblemente más alta de plomo fue observada en esmalte y dentina en lo referente a la edad. En una segunda serie de análisis, fueron comparados la concentraciones de plomo en premolares y molares permanentes de individuos jóvenes de Estrasburgo, Francia, Alsacia rural y la ciudad de

México. Significativamente las más altas concentraciones de plomo fueron encontradas en muestras de esmalte y dentina de la ciudad de México (Frank *et al.*, 1989).

Como afecta la exposición al plomo en la salud humana

La exposición al plomo, aún a niveles bajos, afecta a niños y a adultos. En cantidades muy pequeñas, el plomo interfiere con el desarrollo del sistema neurológico, causa crecimiento retardado y problemas digestivos. En casos extremos causa convulsiones, colapsos e incluso la muerte. La exposición a cantidades sumamente pequeñas de plomo puede causar a largo plazo daños mensurables e irreversibles en niños aún cuando éstos no muestren síntomas particulares. Se ha encontrado que una concentración de 7 microgramos por decilitro de sangre (7 µg/dL) causa daños irreversibles en el sistema neurológico de los infantes. El plomo en la sangre de los niños puede provocar que un genio en potencia solo llegue a un nivel de aprovechamiento promedio o que un niño que hubiera tenido habilidades promedio quede discapacitado de por vida. Hay estudios que han relacionado una baja de 5.8 puntos en las pruebas de cociente intelectual, donde 100 sería la habilidad de la mayoría de los niños, por cada diez microgramos por decilitro en la sangre de un niño (Valdés y Cabrera 1999).

Al mismo tiempo, se atribuye a algunos compuestos de cromo ser carcinógenos y provocar daño genético. El mercurio es considerado un contaminante universal. El plomo, que es el metal con propiedades tóxicas que más se ha propagado en el ambiente, fue ampliamente usado para construir tuberías para conducir agua, vasijas para vino y objetos similares. Hasta la década de 1970 fue muy utilizado en pinturas, conductos para agua en las viviendas y hasta no hace mucho tiempo en algunos combustibles para autotransporte (Schinitman, 2004).

Límite máximo permisible

Límite máximo permisible es el valor o intervalo expresado en unidades de concentración, cantidad de materia o unidades específicas, asignado a un parámetro, el cual no debe ser excedido. Estos valores están consignados en los criterios ecológicos para uso o aprovechamiento del agua (NMX-AA-051-SCFI-2001).

Escorrentamiento pluvial

Uno de los rasgos característicos de la sociedad moderna es la creciente emisión de productos químicos al medio ambiente. Existen dos fuentes principales para estas emisiones: los productos químicos creados para uso ambiental y el material residual (Manacordas y Cuadros 2005).

El escurrimiento pluvial urbano se rige por los procesos naturales del ciclo hidrológico: precipitación; intercepción por parte de la vegetación y detención superficial, infiltración y almacenamiento subterráneo; escurrimiento superficial y encauzado (Riccardi, 1997; Riccardi, 1998).

La antropización

La antropización de ambientes naturales produce profundas alteraciones en el medio generando impactos significativos tanto en la cantidad de agua (crecientes o inundaciones) como en la calidad de la misma (degradación de los recursos hídricos) (Tucci, *et al.*, 1995).

Al desarrollarse la urbanización de un área se llevan a cabo limpieza de terrenos modificando la vegetación y la permeabilidad del suelo, se impermeabilizan grandes superficies disminuyendo la infiltración y alterando el flujo hacia los acuíferos subterráneos. Se sustituyen las vías naturales de drenaje por canales y conductos impermeables. Depresiones naturales que funcionaban como retardadores del flujo son rellenadas, muchas veces con rellenos sanitarios, para edificar sobre ellas (Riccardi, 1998).

Estos factores disminuyen las pérdidas por infiltración, transpiración y detención, provocando un aumento del volumen total de escurrimiento superficial y de la frecuencia con que se producen inundaciones urbanas. Por

la menor resistencia al flujo se incrementa el caudal pico y disminuye el tiempo de concentración, consecuentemente, las velocidades de escurrimiento aumentan. Esto se traduce en una mayor capacidad de erosión y de arrastre de contaminantes. Por otra parte, las actividades del hombre imponen una carga contaminante muy grande, no sólo en la cantidad de material sino también en la variedad de contaminantes. Es lo que se denomina contaminación difusa: escombros y residuos de las construcciones, los basurales, el uso de fertilizantes y pesticidas en parques, jardines y sembradíos de las zonas periurbanas, grasas, aceites e hidrocarburos que quedan depositados en las calles a causa del uso de vehículos, efluentes de limpieza de pisos de talleres, industrias y veredas, etc. Todas estas sustancias se depositan y acumulan en superficies como calles, techos, etcétera, para luego ser lavados y arrastrados por el agua de lluvia (Riccardi, 1998; Bertoni y Chevallier, 2001).

En la literatura técnica hay concordancia respecto de la importancia creciente que ha adquirido la calidad de las aguas en la gestión ambiental urbana, planteando que las acciones de los administradores de las aguas pluviales urbanas deben profundizar este aspecto, a fin de definir medidas estructurales y especialmente, no estructurales adecuadas para mitigar y controlar las alteraciones e impactos provocados al medio ambiente por las actividades humanas propias de los espacios urbanos (Bianucci, 2001).

La contaminación difusa

Se denominan fuentes de contaminación difusa o no puntuales debido a que la carga contaminante que producen, provienen de actividades que depositan dichas sustancias en forma dispersa sobre la superficie. Luego de ocurrir el evento de lluvia, el escurrimiento generado produce un efecto de lavado arrastrando el material hacia las aguas receptoras (Porto, 1995; Porto y Masini, 2001).

La contaminación difusa es un fenómeno aleatorio, al igual que los procesos hidrológicos involucrados. Esto, sumado a la gran cantidad de fuentes de este tipo de contaminación y a la enorme cantidad de factores que intervienen, hace que no se pueda definir correctamente su origen y por ello no se la puede monitorear desde el origen. También hace prácticamente imposible establecer una correlación estricta caudal versus la carga contaminante (Porto, 1995).

Algunos factores que intervienen en los procesos de la contaminación difusa son: la cantidad de fuentes y de contaminantes (sólidos suspendidos, nutrientes, metales pesados, bacterias); la intensidad y duración del evento de precipitación; del área de producción en aquel evento; del tiempo de

acumulación entre eventos; uso del suelo, factores geológicos y geográficos, otras variables meteorológicas y de la velocidad del escurrimiento. Los cuerpos de agua que reciben los efluentes pluviales con una carga contaminante asociada sufren ciertas perturbaciones a corto y largo plazo: aumento de la turbidez por sólidos en suspensión, modificación de la flora y fauna acuática, eutrofización, depósitos de sedimentos, disminución de la concentración de oxígeno disuelto por aporte de material biodegradable, contaminación por organismos patógenos y elementos tóxicos como metales pesados (Porto, 1995; Porto y Masini, 2001; Browne *et al*,1990).

Los ecosistemas urbanos tienen un ciclo hidrográfico complejo. Por un lado hay un ciclo natural de lluvia y evaporación y por otro unas aportaciones considerablemente mayores para el consumo y la circulación tiene lugar por subterráneos y entre paredes artificiales. La contaminación difusa por el alcantarillado no se conoce, aunque puede ser grande, sin embargo sí que se ha estudiado la contaminación de la escorrentía pluvial en las ciudades (Desbordes *et al.*, 1990).

Si las lluvias son importantes habría que estimular los proyectos de retención de estas aguas y a ser posible construcción de cisternas en grupos de edificios o barrios, cuya agua puede ser luego utilizada. Si el agua no es suficiente, o hay que limitar el crecimiento de la ciudad (no pueden existir megalópolis en áreas sin suficientes recursos hídricos), o controlar el consumo mediante el pago del agua a su precio real. La construcción y mantenimiento de plantas de desalinización u otras soluciones debe costearse mediante una escala de gravamen de acuerdo con el consumo de agua (Miracle, 1997).

La movilización de partículas sólidas

Ya sean procedentes del arrastre por las aguas superficiales de polvo de escombreras o labores, o traídas hasta la superficie por el agua de lluvia, a partir del polvo en suspensión. Adición de metales pesados a las aguas. Naturalmente, la minería metálica pone a disposición de los agentes externos unos elementos metálicos que pueden moverse hacia las aguas bien por la formación de compuestos solubles, o bien por mecanismos de adsorción en la fracción sólida arrastrada por el agua (Higueras y Oyarzum, 2003).

Las aguas de lluvia no pueden ser evacuadas por las alcantarillas ya que esto no permite el funcionamiento de las depuradoras y la contaminación después de las lluvias puede ser muy grande, a la vez que es la causa de inundaciones a veces catastróficas, agravado por el hecho de la impermeabilización de espacios cada vez más extensos. La gran contaminación de las aguas de la escorrentía pluvial y el problema de las inundaciones, ha llevado a pasar de métodos que incluían aliviaderos, a la separación total de los circuitos de agua, unos para la evacuación del agua de lluvia y otros para las aguas residuales. Hoy en día las nuevas técnicas para resolver estos problemas se basan en la retención de las aguas pluviales y no en el concepto higienista de hace unos años de evacuarlas lo más rápido posible. En muchas ciudades se han hecho cubetas de retención, a veces cadenas de estanques, donde se canalizan las aguas de lluvia o

plazas normalmente secas pero que pueden hacer la función de retención de las aguas (Miracle, 1997).

También se pueden hacer depósitos subterráneos que a modo de grandes cisternas recojan aguas de determinadas zonas y estas aguas pueden ulteriormente emplearse en el regadío de jardines, campos de deportes, etc. En algunas ciudades también se han ensayado pavimentos porosos que además disminuyen el ruido del tráfico rodado (Miracle, 1997). Con la llegada de las lluvias la solución contaminante se infiltra en el suelo (Dorrnsoro, 1998).

Se muestran los principales metales potencialmente tóxicos descargados a la Cuenca Lerma-Chapala, así como la contribución de las fuentes de descargas de León y Salamanca, en Guanajuato, y las ubicadas en Querétaro a la contaminación de la Cuenca, respectivamente (Hansen y Van Afferden, 2001).

Metales descargados en la cuenca	Kg día ⁻¹
Cadmio	0.5
Cobre	11.0
Cromo	464.0
Níquel	5.9

Plomo 13.0

Zinc 46.0

Contribución de León y Salamanca, en Guanajuato, y de Querétaro a la contaminación de la Cuenca Lerma-Chapala

Parámetro	León % de la contribución a la contaminación	Salamanca % de la contribución a la contaminación	Querétaro % de la contribución a la contaminación
Sólidos suspendidos totales	26	4	13
Sólidos disueltos totales	18	7	22
Grasas y aceites	14	n. d.	28
Nitrógeno total	24	4	13
Demanda	29	4	14

química de oxígeno			
Demanda biológica de oxígeno	20	n. d.	19
Níquel	15	7	10
Plomo	48	4	6
Cobre	22	10	12

(Hansen y van Afferden, 2001)

Otras fuentes de plomo

En la actualidad el plomo que se encuentra envenenando a la población mexicana es emitido por fuentes industriales y por productos de antaño que se siguen usando y contienen concentraciones de plomo, como pueden ser: tanques de almacenamiento de agua o cisternas, paredes pintadas con pintura hecha a base de plomo, figuras de juguete que utilizan pintura con plomo, y otros (Minnesota Pollution Control Agency, 2004).

El impacto ambiental atribuido a la incorporación del plomo a la gasolina es muy importante. De hecho, esta acción ha condicionado que el plomo sea la toxina ambiental más abundante y a la que mayor porcentaje de la población mundial se encuentra expuesta. Se estima que cerca del 95 por ciento del plomo en la atmósfera proviene de la combustión de gasolina con plomo. En los Estados Unidos durante 1972 se utilizaron 250,000 toneladas de plomo en la gasolina, lo que equivale a un poco más de 1 kg por persona por año. Además, la inhalación directa del plomo en el ambiente es responsable del 21 al 60 por ciento del plomo que se encuentra en la sangre. Después de la eliminación del plomo en la gasolina, los niveles disminuyeron cerca de un 40 por ciento, lo que ha significado un ahorro de cerca de 46 500 millones de dólares al haber eliminado los efectos tóxicos atribuibles al plomo. Después de más de 50 años de investigación se corroboró que los temores expresados por la doctora Hamilton en los años veinte eran correctos, pues

se ha comprobado que el plomo en concentraciones bajas (menos de 10 g/100 ml) es neurotóxico y que la decisión de su incorporación a la gasolina fue uno de los errores más importantes y costosos que se han hecho en detrimento de la salud pública (INSP 1993).

Las acciones voluntarias se han desarrollado en México para reducir la exposición al plomo fueron: Gasolinas: a partir de 1980 se inicio la reducción del empleo de tetra etilo de plomo como anti detonante en las gasolinas, alcanzándose una reducción del 90% en la gasolina NOVA al disminuir la concentración de 0.9 g/l a 0.09 g/l, con lo cual se cumple con las especificaciones de las gasolinas de la unión Europea. A partir de 1990 se inicio la introducción de la gasolina sin plomo Magna sin y se estableció un convenio con la industria automotriz para que en los modelos 1991 y subsecuentes se incorporara el convertidor catalítico (Carabias, 1996).

La exposición al medio ambiente con plomo ocurre en las áreas del mundo donde todavía se utiliza gasolina con plomo (Mitin *et al.*, 2004).

Lluvia ácida: causas y efectos

Se considera agua potable o agua apta para consumo humano, toda aquella cuya ingestión no cause efectos nocivos a la salud (NMX-AA-051-SCFI-2001).

Como consecuencia del arrastre de diversas sustancias, componentes naturales del aire, partículas sólidas, y debido fundamentalmente a la disolución del dióxido de carbono en el agua de lluvia, ésta tiene una ligera acidez que oscila entre valores de 5.5 y 5.7 unidades de pH. Se ha medido el grado de acidez del agua de lluvia en zonas donde existía una elevada concentración de ciertos contaminantes y se ha visto que su pH es mucho más bajo de lo normal, de hecho algunas lluvias llegan a tener pH del orden de 4.2 a 4.3, lo que indica un grado de acidez muy alto, esto es lo que conocemos con el nombre de "lluvia ácida", denominación con la que se designa cualquier agua de lluvia de pH inferior al natural de 5.5 (Orozco y Pérez, 1992).

Causas de contaminación de la lluvia.

¿Cuáles son las causas del incremento de acidez del agua de lluvia? Son fáciles de resumir: el modo de vida que hemos desarrollado ha incrementado la emisión a la atmósfera de determinados gases que son capaces de experimentar una serie de reacciones químicas que los transforman en ácidos al disolverse en el agua de lluvia. ¿Cuáles son estos gases y qué actividades originan su emisión? Principalmente son dos: el dióxido de azufre (SO_2 , se estima que contribuye de un 60 a un 70%) y los óxidos de nitrógeno (NO_x , contribuyen en torno al 30%); el porcentaje restante, en torno a un 6%, sería responsabilidad de otras sustancias químicas. ¿Qué actividades humanas originan la emisión de estos gases? Todos ellos son consecuencia de los procesos de combustión. Los óxidos de azufre se emiten al quemar combustibles de baja calidad, que contienen azufre, en general son carbones o fracciones pesadas del petróleo. Los óxidos de nitrógeno se producen, en mayor o menor cantidad, en todas las reacciones de combustión por reacción del oxígeno y nitrógeno del aire a temperaturas elevadas. Tengamos en cuenta que los procesos de combustión son unos de los que más habitualmente efectuamos, tanto a nivel doméstico calefacciones, como a nivel industrial en la obtención de energía eléctrica por vía térmica, combustiones en calderas y que los medios de transporte, individuales y colectivos, incorporan motores en los que se queman combustibles de mejor o peor calidad (Orozco y Pérez, 1992).

La dispersión de partículas contaminantes.

La dispersión en la atmósfera de las emisiones que proceden de respiraderos y chimeneas depende de muchos factores correlacionados: por ejemplo, la naturaleza física y química de las emisiones, las características meteorológicas del ambiente, la ubicación de la chimenea en relación con las obstrucciones al movimiento del aire y la naturaleza del terreno que se encuentra en la dirección del viento que viene de la chimenea. Se han descubierto varios métodos analíticos para relacionar la dispersión de los efluentes con un número escogido de los factores anteriormente mencionados; no obstante, ninguno los considera a todos (Wark y Warner, 2001).

¿Qué daños origina la lluvia ácida?

La lluvia ácida causa multitud de efectos nocivos tanto sobre los ecosistemas como sobre los materiales. Si consideramos los efectos del plomo sobre la salud humana y considerando las vías de ingreso al cuerpo humano podemos determinar que la sobre exposición a la lluvia con altas concentraciones de plomo puede resultar dañina a la salud humana aumentan la acidez de las aguas de ríos y lagos, lo que se traduce en importantes daños en la vida acuática, tanto piscícola como vegetal. Aumenta la acidez de los suelos, lo que se traduce en cambios en la composición de los mismos, produciéndose la lixiviación de nutrientes importantes para las plantas, tales como el calcio, y movilizándose metales tóxicos, tales como el cadmio níquel, manganeso, plomo, mercurio, que de esta forma se introducen también en las corrientes de agua. La vegetación expuesta directamente a la lluvia ácida sufre no sólo las consecuencias del deterioro del suelo, sino también un daño directo que puede llegar a ocasionar incluso la muerte de muchas especies. Los materiales metálicos se corroen a mucha mayor velocidad (URV, 2007).

Uno de los mayores problemas a los que se enfrenta el mundo industrializado es la contaminación del agua. La contaminación atmosférica fotoquímica representada principalmente por partículas suspendidas menores a 10 micras de diámetro, constituye un gran problema que afecta la salud de sus habitantes. El principal emisor de plomo era el uso de gasolinas con concentraciones muy altas de tetraetilo de plomo. Como los niveles de bióxido de azufre se encontraban muy por arriba de los niveles máximos recomendados en la norma de Calidad de Aire Mexicana, se recomendó también el uso de gas natural como combustible alternativo en las termoeléctricas. Así, al aplicar en la segunda mitad de 1986 una medida de control de contaminación por plomo (reducir el tetraetilo de plomo en las gasolinas), nuestras autoridades pasaron por alto la experiencia de otros países y programaron a corto y mediano plazo la sustitución de combustibles con plomo y la introducción paulatina de vehículos con convertidor catalítico e infraestructura de servicio; a la vez, el cambio gradual en las refinerías de los procesos de producción de gasolinas con nuevas formulaciones sin tetraetilo de plomo (Bravo, 1988).

Peñoles

Met Mex Peñoles empresa que recibe mineral de por lo menos 130 minas en diferentes partes del país; es el empleador más importante de esta zona, que incluye varios municipios en los estados de Durango y Coahuila y de ella dependen más de 2000 empleos directos en Torreón y un número elevado

de empleos indirectos en esta ciudad y otras, en particular, en los estados con una importante producción minera pues también produce otros metales además de plomo. La primera queja documentada oficialmente contra Peñoles data de 1937 (Viniegra *et al.*, 1964).

Se encontró que la contaminación atmosférica debida a las emisiones de arsénico, bióxido de azufre y plomo generadas por Peñoles era grave; se demostró que estos contaminantes, en especial los dos últimos, eran dispersados por los vientos dominantes hacia el oeste y el sur de la ciudad y se documentaron numerosas deficiencias en las operaciones e instalaciones de la planta (Albert, 2004).

Como ejemplo tenemos que en Jales ubicado en el Valle de Matehuala, el transporte fluvial de residuos mineros a través de arroyos que drenan el sitio en dirección W-E. Esto ocurre durante los eventos de lluvias torrenciales, transportándose las partículas de contaminantes desde los taludes no estabilizados de las presas de Jales a través de los arroyos hacia las zonas de baja energía donde se concentran los contaminantes y permanecen susceptibles de alteración y movilidad. El transporte eólico de partículas mineras, es dirección SW-NE. Esto ocurre sobre todo durante la temporada árida con predominio de tolvánicas, contaminando la zona (Monroy *et al.*, 2002).

Efectos del plomo a la salud humana.

El límite máximo permisible de plomo en la sangre de un niño según la Norma Oficial Mexicana promulgada en junio de 1999, es de 10 µg/dL, sin embargo es importante resaltar que este nivel no es seguro ni es normal, ni es deseable. Las autoridades médicas reconocen que no se ha identificado un umbral a partir del cual se presenten los efectos dañinos del plomo. Es importante recalcar que tampoco existe un nivel de plomo en sangre que pueda ser considerado normal. El plomo causa anemia en los niños y en los adultos al impedir la formación de moléculas que transportan el oxígeno. En los adultos, la exposición a niveles sumamente bajos de plomo causa incrementos pequeños pero significativos en la presión arterial y no existe evidencia de que haya un umbral para este efecto. También en los adultos, el plomo causa enfermedades renales y afecta la fertilidad. La alta presión arterial (hipertensión) causada por la exposición al plomo, contribuye a que mueran miles de personas cada año, especialmente personas entre las edades de 35 y 50 años (Valdés y Cabrera 1999).

Huesos y dientes, en estos tejidos calcificados, el plomo se incorpora en la célula de unidad del hidroxapatita, donde los iones del plomo substituyen parcialmente los iones de calcio (Frank *et al.*, 1989).

Efectos del plomo en la vegetación.

Dado que el plomo es acumulado, este tiene un movimiento lento dentro de las plantas, pero en altas concentraciones las cuales pueden ser tóxicas para los cultivos, estos pueden presentar un crecimiento lento o no se llegan a desarrollar normalmente (Albert, 2004).

Normatividad de plomo en el agua para uso humano

El Reglamento de la Ley General de Salud en Materia del Control Sanitario de Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios, publicado en enero de 1988, establece como límite de Plomo en agua para consumo humano la cifra de 0.05 mg/l (Ley General de Salud, 1988).

La NOM-002-CNA-1995 Toma domiciliaria para abastecimiento de agua potable – especificaciones y métodos de prueba, establece también como límite máximo permisible de plomo en el agua potable 0.05 ppm (NOM-002-CNA-1995).

Normatividad de plomo en el agua residual

La Norma oficial Mexicana 002 de la SEMARNAT de 1996 Establece como límite máximo permisible de plomo en las descargas de aguas residuales 2 miligramos por litro (NOM-002-SEMARNAT-1996).

MATERIALES Y METODOS

El presente se llevó a cabo en la Ciudad de Torreón Coahuila, México durante el período de noviembre de 2004 a julio del 2005. localizando 11 puntos de muestreo a diferentes distancias de la metalúrgica Mexicana Peñoles, donde se capturó el agua de lluvia con pluviómetros de 250 milímetros. Estos puntos fueron: Colonia Miguel Alemán V., Torreón Jardín, Alameda Zaragoza Col. Valle Dorado , Col San Marcos, Diagonal las Fuentes, Col Carolinas , Fracc. El Tajito , Col La Merced II, Valle Verde y Quinta Bugambilias.

Para los datos estadísticos se procedió a elaborar un cuadro con los datos de todos los muestreos en los diferentes puntos, y evaluando las concentraciones de las diferentes muestras tomadas del mismo punto, se tomo un promedio de concentración en los puntos que tuvieron más de una muestra.

Se empleó el equipo de Absorción Atómica (PERKIN ELMER 2380 ATOMIC ABSORPTION SPECTROPHOTOMETER) para el análisis de plomo en las aguas de lluvia de acuerdo al método aceptado por la APHA, AWWA, WPCFE, 1992 Y NOM-AA-51-1981.

Las variables obtenidas se procesaron estadísticamente mediante regresión polinómica tomando como variable independiente la distancia a la Metalúrgica Mexicana Peñoles.

Se utilizó un mapa de Torreón Coahuila a escala 1:17800 con el fin de determinar el establecimiento de los puntos de muestreo.

Resultados

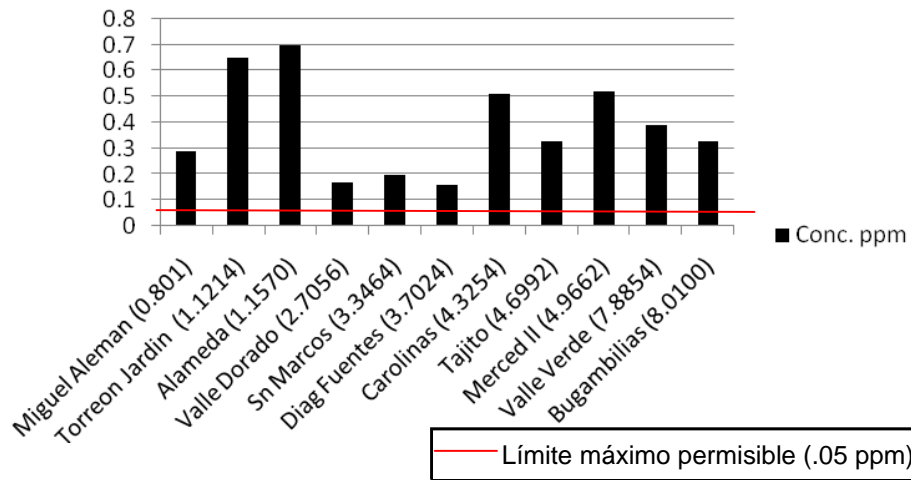
En el cuadro 1 se muestra la distancia de la supuesta fuente emisora en relación a la concentración encontrada en las muestras tomadas de cada punto, es importante mencionar que en el cuadro 1 se muestra en orden de la fecha en que las muestras fueron tomadas.

Cuadro 1. Relación distancia de la fuente emisora y concentración de plomo (ppm) en el agua de lluvia			
Zona	Distancia km	Conc. Ppm	Fecha
Carolinas	4.32	0.70	09-oct-04
Valle Dorado	2.70	0.18	nov-04
Carolinas	4.32	0.60	14-nov-04
Carolinas	4.32	0.70	22 ene 05
Valle Verde	7.88	0.39	14-nov-04
Tajito	4.69	0.15	16-nov-04
Tajito	4.69	0.12	26-feb-05
Valle Dorado	2.70	0.17	22-En-05
Miguel Aleman	0.80	0.24	22-En-05
Bugambilias	8.01	0.34	03-feb-05
Bugambilias	8.01	0.34	03-feb-05
Miguel Aleman	0.80	0.29	04-feb-05
Miguel Aleman	0.80	0.34	26-feb-05
Merced II	4.96	0.35	09-feb-05
Merced II	4.96	0.68	20-feb-05
Merced II	4.96	0.60	26-feb-05
Bugambilias	8.01	0.30	26-feb-05
Tajito	4.69	0.52	abr-05
Carolinas	4.32	0.06	05-jun-05
Diag Fuentes	3.70	0.16	21-jul-05
Alameda	1.15	0.70	jul-05
Sn Marcos	3.34	0.2	21-jul-05
Torreón Jardín	1.12	0.63	21-jul-05
Merced 2	4.96	0.47	21-jul-05
Bugambilias	8.01	0.20	22-jul-05
Torreón Jardín	1.12	0.67	27-jul-05
Tajito	4.69	0.56	27-jul-05
Bugambilias	8.01	0.32	27-jul-05
Merced 3	4.96	0.50	27, 28 jul 05
Bugambilias	8.01	0.26	03-ago-05
Bugambilias	8.01	0.20	04-ago-05
Bugambilias	8.01	0.70	16-nov-05

En el cuadro 2 se muestra la relación entre la distancia de la supuesta fuente emisora y la concentración encontrada en ppm y se compara con el límite máximo permisible establecido por el reglamento de la Ley General de Salud. Se muestra también las coordenadas de cada punto muestreado. De este cuadro se elaboró la gráfica 1.

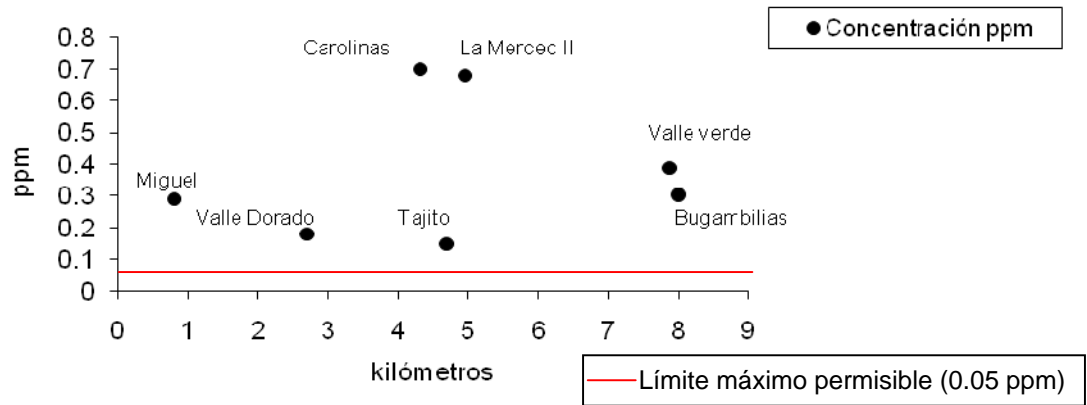
Cuadro 2. Relación distancia de la fuente emisora y concentración de plomo (ppm) promedio en el agua de lluvia					
Zona	Distancia km	Conc. ppm	LMP (ppm)	Coordenadas	
Miguel Alemán (0.801)	0.801	0.29	0.05	25°31'18.02"N	103°26'21.37"W
Torreón Jardín (1.1214)	1.1214	0.65	0.05	25°31'56.77"N	103°25'52.35"W
Alameda (1.1570)	1.1570	0.70	0.05	25°32'23.26" N	103°26'43.67"W
Valle Dorado (2.7056)	2.7056	0.17	0.05	25°30'45.36" N	103°25'24.21"W
Sn Marcos (3.3464)	3.3464	0.2	0.05	25°32'42.41"N	103°24'48.38" W
Diag Fuentes (3.7024)	3.7024	0.16	0.05	25°30'48.51"N	103°24'38.59"W
Carolinas (4.3254)	4.3254	0.51	0.05	25°33'27.35"N	103°24'33.23"W
Tajito (4.6992)	4.6992	0.33	0.05	25°34'12.71"N	103°25'56.23"W
Merced II (4.9662)	4.9662	0.52	0.05	25°31'29.17"N	103°23'18.25"W
Valle Verde (7.8854)	7.8854	0.39	0.05	25°33'05.25"N	103°22'07.70"W
Bugambilias (8.0100)	8.0100	0.33	0.05	25°35'40.20"N	103°24'20.04"W
límite máximo permisible	Na	0.05	0.05		

RESULTADOS EN PROMEDIO



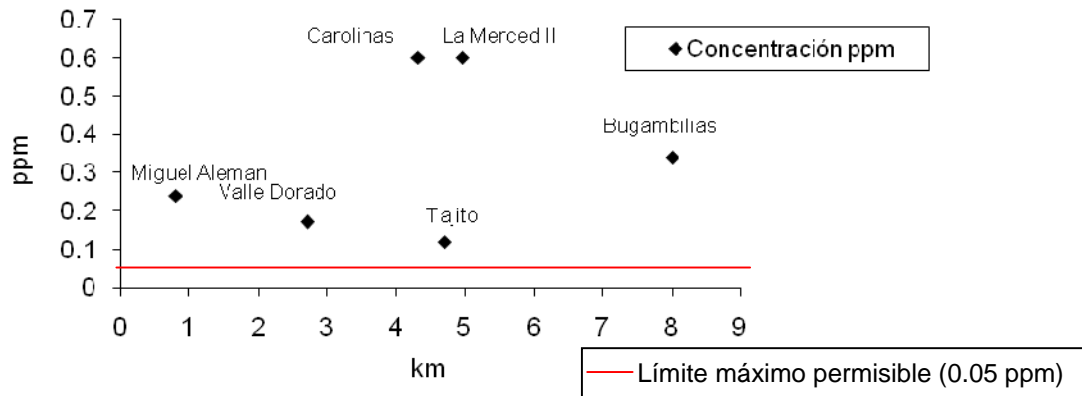
Grafica 1. Relación distancia – concentración ppm tomando en cuenta únicamente un muestreo por punto y el promedio de los puntos que se muestrearon mas de una vez, la ultima barra de la grafica del lado inferior derecho se refiere al limite máximo permisible par el plomo en el agua para consumo humano, establecido en el reglamento de la Ley general de salud y la NOM-002-CNA.

Concentración de plomo en el agua de lluvia en relación a la distancia a Peñoles. Primavera 2005.

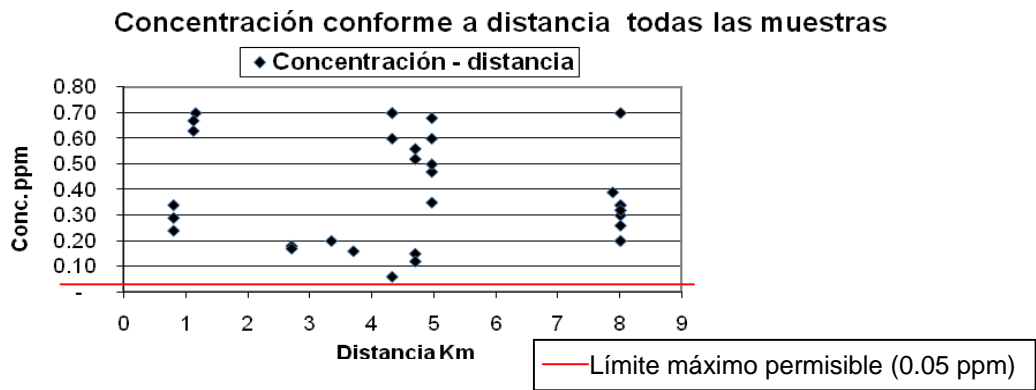


Gráfica. 2 Relación distancia – concentración ppm tomando en cuenta únicamente los muestreos realizados durante la primavera de 2005.

Concentración de plomo en el agua de lluvia en relación a la distancia a Peñoles. verano 2005.



Gráfica 3. Relación distancia – concentración ppm tomando en cuenta únicamente los muestreos realizados durante el verano de 2005.



Grafica 4 Relacion distancia – concentración ppm de todos los puntos muestreados todas las fechas, todas las muestras.

DISCUSIÓN

El Reglamento de la Ley General de Salud en Materia del Control Sanitario de Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios, publicado en enero de 1988, establece como límite de Plomo en agua para consumo humano la cifra de 0.05 mg/l (RLGS, 1988). La NOM-002-CNA-1995 Toma domiciliaria para abastecimiento de agua potable – especificaciones y métodos de prueba, establece también como límite máximo permisible de plomo en el agua potable 0.05 ppm (NOM-002-CNA-1995). Se tomó como referencia el límite máximo permisible de plomo en agua potable ya que actualmente no existe una ley, norma o reglamento que lo establezca para el agua de lluvia.

Las chimeneas industriales de las ciudades son las fuentes principales de contaminación atmosférica. Hoy, los emisores principales de los agentes contaminantes del aire son los vehículos automotores, otro icono de la vida moderna (Jacobi *et al.*, 1999). Estadísticamente se ha comprobado que la mayor contaminación de metales pesados en la atmósfera fue por los automóviles cuando se usaban gasolinas con alto contenido de plomo como lo era la gasolina Nova utilizada durante los años ochentas y parte de los noventas.

Se reconoce generalmente que la fuente más importante de la contaminación de plomo es la gasolina, puesto que la mayor parte de este plomo está emitido a la atmósfera. Cuando varios sitios de localización de plomo en seres humanos se consideran, la mayoría de ellos acumulan el plomo en los

huesos y dientes. En estos tejidos calcificados, el plomo se incorpora en la célula de unidad del hidroxapatita, donde los iones del plomo substituyen parcialmente los iones de calcio (Frank *et al.*, 1989). El plomo detectado en las muestras tomadas de agua de lluvia es el mismo plomo emitido durante todos los años que se uso gasolinas plomadas, no hay relación de la distancia a la metalúrgica Peñoles y la concentración de plomo encontrada en las muestras de agua de lluvia tomadas, Peñoles no es totalmente responsable de la contaminación por plomo que existe en Torreón Coahuila.

La fuente externa principal de contaminación de metales pesados en suelos en general es causada por actividades tales como procesos de explotación mineral de metales y fundición (Nowack *et al.*, 2001). Existen otros procesos que generan contaminación por metales pesados en la atmosfera, dentro de ellos se encuentran; procesos de otras fundidoras, el plomo histórico que se encuentra en el ambiente y que está ahí desde hace años.

CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos y la metodología empleada podemos concluir lo siguiente:

1. El agua de lluvia de la ciudad de Torreón contiene partículas de plomo.
2. El contenido de plomo en el agua de lluvia no guarda relación con la distancia a la fuente emisora.
3. El agua de lluvia puede ser utilizada para monitorear las concentraciones de plomo en la atmósfera.

LITERATURA CITADA

Alliance for Healthy Homes 2002. (en línea). La exposición de niños al plomo afecta su cerebro y su comportamiento. (www.aeclp.org) (consulta 20 de noviembre del 2007)

Albert, L. A 2004, Artículo Met Mex Peñoles y los niños de Torreón. Torreón Coahuila México RETEL (Revista toxicológica en línea) <http://www.sertox.com.ar/retel/default.htm> (consulta 22 marzo 2006)

Bertoni, J. C. y P. Chevallier 2001 “Evolución Del drenaje urbano en Argentina”. I Seminario de Drenaje Urbano del MERCOSUR. Libro de Resúmenes, pp. 25-30. Porto Alegre, Brasil.

Bertoni, J. C.; F. Miatello y N. A. Campana 2001 “Estimación de áreas impermeables en regiones urbanas”. I Seminario de Drenaje Urbano del MERCOSUR. Libro de Resúmenes, pp. 31-34. Porto Alegre, Brasil.

Bianucci, 2001 Criterios de selección de cuencas urbanas para el estudio de la calidad de los efluentes pluviales Departamento de Hidráulica – Facultad de Ingeniería - UNNE. Resistencia – Chaco, - Argentina.

Bravo, H. A. 1988 Ecológica - Los Retos Ambientales de la Ciudad de México, El ozono y otros contaminantes fotoquímicos en la ciudad de México (<http://www.planeta.com/ecotravel/mexico/ecologia/97/1197df2.html>) (en línea) (consulta 20 de noviembre de 2007)

Browne, F. X.; D. Baker; R. Borden; R. Field y C. Newell 1990 Stormwater Management. Capítulo 7 In: Standard Handbook of Environmental Engineering. Corbitt, R. A. McGraw-Hill, Inc. Estados Unidos de Norteamérica.

Camilo, E. y A. Monrroy 2002 (en línea) Determinación de metales pesados en cuerpos de agua de la sabana de Bogotá. (<http://revista.consumer.es/web/es/20010301/medioambiente>) (en línea) (consulta 18 diciembre 2007)

Carabias J., 1996 (en línea) Lo que usted debe saber sobre el plomo serie plomo #1 (<http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/folletos/98/98.html>) (consulta 20 Agosto de 2008) INE, México, D.F.

Desbordes, M.; J.C. Deutsh y A. Frérot. 1990. "El agua en las ciudades". Mundo científico 10: p. 752-759.

Dorronsoro, R. B. 1998 Infiltración de contaminantes en suelos carbonatados afectados por un vertido de lodos piríticos Dpto. de Edafología. Facultad de Ciencias. Campus Fuentenueva, Universidad de Granada, España

Eroski Revista 2007 (en línea) Metales pesados (<http://revista.consumer.es/web/es/20010301/medioambiente/>) (consulta 8 de Diciembre de 2007)

Fachetti S y F. Geiss 1982. Isotopic lead experiment- status report. Luxembourg: Commission of the European Communities, (Publication No EUR 8352 EN).)

Fakhimzadeh, K. 2000, Heavy metals in Finish pollen, pollen and honey bees Apidologie vol N° 2 pàg 85.

Frank R.,M., M.L. Sargntini-Maier I., J.C. Turlot, y M.J.F. Leroy. 1989 Comparison of lead levels in human permanent teeth from Stasbourg, Mexico City and rural zones of Alsace. Pág. 90 – 93 Centre de Recherches (Unite mixte CNRS-INSERM), Facultad de cirugía dental, Universidad Louis Pasteur, Strasbourg, Francia.

Gerald Markowitz, PhD, and Davis Rosner. PhD. 2000. Public Health then and now, "cater to the children" the role of the lead industry in a public health tragedy, 1900 – 1955. MSPH. January 2000. Vol.90 pag. 36)

Hansen A.M. y M. K. Van Afferden (Editores) 2001 Toxic Substances: Sources, Accumulation and Dynamics. En: The Lerma-Chapala Watershed. Evaluation and Management. Academic/Plenum Publishers. New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow. p.p.95-121.

Higueras P., Oyarzum R. 2003 (en línea) Minería e Hidrosfera UNIVERSIDAD DE CASTILLA LA MANCHA Departamento de Ingeniería Geológica y Minera, EUP Almadén, Universidad de Castilla-La Mancha, Almadén (Ciudad Real), España. (<http://www.uclm.es/users/higueras/mam/MMAM3.htm>) (consulta 19 Junio 2006)

Instituto Nacional de Ecología, 2005 (en línea) Lo que usted debe saber sobre el plomo. (<http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/folletos/98/98.html> ine) (consulta 2 de mayo de 2007)

INSP 1993 Presentación el plomo en la gasolina: un conflicto entre la salud publica y el desarrollo económico. Salud publica de México, septiembre – octubre, año/vol.35, numero 005 Instituto Nacional de Salud Publica, Cuernavaca, México pp. 518 – 519.

Jacobi P., D. Baena y M. Kjellen 1999 Governmental responses to air pollution: summary of a study of the implementation of rodizio in Sao Pablo. Revista Environment and Urbanization, vol. 11, No.1, Abril 1999 pag 79 – 88.

Kenet, W. y F. Cecil 2001 Warner Air pollution, its origin and control Ed. Limusa Noriega editores USA

Manacorda A. M. y D. Cuadros 2005 “Técnicas de bioremediación biológica” Revista Microbiología ambiental pág. 1 -21.

Markowitz G., y D. Rosner 2000 Public Health then and now. “Cater to children” The role of the health industry in a public health tragedy 1900-1955. Vol.90 No.1 pag 36- 46.

Melo-Sánchez, F. M., C. Márquez-Estrada, M., Juárez-Juárez, F. J. Martínez-Martínez, P. Miranda-Reyes, L. F., M Esquivel-Ruiz y M. Juárez-Melo .1998, "Análisis de metales pesados en las aguas residuales del Rio San Javier y Repercusión en la salud e impacto ambiental.

Minesota Pollution Control Agency, 2004 otras Fuentes de plomo (en línea) (<http://www.pca.state.mn.us/air/lead.htm>) (consulta 17 de Marzo del 2006)

Miracle, M.R. 1997 (en línea) Consideraciones y casos en torno al ciclo del agua (<http://habitat.aq.upm.es/cs/p3/a018.html>) (consulta 2 Noviembre 2006)

Mitin, B. J., F. Laden, U. Guller, A. Shankar, S. Kazan y E. Garshick 2004. Relation between blood lead levels and childhood. anemia in India. American Journal of Epidemiology Vol.161, No.10, pag. 968-973.

Monroy, M. . F. Diaz-Barriga, I. Razo y L. Carrizales. 2002. Evaluación de la contaminación por arsénico y metales pesados (Pb, Cu, Zn) y análisis de riesgo en la salud en Villa de la Paz, Matehuala, SLP. (en línea) (<http://ambiental.uaslp.mx/docs/FDBByMMF-020701-NotaContVPMat.pdf>) (consulta 18 de mayo de 2007)

NMX-AA-051-SCFI-2001 Análisis de agua, determinación de metales por absorción atómica en aguas naturales, potables, residuales y residuales tratadas método de prueba (cancela a la NMX-AA-051-1981).

Nowack B., JM Obrecht, M. Schulep R. Schulín., W. Hansmann y V. Koppel (2001) Elevated lead and zinc Contents in remote alpine Soils of the Swiss national park, Revista Environ Qual vol. 30 Pág 919 - 926

Orozco, C. y A, Pérez, 1992 (en línea) Educación Ambiental, La atmósfera 2da.parte, El deterioro de la capa de ozono causas y efectos (<http://www.jmarcano.com/educa/curso/atmos2.html>) (consulta 2 Noviembre 2006)

Porto, M. 1995 Aspectos cualitativos de escurrimiento superficial en Áreas Urbanas. Capítulo 9 en: Drenaje Urbano Editora Universidad e Federal do Rio Grande do Sul.

Porto, M. y L. S. Masini. 2001 "Evaluación preliminar de La carga difusa Del Rio Cabucu de Baxio". I Seminario de Drenaje Urbano del MERCOSUR. Libro de Resumenes, pp. 151-154. Porto Alegre, Brasil

Reglamento de la Ley General de Salud en materia de control sanitario de actividades, establecimientos, productos y servicios 1983, capítulo I artículo 209 – 213

Riccardi, G. 1997 “Las Prácticas de Gestión Óptima (BMP’s) en el Drenaje Pluvial Urbano”. Cuadernos del CURIHAM. Vol. 3, Nº 3, 1er semestre, pp. 79-104. Rosario, Argentina.

Riccardi, G. 1998 “La Calidad del Escurrimiento Pluvial Urbano y el Impacto sobre los Cuerpos Receptores”. Cuadernos del CURIHAM. Vol. 4, Nº 1, 1er semestre, pp. 31-46. Rosario, Argentina.

Schinitman, N. 2004 (en línea) Metales pesados, ambiente y salud – Rebelión Ecología social y ciencia (<http://www.rebelion.org/noticia.php?id=8290>) (consulta 29 de agosto del 2007)

Segura M., S.,I., T. M. Beltramini Trevilato, A. M. M. Takayanagui, S. E. Hering y P. Cupo (1997) Metales pesados en aguas de bebederos a presión. Facultad de Medicina de Ribeirão Preto. Universidad de San Paulo. San Paulo. Brasil. Trabajo de investigación.

Steel, R. G. D. y J. H. Torrie 1960. "Principles and procedures of statistics."
McGraw-Hill Book Company, Inc. New York, U.S.A

Segura M., S. I. y T. M. Beltramini Trevilato SUPCE-AFIN 1998 Plan de
Manejo Pluvial para la Zona Sur del AMGR. Informes. Resistencia, Argentina.
Facultad de Medicina de Ribeirão Preto. Universidad de San Paulo. San
Paulo. Brasil

Tucci, C., R. Genz,. P. La Laina y M. T. de Barros. 1995 Criterios de
selección de cuencas urbanas para el estudio de la calidad de los efluentes
pluviales ABRH/Editora da Universidade/UFRGS.Brasil

Universitat Rovira I Virgili URV/ Facultat de Química de Tarragona FQT 2007
Efectos de la lluvia acida. (en línea).
(<http://www.quimica.urv.es/~w3siiiq/DALUMNES/01/siiq3/efectos.htm>)
(consulta 27 de septiembre de 2007)

Valdés F. y V. Cabrera 1999 articulo "La contaminación por metales pesados
en Torreón Coahuila, México" Texas Center for Policy Studies En defensa del
ambiente A.C. Torreón Coahuila, pág. 1-46.

Viniegra, G., R. Escobar, E. Borja y P. J. Caballero 1964 La polución atmosférica e hídrica de Torreón, Coah., Salud Pública Méx. Epoca V, Vol VI (3):405-414.

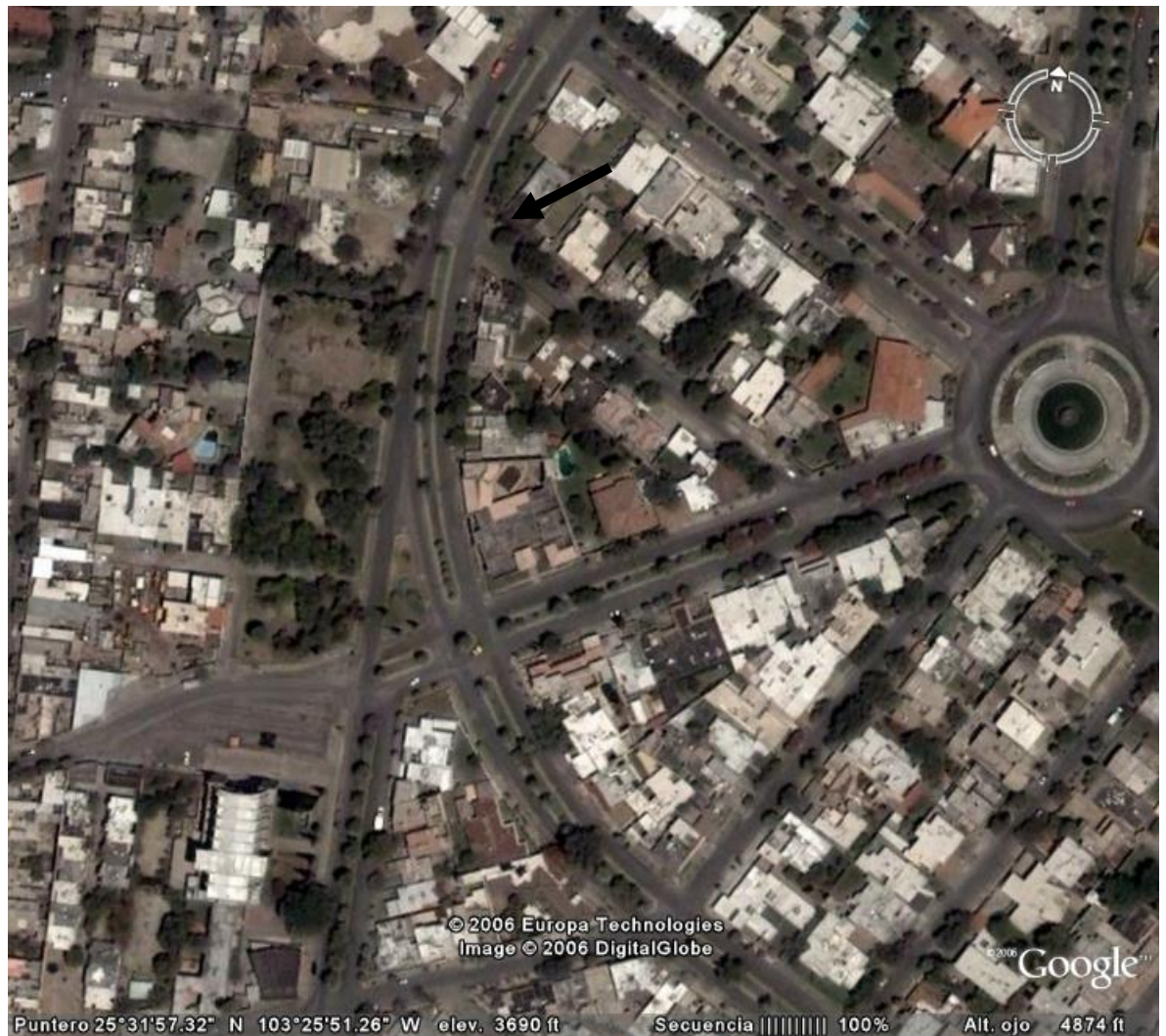
Wark K., y C. Warner, 2001 Libro "La contaminación del aire origen y control", capítulo 4 Dispersión de los contaminantes en la atmósfera. Pág. 143 -190. Editorial Limusa Noriega.

ANEXOS

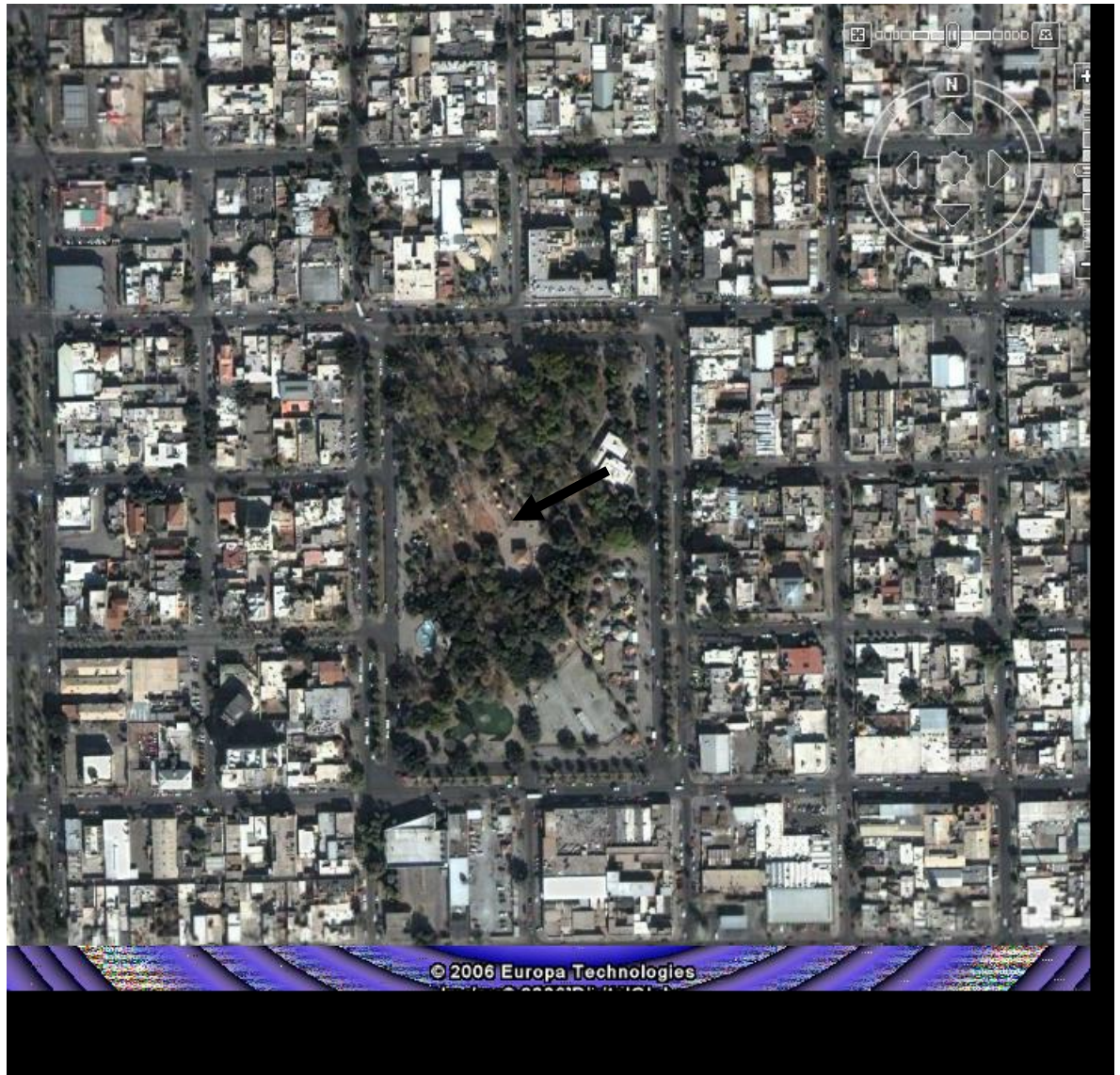
Fotografías de las zonas de muestreo



Miguel Alemán, distancia de la fuente emisora: 0.8 km, coordenadas:
25°31'18.02"N, 103°26'21.37"W.

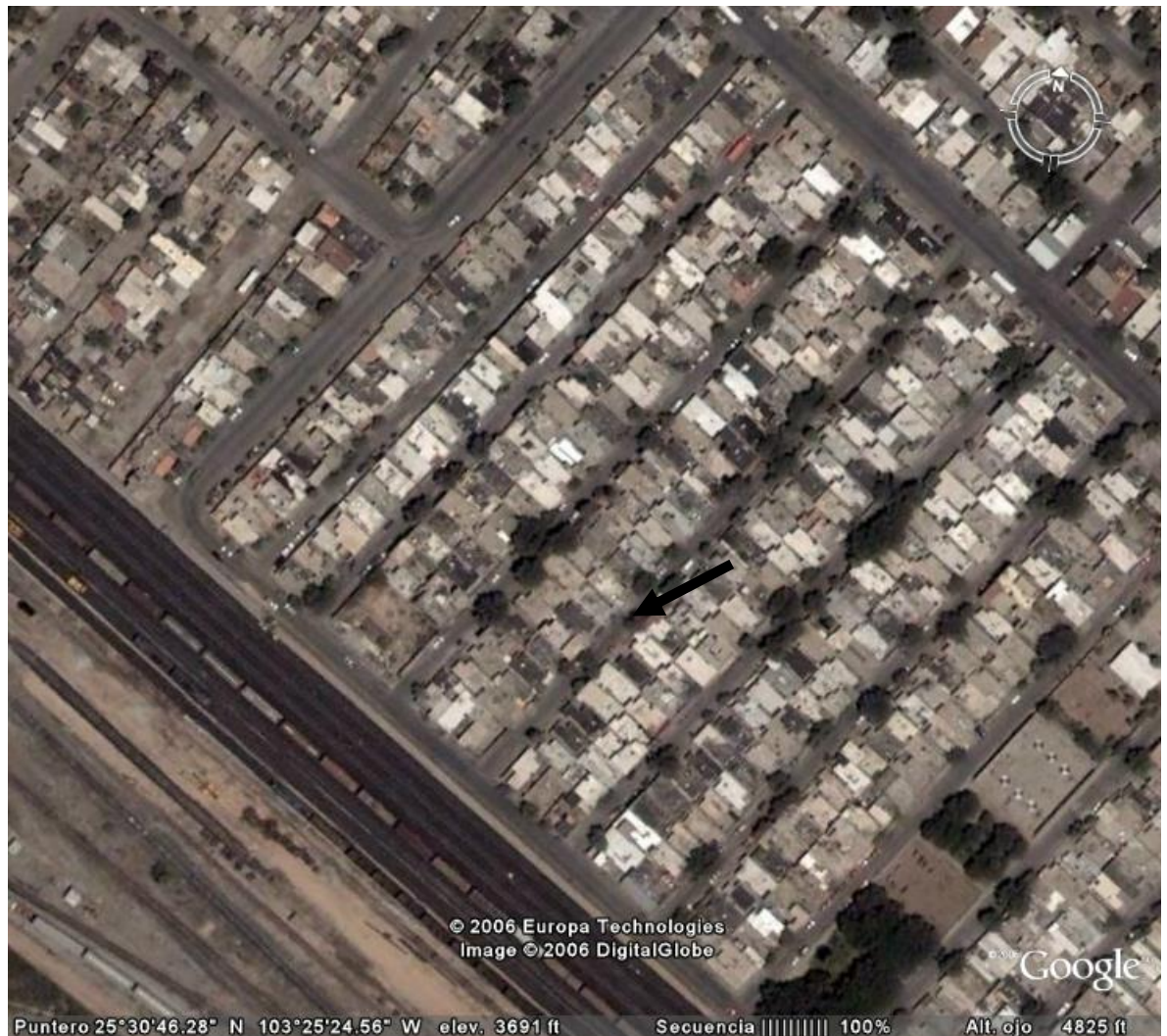


Torreón Jardín distancia de la fuente emisora: 1.12 km, coordenadas:
25°31'56.77"N, 103°25'52.35"W.



Alameda, distancia de la fuente emisora: 1.15 km, coordenadas: 25°32'23.26"

N, 103°26'43.67"W



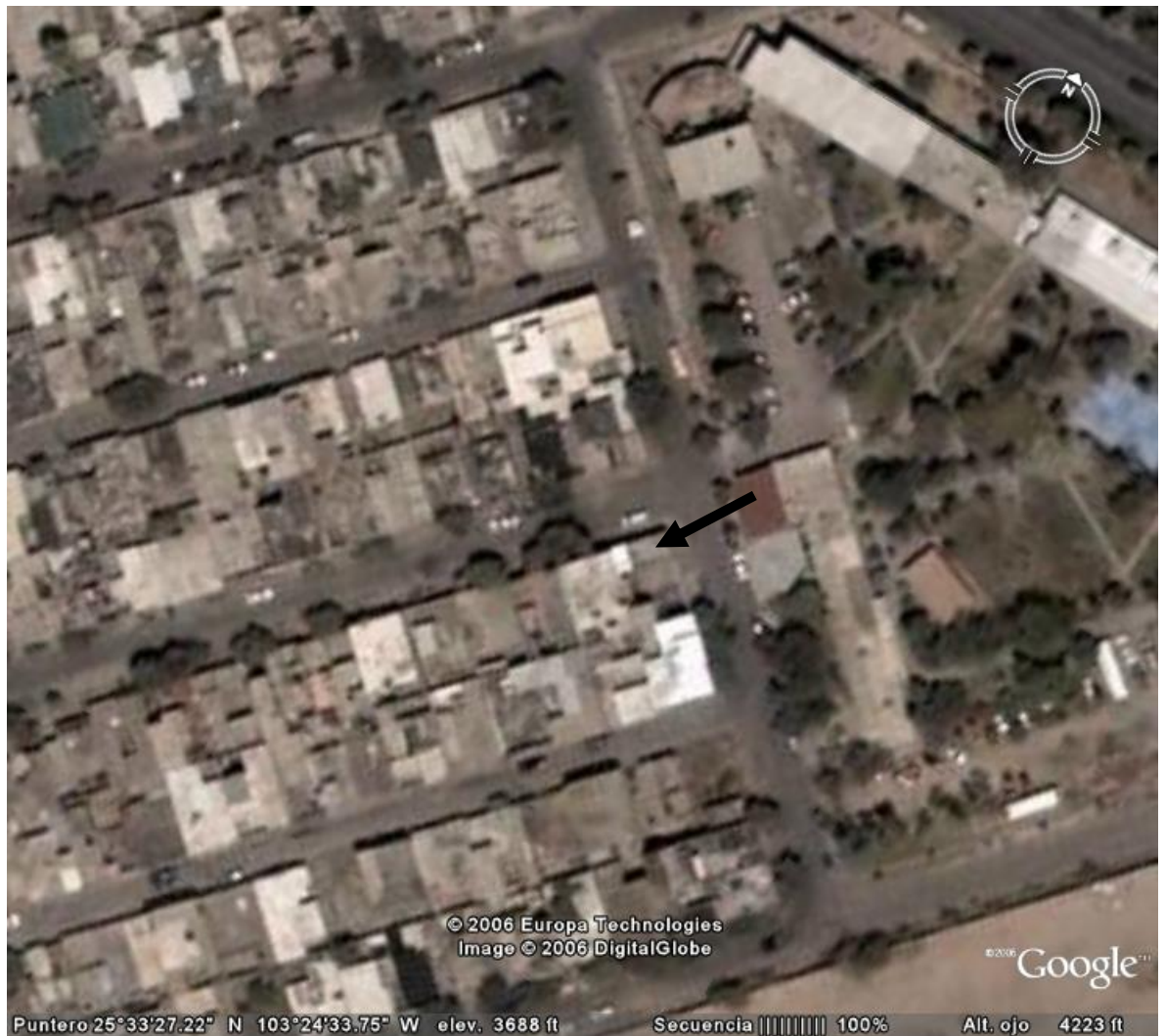
Valle Dorado, distancia de la fuente emisora: 2.7 km, coordenadas:
25°30'45.36" N, 103°25'24.21"W.



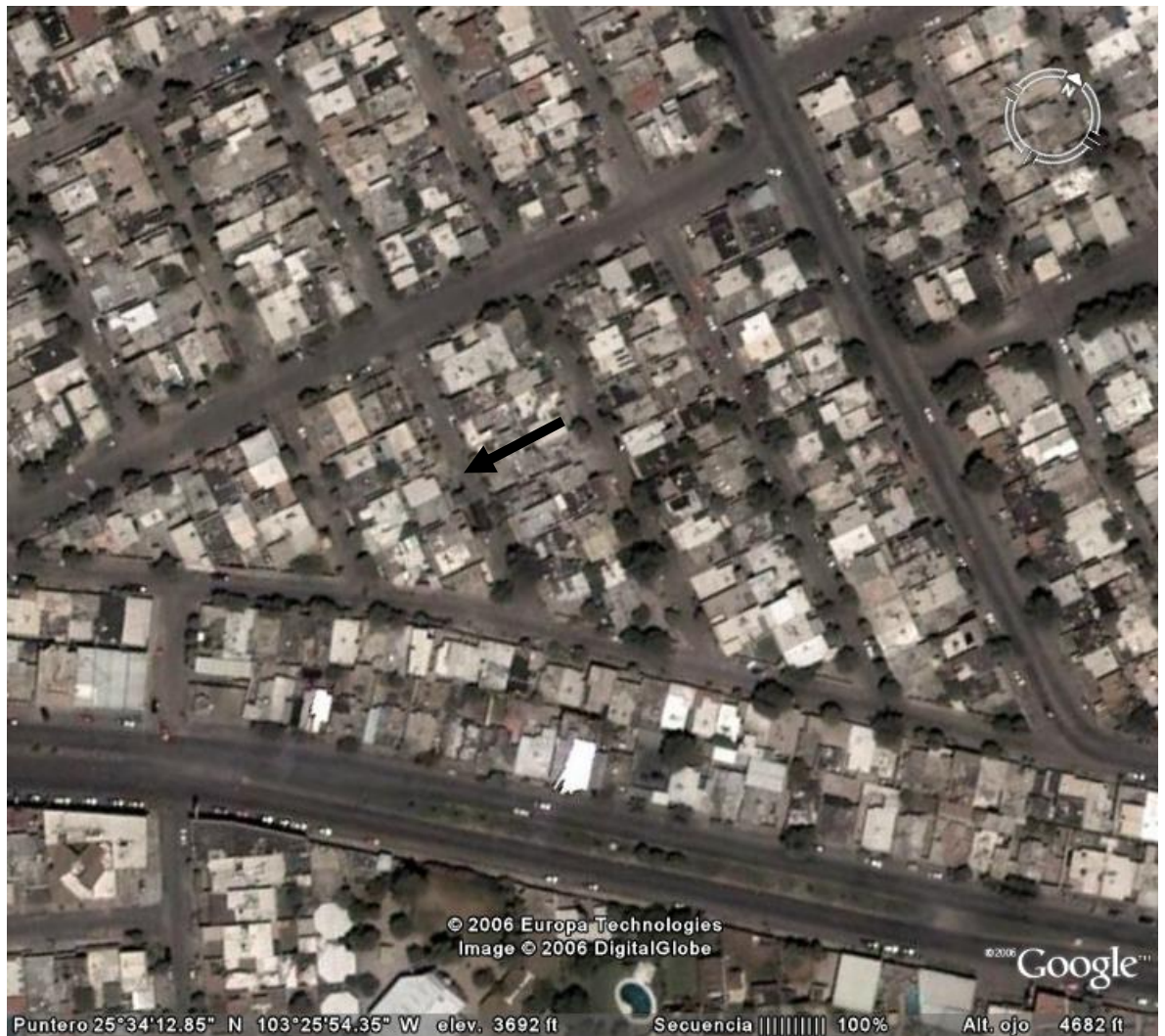
San Marcos, distancia de la fuente emisora: 3.3 km, coordenadas:
25°32'42.41"N, 103°24'48.38" W.



Diagonal las Fuentes, distancia a la fuente emisora: 3.7 km, Coordenadas:
25°30'48.51"N, 103°24'38.59"W



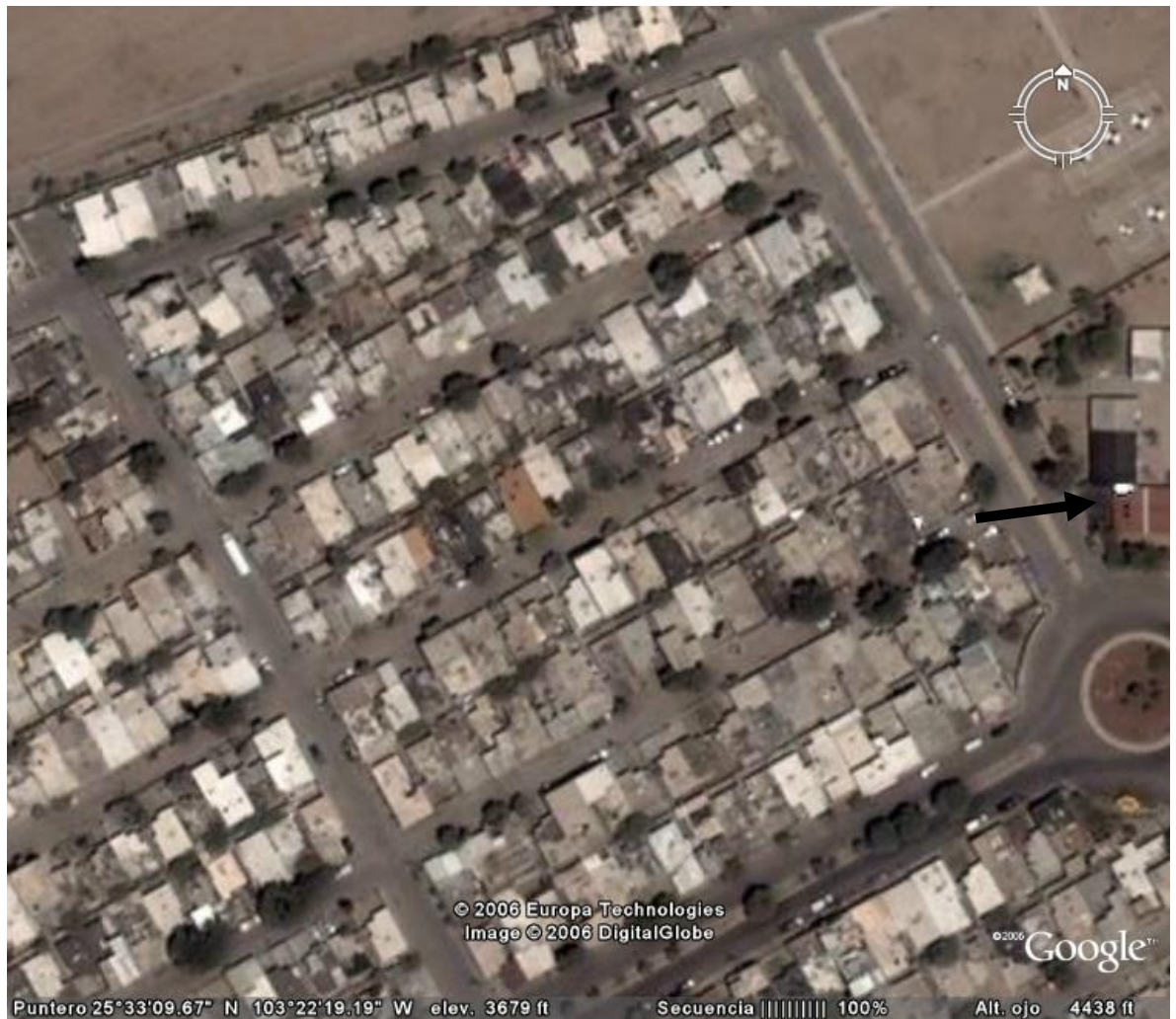
Carolinas, distancia a la fuente emisora: 4.3 km, Coordenadas:
25°33'27.35"N, 103°24'33.23"W.



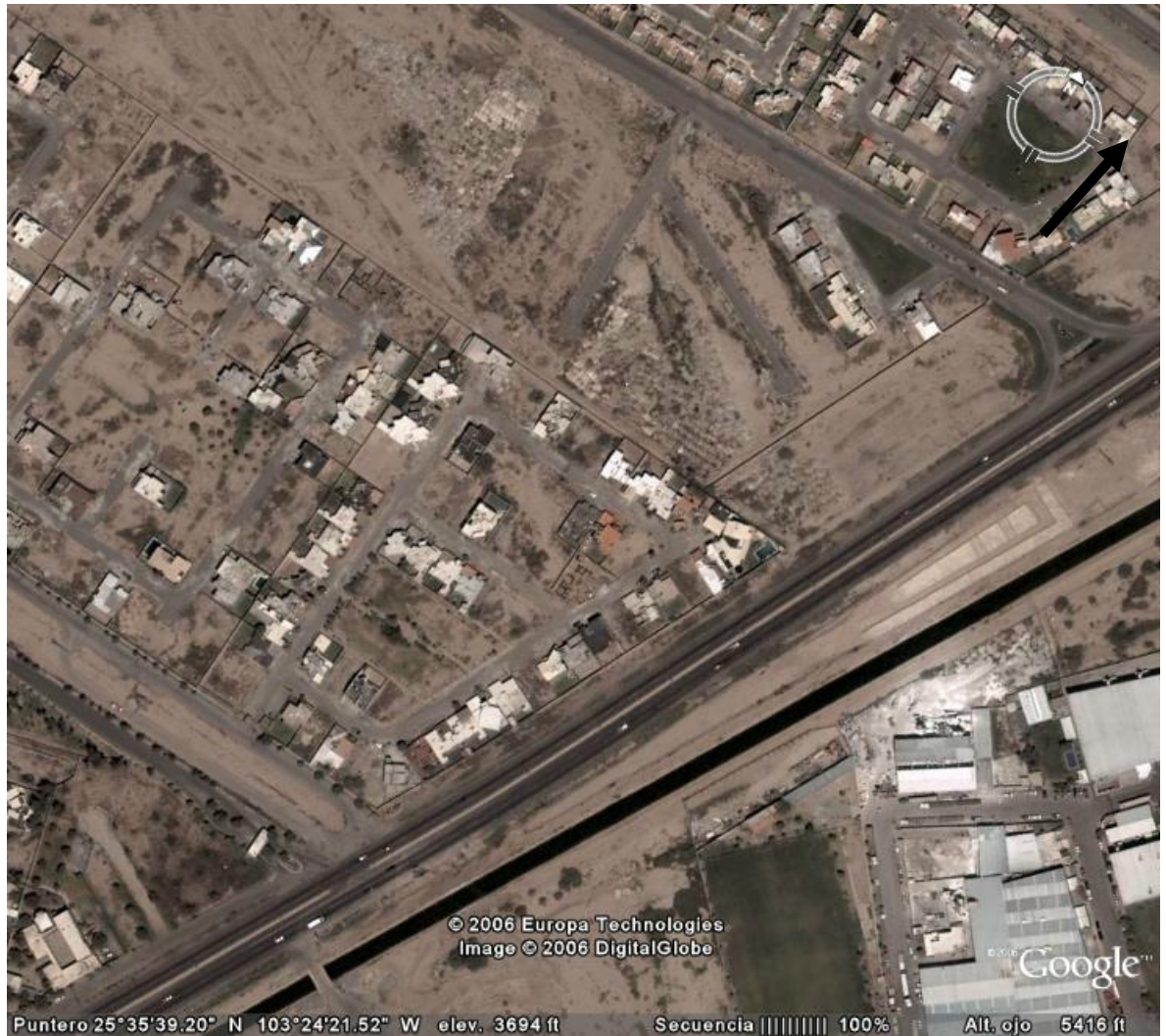
El Tajito, distancia a la fuente emisora: 4.6 km, Coordenadas: 25°34'12.71"N,
103°25'56.23"W.



La Merced II, distancia a la fuente emisora: 4.9 km, Coordenadas:
25°31'29.17"N, 103°23'18.25"W.



Valle Verde, distancia a la fuente emisora: 7.8 km, coordenadas:
25°33'05.25"N, 103°22'07.70"W.



Quinta Bugambilias, distancia a la fuente emisora: 8 km coordenadas:
25°35'40.20"N, 103°24'20.04"W.

Torreón Coahuila

