
2013-A

395391567

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias

Centro Universitario de Ciencias de la Salud

Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental



EXPOSICIÓN INFANTIL A MANGANESO EN LA ZONA METROPOLITANA DE GUADALAJARA

Tesis profesional

que para obtener el grado de Maestro en Ciencias de la Salud Ambiental

Presenta

Q.F.B. Claudia Iliana Limón Aguirre

Director de Tesis: Arturo Curiel Ballesteros

Zapopan, Jalisco, México

Diciembre de 2013

2013-A

395391567

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias

Centro Universitario de Ciencias de la Salud

Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental



EXPOSICIÓN INFANTIL A MANGANESO EN LA ZONA METROPOLITANA DE GUADALAJARA

Tesis profesional

que para obtener el grado de Maestro en Ciencias de la Salud Ambiental

Presenta

Q.F.B. Claudia Iliana Limón Aguirre

Director de Tesis: Arturo Curiel Ballesteros

Zapopan, Jalisco, México

Diciembre de 2013.

AGRADECIMIENTOS

Mi profundo respeto y agradecimiento a los niños participantes del estudio así como a sus madres, padres y/o tutores por su apoyo en la realización del presente estudio. Admiro su fuerza para enfrentar la adversidad, lo cual motivó siempre este trabajo.

Al Dr. Arturo Curiel Ballesteros por compartir generosamente sus conocimientos y quien a través del compromiso al trabajo se convirtió en referente indispensable en mi formación profesional.

A los profesores de la Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental así como a las coordinadoras del programa de posgrado, la Dra. María Guadalupe Garibay Chávez y Dra. Silvia Graciela León Cortés quienes dirigen y conjuntan esfuerzos cotidianos en este proyecto.

Al Dr. Alfredo Celis de la Rosa, por brindarme sus conocimientos y apoyo a prueba de enfermedades.

Al Dr. Javier García Velasco que facilitó instalaciones y aportó su experiencia y consejos, necesarios durante el análisis de muestras.

Al I.Q. Isaías Pedroza Rangel por la invaluable asesoría técnica y apoyo moral permanente.

A la Dra. Patricia Montiel por su incansable labor en la Clínica de Conducta del Sistema DIF Jalisco y orientación siempre precisa en relación a la problemática de hiperactividad infantil.

A mis compañeros con los que compartí inolvidables experiencias académicas y de vida.

Al CONACYT, Programa Nacional de Posgrados de Calidad, por la beca otorgada durante el curso de posgrado y a la Universidad de Guadalajara, mi *alma mater* que siempre abre sus puertas a mi formación profesional.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
1. RESUMEN	1
2. INTRODUCCIÓN	3
3. JUSTIFICACIÓN	6
3.1 Preguntas de investigación	
4. OBJETIVOS	12
4.1 Objetivo general	12
4.2 Objetivo específicos	12
5. FUNDAMENTO TEÓRICO	13
5.1 Salud ambiental	13
5.2 Inequidad y justicia ambiental	14
5.3 Contaminación del aire en ambientes urbanos	15
5.4 Manganeso como contaminante del aire	18
5.5 Exposición a contaminantes	19
5.6 Vulnerabilidad infantil al contaminantes del aire	20
5.7 Efectos a la salud por exposición a exposición a manganeso	21
5.8 Comportamientos hiperactivos y su relación con la exposición a manganeso	22

6. METODOLOGIA	28
6.1 Tipo de estudio	28
6.2 Universo de estudio	28
6.3 Duración del estudio	28
6.4 Componente caso-control	28
6.5 Muestreo	29
6.6 Tamaño de la muestra	29
6.6.1 Criterios de inclusión	29
6.6.2 Criterios de exclusión	30
6.6.3 Criterios de eliminación	30
6.7 Métodos e instrumentos de recolección de datos	30
6.8 Variables de estudio	31
6.9 Procedimiento	31
6.9.1 Identificación del grupo de casos	31
6.9.2 Selección del grupo de controles	32
6.9.3 Aforo y medición de distancias a vías de alto flujo vehicular	32
6.9.4 Donación y recolección de muestras	33
6.9.5 Diagrama General del Estudio	34
6.9.6 Etapas del Estudio	34
6.10 Técnica de análisis de manganeso	35
6.11 Análisis estadístico y exploratorio de casos-controles	36
6.14 Consideraciones éticas	38
7. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	39
7.1 Delimitación	39
7.2 Población y extensión territorial	39
7.3 Desglose Poblacional	39
7.4 Población infantil con comportamiento hiperactivo en la Zona Metropolitana de Guadalajara	42
7.5 Áreas de contaminación por manganeso	41

8. RESULTADOS	44
8.1 Análisis Descriptivo	45
8.2 Resultados del objetivo específico 1	51
8.3 Resultados del objetivo específico 2	57
8.4 Resultados del objetivo específico 3	71
9. DISCUSIÓN	77
10. CONCLUSIONES	81
11. RECOMENDACIONES	83
12. REFERENCIAS	84

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Criterios CIE-10 para el diagnóstico de comportamientos hiperactivos	25
Tabla 2. Variables de estudio y su operacionalización	31
Tabla 3. Actividades realizadas durante la primera etapa del estudio	35
Tabla 4. Actividades realizadas durante la segunda etapa del estudio	35
Tabla 5. Desglose de datos poblacionales de la Zona Metropolitana de Guadalajara por municipio, 2010	41
Tabla 6. Población infantil de la Zona Metropolitana de Guadalajara por municipio, 2010	42
Tabla 7. Características demográficas de niños con comportamiento hiperactivo	44
Tabla 8. Distribución de los domicilios de niños con comportamiento hiperactivos en la Zona metropolitana de Guadalajara	46
Tabla 9. Vías de alto flujo vehicular cercanas a los domicilios de niños con comportamientos hiperactivos	47
Tabla 10. Vías de alto flujo vehicular más cercanas a domicilios de niños con comportamientos hiperactivos, por frecuencia	48
Tabla 11. Características demográficas de las poblaciones infantiles en estudio	52
Tabla 12. Concentración de manganeso en muestras dentales del grupo de casos	56
Tabla 13. Concentración de manganeso en muestras dentales del grupo control	57
Tabla 14. Estadísticos descriptivos para el total de muestras	58

Tabla 15. Estadísticos descriptivos para las muestras del grupo de casos	59
Tabla 16. Estadísticos descriptivos para las muestras del grupo control	59
Tabla 17. Prueba T. Estadísticos de Grupo	60
Tabla 18. Prueba T. Estadísticos de grupo	60
Tabla 19. Correlación de Pearson de la distancia a vías vehiculares en relación a la concentración de manganeso en muestras dentales de todos los participantes del estudio.	63
Tabla 20. Regresión lineal de la distancia a vías vehiculares y concentración de Manganeso en muestras dentales de todos los participantes del estudio.	64
Tabla 21. Correlación de Pearson de la distancia a vías vehiculares y concentración de Manganeso en muestras dentales del grupo de casos	64
Tabla 22. Regresión lineal de la distancia a vías vehiculares y concentración de Manganeso en muestras dentales del grupo de casos	63
Tabla 23. Correlación de Pearson de la distancia a vías vehiculares y concentración de Manganeso en muestras dentales del grupo de controles	66
Tabla 24. Regresión lineal de la distancia a vías vehiculares y concentración de Manganeso en muestras dentales del grupo de controles	67
Tabla 25. Distribución de domicilios en función de la distancia a vías de alto flujo vehicular	69
Tabla 26. Análisis de varianza (ANOVA) de la concentración de manganeso en función de la distancia a vías de alto flujo vehicular	70

Tabla 27. Resultado de análisis de varianza (ANOVA) de la concentración de manganeso en función de la distancia a vías de alto flujo vehicular	71
Tabla 28. Análisis de varianza (ANOVA) de la concentración de manganeso en función de la distancia a vías de alto flujo vehicular con corte a 600 m.	73
Tabla 29. Análisis de varianza (ANOVA) de la concentración de manganeso en función de la distancia a vías de alto flujo vehicular con corte a 600 m.	73
Tabla 30. Tabla de contingencia a distancia de 600 metros	75
Tabla 31. Estimación del riesgo	75

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Diagrama General del Estudio	34
Figura 2. Espectrofotómetro de absorción atómica del laboratorio de Ciencias Ambientales del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA)	36
Figura 3. Mapa de la Zona Metropolitana de Guadalajara	40
Figura 4. Distribución de los domicilios de los niños con comportamiento hiperactivo en la Zona Metropolitana de Guadalajara	45
Figura 5. Distancia de los domicilios a las vías de alto flujo vehicular	50
Figura 6. Distribución de los domicilios del grupo de casos en la Zona Metropolitana de Guadalajara	53
Figura 7. Distribución de los domicilios del grupo de casos en la Zona Metropolitana de Guadalajara	54
Figura 8. Relación entre la distancia a las vías de alto flujo vehicula y la concentración de manganeso en muestras dentales infantiles de todos los participantes del estudio	62
Figura 9. Relación entre la distancia a las vías de alto flujo vehicular y la concentración de manganeso en muestras dentales infantiles del grupo de casos	65
Figura 10. Relación entre la distancia a las vías de alto flujo vehicula y la concentración de manganeso en muestras dentales infantiles del grupo de controles	68
Figura 11. Concentraciones de manganeso en función de la distancia a las vías de alto flujo vehicular	72
Figura 12. Concentraciones de manganeso en función de la distancia a las vías de alto flujo vehicular, con corte a 600 m.	74
Figura 13. Grupo de casos y controles en relación a la distancia de los domicilios a las vías de alto flujo vehicular, como fuente de exposición a manganeso.	76

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
13. ANEXOS	92
13.1 Anexo 1: Instrumento para padres y/o tutores. Contacto	92
13.2 Anexo 2: Instrumento para padres y/o tutores. Donación	94
13.3 Anexo 3: Escala de dominio de hiperactividad.	95
13.4 Anexo 4: Técnica de censo volumétrico de tráfico.	97
13.5 Anexo 5: Consentimiento Informado	98
13.6 Anexo 6: Reporte fotográfico	100

1. RESUMEN

INTRODUCCIÓN: En 2010, mediante análisis de muestras sanguíneas se comprobó exposición a manganeso (Mn) en población infantil mexicana (Henn et al. 2012). En mediciones de material particulado en las inmediaciones a las vías de alto flujo vehicular en la Zona Metropolitana de Guadalajara se encontró la presencia de manganeso (Curiel, 2011; Saldarriaga et al. 2011). La evidencia de efectos neurotóxicos por exposición a Mn se ha asociado a comportamientos hiperactivos y/o disruptivos en niños (Bouchard et al. 2007; Ericcson et al. 2007; Chung et al. 2011), lo cual es plausible considerando que el sistema dopaminérgico es vulnerable a Mn (Fitsanakis et al. 2006; Farias et al. 2010)

OBJETIVOS: Realizar una primera aproximación al análisis de la exposición infantil crónica a manganeso y conocer si la población infantil con comportamiento hiperactivo presenta niveles diferentes de exposición en relación a una población infantil de comportamiento típico.

METODOLOGÍA: Se realizó un estudio exploratorio de casos y controles en población infantil de 6-12 años (media: 9 años). El grupo de casos fueron niños diagnosticados y en tratamiento por comportamiento hiperactivo en la Clínica de Conducta del Sistema DIF del estado de Jalisco. Se colectaron 19 muestras dentales del grupo de casos así como para el grupo control. Por espectrofotometría de absorción atómica se analizó la concentración de Mn. en las muestras dentales y se estimó la distancia de los domicilios de los niños a las vías de alto flujo vehicular más cercanas a sus hogares como fuente de exposición.

RESULTADOS: Los valores medios de las concentraciones de manganeso en las muestras dentales infantiles, tanto en los niños con comportamientos hiperactivos (6.2030 ppm) como los niños con desarrollo típico (5.7535 ppm) son superiores a las encontradas en otras investigaciones. Aunque existe una diferencia marginal superior de la concentración de manganeso en muestras dentales infantiles del grupo de casos en relación al grupo control, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas. La proximidad de la casa habitación a las vías de alto flujo vehicular no representó ser una fuente significativa de exposición a

manganeso y por tanto, existe una misma condición de riesgo que habitar a una mayor distancia.

CONCLUSIONES: Al encontrarse concentraciones de Mn. superiores a las reportadas en otros estudios en muestras dentales infantiles, se requiere diseñar estudios que profundicen el conocimiento de la exposición infantil a manganeso, así como las fuentes localizadas en la Zona Metropolitana de Guadalajara. El presente estudio abona en la creciente controversia en torno a la exposición infantil a manganeso como mayor contribuyente de la presencia de comportamientos hiperactivos en la población infantil.

2. INTRODUCCIÓN

Estimaciones de la Organización Mundial de la Salud (2006) reportadas en el documento “Ambientes saludables y prevención de enfermedades. Hacia una estimación de la carga de morbilidad atribuible al medio ambiente” señalan que hasta el 24% de la morbilidad a nivel global es atribuible a riesgos ambientales evitables, vinculados a la contaminación ambiental.

La contaminación del aire representa una amenaza importante para la salud a nivel mundial (OMS, 2006); más aún en las grandes ciudades, donde se concentra la mayor parte de la población y los contaminantes (WHO, 2009); además es en las grandes urbes donde se enfrentan los riesgos tradicionales a la salud mientras se superpone la carga creciente de riesgos modernos generados a partir del desarrollo industrial y urbano (OPS, 2002; WHO, 2009).

En la Zona Metropolitana de Guadalajara, la contaminación del aire es uno de los problemas ambientales más difíciles de resolver y el incremento del índice de motorización se aleja de su valor deseable (Pinal y Curiel, 2009) lo que representan una pérdida de calidad del aire y un riesgo de exposición para más de la mitad de los jaliscienses (Curiel, 2009).

En la fracción particulada del aire ambiente cercano a vías de mayor flujo vehicular de la Zona Metropolitana de Guadalajara se han identificado diversos contaminantes de riesgo para la salud humana, entre los cuales se encuentra el manganeso (Mn) (Curiel, 2011).

El manganeso es un nutriente esencial con funciones catalíticas o reguladoras de varios sistemas enzimáticos y como tal, se requiere para la formación de cartílago sano y el hueso, así como en el ciclo de la urea; además promueve el mantenimiento de las mitocondrias y la producción de glucosa y juega un rol clave en la cicatrización de heridas (Wedler, 1994).

El Mn ocurre en la naturaleza de forma elemental, sin embargo se encuentra en forma de compuestos y es ingrediente esencial del acero y se utiliza a nivel industrial en la producción de pilas secas, vidrio, fuegos artificiales, así como en las industria textil, de cuero, cosmética y como base de fertilizantes (NAS, 1973; EPA, 1984); además, en su forma orgánica tiene utilidad

como fungicida, aditivo de aceites e inhibidor de humo (EPA, 1984; Windholz et al. 1983) (U.S Department of Human Services, 2012),

El manganeso también puede estar presente en las gasolinas automotrices, como metil ciclopentadienil manganeso tricarbonil (MMT), un aditivo antidetonante que tiene como función principal promover la combustión eficiente del carburante (U.S. Department of Human Services, 2008), por tanto, existe una creciente preocupación en torno al incremento de manganeso en el aire ambiente producto de su liberación a través de las emisiones vehiculares (U.S .Department of Human Services, 2012)

Aunque se reconoce los beneficios del manganeso a nivel nutricional, la exposición a altas concentraciones de este metal de transición tiene efectos negativos a la salud humana y existen evidencias de su potencial para producir efectos neurotóxicos cuando, dependiendo de la vía y la dosis de exposición, se acumula en el organismo, particularmente a nivel cerebral (WHO, 1981).

Desde 1999 se ha sugerido que los impactos a la salud derivados de la exposición a manganeso ocurren en un “continuo de disfunción” vinculado a la dosis (Mergler et al. 1999) y recientes investigaciones señalan su relación con afectaciones a nivel neurológico que derivan en cambios en el comportamiento reportados como déficits intelectuales, así como incremento de la actividad motora y comportamientos disruptivos (U.S. Department of Health and Human Services, 2008).

Actualmente existe un gran interés en conocer posibles efectos nocivos y fuentes de exposición ambiental a Mn particularmente en los niños, que en virtud de su susceptibilidad fisiológica inherente, representa el grupo poblacional más vulnerable a la exposición a contaminantes ambientales, lo cual en contextos actuales de la salud ambiental se interpreta como un aporte al nuevo significado de justicia ambiental que hace referencia a garantizar satisfactores tan elementales como un aire de buena calidad, más aún en personas que no cuentan con capacidades suficientes para proteger por sí mismos su salud, como sucede con los infantes, lo cual motiva el diseño del estudio.

El presente estudio presenta una primera aproximación para conocer los niveles de exposición infantil crónica a manganeso y su relación con la presencia de comportamientos hiperactivos en niños habitantes de la Zona Metropolitana de Guadalajara y sus limitantes corresponden a las derivadas de un estudio exploratorio, es decir, no existen antecedentes en relación al efecto de la exposición a manganeso en población infantil de la Zona Metropolitana de Guadalajara, así como tampoco se cuentan con registros de los niveles de manganeso en el tipo de muestras analizadas durante este estudio.

3. JUSTIFICACIÓN

Investigaciones realizadas en la última década apuntan a la contaminación del aire en exteriores como un peligro para la salud humana, particularmente en zonas urbanas donde la mayor parte de la población se encuentra potencialmente expuesta a una amplia gama de contaminantes (OMS, 2006).

En la Zona Metropolitana de Guadalajara, los altos niveles de contaminación del aire se considera uno de los problemas más difíciles de resolver en la ciudad (Curiel y Garibay, 2006) e incluso se ha identificado como “la amenaza principal a la salud ambiental a la que están expuestos más de la mitad de los jaliscienses” (Curiel, 2009).

En la fracción particulada del aire ambiente cercano a vías de alto flujo vehicular de la Zona Metropolitana de Guadalajara se han identificado diversos contaminantes de riesgo para la salud, específicamente manganeso (Curiel, 2011). Además, mediante especiación química de partículas menores a 2.5 micrómetros en el área del Centro y Miravalle se determinó la presencia de manganeso en concentraciones que fluctúan entre los 475.6 a los 601.8 nanogramos, los que evidencian una relación potencial con las actividades antropogénicas (Saldarriaga et al. 2011).

El manganeso es un elemento común en el medio ambiente y un nutriente esencial (Institute of Medicine. 2000; Institute for Environment and Health, 2004), sin embargo, tiene el potencial para producir efectos neurológicos cuando, dependiendo de la ruta y dosis de exposición, éste se acumula en el organismo, particularmente a nivel cerebral (WHO, 1981; U.S. Department of Human Services, 2012).

Estudios epidemiológicos han estudiado los efectos psicológicos o neurológicos de la exposición a bajos niveles de manganeso en el ámbito laboral (Iregren 1990; Chia et al 1993a; Mergler et al. 1994; Lucchini et al. 1995, 1999; Lucchini et al. 1995; Gibbs et al. 1999; Crump and Rousseau, 1999; Beuter et al. 1999; Deschamps et al. 2001; Bouchard et al 2003; Bast-Pettersen et al 2004; Blond and Netterstrom. 2007; Blond et al 2007; 2007a, 2007b; Myers et al. 2003a, 2003b, Roels et al. 1987a, 1992, 1999; Summers et al. 2001; Wennberg et al. 1991) así

como en las inmediaciones de las industrias emisoras de manganeso (Mergler et al. 1999; Rodríguez-Agudelo, et al. 2006; Lucchini et al. 2007; Standridge et al. 2008; Solís-Vivanco et al. 2009; Riojas-Rodríguez et al. 2010; Hernández-Bonilla et al. 2011; Kim et al. 2011; Menezes-Filho et al. 2011).

Algunos estudios epidemiológicos han encontrado diferencias significativas entre los grupos expuestos y no expuestos o asociaciones significativas entre los índices de exposición y los efectos neurológicos (Roels et al. 1987a, 1992; Wennberg et al. 1991; Iregren 1990; Chia et al. 1993a; Mergler, et al. 1994; Lucchini et al. 1995, 1999; Bast-Pettersen et al. 2004), aunque otras investigaciones reportan que no existe asociación entre la exposición y los efectos neurológicos (Gibbs et al. 1999; Deschamps et al. 2001; Myers et al. 2003a, 2003b; Young et al. 2005; Summers et al. 2011;).

Las afectaciones neurológicas asociados a la exposición crónica a bajos niveles de manganeso generalmente se describen como cambios sutiles relacionados con déficits en pruebas de función neuromotora o cognitivas y estados de ánimo alterados, los cuales se reportan por varios autores como efectos neurológicos preclínicos o subclínicos (U.S. Department of Human Services, 2012).

Los efectos observados con mayor frecuencia en población adulta son: dificultad para realizar movimientos rápidos, pérdida de coordinación, balance y memoria, alteraciones en el lenguaje hablado, disminución en el funcionamiento intelectual, incremento en la sintomatología de ansiedad con insomnio y cambios en el comportamiento (Mergler et al. 1999; Rodríguez-Agudelo et al. 2006; Lucchini et al. 2007), además de promover el desarrollo de un síndrome similar al Parkinson en los últimos estadios de intoxicación (Iregren, 1999; Levy and Nassetta, 2003).

Por otra parte, la exposición crónica a manganeso en altas concentraciones se asocia a daño neurológico permanente y hay pruebas concluyentes en el sentido de que la exposición por inhalación origina un síndrome de desactivación de efectos neurológicos denominado «manganismo», el cuál es una condición progresiva que generalmente comienza con síntomas relativamente leves y evoluciona para incluir marcha alterada, ligeros temblores y trastornos

psiquiátricos. Algunos de estos síntomas también ocurren con la enfermedad de Parkinson, lo que ha resultado en el uso de términos tales como "la enfermedad similar al Parkinson" y "parkinsonismo inducido por manganeso" para describir los síntomas observados con la intoxicación por manganeso (U.S Department of Human Services, 2012)

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) señala que la exposición a elementos tóxicos resulta en impactos a la salud humana en general, sin embargo, ciertas características particulares de los niños resultan en una mayor vulnerabilidad ante las amenazas ambientales (PNUMA, 2002).

La particular vulnerabilidad infantil ante los riesgos ambientales está determinada por la inmadurez de sus sistemas biológicos, tamaño y conducta característica (Snodgrass, 1992; Balisteri, 2000; Selevan et al. 2000; Freeman et al. 2001; OPS. 2003; Wong et al. 2004; Lee en Frumkin, 2010). Además, los niños se encuentran en mayor riesgo que los adultos expuestos a similares concentraciones de contaminantes del medio ambiente (WHO, 2006).

Durante la niñez los mecanismos metabólicos y las tasa de excreción se encuentran disminuidas, además, la frecuencia respiratoria en los niños es mayor por unidad de peso que los adultos, por tanto, existe un mayor riesgo de incorporar contaminantes ambientales en tasas desproporcionadamente mayores que un adulto promedio (Snodgrass, 1992; Balisteri, 2000; EPA, 2002; U.S. Department of Health and Human Services, 2008)

Factores como los patrones de comportamiento y actividad infantil inducen mayores dosis internas de contaminantes que las esperadas para los adultos (Freeman et al. 2001; Wong et al. 2004), lo cual determina una respuesta diferenciada y de "mayor susceptibilidad ante la exposición a contaminantes ambientales" (Diaz-Barriga en Galvão et al. 2010). Inclusive, por su estatura, los niños están más cercanos de las emisiones de escape de los vehículos (OPS, 2003) y del suelo, resultando en una proximidad diferenciada al origen del riesgo, misma que aumenta el grado de exposición (Frumkim, 2010).

Como resultado de recientes investigaciones en torno a la exposición infantil a manganeso, en el año 2006 los Comités Científicos sobre Neurotoxicología y Psicofisiología y Toxicología de

los Metales de la Comisión Internacional de Salud Ocupacional (ICOH) organizaron, en la Universidad de Brescia, Italia, el Taller Internacional sobre Neurotoxicidad de Metales; del cual se destacan las siguientes recomendaciones:

“Se debe reducir la exposición al manganeso de las mujeres embarazadas y los niños pequeños para prevenir la neurotoxicidad subclínica. En Brescia fueron presentados importantes y nuevos datos de neurotoxicidad del manganeso (...) En los niños, la evidencia a partir de dos estudios epidemiológicos recientes, sugieren que la exposición al manganeso en la vida temprana causa neurotoxicidad subclínica del desarrollo.

En todas las naciones del mundo debería suspenderse inmediatamente la adición de compuestos orgánicos de manganeso a las naftas. Los datos presentados en el Taller de Brescia aumentan la gravedad de la preocupación sobre la probabilidad que la adición de manganeso a las naftas pudieran causar una toxicidad generalizada sobre el desarrollo similar a la que causó la adición en todo el mundo del tetraetilo de plomo. A la luz de esta información, sería extremadamente imprudente el agregado de manganeso a las naftas.”

Los efectos a la salud infantil a partir de la exposición a manganeso podrían estar relacionados con las deficiencias a nivel de la cognición y el comportamiento, según recientes investigaciones. Los principales síntomas incluyen discapacidades en el aprendizaje (Pihl et al. 1977; Zhang et al. 1995), deficiencias en la función intelectual (Wasserman et al. 2006; Wright et al. 2006), así como comportamientos hiperactivos y disruptivos (Ericson et al. 2007; Bouchard et al 2007).

Varios estudios epidemiológicos realizados en poblaciones infantiles sugieren evidencias sobre la neurotoxicidad del manganeso y sus efectos en el comportamiento (Pihl RO et al. 1977; Collipp et al. 1983; Crinella et al. 1998; Chan. et al. 2009), particularmente a nivel de deficiencias en la atención y la hiperactividad (Levy et al. 2003; Bouchard et al. 2007) (Ericson et al. 2007; Chan. 2009) una de las afecciones conductuales diagnosticada con mayor frecuencia en los niños; con un estimado de prevalencia promedio a nivel mundial del 5-10% (Scahill et al. 2000)

Desde la década de los 60's, se describe a los comportamientos hiperactivos como trastornos de conducta del niño que está constantemente en movimiento o presenta tasas de actividad y

precipitación más elevadas de lo normal o una combinación de ambos (Chess, 1960) y algunas investigaciones señalan que este trastorno es debido a una «hiperactividad fisiológica» (Warren et al. 1971).

La hiperactividad infantil se define como la actividad motora exagerada que parece conducir a un fin sin que el mismo se logre. Se presenta una dificultad para mantenerse quietos y cambian frecuentemente de posición, brincan, trepan o mueven persistentemente las manos y los pies, lo cual implica una dificultad que para lograr el autocontrol que no se explica por disfunciones sensoriales (hipoacusia, trastornos visuales, etc.), enfermedades médicas (cardiopatías, malformaciones cerebrales, anemia ferropénica, etc.), consumo de fármacos o enfermedades psiquiátricas diferentes (American Psychiatric Association, 2002)

Evidencia científica actual, recopilada a través de estudios neuroquímicos, morfométricos, genéticos y de neuroimágenes apoya un sustento biológico en la etiología de la hiperactividad infantil, en donde los factores ambientales pueden jugar un papel importante en algunos casos (Ruiz García, et al. 2005) y algunos resultados de diversas investigaciones muestran vínculos entre la exposición infantil a manganeso y los comportamiento hiperactivos y disruptivos (Bouchard et al. 2008; Farias et al. 2010)

Bouchard y cols. (2007) encontraron una relación estadísticamente significativa entre los comportamientos oposicionales e hiperactivos y altos niveles de manganeso en el agua para beber en 46 domicilios de niños en Quebec, Canadá y en un estudio realizado en el 2010, donde participaron 96 estudiantes diagnosticados con Trastorno por Déficit de Atención con Hiperactividad y sus controles, se reportaron niveles significativamente mayores de manganeso en suero de los niños diagnosticados con el trastorno (Farias et al. 2010).

La asociación entre la exposición infantil a manganeso y los comportamientos hiperactivos es plausible debido a que los sistemas dopaminérgicos y los sistemas GABAérgicos involucrados en la hiperactividad de los niños (Li et al. 2006) (Sagvolden et al. 2005) son también vulnerables al manganeso (Fitsanakis et al. 2006).

Se han utilizado muestras de sangre, orina y cabello como biomarcadores de exposición a manganeso, sin embargo, las tasas de excreción del metal impiden determinar la exposición

crónica, por tanto, recientemente se ha explorado a los órganos dentarios como biomarcadores de mayor calidad. Los resultados muestran que debido a la fijación, acumulación y permanencia del manganeso en dientes, éstos actualmente constituyen los mejores biomarcadores conocidos para determinar la exposición de largo plazo, e inclusive, para estimar exposición prenatal y crónica a manganeso (Ericsson et al. 2007; Arora et al. 2011).

En México no se considera el monitoreo de manganeso como contaminante criterio del aire en la normatividad ambiental vigente, por tanto, se desconoce el nivel de exposición a este metal en la población; y aunque se ha confirmado su presencia en muestras sanguíneas de niños, aún no se cuenta con referencias sobre su nivel de concentración en muestras dentales infantiles de niños mexicanos y no existen estudios previos que evalúen la exposición a Mn en población infantil con comportamiento hiperactivo.

3.1 Preguntas de Investigación

Los reportes sobre la concentración de manganeso en el aire de la Zona Metropolitana de Guadalajara aunado al constante aumento de las emisiones vehiculares que potencialmente liberan manganeso al aire ambiente precisan necesario realizar una primera aproximación sobre la exposición infantil crónica a manganeso y resulta pertinente cuestionar:

¿Cuál es el nivel de exposición infantil crónica a manganeso en la Zona Metropolitana de Guadalajara determinada mediante el análisis de muestras dentales?

¿Existe relación entre la concentración de manganeso en muestras dentales infantiles y la distancia a las vías de alto flujo vehicular como fuente de exposición?

Y además,

¿Existen diferencias en la exposición a manganeso de la población infantil con comportamiento hiperactivo, en relación con una población control?

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

Estimar en una primera aproximación la exposición infantil crónica a manganeso y conocer si dicha exposición se relaciona con la presencia de comportamientos hiperactivos en niños de la Zona Metropolitana de Guadalajara

4.2 Objetivos Específicos

1. Determinar la concentración de manganeso en muestras dentales infantiles de niños de la Zona Metropolitana de Guadalajara
2. Analizar si la exposición infantil crónica a manganeso está en función de la distancia al flujo vehicular como fuente de exposición.
3. Conocer si la exposición infantil crónica a manganeso es diferente en una población infantil con comportamiento hiperactivos en relación a una población control.

5. FUNDAMENTO TEÓRICO

5.1 Salud Ambiental

La Constitución de la Organización Mundial de la Salud (OMS, 1946), que entró en vigor el 7 de Abril de 1948, define a la salud *como un estado de completo bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades*. Tal definición implica que, la salud de la población como objeto de estudio y fin último de las políticas públicas en la materia, debe reconocerse como el resultado de un entramado de relaciones directas e indirectas, donde el medio ambiente es un elemento principal.

En la Cumbre de la Tierra de la ONU, se enfatiza el hecho de que las perspectivas de salud dependen del desarrollo adecuado y sostenible del medio ambiente, natural y social. Así, el Principio 1 indica que “los seres humanos constituyen el centro de las preocupaciones relacionadas con el desarrollo sostenible. Tienen derecho a una vida sana y productiva en armonía con la naturaleza” (ONU, 1992).

La Organización Mundial de la Salud (1993), en el marco de su Estrategia Mundial de Salud y Medio Ambiente, define formalmente al campo de la Salud Ambiental como:

“...aquellos aspectos de la salud humana, incluida la calidad de vida, que son determinadas por factores ambientales, físicos, químicos, biológicos y psicosociales. También se refiere a la teoría y práctica de evaluación, corrección, control y prevención de los riesgos ambientales”

Johnson B. L. (1997) en un comunicado de la Agency for Toxic Substance and Disease Registry cita la Carta Europea de Salud y Medio Ambiente aprobada durante las conferencias celebradas en Frankfurt en 1989, donde se establecen los principios esenciales de la relación entre los factores ambientales que determinan la salud humana, y describe a la salud ambiental desde una perspectiva global:

“incluye tanto los efectos patológicos directos de las sustancias químicas, la radiación y algunos agentes biológicos, así como los efectos (con frecuencia indirectos) en la salud y el bienestar derivados del medio físico, psicológico, social y estético en general, comprendiendo la vivienda, el desarrollo urbano, el uso del terreno y el transporte.”

Posteriormente el concepto de Salud Ambiental evoluciona incorporando a su campo de acción las preocupaciones en torno al porvenir en materia de salud y medio ambiente, tal como lo declara la OMS en 1999, al señalar que la salud ambiental *“también se refiere a la teoría y práctica de valorar, corregir, controlar y evitar aquellos factores en el medio ambiente que potencialmente pueden perjudicar la salud de generaciones actuales y futuras”*.

En presente estudio, que pretende una aproximación al estudio de la exposición infantil crónica a manganeso y su potencial relación con efectos a nivel de comportamientos hiperactivos se enmarca en los lineamientos de la Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental de la Universidad de Guadalajara, a la cual define como:

“La salud de las comunidades humanas y silvestres que interactúan en un territorio, entendidos estos como sistemas complejos y dinámicos en donde coinciden aspectos económicos, políticos, científicos, jurídicos, culturales, de salud pública y desarrollo humano” (Garibay et al. 2006).

5.2 Inequidad y justicia ambiental

La justicia ambiental representa la convergencia de dos de los movimientos sociales más importantes de la última mitad del siglo XX: el movimiento de derechos civiles y el ambiental (Lee en Frumkin, 2010) y el énfasis del concepto destaca la dimensión y desigualdad distributiva de los beneficios y las desventajas ambientales entre individuos y grupos, donde los objetivos de las investigaciones se dirigen a determinar en qué medida los perjuicios ocasionados por otros agentes son soportados de manera desequilibrada e injusta, por otros (Gelobter, 1994; Dobson, 1998; Agnew, 2008).

El principio de equidad ambiental señala que las personas deben compartir proporcionalmente los riesgos y beneficios ambientales (Harner, 2002) y para fines de evaluación ambiental es

necesario dirimir las características de la población que recibe, en mayor medida, la carga ambiental negativa (Bosque et al. 2001); esto, para verificar situaciones de inequidad ambiental que penaliza a ciertos grupos (Moreno, 2007).

Así, la Comisión sobre Determinantes Sociales de la Salud de la OMS, en su informe final del 2008 considera que el fenómeno de inequidad ambiental es global y permea todos los estratos sociales, generando las mayores desigualdades en la salud de la población entre los países y sociedades (WHO, 2009), sobre lo cual Sarokin y Schulkin (1994) plantean:

“ciertas poblaciones, por diversas razones, están sometidas a mayores riesgos de contaminación ambiental que otras, sufren más perjuicios ambientales y están excluidas de los procesos de toma de decisiones” asimismo señalan que la medición de *“la eventual discriminación en el reparto de las condiciones medioambientales se relaciona directamente con la localización de los agentes emisores.”*

El riesgo puede considerarse también como un evento amenazante o peligroso que generalmente afecta en mayor medida a los individuos más vulnerables, dado que son éstos los que tienen menores capacidades y estrategias para enfrentarlo y, por lo tanto, presentan mayores niveles de daño, tanto en frecuencia como en gravedad (CENAPRED, 2011).

En virtud de su vulnerabilidad fisiológica, son las poblaciones infantiles quienes sufren de forma desproporcionada los impactos en su salud derivados de la exposición a contaminantes del ambiente en comparación con los adultos, además, las evaluaciones y monitoreo de los contaminantes del aire en la normatividad ambiental no contemplan estas diferencias fisiológicas, por tanto, los niveles de riesgo para la salud de las poblaciones se basan en criterios para población adulta, lo cual es inadecuado y representa un peligro potencial a la salud infantil.

5.3 Contaminación del aire en ambientes urbanos

Varias de las principales causas de morbilidad se vinculan con desequilibrios del ecosistema y la ausencia de adecuadas respuestas frente al riesgo ambiental. Se estima que las condiciones

ambientales son responsables del 25 al 33% de la carga global de enfermedad, con un impacto mayor en los niños menores de 5 años (Smith, Corvalán y Kjellström, 1999).

A partir de la década de los 90's se adoptó un enfoque novedoso en relación a los daños en la salud derivados de los desequilibrios ambientales, mismo que plantea un constante aumento en los riesgos "modernos" vinculados a los rasgos de insostenibilidad en el desarrollo como son la deforestación, erosión, cambio climático y contaminación de agua, aire y suelo. Aunque en términos generales, los países en desarrollo padecen además altos índices de riesgos ambientales "tradicionales", los cuales son consecuencia de grados insuficientes de desarrollo, pobreza e impacto de fenómenos naturales (Feola, 2005).

En los ambientes urbanos, el aire está constituido por una mezcla compleja de gases, material particulado e inclusive sustancias tóxicas que son liberados a la atmósfera a partir de las emisiones vehiculares (Samet, 2007), mismas que se ha posicionado como la mayor fuente de contaminación del aire en áreas urbanas (Brauer et al. 2002; Madhav, 2005).

Los contaminantes del aire son elementos que, cuando están presentes en exceso, disminuyen la calidad o capacidad de la vida. Es posible encontrarlos en el aire ambiente en cantidades que no dañan a plantas o animales, sin embargo, cuando exceden determinado nivel constituyen un peligro potencial o real y el nivel por debajo del cual no dañan la salud, se determina con fundamento en evidencias científicas (Munguía y Pérez, 2003).

La contaminación del aire es una amenaza aguda, acumulativa y crónica para la salud humana y los problemas de salud causados por los contaminantes pueden verse influidos por factores tales como magnitud, alcance y duración de la exposición, la edad y susceptibilidad de cada persona (OPS, 2000).

Dos millones de muertes a nivel mundial anualmente son atribuibles a la contaminación del aire (Buringh et al, 2000), el cuál es potencialmente un mayor riesgo en ambientes urbanos donde las emisiones industriales y vehiculares son consideradas la tercer causa de muerte por riesgos

ambientales, después de la quema de combustibles sólidos en interiores y las deficiente calidad del agua, respectivamente (WHO, 2009).

Es importante señalar que la expansión urbana y el incremento en las distancias recorridas por los vehículos que circulan en las ciudades promueve el uso del automóvil privado como el principal medio de transporte, lo cual contribuye al aumento en la emisión vehicular de contaminantes del aire (Frumkin, 2004).

La distribución y localización final de instalaciones industriales y habitacionales en las urbes obedece a factores económicos, sociales, físicos, técnicos y políticos (Chan, 2001), por tanto, en su construcción no se atienden criterios suficientes de seguridad contra las amenazas, riesgos e, incluso, incertidumbres ambientales (Vásquez y Salgado, 2009); resultando en zonas urbanas críticas de contaminación del aire, lo que implica riesgo de exposición a niveles altos de estresores ambientales.

La OMS (2006) indica que las concentraciones de contaminantes en el aire pueden ser más elevadas en la proximidad de fuentes específicas de contaminación del aire, considerando que “los niveles de contaminación son mayores en la proximidad a las vías donde transitan grandes volúmenes de tráfico y disminuyen conforme aumenta la distancia” (Zhu et al. 2002); así, la población que vive en esas condiciones está expuesta en mayor medida a los impactos a la salud por contaminación del aire (OMS. 2006).

5.4 Manganeso como contaminante del aire

Las principales fuentes de emisiones industriales de manganeso son la producción y fundiciones de hierro y acero de ferroaleaciones y las fuentes de emisiones de combustión son las centrales eléctricas y hornos de coque (EPA 1983c, 1985c, 1985d). Aunque el polvo levantado por el viento de suelos erosionados y las erupciones volcánicas son también una importante fuente de contaminación ambiental por metales como manganeso (Schroeder et al. 1987; Wallace y Slonecker, 1997).

Una mención aparte requiere el MMT, un compuesto que contiene manganeso utilizado para mejorar el octanaje de la gasolina utilizado desde 1995, fecha en la que se formaliza la prohibición de utilizar aditivos antidetonantes con plomo en los Estados Unidos (EPA, 1995a).

Análisis de los niveles de manganeso en el aire indican que las emisiones vehiculares de los combustibles que contienen MMT contribuyeron un promedio de 13 nanogramos de manganeso por metro cúbico en el sur de California, mientras que las emisiones vehiculares sólo eran responsables de aproximadamente el 3 nanogramos por cúbico en el centro y el norte de California (Davis et al. 1988). Un estudio sobre la concentraciones de partículas finas de manganeso en el aire (PM_{2.5}) en los sitios rurales de EE.UU. parques nacionales y sitios urbanos de California indica que de 1988 a 1993, las concentraciones de manganeso variaron de 1 nanogramo por metro cúbico en sitios rurales a 3 nanogramos por metro cúbico en zonas urbanas como resultado del uso de MMT en la gasolinas (Wallace y Slonecker, 1997)

Se ha observado una correlación positiva entre la concentración de manganeso atmosférica y la densidad del tráfico vehicular (Loranger y Zayed, 1997a; Loranger et al. 1994a) y se estima que si se utilizara MMT en todas las gasolinas disponibles en Estados Unidos, los niveles de manganeso del aire urbano aumentarían en aproximadamente 50 ng/m³ (Cooper, 1984; Ter Haar et al. 1975), además, estudios realizados en Canadá, donde existe un mayor consumo de gasolina con MMT, se calcula un aumento anual del 10% en las tasas de emisión de manganeso desde 1981 (Loranger y Zayed, 1994) .

El principal producto de emisión de MMT combustión es un material particulado fino (0,1-0,4 micras de diámetro) que consiste en óxido de manganeso (Egyed y Wood, 1996; Ter Haar et al. 1975), fosfato de manganeso y cantidades mínimas de sulfato de manganeso (Lynam et al. 1999).

En las zonas críticas de contaminación del aire relacionadas con altos niveles de flujo vehicular, la concentración de partículas pueden llegar a incrementarse en un 30% en comparación con las concentraciones en otros puntos de la ciudad (Brook, 2002), por tanto, los compuestos de manganeso liberados a partir de la combustión de gasolinas pueden seguir patrones similares (Zhu et al. 2002).

El hallazgo de manganeso soluble ($< 0,4$ micras de diámetro) en muestras obtenidas de nieve en las inmediaciones de una carretera en Montreal, sugirió una posible contaminación de fuentes móviles (Loranger y Zayed, 1997a; Loranger et al. 1995); sin embargo, ha sido difícil evaluar la contribución exacta de las fuentes móviles a la contaminación general a partir de fuentes naturales e industriales debido a las características físicoquímicas de las partículas, los factores ambientales que afectan a su dispersión y las dificultades para distinguir entre las fuentes móviles de manganeso y los niveles de manganeso de fondo (Loranger y Zayed, 1997a; Veysseyre et al. 1998) .

La inhalación de aire contaminado con material particulado que contiene manganeso es la primera fuente de exposición en los Estados Unidos, particularmente en la población que habita en la cercanía a las actividades productivas relacionadas con la minería, industrias que utilizan manganeso para su producción así como al flujo vehicular (Garrison et al. 1995; Zayed et al. 1999a. 1999b).

En la Zona Metropolitana de Guadalajara, durante el año 2008 se realizaron mediciones de los niveles de manganeso en el aire ambiente, reportando una mayor concentración de este metal en el área de Miravalle (601.8 nanogramos) en comparación con la Zona Centro (475.06 nanogramos) (Saldarriaga et al. 2011), posteriormente en el año 2011, se identificó la presencia de manganeso en las inmediaciones de la avenida Periférico Manuel Gómez Morín, la vía de mayor flujo vehicular de la ciudad (Curiel, 2011).

5.6 Exposición a contaminantes

El término exposición es definido por el International Programme on Chemical Safety como “el contacto con un agente” (IPCS, 2004), donde el agente se comprende como una entidad química, biológica o física (IPCS, 2004).

Acorde con esta definición de exposición, ésta ocurre en un punto íntimo cercano externo. La exposición no provoca, en automático, una dosis interna, sin embargo, representa la interfase entre el humano y el medio ambiente, a partir de la cual se determinan los efectos a la salud que ocurren al interior del organismo.

En el área de la Salud Ambiental, el concepto de exposición a la contaminación es el contacto con el agente químico o físico considerado como contaminante. Para evaluar la exposición a un contaminante deben conocerse la magnitud, frecuencia y duración de la misma, tomando en cuenta las diferentes vías de exposición al agente (Vega, 1991).

La magnitud de la exposición se establece a partir de la estimación de la cantidad del agente contaminante que se encuentra en las superficies de intercambio del cuerpo humano (tracto respiratorio, tracto gastrointestinal y piel) con el medio externo durante un lapso específico. A esta cantidad se le llama “concentración o dosis de exposición”, en el área experimental correspondería a la “dosis administrada”. Posterior al contacto, el agente contaminante puede ser absorbido en una cantidad proporcional a la concentración de la exposición (“dosis absorbida”). Cuando, por las características de la sustancia absorbida y del tejido expuesto, puede medirse la sustancia en tejidos o líquidos corporales, se infiere directamente que ocurrió una exposición.

La dosis que ingresa al organismo ocurre cuando el contaminante cruza los límites físicos que delimitan el medio interno del individuo mientras que la exposición se presenta cuando un contaminante se pone en contacto con las membranas que constituyen los límites físicos, de tal manera, puede tenerse una exposición sin dosis, pero no una dosis sin exposición previa.

También se utiliza la palabra dosis para designar concentraciones de exposición a una sustancia y concentraciones de la misma dentro del cuerpo (Vega, 1991) y la exposición crónica, a diferencia de la aguda, es el contacto con la sustancia durante un período de más de un año (ASTDR, 2009)

Frumkin (2010) señala que la ruta de exposición humana a contaminación atmosférica es corta y directa en poblaciones vecinas a las megafuentes contaminantes, por lo tanto, se estima que las afectaciones ambientales y a la salud humana entienden términos de la proximidad diferenciada al origen del riesgo.

5.6 Vulnerabilidad infantil a contaminantes del aire

La vulnerabilidad se refiere a la dificultad o incapacidad para enfrentar las exposiciones a contingencias o estresores, por tanto, la vulnerabilidad involucra dos ámbitos: los riesgos externos y el grado interno de indefensión ante ellos (Chambers, 1989).

Por otra parte, Wilches-Chaux (1989) plantea que la vulnerabilidad es una condición o circunstancia cambiante y dinámica, la cuál puede constituirse como un proceso acumulativo de fragilidades, deficiencias o limitaciones que perduran en el tiempo las cuales inciden en la presencia de una mayor o menor vulnerabilidad, además identificó 11 tipos o dimensiones de vulnerabilidad a la que puede enfrentar una población: natural, física, económica, social, política, técnica, ideológica, cultural, educacional, ecológica e institucional.

El Merriam-Webster Medical Dictionary define a la vulnerabilidad como la “susceptibilidad al daño o enfermedad”, más ampliamente, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2004) considera que la vulnerabilidad representa la condición humana o proceso que resulta de factores físicos, económicos, sociales y ambientales que determinan la escala de daño a partir de una amenaza.

La vulnerabilidad infantil se compone de varios factores que, en conjunto, determinan un mayor grado de daño ante las amenazas ambientales (PNUMA, 2002); la fisiología dinámica en etapas tempranas del desarrollo se relaciona con un aumentado consumo de energía, agua y aire para satisfacer las demandas de su rápido crecimiento, así como diferencias en la absorción, biotransformación, distribución y eliminación de tóxicos, lo que deviene en las ventanas de vulnerabilidad infantil (Snodgrass, 1992; Bearer, 2000; Selevan et al. 2000; Balisteri, 2000).

En relación a los contaminantes del aire, la susceptibilidad infantil es particularmente relevante y se relaciona con la frecuencia respiratoria, la cual es proporcionalmente mayor, incluso, un 100% que un adulto promedio en descanso (U.S. Department of Health and Human Services. 2003; EPA, 2002); adicionalmente, las zonas donde los niños respiran se encuentran más

cercanas al suelo, lugar donde los contaminantes tienden a acumularse (Bearer, 1995; OPS, 2003; Diaz-Barriga en Galvão et al. 2010).

En este mismo sentido, la Organización Panamericana de la Salud señala que:

“Los niños de todo el planeta sufren de manera desproporcionada la exposición a la contaminación ambiental, la cual tiene profundas consecuencias en la salud. Y esto sigue siendo un desafío para los países de América, sin importar su grado de desarrollo” (OPS. 2009).

El sistema nervioso infantil es vulnerable a los impactos adversos de contaminantes debido a que pasan por un largo proceso de desarrollo que comienza poco después de la concepción y continúan hasta la adolescencia (Rice et al. 2000; Rodier, 1995).

Este complejo proceso de desarrollo requiere precisión la coordinación del crecimiento celular y el movimiento, y puede ser interrumpido por la exposición incluso a contaminantes ambientales si estas se producen en las etapas críticas de desarrollo. Tal interrupción puede conllevar a déficits del desarrollo neurológico con efectos a largo plazo sobre los niños un efecto sobre los logros del niño y su comportamiento, incluso cuando no den lugar a un trastorno diagnosticable (EPA, 2011)

5.7 Efectos a la salud por exposición a manganeso

La ruta inhalatoria para las partículas finas de manganeso es más efectiva que la circulatoria ya que viajan a través del bulbo del nervio olfatorio, lo que resulta en acumulaciones a nivel cerebral alterando los sistemas dopaminérgicos, responsables de la coordinación motora, atención y cognición (Weinhold, 2006) (Elder, 2006).

Los efectos a la salud por exposición a manganeso han sido principalmente estudiados en ambientes laborales y los resultados muestran que las afectaciones son de carácter neurológico (Wennberg et al. 1991; Bast-Pettersen et al. 2004) psicológicos y de comportamiento (Iregren, 1990; Chia et al. 1993), neurofuncionales (Mergler et al. 1994; Lucchini et al. 1995, 1999) y pulmonares (Roels et al. 1987, 1992) los cuáles pueden ser causados por bajas

concentraciones de manganeso y aumentar su magnitud con el incremento en la severidad o periodo de exposición (Mergler et al. 1999).

Bajos niveles de exposición a manganeso pueden producir déficit en el comportamiento neuronal, involucrando las funciones cognitivas así como perturbaciones psicológicas como síndrome parkinsoniano y afectaciones neuromotoras (Iregren, 1999; Levy and Nassetta, 2003). Los cambios neuroquímicos a partir de la intoxicación concurren con efectos clínicos y subclínicos a nivel del sistema dopaminérgico estriado, así como sido desbalances en las indicaciones GABA (ácido gamma-aminobutírico) y serotoninérgico (Eriksson et al. 1987; Dobson et al, 2004).

Asimismo, la exposición infantil a manganeso se ha relacionado con déficit en el aprendizaje y atención, (Collip et al. 1983; Crinella et al.1998), así como en el comportamiento hiperactivo (Bouchard et al. 2007; Chan et al. 2009; Farias et al. 2010) y recientemente se ha identificado y utilizando como biomarcador de exposición crónica a la concentración de manganeso en muestras dentales (Ericsson et al. 2007; Arora et al. 2011).

5.8 Comportamientos hiperactivos y su relación con la exposición a manganeso

La hiperactividad se define como la actividad motora exagerada que parece conducir a un fin sin que éste se alcance. Los pacientes tienen dificultad para mantenerse quietos y cambian frecuentemente de posición, brincan, trepan o mueven persistentemente las manos y los pies (Ruiz-García et al. 2005).

El comportamiento hiperactivo infantil significativo se caracteriza por un patrón persistente de actividad exacerbada que se presenta de forma constante durante por lo menos 6 meses en forma más frecuente y grave de lo que se observa en niños de sexo y edad similar (American Psychiatric Association, 2002)

Esta conducta causa un deterioro clínicamente significativo en al menos dos ambientes diferentes (escuela, casa, amigos, etc.) y no deben ser explicados por alguna disfunción a nivel sensorial (hipoacusia, trastornos visuales, etc.), enfermedades médicas (cardiopatías,

malformaciones cerebrales, anemia ferropénica, etc.), consumo de fármacos o enfermedades psiquiátricas diferentes (American Psychiatric Association, 2002).

Los niños con comportamiento hiperactivos pueden experimentar problemas funcionales significativos, tales como dificultades en la escuela, bajo rendimiento académico, relaciones interpersonales problemáticas con los miembros de la familia y compañeros, así como baja autoestima.

La hiperactividad infantil como entidad pediátrica es diagnosticada en el rubro de trastornos hipercinéticos, ubicados mediante la Clasificación Estadística Internacional de las Enfermedades y Trastornos relacionados con la Salud (CIE-10) como F90 y tienen las siguientes características:

- Comienzo temprano (por lo general durante los cinco primeros años de la vida). Combinación de un comportamiento hiperactivo y pobremente modulado con una marcada falta de atención y de continuidad en las tareas. Estos problemas se presentan en las situaciones más variadas y persisten a lo largo del tiempo.
- Falta de persistencia en actividades que requieren la participación de procesos cognoscitivos.
- Tendencia a cambiar de una actividad a otra sin terminar ninguna, junto con una actividad desorganizada, mal regulada y excesiva.
- Las dificultades persisten durante los años de escolaridad e incluso en la vida adulta, pero en muchos de los afectados se produce, con el paso de los años, una mejoría gradual de la hiperactividad y del déficit de la atención.
- Descuidados e impulsivos, propensos a accidentes.
- Plantean problemas de disciplina por saltarse las normas, que más que por desafíos deliberados a las mismas, por una falta de premeditación.
- Su relación social con los adultos suelen ser desinhibidas, con una falta de la prudencia y reserva naturales.
- Son impopulares entre sus pares y pueden llegar a convertirse en niños aislados.

- Frecuente presencia de un déficit cognoscitivo y retrasos específicos en el desarrollo motor y del lenguaje.
- Acompañan frecuentemente problemas de lectura o del aprendizaje.

La CIE-10 requiere que el paciente presente al menos tres síntomas de cinco criterios para evaluar el comportamiento hiperactivo (Tabla 1).

El diagnóstico sobre los comportamientos hiperactivos está basado principalmente en la evaluación clínica, tomando en cuenta los criterios de diagnóstico descritos previamente y el sistema multiinformantes, que incluyen al menos una serie de entrevistas con los padres y maestros sobre los diferentes etapas de desarrollo del niño y su comportamiento, un examen directo con el menor, una revisión de la información que proviene del profesor (American Academy of Pediatrics, 1996).

Tabla 1. Criterios CIE-10 para el diagnóstico de comportamientos hiperactivos	
1	Con frecuencia muestra inquietud con movimientos de manos o pies o removiéndose en su asiento
2	Abandona el asiento en la clase o en otras situaciones en las que se espera o tiene indicación de mantenerse sentado
3	A menudo corre o trepa en exceso en situaciones inapropiadas.
4	Es, por lo general, inadecuadamente ruidoso en el juego o tiene dificultades para entretenerse tranquilamente en actividades lúdicas.
5	Persistentemente exhibe un patrón de actividad motora excesiva que no es modificable sustancialmente por los requerimientos del entorno social.
Nota: Con frecuencia significa que el síntoma se presenta casi todos los días, la mayor parte del día y con una intensidad mayor que lo observado en sujetos con un nivel de desarrollo similar.	
Fuente: Instituto Nacional de Psiquiatría Ramón de la Fuente Muñiz. 2010.	

Además de la impresión global de los informantes sobre la presencia de síntomas de hiperactividad se debe obtener necesariamente descripciones de conductas específicas en diversas situaciones, como durante la realización de tareas estructuradas o no estructuradas, trabajos individuales o en grupos y actividades de ocio o académicas. Esta aproximación minimiza el sesgo de los informantes (Instituto Nacional de Psiquiatría Ramón de la Fuente Muñiz, 2010).

Existen diferentes escalas de evaluación que tienen como objetivo cuantificar los síntomas del padecimiento. Su principal aplicación es realizar un tamizaje o distinguir entre niños con probabilidad de padecer hiperactividad y otros son útiles para comprobar de forma estandarizada los cambios en los síntomas a través del tratamiento, sin que eso pueda sustituir el criterio clínico.

Aproximadamente el 12 % de los niños en los Estados Unidos entre 3 y 17 años se ven afectados por los trastornos del neurodesarrollo como el comportamientos hiperactivos. Algunos investigadores han señalado que la prevalencia de ciertos trastornos en el neurodesarrollo que se presentan como comportamientos hiperactivos infantiles han ido en aumento en las últimos cuatro décadas (EPA, 2011). Sin embargo, las tendencias a largo plazo son difíciles de detectar con certeza debido a la falta de datos para realizar un seguimiento de la prevalencia durante muchos años, así como los cambios en los criterios diagnósticos.

Encuestas de educadores y pediatras en Estados Unidos han informado de un aumento en el número de niños atendidos en las aulas y salas de examen con la conducta y el aprendizaje (Grupp-Phelan et al, 2007; Kelleher et al, 2000; U.S. Department of Education, 2005)

La genética puede desempeñar un papel importante en muchos trastornos del desarrollo neurológico, y algunos casos o ciertas condiciones de discapacidad intelectual están asociados con genes específicos. Sin embargo, la mayoría de los trastornos del desarrollo neurológico tienen contribuyentes complejos y múltiples, más que una causa clara y directa, son, por tanto, son resultado de una combinación de factores genéticos, biológicos, psicosociales y riesgos ambientales (EPA, 2011); de ahí que resulte necesario realizar investigaciones que aporten

información sobre los vínculos entre exposiciones ambientales de riesgo para el adecuado desarrollo infantil.

6. METODOLOGÍA

6.1 Tipo de estudio

Estudio descriptivo transversal, correlacional y exploratorio de casos y controles.

6.2 Universo de estudio

El universo se conformó por el total de niños que viven en la Zona Metropolitana de Guadalajara previamente diagnosticados y que recibieron atención y chequeo médico-psicológico permanente por comportamientos hiperactivos en la clínica de conducta del Sistema Nacional para el Desarrollo Integral de la Familia (DIF) del estado de Jalisco de Septiembre del 2011 a Diciembre del 2012

6.3 Duración del estudio

La investigación se desarrolló durante 18 meses, iniciando en Enero del 2012 para finalizar en Junio del 2013.

6.4 Componente caso-control

Casos: Población infantil de 6-12 años que viven en la Zona Metropolitana de Guadalajara con diagnóstico previo de comportamiento hiperactivo y que recibieron atención médico-psicológico permanente en la Clínica de Conducta del Sistema de Desarrollo Integral de la Familia (DIF) del estado de Jalisco de Septiembre del 2011 a Diciembre del 2012

Controles: Población infantil de la misma escuela, grado escolar y grupo de la población que presentan conductas y rendimiento escolar excelentes y desarrollo conductual y fisiológico típico. Descartados como población de riesgo para comportamientos hiperactivos mediante la escala de dominio de hiperactividad aplicable en la Clínica de Conducta del Sistema DIF Jalisco Escala Cuantitativa Snap-IV elaborada por James M. Swanson, de la Universidad de California (Anexo 3).

6.5 Muestreo

No probabilístico, tomando la población total de niños que acudieron a citas de control por comportamiento hiperactivo en la Clínica de Conducta del Sistema DIF Jalisco durante el periodo comprendido entre Septiembre del 2011 a Diciembre del 2012.

A partir de este universo se realizó el análisis descriptivo y correlacional y se obtuvo la población de estudio para el grupo de casos (para el estudio de casos y controles), siendo definida ésta por la circunstancia de la muda dental y el deseo de participar en el estudio mediante consentimiento informado.

6.6 Tamaño de la muestra

Universo de estudio: 128 niños.

Muestra: 24 niños en el grupo de casos y 24 niños en el grupo control.

* Las especificaciones del procedimiento de selección de grupo de casos y el grupo de controles se describe en el apartado 6.10.1 y 6.10.2, respectivamente.

6.6.1 Criterios de inclusión

Casos: Niños con diagnóstico de comportamiento hiperactivo con residencia en la Zona Metropolitana de Guadalajara, con un diagnóstico mínimo de 6 meses previo a la realización del estudio y que deciden participar en el estudio mediante la donación de una muestra dental proporcionada por sus padres y/o tutores

Controles: Niños con comportamiento y rendimiento escolar sobresaliente y desarrollo fisiológico típico con residencia en la Zona Metropolitana de Guadalajara que deciden participar en el estudio mediante la donación de una muestra dental proporcionada por sus padres y/o tutores

6.6.2 Criterios de exclusión

Niños que habitan en un domicilio donde algún integrante de la familia trabaja en la industria minera, química, joyera, de pinturas o con oficio de curtidor(es), pintor(es), mecánico(s) y herrero(s).

6.6.3 Criterios de eliminación

- Niños que decidieron no continuar con el estudio o dejaron de asistir a sus citas de control
- Niños que cambiaron de residencia
- Niños que no se adhirieron al protocolo
- Muestras inviábiles para ser analizadas por espectrofotometría de absorción atómica.

6.7 Métodos e instrumentos de recolección de datos

- Historia clínica de la Clínica de Conducta del Sistema DIF del estado de Jalisco.
- Cuestionario expofeso con énfasis en aspectos toxicológicos y de vivienda (Anexo 1).
- Recolección de muestras dentales donadas por los padres y/o tutores de los participantes (Apartado 6.10.4)

6.8 Variables de estudio

Variable	Definición conceptual	Definición operativa	Escala de medición
Distancia al flujo vehicular	Distancia entre la sección de vía donde se presenta flujo vehicular mayor a 10,000 automóviles circulantes por día a la ubicación de la casa habitación de la población en estudio	Medición de la distancia entre la sección de vía en estudio y el domicilio de la población infantil realizada con software de Google Earth 9 y herramienta street view.	Cuantitativa. Metros (m)
Concentración de manganeso	Determinación analítica de la cantidad de manganeso en la muestra dental de la población en estudio.	Concentración de Manganeso por determinación analítica por Espectrofotometría de Absorción Atómica en la muestra dental deciduo incisiva donada por los participantes del estudio.	Cuantitativa Partes por millón (ppm)

Fuente: Elaboración propia

6.9 Procedimiento

Se acudió a la Clínica de Conducta del Sistema Nacional para el Desarrollo Integral de la Familia (DIF) del estado de Jalisco, donde reciben atención médica y control psicológico los niños con diagnóstico de comportamiento hiperactivo de la Zona Metropolitana de Guadalajara y se solicitó el apoyo para la realización del estudio

6.9.1 Identificación del grupo de casos

Se identificó al grupo casos a partir de la historia clínica de los niños y contacto directo con padres y/o tutores durante tres sesiones informativas atendiendo las dudas e invitando a los padres y/o tutores de los niños a participar en el estudio donando una muestra dental así como a firmar el consentimiento informado (Anexo 4)

Las sesiones informativas se realizaron los días 6 y 13 de Febrero y 12 de Marzo del año 2012, donde se aplicó un cuestionario ex profeso (Anexo 1) a padres y/o tutores de los niños que accedieron a participar voluntariamente en el estudio y se conformó una base de datos codificada en programa Excel de Microsoft con información básica de identificación con énfasis en aspectos toxicológicos y habitacionales (Anexo 2).

6.9.2 Selección de grupo control

La selección del grupo control se realizó mediante la identificación de tres compañeros de la misma edad, sexo y grupo escolar del grupo de casos, que además tuvieran desempeño académico y conducta excelente, así como desarrollo fisiológico típico. Seleccionados por el profesor(a) titular del grupo.

La confirmación/descarte del grupo control se realizó con la aplicación del test de escala dominio de hiperactividad utilizado como instrumento de rutina para diagnóstico de hiperactividad infantil en la Clínica de Conducta del DIF Jalisco. El test corresponde a una adaptación a lengua y contexto de población hispana a partir de Escala Cuantitativa Snap-IV elaborada por James M. Swanson, de la Universidad de California (Anexo 3).

Posteriormente se realizó contacto directo con los padres y/o tutores de los niños preseleccionados y se les invitó a participar voluntariamente firmando consentimiento informado correspondiente y solicitando una muestra dental mudada del niño seleccionado (Anexo 5). A partir de los datos del primer niño seleccionado que donara una muestra dental se conformó una base de datos codificada en programa Excel de Microsoft con información básica de identificación con énfasis en aspectos toxicológicos y habitacionales que se tomó del cuestionario aplicado ex profeso (Anexo 1).

6.9.3 Aforo y medición de distancias a vías de alto flujo vehicular

Se realizó censo volumétrico de tráfico por método de conteo manual (aforo vehicular) (Anexo 4) de la avenida más próximas a los domicilios de los niños, para confirmación y/o descarte de la vía como de alto flujo vehicular ($\geq 10,000$ automóviles/día) (EPA, 2010).

En base al cuestionario aplicado a los padres y/o tutores de los niños participantes, se localizó el domicilio de los mismos con el programa Google Earth 7 y herramienta *street view*. Con la función de regla del software se midió la distancia a la vía de alto flujo vehicular más próxima donde previamente se realizó aforo vehicular, confirmando flujo vehicular mayor a 10,000 automóviles/día.

La distancia no se midió de manera lineal y directa sino a través de la distancia recorrida siguiendo calles y avenidas.

En el programa SPSS v. 16 se realizó un análisis estadístico de diferencia de medias con un nivel de significancia de 0.05 de la distancia de los domicilios a vías de alto flujo vehicular para conocer si existen diferencias significativas entre el grupo de casos y controles en relación a la distancia media de sus domicilios a las vías donde circulan más de 10,000 automóviles/día.

Además, se confirmó flujo vehicular con información de la Secretaría de Movilidad del estado de Jalisco a través de bases de datos de sus estimaciones en base a su monitoreo permanente.

6.9.4 Donación y recolección de muestras

A los padres y/o tutores de los niños se les solicitó, mediante intervención oral, la donación de muestras dentales deciduas, presentando de forma escrita un consentimiento informado aceptando la donación, así como la utilización de sus datos personales para efectos del estudio (Anexo 5).

Cada participante conforme se formalizó la muda de dientes, aportó una muestra dental para la cuantificación de Mn. Previamente se solicitó a los padres y/o tutores de los participantes que evitaran realizar procedimientos químicos odontológicos antes de la donación de la muestra dental.

Se excluyeron del estudio a los niños que donaran muestras dentales incompletas, fracturadas o con caries notorias a simple vista.

Las muestras se depositaron en cajas de polietileno estériles con cierre hermético, previamente identificadas con las claves de cada participante, para su traslado al laboratorio.

6.9.5 Diagrama general del estudio

A continuación se presenta el diseño metodológico general del estudio en forma de diagrama, donde se incluyen las etapas y procedimientos aplicados durante el proceso de investigación.

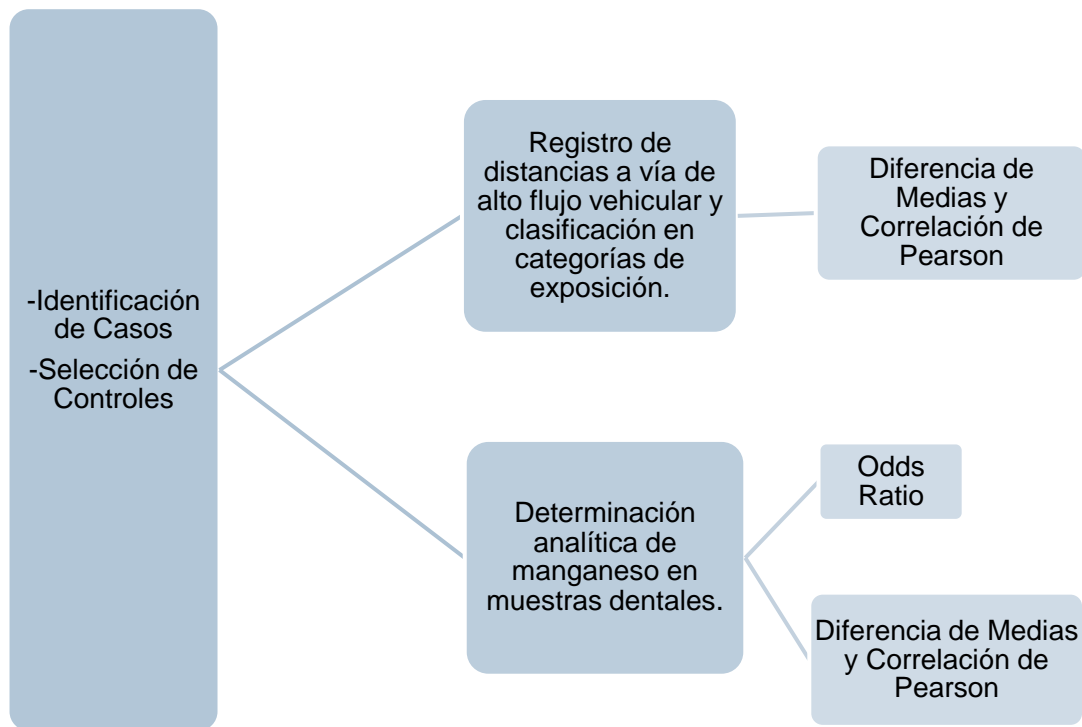


Figura 1. Diagrama general del estudio

Fuente: Elaboración propia

6.9.6 Etapas del estudio

El estudio exploratorio realizado constó de dos etapas (Tablas 3 y 4); la primera incluyó la identificación y selección de la población en estudio, así como el análisis estadístico en relación a la variable de distancia de los domicilios a las vías de alto flujo vehicular, como fuente de exposición a manganeso y en la segunda etapa se realizó la determinación analítica de

manganeso en las muestras dentales donadas a partir de la cuál se realiza la prueba de odds ratio y análisis de diferencia de medias entre el grupo de casos y el grupo control.

Tabla 3. Actividades realizadas durante la primera etapa del estudio	
Etapa	Actividad
Primera	<ul style="list-style-type: none"> a) Identificación del Grupo de Casos b) Selección del Grupo Control c) Medición de distancia a vías de alto flujo vehicular d) Análisis estadístico de diferencia de medias de la distancia a de los domicilios a vías de alto flujo vehicular, entre el grupo de casos y sus controles.
Elaboración propia	

Tabla 4. Actividades realizadas durante la segunda etapa del estudio	
Etapa	Actividad
Segunda	<ul style="list-style-type: none"> a) Donación de muestras dentales b) Determinación analítica de la concentración de manganeso en muestras dentales c) Análisis estadístico de diferencia de medias de la concentración de manganeso en muestras dentales, entre el grupo de casos y sus controles. d) Prueba Odds Ratio
Elaboración propia	

6.10 Técnica de análisis de manganeso

En el laboratorio del Departamento de Ciencias Ambientales del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara se determinó por espectrofotometría de absorción atómica la concentración de manganeso en muestras dentales donadas mediante la siguiente técnica de espectrofotometría de absorción atómica.

Especificaciones Instrumentales

Las determinaciones se efectuaron en el Laboratorio de Ciencias Ambientales del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA) con un Espectrofotómetro de Absorción Atómica Marca VARIAN Modelo 240 FS con microcomputador, detector fotomúltiple y corrector de fondo incorporado (Figura 2).



Figura 2: Espectrofotómetro de Absorción Atómica del Laboratorio de Ciencias Ambientales del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA).

El registro del peso de la muestra se realizó con balanza analítica digital marca PRECISA serie 320XB Modelo X20 220A.

El material volumétrico fue sumergido durante 24 horas en ácido nítrico 30% (volumen/volumen) y enjuagado con agua desionizada por triplicado, para evitar contaminación cruzada.

Posteriormente se sometieron a secado a 105°C durante 24 horas en estufa y se colocaron en desecador durante 8 horas para eliminación de residuos de humedad.

Reactivos

1. Standard de manganeso J.T. Baker®
2. HNO₃ grado reactivo (metales traza)

Acondicionamiento de muestra

Las muestras se lavaron con dentífrico de cerdas acrílicas y detergente libre de fosfatos y se enjuagaron con agua destilada, posteriormente se sometieron a secado en estufa a 105°C durante 24 horas y se colocaron en un desecador durante 8 horas.

Procedimiento analítico

La muestra fue pesada y sometida a digestión ácida (1HNO₃/3HCl) durante 45 min y/o hasta observar la digestión completa.

La solución se filtró con papel filtro Whatman™ No. 42 y se aforó a 50 ml. con agua desionizada, tomando una alícuota de 5 mililitros (ml) para el análisis.

Se analizó de cada muestra por triplicado y la concentración final correspondió al valor medio de las tres réplicas con un coeficiente de variación (C.V.) máximo ≤ 5%.

6.11 Análisis estadístico y exploratorio de de casos y controles

Entre el grupo de casos y controles se realizó un análisis estadístico de diferencia de medias de los niveles de concentración de manganeso en las muestras dentales, así como Odds Ratio en el programa SPSS v.16.

Además, se aplicó el coeficiente de correlación de Pearson entre la distancia del domicilio y la concentración de manganeso en las muestras dentales.

6.12 Consideraciones éticas

Para el desarrollo de este estudio no se realizó ningún procedimiento invasivo ni extracción de ácido nucléico y únicamente fue necesaria la donación de una muestra dental mudada previamente por los participantes.

Durante la investigación prevaleció el respeto por la dignidad y protección de los derechos de los niños participantes del estudio y sus padres y/o tutores y aún sin requerirlo, se obtuvo su consentimiento informado y por escrito, en conformidad con los artículos 13, 14, 16 y 17, de los Aspectos Éticos de la Investigación en Seres Humanos del Reglamento de la Ley General de Salud de México en Materia de Investigación para la Salud, que clasifica esta investigación en la categoría II: Investigación con riesgo mínimo.

Además, se protegió la privacidad de los datos personales considerando lo dispuesto por la Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión de los Particulares, mediante una codificación para la identificación de los datos de los participantes y sus muestras correspondientes.

Durante todo el desarrollo del presente estudio se observaron los lineamientos establecidos en la Declaración de Helsinki enmendada de Seúl de la Asociación Médica Mundial (2008) y los valores éticos del Sistema DIF Jalisco (2012).

7. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La Zona Metropolitana de Guadalajara (Z.M.G.) es la segunda más poblada de México, después de la Zona Metropolitana del Valle de México.

Se conforma de los municipios de Tlaquepaque, Tonalá, Zapopan, Tlajomulco de Zúñiga, El Salto, Juanacatlán, Ixtlahuacán de los Membrillos y el citado Guadalajara que en conjunto comparten una constante conurbación.

El clima de la ciudad es templado subhúmedo con lluvias en verano de humedad media. La primavera es la estación más seca y cálida, con vientos en febrero y marzo; las lluvias son entre mayo y octubre, presentándose tormentas con intensa actividad eléctrica y fuertes vientos. (SMN, 2013)

7.1 Delimitación

La Zona Metropolitana de Guadalajara se localiza en la parte central del estado de Jalisco y oficialmente la conforman ocho municipios, de los cuales seis se consideran como centrales y dos como exteriores, los cuales aunque son pertenecen al área metropolitana, no forman parte de su continua mancha urbana, siendo estos los de Juanacatlán e Ixtlahuacán de los Membrillos (Figura 3).

El centro de la Z.M.G. se localiza en las coordenadas 20° 36' 40" a los 20° 45' 00" de latitud norte y 103° 16' 00" a los 103° 24' 00" de longitud oeste, a una altura de 1,700 metros sobre el nivel del mar.

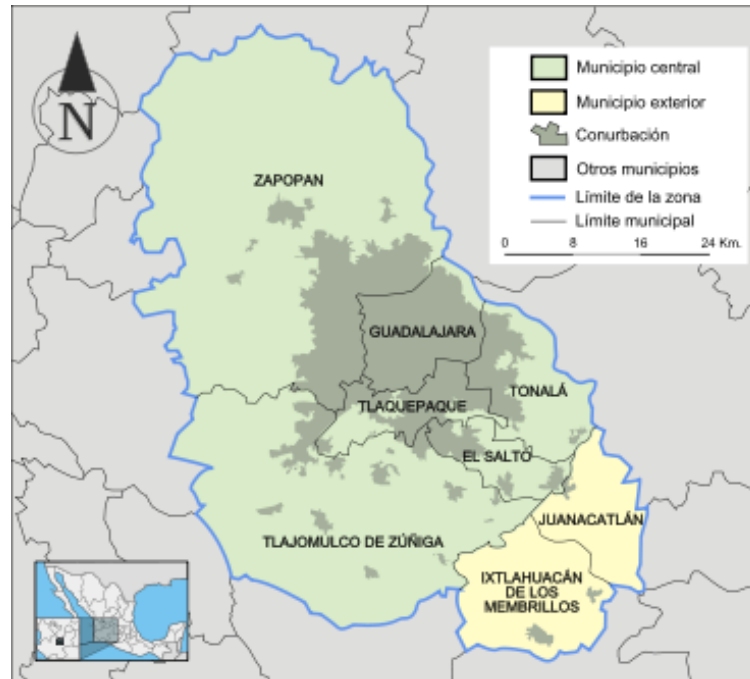


Figura 3: Mapa de la Zona Metropolitana de Guadalajara

Fuente: Gobierno de Jalisco (2010). Disponible en: <http://jalisco.gob.mx>

7.2 Población y extensión territorial

El Instituto Nacional de Estadística y Geografía indica que de acuerdo al Censo de Población y Vivienda 2010, la Zona Metropolitana de Guadalajara tiene 4.434.878 habitantes y se estima que en el presente año, 2013, ascenderá a 4'641,511 personas distribuidos en los ocho municipios ya señalados, es decir en una superficie de 2,734 km² (INECC, 2009) esta cantidad arroja una densidad poblacional de 1,622 habitantes por km², siendo Guadalajara el municipio más poblado con cerca de 1.5 millones de tapatíos. Por su parte Juanacatlán se yergue como el que tiene una menor población (Tabla 5).

La ZMG concentra principalmente el crecimiento poblacional del estado, en 1970 su población representaba el 46.4 por ciento del total estatal, esta tendencia continuará acentuándose, de hecho se estima que en el 2008 el 61.2 por ciento de los jaliscienses residía en los municipios

de la ZMG. De los ocho municipios que conforman la zona conurbada, es Guadalajara la que tiene una mayor densidad poblacional.

7.3 Desglose de datos poblacionales de la ZMG.

En base a la información del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, el desglose poblacional de los municipios pertenecientes a la Zona Metropolitana de Guadalajara, así como su extensión territorial y la densidad de población de los mismos (Tabla 5).

Tabla 5. Datos poblacionales de la Zona Metropolitana de Guadalajara por municipio, 2010.				
No.	Municipio	Población (habitantes)	Superficie (km²)	habitantes/km²
1	Guadalajara	1'495,189	151.40	9,885.75
2	Zapopan	1'243,756	1,163.60	1,068.89
3	Tlaquepaque	608,114	110.40	5,508.28
4	Tonalá	478,689	166.10	2,881.93
5	Tlajomulco de Zúñiga	416,626	714.00	853.51
6	El Salto	138,226	87.9	1,572.94
7	Ixtlahuacán de los Membrillos	41,060	202.40	202.87
8	Juanacatlán	13,218	138.30	95.57
-	Total ZMG	4,434.878	2.734.10	1.622.06

Fuente: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (2011)

La distribución de la población infantil menor a 12 años se presenta en la Tabla 6. Siendo Guadalajara, seguido de Zapopan, los municipios donde habitan mayor cantidad de niños.

Tabla 6. Población Infantil en la Zona Metropolitana de Guadalajara por municipio, 2010.		
Municipio	Población Total (habitantes)	Población infantil menor a 12 años
Guadalajara	1,495,189	309,227
Zapopan	1,243,756	291,369
Tlaquepaque	608,114	158,635
Tlajomulco de Zúñiga	416,626	135,032
Tonalá	478,689	130,613
El Salto	138,226	39,453

Fuente: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (2011)

7.4 Población infantil con diagnóstico de hiperactividad en la Zona Metropolitana de Guadalajara

Entre las instituciones públicas que diagnostican y atienden a la población infantil con hiperactividad se encuentra la Clínica de Conducta del Sistema DIF Jalisco, a la cual son derivados los niños que presentan problemáticas conductuales identificados por los equipos psicopedagógicos de las escuelas de educación básica que pertenecen a la Secretaría de Educación Jalisco.

Por otra parte, se cuenta también con el Instituto Jaliscience de Salud Mental donde reciben atención y tratamiento los niños que a juicio de sus padres y/o tutores requieren algún tipo de tratamiento neuropsiquiátrico relacionado con problemáticas conductuales.

En relación a la incidencia de hiperactividad en los niños en edad escolar se cuenta con las cifras del Boletín Médico del Hospital Infantil de México y la Academia Mexicana de Pediatría, quienes señalan que los trastornos conductuales infantiles que presentan relación con comportamientos hiperactivos afectan de 4-12% de la población de niños en México, sin embargo, no se cuentan con datos estadísticos en Jalisco debido a que los diagnósticos

realizados identifican la hiperactividad infantil sólo como una característica del espectro de síntomas y manifestaciones del trastorno por déficit de atención con hiperactividad (TDAH) y no como una entidad clínica por sí misma.

7.5 Áreas de contaminación por manganeso reportadas en la Zona Metropolitana de Guadalajara.

La normatividad ambiental aplicable a la Zona Metropolitana de Guadalajara refiere el monitoreo y medición de diversos contaminantes del aire, lo cual tiene efecto con la implementación de un sistema compuesto por ocho estaciones de monitoreo atmosférico; sin embargo, la cuantificación de la concentración de contaminantes en el aire no contempla al manganeso entre los elementos sometidos a constante evaluación, de tal manera que las fuentes de información sobre los niveles de manganeso en la Zona Metropolitana de Guadalajara con los que se cuentan son investigaciones previas.

Entre las investigaciones recientes que evaluaron y cuantificaron manganeso en la Zona Metropolitana de Guadalajara se encuentra la realizada por Saldarriaga y cols. (2011), quienes reportan concentraciones que fluctúan entre los 475.6 nanogramos en la Zona Centro a los 601.8 nanogramos en el Área de Miravalle. Por otra parte, en una investigación realizada en 2011 se identificó la presencia de manganeso en las inmediaciones de la avenida Periférico Manuel Gómez Morín (Curiel, 2011).

8. RESULTADOS

A partir de las historias clínicas de los niños que reciben atención en la Clínica de Conducta del Sistema de Desarrollo Integral de la Familia (DIF) se identificaron 128 niños en tratamiento por diagnóstico de comportamiento hiperactivo, cuyas características demográficas se describen en la Tabla 7.

Es de hacer notar que con mayor frecuencia la población infantil con comportamiento hiperactivo correspondió al sexo masculino (112 niños), mientras el sexo femenino sólo fue el 12% (16 niñas) lo que corresponde al 88 y 16%, respectivamente.

El rango de edad de los niños fue mayor que el de las niñas, sin embargo, el promedio de edad para las niñas fue de 9 años, mientras que los niños, en promedio, presentaron la edad de 8.92 años.

Tabla 7. Características demográficas de niños con comportamiento hiperactivo						
		Rango de Edad (años)	Promedio de Edad (años)	Frecuencia	Porcentaje (%)	
	Femenino	8-12 años	9.00	16	12	
	Masculino	6-12 años	8.92	112	88	
	Total		8.93	128	100	

Elaboración propia en base a historias clínicas de la Clínica de Conducta del Sistema DIF Jalisco

8.1 Análisis Descriptivo

A partir de la información sobre la localización de domicilios correspondientes a los 128 niños(as) y en imagen satelital se obtuvieron coordenadas y se ubicaron domicilios de los niños (Figura 4), los cuales se clasificaron en función de su distribución en los municipios que conforman la Zona Metropolitana de Guadalajara, lo cual se presenta en la Tabla 8 a partir de la cual se observa que, sin considerar diferencias de sexo, el 68% de los niños diagnosticados con comportamientos hiperactivos viven en el municipio de Guadalajara, seguido de Zapopan, donde tienen su domicilio el 34% de los niños preseleccionados como el grupo de casos.

El mismo patrón de distribución se presenta cuando se distingue a la población en base al sexo. La mayor cantidad de domicilios del grupo de niñas, así como el grupo de niños se encuentran en Guadalajara y en segundo lugar se encuentra el municipio de Zapopan.

Tabla 8. Distribución de domicilios de niños con comportamiento hiperactivo en la Zona Metropolitana de Guadalajara, por municipio.							
	GDL	ZAP	TLAQ	TON	TLAJ	SALTO	TOTAL
Frecuencia ambos sexos	68	34	16	7	2	1	128
Porcentaje ambos sexos (%)	53	27	12	5	2	1	100
Niños Frecuencia	58	32	13	6	2	1	112
Niñas Frecuencia	10	2	3	1	0	0	16
Niños Porcentaje (%)	45	25	10	5	2	1	88
Niñas Porcentaje (%)	8	2	2	0	0	0	12
*GDL= Guadalajara *ZAP=Zapopan *TLAQ=Tlaquepaque *TON=Tonalá *TLAJ=Tlajomulco *SALTO=El Salto							
Fuente: Elaboración propia en base a historias clínicas del Sistema DIF Jalisco y a resultados reportados por el programa SPSS v.16							

Cabe señalar que la distribución municipal de la población infantil según el INEGI presentada en la Tabla 6, el municipio de Tonalá se encuentra en quinto lugar de frecuencia, sin embargo, en relación a la población infantil con comportamiento hiperactivo de la Tabla 8, Tonalá es el municipio que ocupa el 4to lugar en el número de casos.

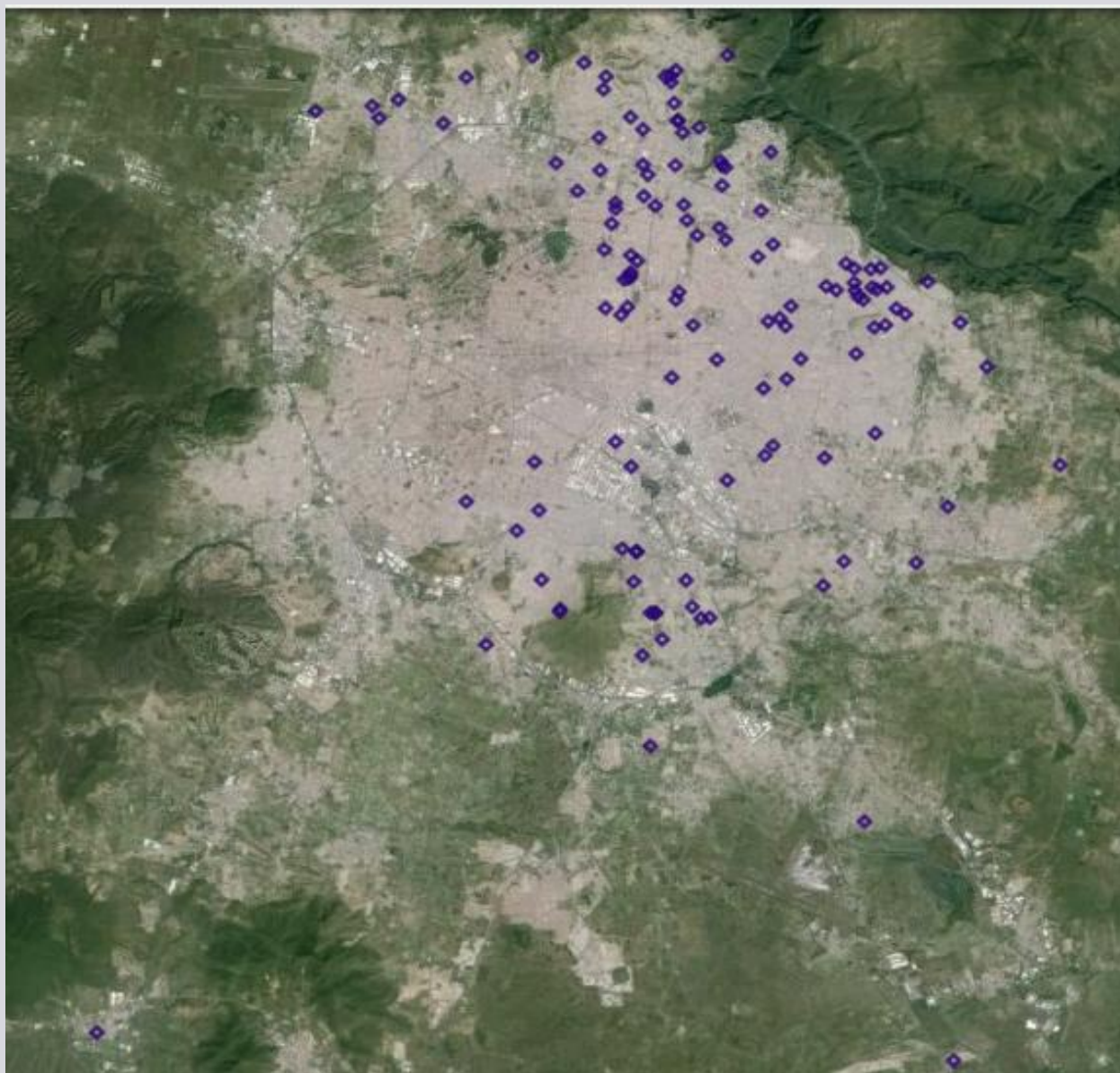


Figura 4. Distribución de los domicilios de niños con comportamiento hiperactivo en la Zona Metropolitana de Guadalajara

Fuente: Elaboración propia en base a historias clínicas del Sistema DIF Jalisco

Considerando las coordenadas de domicilios identificados, se ubicó la vía de alto flujo vehicular (EPA, 2010) más cercana a cada uno de los domicilios se realizó el aforo de ese transecto de vía vehicular. Las avenidas que registraron mayor cantidad de automóviles corresponden a: Periférico Manuel Gómez Morín, Carretera a Chapala, Lázaro Cárdenas, Federalismo, Carretera a Zapotlanejo, Cristóbal Colón, Juan Gil Preciado y Jesús González Gallo (Tabla 9).

Tabla 9. Vías de alto flujo vehicular cercanas a los domicilios de niños con comportamiento hiperactivo		
Avenida	Aforo (automóviles/día)	Municipio(s) donde se realizó aforo o confirmó flujo vehicular
Periférico Manuel Gómez Morín	51,397	Zapopan
Carretera a Chapala Km. 15	48,654	Guadalajara
Lázaro Cárdenas	38,273	El Salto
Federalismo	37,198	Guadalajara
Carretera a Zapotlanejo Km. 1.5	36,816	Tlaquepaque
Cristóbal Colon	35,004	Guadalajara
Juan Gil Preciado	34,890	Zapopan
Jesús González Gallo	33,993	Guadalajara
Manuel Ávila Camacho	33,425	Guadalajara
Patria	30,080	Guadalajara
Javier Mina	26,674	Guadalajara
Ocho de Julio	24,907	Tlaquepaque
Circunvalación Oblatos	23,259	Guadalajara
Alcalde	17,448	Guadalajara
Revolución	15,694	Guadalajara
Aviación	14,722	Zapopan

Tabla 9. Continuación		
Calzada Independencia	14,671	Guadalajara
República	13,843	Guadalajara
Juan de Dios Robledo	13,749	Guadalajara
Carretera a Saltillo Km. 2.5	11,926	Zapopan
Belisario Domínguez	11,833	Guadalajara
Enrique Díaz de León	11,487	Guadalajara
Artesanos	11,421	Guadalajara
Mota Padilla	11,352	Guadalajara
Jesús Reyes Heróles	11,216	Tlaquepaque
Plutarco Elías Calles	10,503	Guadalajara
Juan Pablo II	10,279	Guadalajara
Río Nilo	10,182	Guadalajara
Fuente: Elaboración propia		

En la Tabla 10 se identifican las avenidas que se encuentran a menor distancia de los domicilios de los niños con comportamiento hiperactivo y puede observarse que para el 25% de los niños con comportamiento hiperactivo que reciben atención en la Clínica de Conducta del Sistema DIF Jalisco la avenida que con mayor frecuencia es la más cercana a los domicilios es el Periférico Manuel Gómez Morín, lo cual indica, considerando la estructura de la ciudad y el trayecto de dicha avenida, que la mayor parte de los niños habita en la periferia de la Zona Metropolitana de Guadalajara.

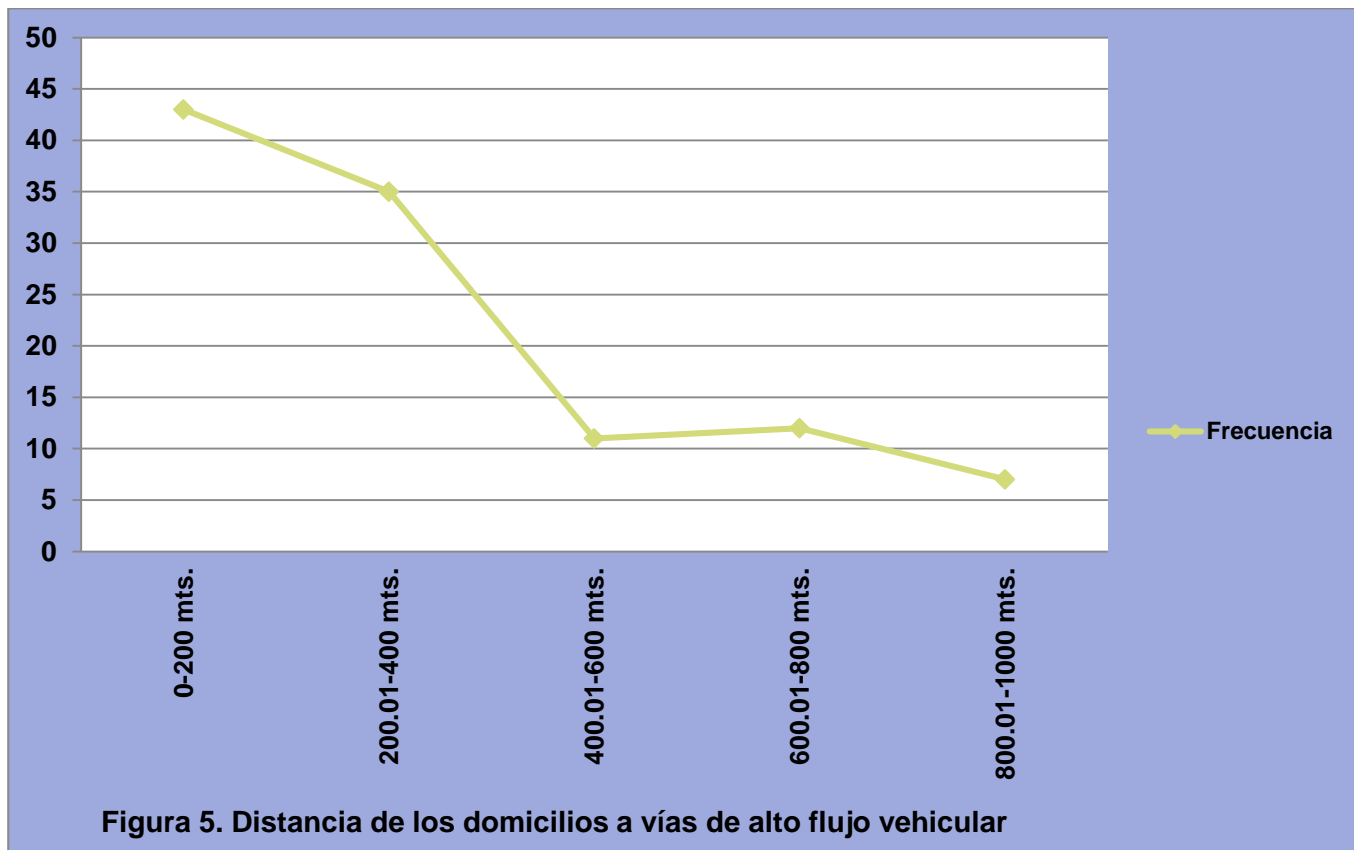
Tabla 10. Vías de alto flujo vehicular más cercanas a domicilios de niños con comportamiento hiperactivo, por frecuencia

Avenida	Municipio	Frecuencia	Porcentaje Aproximado (%)
Carretera a Saltillo	Zapopan	12	9
Periférico Manuel Gómez Morín	Zapopan	11	8
Periférico Manuel Gómez Morín	Tlaquepaque	9	7
Periférico Manuel Gómez Morín	Guadalajara	8	6
Manuel Ávila Camacho	Guadalajara	8	6
Federalismo	Guadalajara	6	5
Plutarco Elías Calles	Guadalajara	6	5
Periférico Manuel Gómez Morín	Tonalá	4	3
Federalismo	Zapopan	4	3
Calzada Independencia	Guadalajara	4	3
Javier Mina	Guadalajara	4	3
Carretera a Chapala	Tlaquepaque	3	2
Alcalde	Guadalajara	3	2
Circunvalación Oblatos	Guadalajara	3	2
Belisario Domínguez	Guadalajara	3	2
Alcalde	Zapopan	2	2
Patria	Tlaquepaque	2	2
Alcalde	Zapopan	2	2
Lázaro Cárdenas	Guadalajara	2	2

Tabla 10. Continuación			
República	Guadalajara	2	2
Patria	Zapopan	2	2
Artesanos	Guadalajara	2	2
Revolución	Guadalajara	2	2
Río Nilo	Tonalá	2	2
Río Nilo	Guadalajara	2	2
Juan Gil Preciado	Zapopan	2	2
Carretera a Zapotlanejo	Tlaquepaque	2	2
Aviación	Zapopan	2	2
Mota Padilla	Guadalajara	2	2
Enrique Díaz de León	Guadalajara	2	2
Juan Pablo II	Guadalajara	2	2
Cristóbal Colón	Guadalajara	2	2
Patria	Tonalá	1	1
Jesús Reyes Heróles	Tlaquepaque	1	1
Juan de Dios Robledo	Guadalajara	1	1
Carretera a Chapala	El Salto	1	1
Ocho de Julio	Tlaquepaque	1	1
Carretera a Chapala	Tlajomulco de Zúñiga	1	1
Aviación	Zapopan	1	1
Jesús González Gallo	Guadalajara	1	1

Fuente: Elaboración propia.

Los domicilios se clasificaron en categorías de exposición para cada 200.00 metros de distancia en orden ascendente (Figura 5) y se observa que éstos se localizan con mayor frecuencia a menos de 200.00 metros de distancia de una vía de alto flujo vehicular y se presenta una tendencia de disminución en la frecuencia de localización de domicilios conforme aumenta la distancia a vías de alto flujo vehicular.



Estudio de Casos y Controles

Para efecto de cumplir con el diseño del estudio de casos y controles, a partir de la población descrita previamente se conformó el grupo de casos descartando a los individuos que no cumplían con los criterios de inclusión y considerando únicamente a los individuos y sus padres y/o tutores que mostraron interés por participar en el estudio, se adhirieron al protocolo y donaron una muestra dental.

Además, el grupo de casos se conformó de la misma cantidad que el grupo control ya que si bien se planeó tener una relación 1:2, al depender la población control de la muda de dientes, únicamente se logró obtener una relación 1:1 debido a la limitante de la donación dental.

Así, el estudio incluyó a 24 niños(as) correspondientes al grupo de casos y la misma cantidad para el grupo control. Debido a que se realizó un pareamiento en relación al género, se registró la misma cantidad de niños y niñas en cada grupo y las características demográficas por grupo se detallan en la Tabla 11.

Tabla 11. Características demográficas de los grupos infantiles en estudio.						
Grupo	Rango de Edad (años)	Promedio de Edad (años)	Masculino	Femenino	Masculino (%)	Femenino (%)
Casos	6-10 años	8.04	23	1	95.83	4.17
Controles	6-11 años	8.16	23	1	95.83	4.17

Fuente: Elaboración propia en base a Historias clínicas del Sistema DIF Jalisco y cuestionario ex profeso.

La ubicación de los domicilios del grupo de casos en la Zona Metropolitana de Guadalajara se presenta en la Figura 6, donde se observa una distribución similar a la Figura 4, donde se presenta la localización de los domicilios del total de niños con comportamiento hiperactivo, debido a que el grupo de casos se conformó de esta población.

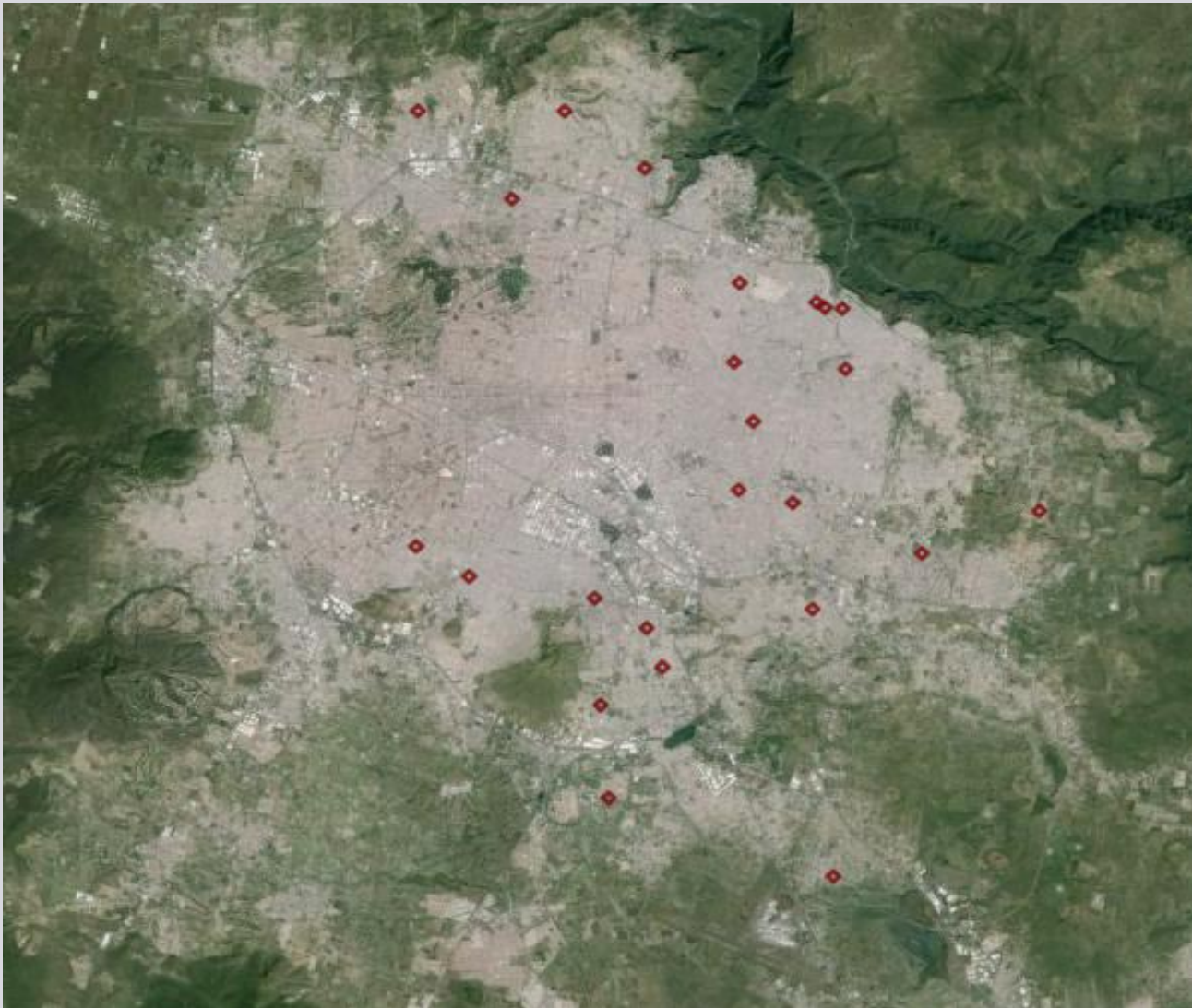


Figura 6: Distribución de los domicilios del grupo de casos en la Zona Metropolitana de Guadalajara

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 7 se presenta la localización de los domicilios del grupo de controles en la Zona Metropolitana de Guadalajara.

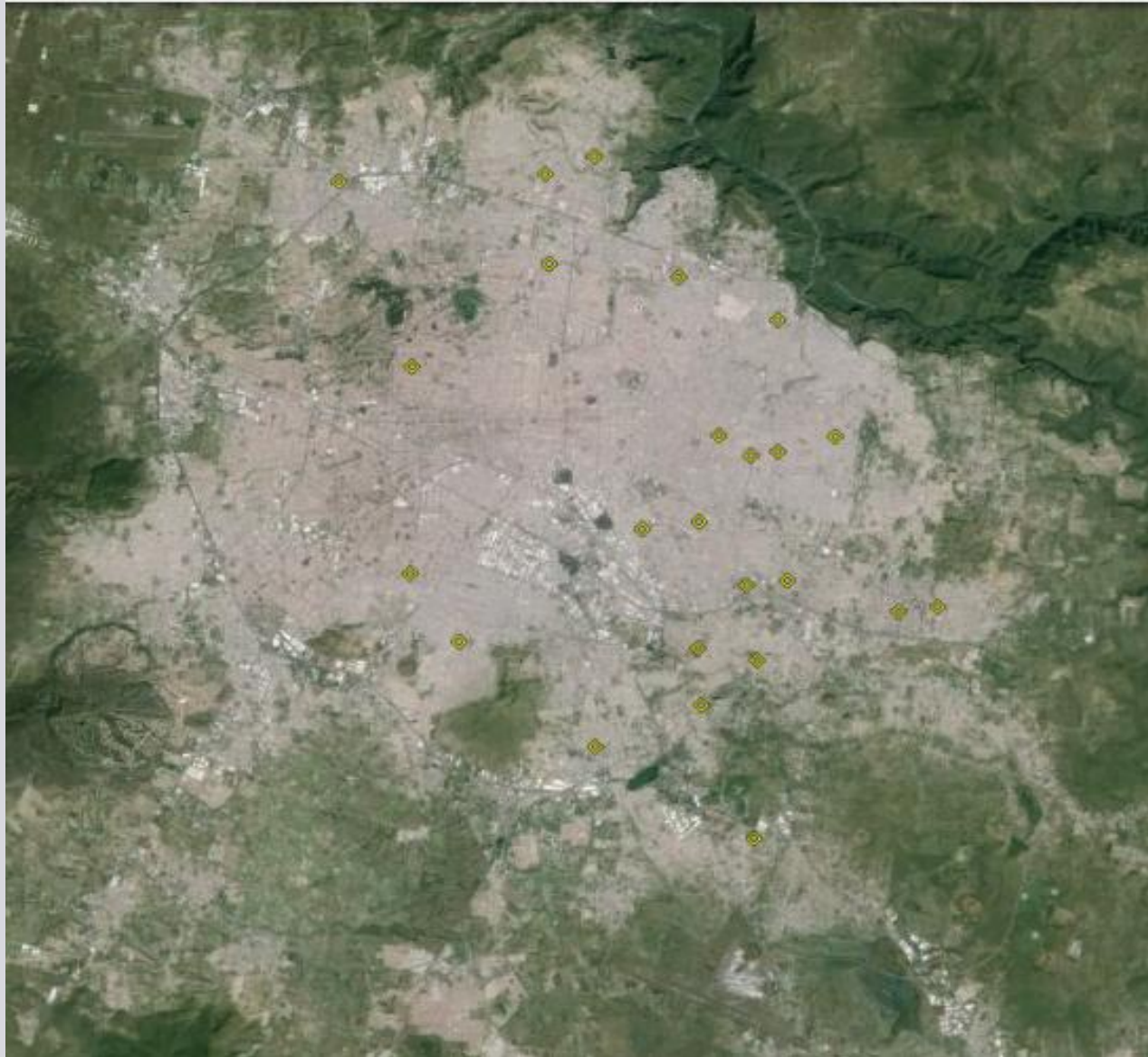


Figura 7: Distribución de los domicilios del grupo de controles en la Zona Metropolitana de Guadalajara

Fuente: Elaboración Propia

Para responder a los objetivos del estudio, se presentarán apartados para cada uno de ellos, con sus respectivos resultados.

8.2 Resultados del objetivo específico 1: Determinar la concentración de manganeso en muestras dentales infantiles de niños de la Zona Metropolitana de Guadalajara.

De las 48 muestras dentales analizadas se encontró que la concentración de manganeso para el grupo de casos tuvo un rango de 0.00884-13.7134 mg/Kg (ppm), el cuál fue mayor al registrado en el grupo de controles, que correspondió a 2.883-10.7245 mg/Kg.

Los resultados de las concentraciones de manganeso en las muestras dentales donadas por el grupo de casos y el de controles se observan en las Tablas 12 y 13, respectivamente.

Es de hacer notar que en todas las muestras dentales infantiles donadas para la realización del presente estudio fue posible identificar la presencia de manganeso, lo cual refiere que, en mayor o menor medida, todos los niños participantes en el estudio han estado expuestos a manganeso considerando que no sería posible encontrar el metal en las muestras dentales sin antecedentes de exposición previa.

Tabla 12. Concentración de manganeso en muestras dentales del grupo de casos

Muestra No.	Concentración (mg/kg)	Distancia a avenida (m.)	Avenida	Municipio
15	13.7134	351.75	José María Iglesias	Guadalajara
4	10.7034	634.58	Carretera a Saltillo	Zapopan
9	9.034	124.37	Jesús Reyes Heróles	Tlaquepaque
20	8.5913	160.20	Cristóbal Colón	Guadalajara
7	7.7956	303.74	Patria	Tlaquepaque
19	7.1937	1697.54	Periférico Manuel Gómez Morín	Tonalá
16	7.1715	352.67	Plutarco Elías Calles	Guadalajara
23	7.0041	838.19	Periférico Manuel Gómez Morín	Tonalá
8	6.9486	1540.83	Carretera a Chapala	El Salto
13	6.5402	2675.92	Periférico Manuel Gómez Morín	Tlajomulco
24	6.2270	480.25	Río Nilo	Tonalá
11	5.9006	259.99	Belisario Domínguez	Guadalajara
21	5.7120	177.78	Carretera antigua a Chapala	Tlaquepaque
2	5.6583	174.29	Juan Pablo II	Guadalajara
1	5.1787	2462.10	Periférico Manuel Gómez Morín	Zapopan
5	4.9883	234.94	Javier Mina	Guadalajara
25	4.8169	775.97	Periférico Manuel Gómez Morín	Zapopan
18	4.7240	292.07	Mota Padilla	Guadalajara
10	4.6579	583.66	Carretera a Chapala	Tlaquepaque
14	4.5293	522.99	Carretera a Tonalá	Tlaquepaque

Tabla 12. Continuación				
3	4.4627	15.59	Río Nilo	Guadalajara
12	4.3558	1698.83	Periférico Manuel Gómez Morín	Zapopan
6	2.5763	315.60	Revolución	Guadalajara
17	0.3882	904.94	Mota Padilla	Guadalajara
Fuente: Elaboración propia				

Tabla 13. Concentración de manganeso en muestras dentales del grupo de controles				
Muestra No.	Concentración (mg/kg)	Distancia a avenida (m.)	Avenida	Municipio
13-C	10.7245	496.58	Gobernador Curiel	Tlaquepaque
6-C	9.3567	659.46	Revolución	Tlaquepaque
23-C	8.9163	350.03	Periférico Manuel Gómez Morín	Tonalá
14-C	8.6423	387.96	Carretera a Zapotlanejo	Tlaquepaque
25-C	8.0991	353.21	Federalismo	Zapopan
5-C	7.9542	204.37	República	Guadalajara
11-C	7.0019	640.28	Calzada Independencia	Guadalajara
19-C	6.2948	207.58	Ocho de Julio	Tlaquepaque
1-C	6.2705	733.08	Carretera a Saltillo	Zapopan
17-C	4.9503	544.63	Javier Mina	Guadalajara
16-C	5.8247	1022.77	Periférico Manuel Gómez Morín	Guadalajara
8-C	5.4021	109.11	Carretera a Chapala	El Salto
12-C	5.1843	298.01	Periférico Manuel Gómez Morín	Zapopan
15-C	5.0072	232.77	Javier Mina	Guadalajara

Tabla 13. Continuación				
24-C	4.8820	757.27	Carretera a Zapotlanejo	Tonalá
2-C	4.5139	669.45	Periférico Manuel Gómez Morín	Guadalajara
10-C	4.3751	817.18	Periférico Manuel Gómez Morín	El Salto
21-C	4.0966	795.81	Carretera a Chapala	Tlaquepaque
20-C	4.0240	895.25	Cristóbal Colón	Guadalajara
4-C	3.8573	410.59	Federalismo	Zapopan
9-C	3.3657	177.23	Patria	Guadalajara
7-C	3.2966	1769.08	Gobernador Curiel	Tlaquepaque
3-C	3.2070	581.31	González Gallo	Guadalajara
18-C	2.8399	1514.36	Javier Mina	Guadalajara
Fuente: Elaboración propia				

Se realizaron estadísticos descriptivos en relación a la concentración de manganeso en el total de muestras analizadas (48), donde se incluyeron los datos tanto de los casos como de los controles indistintamente y como puede observarse en la Tabla 14, la media de las concentraciones correspondió a 5.9784 mg/Kg, lo que difiere de las medias de las concentraciones para el grupo de casos y para el grupo control cuando los datos se analizan por separado.

Tabla 14. Estadísticos descriptivos para el total de muestras analizadas					
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Manganeso	48	.39	13.71	5.9784	2.41811
N válido (según lista)	48				
Elaboración propia en base a resultados registrados por el programa SPSS v. 16					

La media de las concentraciones de manganeso en el grupo de casos fue de 6.2030 ppm., mayor que la del total de muestras que se reportó como 5.9784 ppm y más aún que la del grupo control que correspondió a 5.7537 ppm. lo cual puede constatarse en las Tablas 15 y 16, respectivamente.

Tabla 15. Estadísticos descriptivos para las muestras del grupo de casos					
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Manganeso Casos	24	.39	13.71	6.2030	2.65398
N válido (según lista)	24				
Elaboración propia en base a resultados registrados por el programa SPSS v. 16					

Además, la desviación típica para la concentración de manganeso del grupo de casos (2.65398) fue mayor que para el del total de muestras analizadas (2.41811) y que para el grupo de casos (2.19086), como puede observarse en las tablas 14, 15 y 16.

Tabla 16. Estadísticos descriptivos para las muestras del grupo de controles					
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Manganeso Controles	24	2.84	10.72	5.7537	2.19086
N válido (según lista)	24				
Elaboración propia en base a resultados registrados por el programa SPSS v. 16					

Para constatar si los diferenciales en las medias de la concentración de manganeso para las muestras dentales del grupo de casos es significativamente diferente al del grupo de controles, se realizó un análisis estadístico T, el cual se presenta en las Tablas 17 y 18.

Tabla 17. Prueba T. Estadísticos de grupo					
	Casos y Controles	N	Media	Desviación típica	Error típico de la media
Manganeso	Caso	24	6.2030	2.65398	.54174
	Control	24	5.7537	2.19086	.44721

Elaboración propia en base a resultados registrados por el programa SPSS v. 16

Como puede observarse a partir del resultado de la Prueba Levene para la igualdad de varianzas presentado en la Tabla 18, el estadístico de T se interpretó asumiendo que las varianzas intergrupos son iguales.

Tabla 18. Prueba T. Estadísticos de grupo									
Mn.	Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias					95% Intervalo de confianza para la diferencia	
	F	Sig.	t	gl	Significancia (bilateral)	Diferencia de medias	Error típico de la diferencia	Superior	Inferior
Se han asumido varianzas iguales	.046	.832	.640	46	.526	.44926	.70248	-.96476	1.86328
No se han asumido varianzas iguales			.640	44.406	.526	.44926	.70248	-.96613	1.86465

Elaboración propia en base a resultados registrados por el programa SPSS v. 16

Con la información generada a partir del programa estadístico, donde se muestra que la significancia bilateral de la prueba corresponde a .526, lo cual es superior al valor de alfa (0.05) es posible señalar con el 99% de certeza que no existe evidencia suficiente que permita rechazar la hipótesis nula del estadístico T, la cual señala que la media de la concentración de manganeso en muestras dentales de niños del grupo de casos es igual a la media de la concentración de manganeso en muestras dentales de niños del grupo de casos.

Por tanto, aunque la media de la concentración de manganeso en las muestras dentales del grupo de casos es mayor que la del grupo control, la diferencia no resulta ser estadísticamente significativa.

8.2 Resultados del objetivo específico 2: Analizar si la exposición infantil crónica a manganeso está en función de la distancia al flujo vehicular como fuente de exposición.

Para conocer la relación entre la concentración de manganeso en las muestras dentales infantiles donadas y la distancia a las vías de alto flujo vehicular, consideradas fuentes de exposición a manganeso, se realizó un gráfico de dispersión de puntos, misma que se presenta en la Figura 8.

Para el caso, se tomó como variable independiente la distancia a las vías de alto flujo vehicular y como variable dependiente las concentraciones de manganeso en las muestras dentales infantiles de todos los participantes del estudio, indistintamente del grupo al que pertenecen.

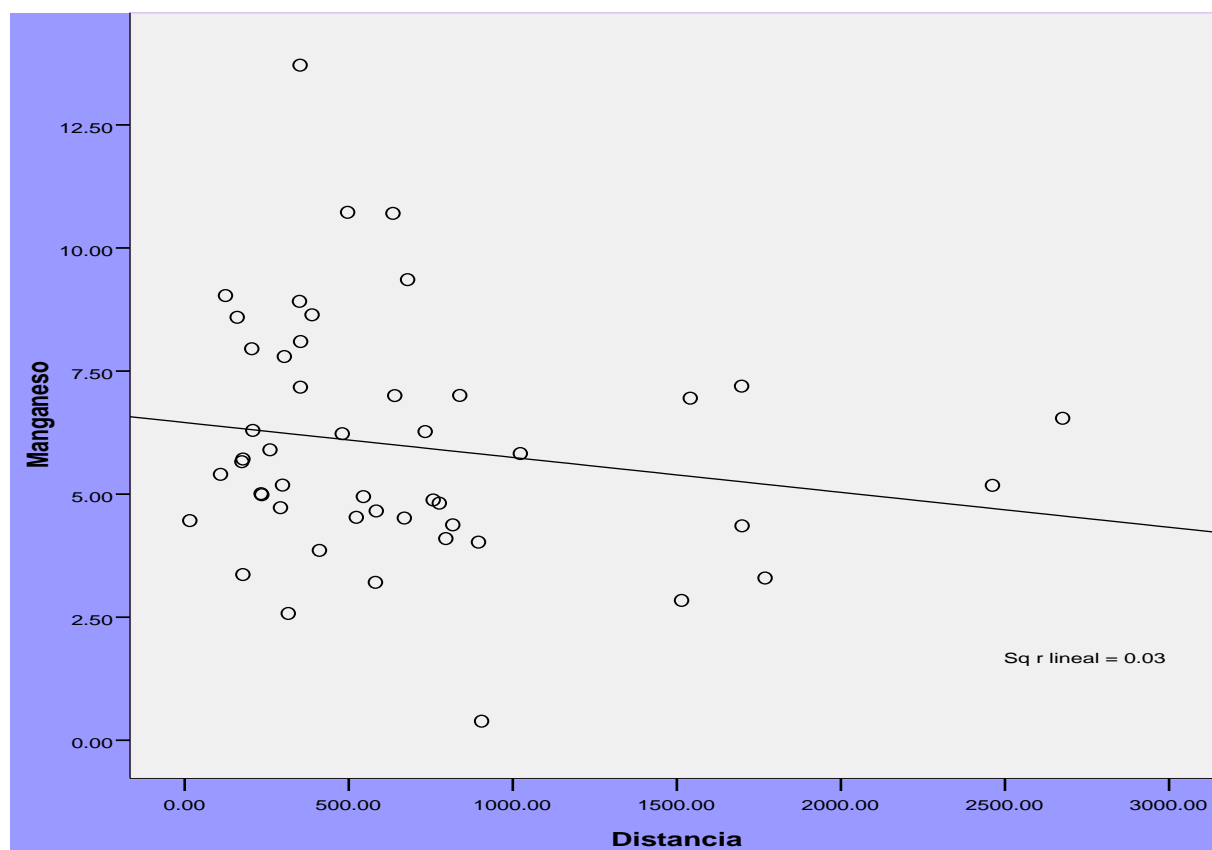


Figura 8. Relación entre la distancia a las vías de alto flujo vehicular y la concentración de manganeso en las muestras dentales infantiles de todos los participantes del estudio.

Fuente: Resultados registrados por el programa SPSS v. 16

En el gráfico se presenta la línea de ajuste total lineal donde puede observarse la tendencia negativa ya que se muestra una discreta disminución en la concentración de manganeso en las muestras dentales infantiles conforme aumenta la distancia de los domicilios de los niños a la vía de alto flujo vehicular más próxima.

La prueba de correlación de Pearson entre la distancia a las vías de alto flujo vehicular y la concentración de manganeso señala que estadísticamente la relación no es altamente dependiente (Tabla 19 y 20)

Tabla 19. Correlación de Pearson de la distancia a vías de alto flujo vehicular y concentración de manganeso en muestras dentales de todos los participantes del estudio.			
		Distancia	Manganeso
Distancia	Correlación de Pearson	1	-.174
	Sig. (bilateral)		.237
	Suma de cuadrados y productos cruzados	2E+007	-11752.063
	Covarianza	352591.1	-250.044
	N	48	48
Manganeso	Correlación de Pearson	-.174	1
	Sig. (bilateral)	.237	
	Suma de cuadrados y productos cruzados	-11752.1	274.822
	Covarianza	-250.044	5.847
	N	48	48
Elaboración propia en base a resultados registrados por el programa SPSS v. 16			

El coeficiente de determinación que correspondió a 0.03, indica que la relación entre la distancia a las vías vehiculares y la concentración de manganeso en las muestras dentales infantiles es estadísticamente débil, lo cual puede constatarse con los datos de la correlación, la cual corresponde a -0.174 con un R cuadrado de 0.03 (Tablas 19 y 20).

Tabla 20. Datos de regresión de la distancia a vías de alto flujo vehicular y concentración de manganeso en muestras dentales de todos los participantes del estudio.

R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de estimación	Estadísticos de cambio				
				Cambio en R cuadrado	Cambio en F	gl1	gl2	Cambio en F
.174 (a)	.030	.009	2.40691	.030	1.439	1	46	0.237

Elaboración propia en base a resultados registrados por el programa SPSS v. 16

Se realizaron gráficos de dispersión de puntos y análisis de correlación considerando la distancia de los domicilios a las vías de alto flujo vehicular y la concentración de manganeso para el grupo de casos y de controles por separado (Figura 9). La gráfica para el grupo de casos mostró una pendiente negativa con una correlación de -0.098 (Tabla 21).

Tabla 21. Correlación de Pearson de la distancia a vías de alto flujo vehicular y concentración de manganeso en muestras dentales del grupo de casos.

		Distancia	Manganeso
Distancia	Correlación de Pearson	1	-.098
	Sig. (bilateral)		.647
	Suma de cuadrados y productos cruzados	1261126.795	-4450.980
	Covarianza	548315.948	-193.521
	N	24	24
Manganeso	Correlación de Pearson	-.098	1
	Sig. (bilateral)	.647	
	Suma de cuadrados y productos cruzados	-4450.980	162.003
	Covarianza	-193.521	7.044
	N	24	24

Elaboración propia en base a resultados registrados por el programa SPSS v. 16

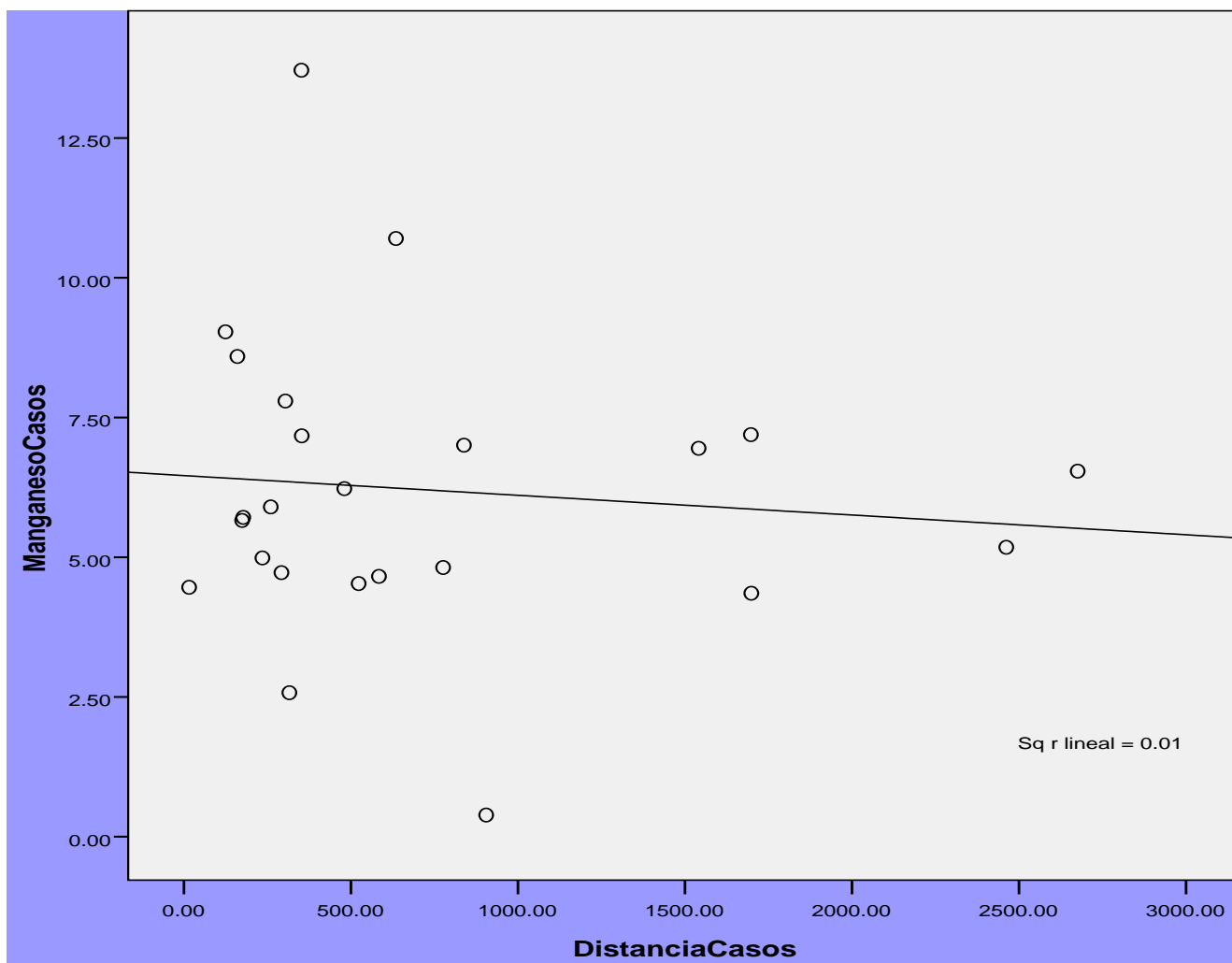


Figura 9. Relación entre la distancia a las vías de alto flujo vehicular y la concentración de manganeso en las muestras dentales infantiles del grupo de casos

Resultados registrados por el programa SPSS v. 16

Estadísticamente, la relación entre la distancia a las vías de alto flujo vehicular y la concentración de manganeso en muestras dentales del grupo de casos, al realizar a regresión lineal, ésta es menos significativa ($R^2 = 0.010$) que al analizar los datos todos los datos de los participantes del estudio, sin hacer distinciones en función del grupo al que pertenecen (Tabla 2).

Tabla 22. Regresión lineal de la distancia a vías de alto flujo vehicular y concentración de manganeso en muestras dentales del grupo de casos.								
R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de estimación	Estadísticos de cambio				
				Cambio en R cuadrado	Cambio en F	gl1	gl2	Cambio en F
.098 (a)	.010	.035	2.70411	.010	.215	1	22	0.647

Elaboración propia en base a resultados registrados por el programa SPSS v. 16

La Figura 10 muestra la relación entre la distancia a las vías de alto flujo vehicular y la concentración de manganeso en las muestras dentales infantiles del grupo control, donde puede observarse que existe una tendencia negativa, con un coeficiente de determinación de 0.152.

La correlación entre la distancia a las vías de alto flujo vehicular y la concentración de manganeso en las muestras dentales de los controles correspondió a -0.390, que es mayor que la estimada para el grupo de casos (Tabla 23).

Tabla 23. Datos Correlación de Pearson de la distancia a vías de alto flujo vehicular y concentración de manganeso en muestras dentales del grupo de controles			
		Distancia	Manganeso
Distancia	Correlación de Pearson	1	-.374
	Sig. (bilateral)		.072
	Suma de cuadrados y productos cruzados	3912756.123	-7778.579
	Covarianza	170119.831	-338.199
	N	24	24

Tabla 23. Continuación

Manganeso	Correlación de Pearson	-.374	1
	Sig. (bilateral)	.072	
	Suma de cuadrados y productos cruzados	-7778.579	110.407
	Covarianza	-338.199	4.800
	N	24	24

Elaboración propia en base a resultados registrados por el programa SPSS v. 16

Al igual que el valor de la regresión lineal, que fue de 0.152 (Tabla 24), sin embargo en ambos casos, los coeficientes de correlación son débiles.

Tabla 24. Regresión lineal de la distancia a vías de alto flujo vehicular y concentración de manganeso en muestras dentales del grupo de controles

R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de estimación	Estadísticos de cambio				
				Cambio en R cuadrado	Cambio en F	gl1	gl2	Cambio en F
.390 (a)	.152	.113	381.83816	.152	3.936	1	22	0.060

Elaboración propia en base a resultados registrados por el programa SPSS v. 16

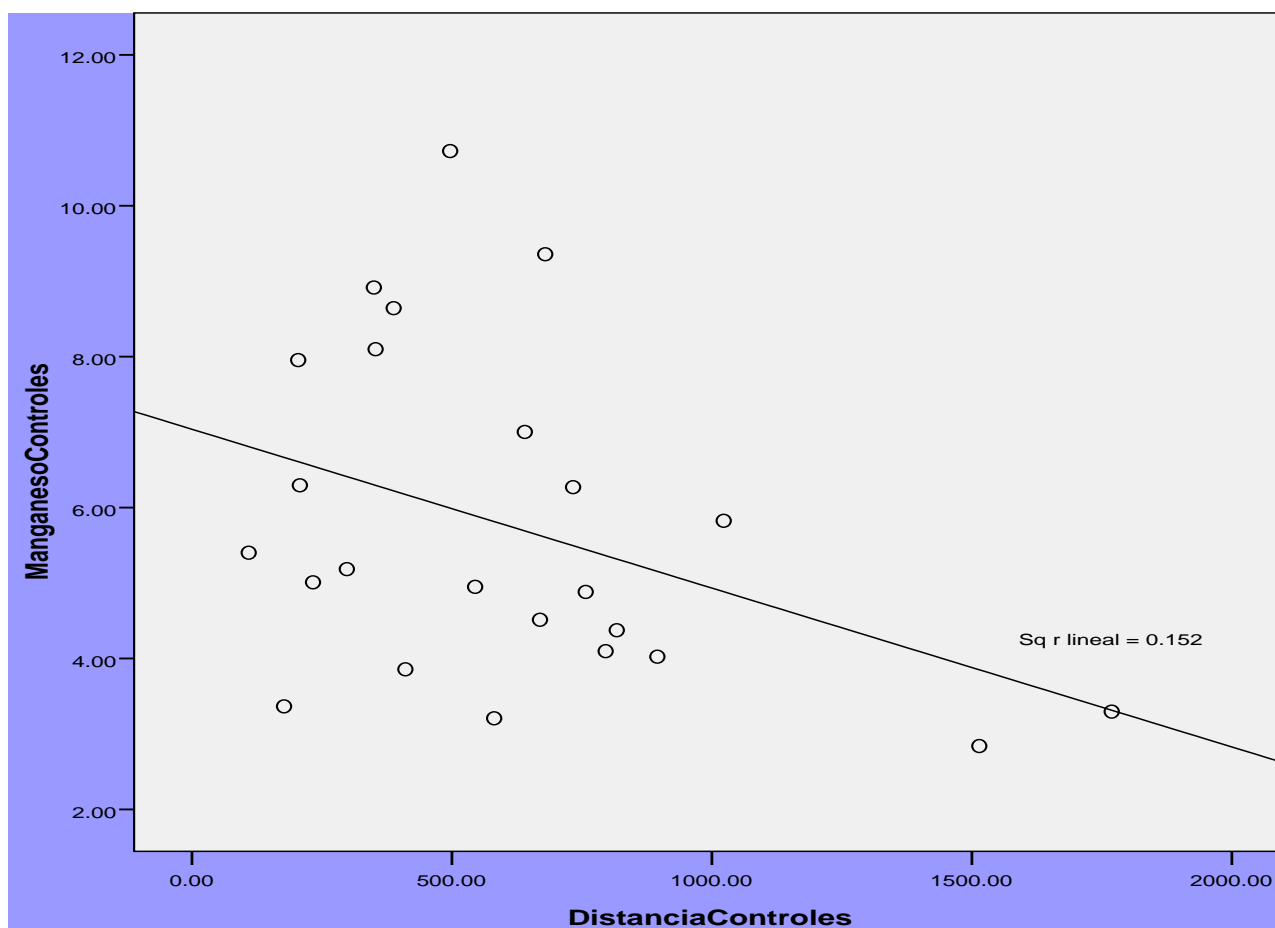


Figura 10. Relación entre la distancia a las vías de alto flujo vehicular y la concentración de manganeso en las muestras dentales infantiles del grupo de controles

Resultados registrados por el programa SPSS v. 16

Para identificar si existe diferencia en los valores medios de la concentración de manganeso en las muestras dentales de los niños, en función de la distancia a las vías de alto flujo vehicular, se realizó un análisis de varianza (ANOVA).

Para efectuar el análisis, se clasificaron los datos de la distancia de los domicilios de cada niño participante del estudio en categorías de distancia para cada 200.00 m (Tabla 25)

Considerando el total de niños participantes en el estudio, indistintamente del grupo de casos o control al que pertenecen, es de hacer notar que del total de datos analizados, ningún domicilio se localiza en las categorías correspondientes a los 1800.01-2000.00 m., 2000.01-2200.00 m. y 2200.01-2400.00 m. Por tanto, esas categorías fueron descartadas del análisis de varianza.

Tabla 25. Distribución de domicilios en función de la distancia a vías de alto flujo vehicular.		
	Categoría Nominal	N
1	0-200.00 m.	7
2	200.01-400.00 m.	14
3	400.01-600.00 m.	7
4	600.01-800.00 m.	8
5	800.01-1000.00 m.	4
6	1000.01-1200.00 m.	1
7	1400.01-1600.00 m.	2
8	1600.01-1800.00 m.	3
9	2400.01-2600.00 m.	1
10	2600.01-2800.00 m.	1
	Total	48
Elaboración propia en base a resultados registrados por programa SPSS v. 16		

Para la realización del análisis estadístico fueron consideradas las medias de las concentraciones de manganeso en las muestras dentales infantiles que correspondían a cada categoría nominal de la distancia a las vías de alto flujo vehicular, lo cual se detalla en la Tabla 26.

Como puede observarse a partir de los resultados registrados por el software estadístico (Tabla 27), la categoría nominal de distancia en la cuál se presentó un rango más amplio en la

concentración de manganeso en las muestras dentales correspondió a la de 200.01-400.00 m. y, además, en esa misma categoría se encuentra el valor más alto en la concentración de manganeso, que fue de 13.71 mg/Kg.

El ANOVA no mostró diferencias estadísticamente significativas entre las diferentes categorías de distancia en relación a las medias de las concentraciones de manganeso en las muestras dentales de los niños, debido a que la significancia correspondió a 0.669, (Tabla 25); por lo tanto, es posible señalar que las medias de la concentración de manganeso entre las categorías de exposición con corte para cada 200.00 m. son iguales estadísticamente

Tabla 26. Resultado del análisis de varianza (ANOVA) de la concentración de la concentración de manganeso en función de la distancia a las vías de alto flujo vehicular								
					Intervalo de confianza para la media al 95%			
	N	Media	Desv. típica	Error típico	Límite inferior	Límite superior	Mínimo	Máximo
0-200.00 m.	7	6.0323	2.07255	.78335	4.1155	7.9491	3.37	9.03
200.01-400.00 m.	15	6.9265	2.65885	.71061	5.3913	8.4617	2.58	13.71
400.01-600.00 m.	5	5.4504	2.50722	.94764	3.1316	7.7692	3.21	10.72
600.01-800.00 m.	8	6.4552	2.42868	.85867	4.4248	8.4857	4.10	10.70
800.01-1000.00 m.	4	3.9479	2.72030	1.36015	-.3808	8.2765	.39	7.00
1000.01-1200.00 m.	1	5.8247	.	.	.	.	5.82	5.82
1400.01-1600.00 m.	2	4.8943	2.90529	2.05435	-21.2087	30.9972	2.84	6.95
1600.01-1800.00 m.	3	4.9487	2.01507	1.16340	-.0570	9.9544	3.30	7.19
2400.01-2600.00 m.	1	5.1787	.	.	.	.	5.18	5.18
2600.01-2800.00 m.	1	6.5402	.	.	.	.	6.54	6.54
Total	48	5.9784	2.41811	.34903	5.2762	6.6804	.39	13.71
Elaboración propia en base a resultados registrados por el programa SPSS v. 16								

Por otra parte, el gráfico correspondiente al ANOVA (Figura 11. Tabla 27) muestra que la categoría de distancia más próxima a las vías de alto flujo vehicular (0.00-200.00 m.) es el tercer lugar en relación a la media de las concentraciones de manganeso en las muestras dentales (6.0323 ppm) menospreciando a la categoría de 2600.01-2800.00 m, debido a que en esa categoría sólo se localiza un único domicilio, y por tanto, no fue posible calcular la media.

Tabla 27. Resultado del análisis de varianza (ANOVA) de la concentración de la concentración de manganeso en función de la distancia a las vías de alto flujo vehicular.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	39.377	9	4.375	.706	.669
Intra-grupos	235.444	38	6.196		
Total	274.822	47			

Elaboración propia en base a resultados registrados por el programa SPSS v. 16

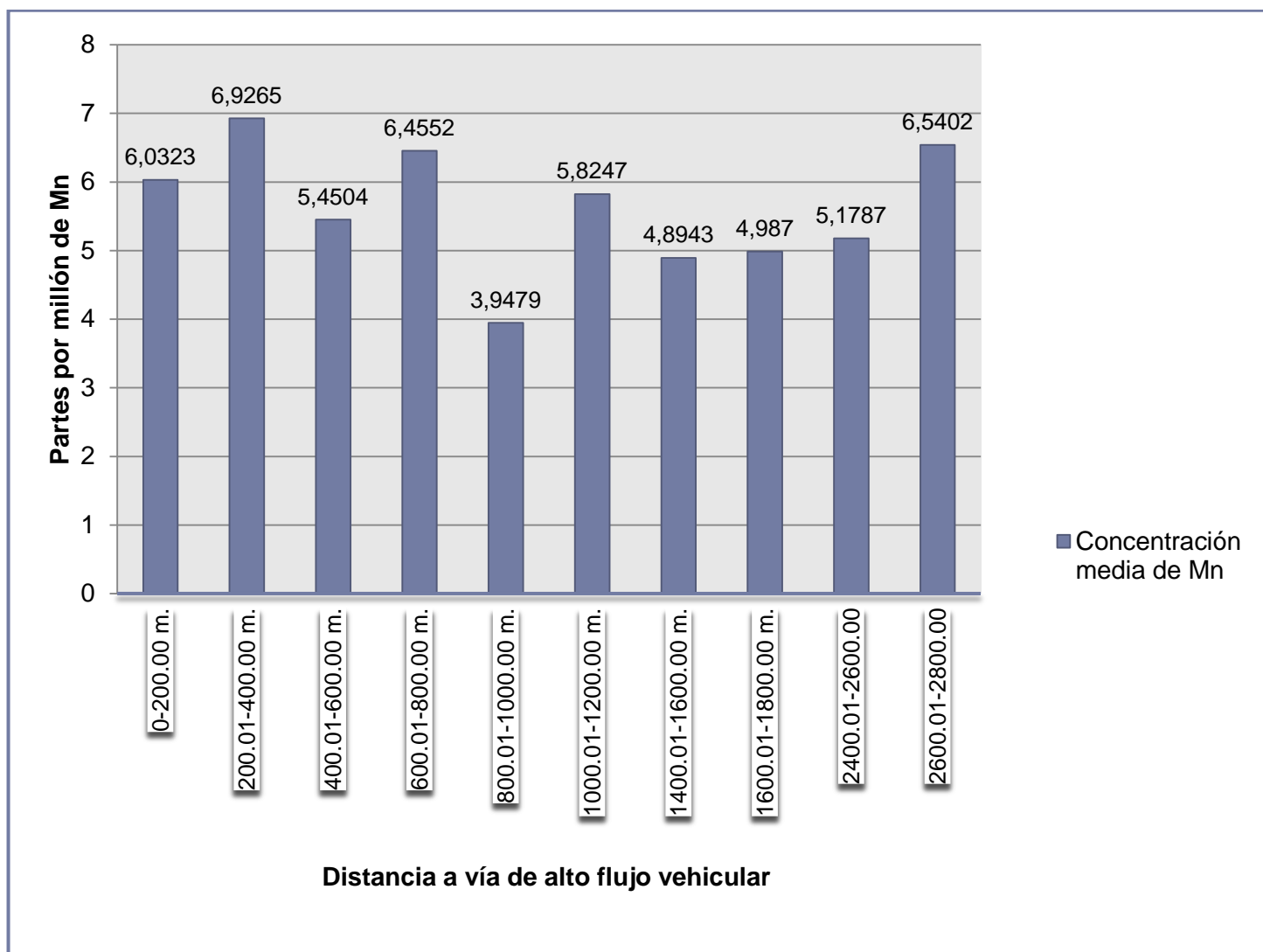


Figura 11. Concentraciones de manganeso en función de la distancia a las vías de alto flujo vehicular, con corte para cada 200 m.

Elaboración propia en base a resultados registrados por el programa SPSS v. 16

Asimismo, es de hacer notar que los valores medios de la concentración de manganeso en las muestras dentales en las categorías comprendidas a menor distancia de los 600.00 m. de las vías de alto flujo vehicular fueron superiores a las encontradas en las categorías que van de los 800.01-2800.00 m (Tablas 28 y 29) (Figura 12)

Tabla 28. Análisis de varianza (ANOVA) de la concentración de la concentración de manganeso en función de la distancia a las vías de alto flujo vehicular con corte a 600 m.

					Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
	N	Media	Desviación típica	Error típico	Límite inferior	Límite superior		
Menor a 600.00 m.	28	6.3339	2.48260	.46917	5.3713	7.2966	2.58	13.71
Mayor a 600.01 m.	20	5.4806	2.29320	.51278	4.4073	6.5538	.39	10.70
Total	48	5.9784	2.41811	.34902	5.2762	6.6805	.39	13.71

Elaboración propia en base a resultados registrados por el programa SPSS v. 16

Aunque la media de las concentraciones de manganeso en las muestra dentales infantiles de los niños que viven a menos de 600 m. de una vía de alto flujo vehicular resultaron mayores que la del grupo de niños que viven a mayor distancia, estas diferencias no son significativas (Tabla 29).

Tabla 29. Análisis de varianza (ANOVA) de la concentración de la concentración de manganeso en función de la distancia a las vías de alto flujo vehicular con corte a 600 m.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	8.496	1	8.496	1.467	0.232
Intra-grupos	266.326	46	5.790		
Total	274.822	47			

Elaboración propia en base a resultados registrados por el programa SPSS v. 16

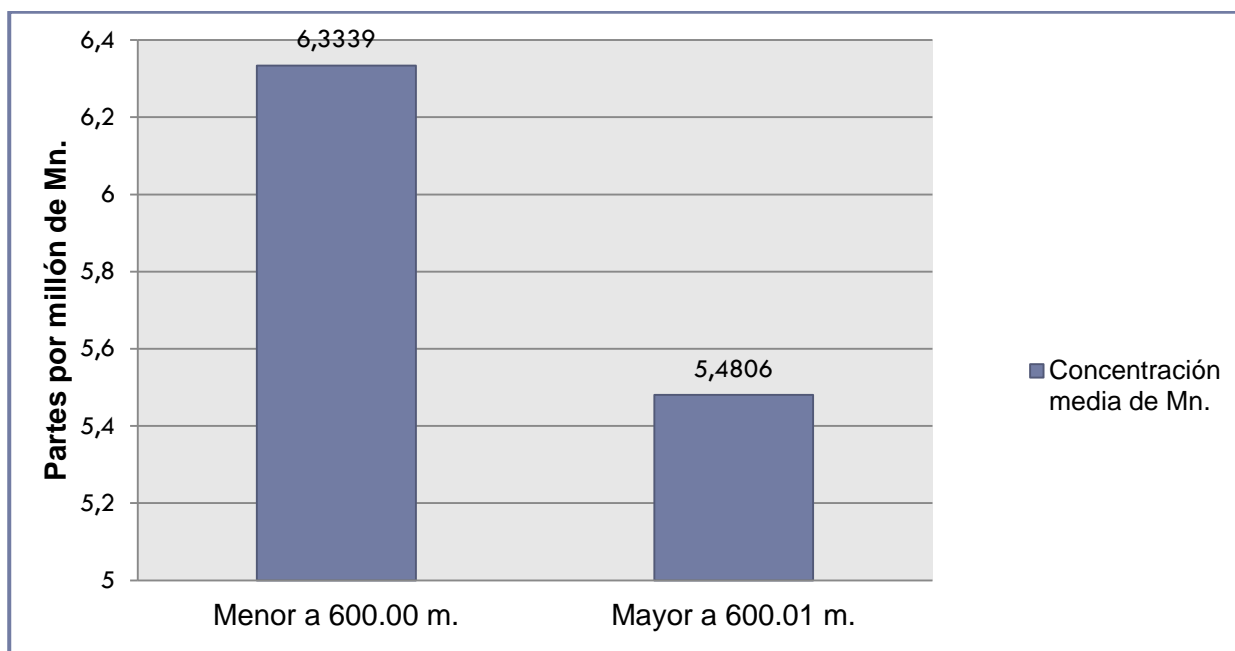


Figura 12. Concentraciones de manganeso en función de la distancia a las vías de alto flujo vehicular, con corte a 600 m.

Resultados registrados por el programa SPSS v. 16

8.4 Resultados del objetivo específico 3: Conocer si la exposición infantil crónica a manganeso es diferente en una población infantil con comportamiento hiperactivos en relación a una población control.

Para evaluar en qué medida la proximidad de los domicilios a las vías de alto flujo vehicular, como fuente de exposición, puede considerarse un factor de riesgo para el desarrollo de comportamiento hiperactivo en la población infantil, se realizó una tabla de contingencia y un análisis del riesgo, considerando como variable de exposición la distancia menor a 600.01 metros desde el domicilio a la vía de alto flujo vehicular.

La prueba de Odds Ratio, que se presentan en las Tablas 30 y 31 muestran una razón de ventajas (OR) de 1.1410, lo cuál indica que la proximidad de los domicilios de los niños representa un factor de riesgo para la presencia de comportamiento hiperactivo, sin embargo, el intervalo de confianza de la prueba es de 0.446 y hasta 4.464 (Tabla 31) en el cuál está comprendida la unidad, por tanto, la prueba no se asume como significativa.

Tabla 30. Tabla de Contingencia Comportamientos Hiperactivos * a distancia de 600 metros					
			a distancia de 600.00 m		Total
			Expuesto	No Expuesto	
Hiperactividad	Presente	Recuento	15	9	24
		% de Hiperactividad	62.5%	37.5%	100.0%
		% de A distancia de 600 m.	53.6%	45.0%	50.0%
Ausente	Ausente	Recuento	13	11	24
		% de Hiperactividad	54.2%	45.8%	100.0%
		% de A distancia de 600 m.	46.4%	55.0%	50.0%
Total		Recuento	28	20	48
		% de Hiperactividad	58.3%	41.7%	100.0%
		% de A distancia de 600 m.	100.0%	100.0%	100.0%

Elaboración propia en base a resultados registrados por el programa SPSS v. 16

Tabla 31. Estimación del riesgo de habitar a 600 metros de las vías de alto flujo vehicular			
		Intervalo de confianza al 95%	
	Valor	Superior	Inferior
Razón de las ventajas para Distancia de 600 metros (Expuesto/No Expuesto)	1.410	.446	4.464
Para la cohorte Casos y Controles = Caso	1.154	.713	1.867
Para la cohorte Casos y Controles = Control	.818	.416	1.607
N de casos válidos	48		

Elaboración propia en base a resultados registrados por el programa SPSS v. 16

La Figura 13 muestra que si bien un mayor número de niños(as) que pertenecen al grupo de casos se encuentran expuestos a la contaminación que representan las vías de alto flujo vehicular en comparación con los niños(as) del grupo control, la prueba estadística para la estimación del riesgo señala que vivir a menos de 600 metros de una vía de alto flujo vehicular, representa la misma condición de riesgo que vivir a una distancia mayor.

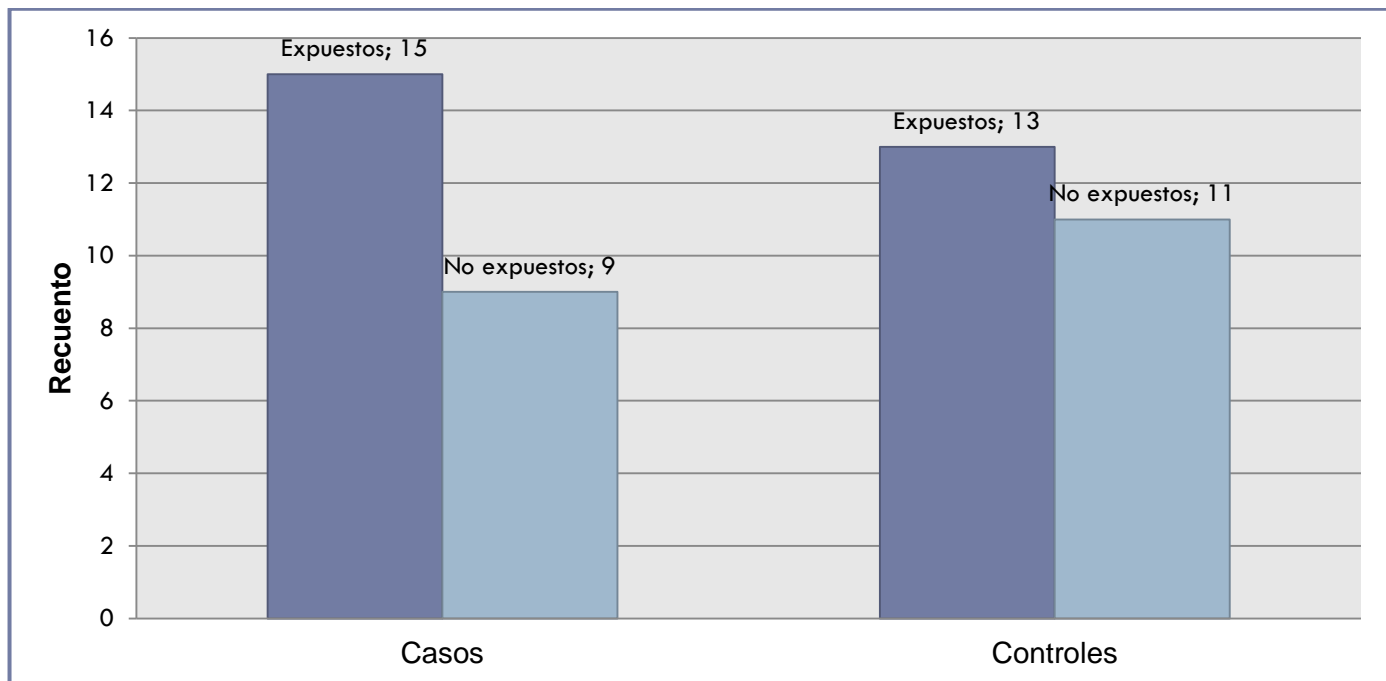


Figura 13. Grupo de casos y controles en relación a la distancia de los domicilios a las vías de alto flujo vehicular, como fuente de exposición a manganeso.

Elaboración propia en base a resultados registrados por el programa SPSS v. 16.

9. DISCUSIÓN

Los resultados del presente estudio muestran que los valores medios de las concentraciones de manganeso en las muestras dentales infantiles, tanto en los niños con comportamientos hiperactivos (6.2030 partes por millón) como los niños con desarrollo típico (5.7535 partes por millón) son superiores a las encontradas por Fisher y cols. en el año 2009 (1.95 partes por millón) en una población infantil de Polonia con rango de edad similar a los grupos de niños que participaron en esta investigación y además, son también superiores a las concentraciones encontradas por Nowak y Kozlowski (1997) que realizaron el análisis en la ciudad de Zwardoń incluyendo muestras dentales de población adulta (4.3 partes por millón). Considerando lo anterior, puede señalarse que, potencialmente existe una mayor exposición crónica a manganeso en los niños que participaron de este estudio, por tanto resulta pertinente evaluar la esta exposición en niños que habiten fuera de la Zona Metropolitana de Guadalajara para confirmar la condición de riesgo por exposición a manganeso en el área urbana.

Si bien las concentraciones de manganeso en los dientes reportadas por este estudio fueron marginalmente mayores para el grupo de casos que para el control, la prueba de diferencia de medias aplicada (Prueba T) indicó que estadísticamente no hay diferencias significativas entre los grupos, lo cual es similar a los resultados del estudio realizado en 2011 por Abdullah y cols. en California, E.U. quienes observaron que los valores medios de la concentración de manganeso en muestras dentales fue mayor en el grupo de niños con comportamientos disruptivos, caracterizados por altos niveles de hiperactividad, impulsividad y agresividad en relación a un grupo control, sin embargo, posterior a la prueba estadística de Wilcoxon Signed Rank, no encontraron diferencias significativas entre ambos grupos.

Nuestros resultados concuerdan con lo presentado por Barlow (1983) en una de las primeras investigaciones realizadas con la finalidad de investigar la asociación entre el comportamiento hiperactivo y la exposición a manganeso y partir de la cuál logra identificar una concentración marginalmente mayor de manganeso en cabello de niños con hiperactividad del Reino Unido que en el grupo control, sin embargo, esta diferencia no resultó ser estadísticamente significativa.

Por otra parte, estos resultados contrastan con los hallazgos reportados para una población infantil en Québec (6-15 años), donde las altas concentraciones de manganeso en cabello se asoció significativamente con el comportamiento hiperactivo y oposicional de los niños, en comparación con una población infantil expuesta a bajos niveles de manganeso en agua (Bouchard, et al. 2007); y con otro estudio realizado en Estados Unidos (Ericson, et. al. 2007) donde se muestra una correlación entre la escala de desórdenes disruptivos del comportamiento con los niveles de concentración de manganeso en el esmalte de muestras dentales. De ahí que resulte conveniente realizar estudios en este sentido con un mayor número de muestras.

Considerando las evidencias en relación a las vías de alto tráfico vehicular como una de las mayores fuentes de exposición a metales en las ciudades (Ewen, et al. 2009; Wei et al. 2009S weitlik, et al. 2012), se analizó la distancia a las vías de alto flujo vehicular como factor determinante de la concentración de manganeso en las muestras dentales infantiles, los resultados de este estudio muestran que existe una discreta disminución en la concentración de manganeso en las muestras dentales infantiles conforme aumenta la distancia de los domicilios de los niños a la vía de alto flujo vehicular más próxima. Sin embargo, los resultados de la correlación lineal indican que la relación es estadísticamente débil.

Por tanto, los resultados arrojados en esta investigación muestran que aunado a la exposición a metales provenientes de las vías de alto flujo vehicular, existen otros factores o vías de exposición que determinan la incorporación de manganeso en el organismo de la población en estudio.

Otras fuentes de exposición que se han identificado como contribuyentes mayores a la exposición infantil crónica a manganeso son el agua (Bouchard, et al. 2007), polvo en manos de niños antes de jugar (Gulson, et al. 2006), la proximidad a sitios de desechos peligrosos (Wright et al. 2006) y plantas de aleación ferro-manganeso (Menezes-Filho, et al. 2011). Por tanto, para efecto de evaluar la influencia de la proximidad de los domicilios a las vías de alto flujo vehicular como fuente de exposición crónica a manganeso, será necesario, en el futuro, considerar en el análisis otras exposiciones ambientales, tales como el agua, los alimentos, la proximidad a sitios de desechos peligrosos o industrias que en su sistema productivo utilicen manganeso.

Debido a que, en nuestro conocimiento, no existen otros estudios que evalúen la relación entre la concentración de manganeso en muestras dentales de niños con comportamientos hiperactivos y la proximidad de los domicilios a las vías de alto flujo vehicular, no es posible contrastar estos resultados con investigaciones similares.

En relación a la proximidad de los domicilios de los niños a las vías de alto flujo vehicular como factor de riesgo en el desarrollo de comportamientos hiperactivos en la población infantil, los resultados del presente estudio señalan que el vivir a menos de 600 metros de las vías de alto flujo vehicular representa la misma condición de riesgo que vivir a una distancia mayor para el desarrollo de comportamientos hiperactivos en la población infantil, sin embargo, en vista de la creciente serie de evidencias científicas en torno a los impactos en la salud derivados de la exposición crónica a manganeso y a otros contaminantes del aire emitidos por los automóviles (U.S. Department of Human Services, 2012), habrá de considerarse en el futuro realizar mayores investigaciones en este campo, así como establecer lineamientos y políticas ambientales que promuevan la disminución de la cantidad viviendas en las inmediaciones de vías de alto flujo vehicular.

Sobre el uso de muestras dentales como biomarcador de exposición crónica a manganeso, cabe señalar que al ser la donación de las muestras un procedimiento no invasivo, facilita la donación de las muestras, más aún en población infantil; además, en el presente estudio se analizaron los órganos dentarios por espectrofotometría de absorción atómica, lo cual en términos económicos y técnicos resulta beneficioso en comparación con la técnica de espectrometría de masas con fuente de plasma de acoplamiento inductivo por ablación laser realizada por Arora y cols. en 2011

Las desventajas de utilizar dientes como muestras para análisis de exposiciones ambientales a contaminantes es que la donación de los órganos dentarios requiere un tiempo de espera prolongado, en virtud de que la muda de dientes es un proceso no controlable.

Aunque la presente investigación tuvo entre sus limitantes los recursos económicos, humanos y de tiempo que deben ser considerados para investigar en profundidad el problema de contaminación crónica por Mn en la Zona Metropolitana de Guadalajara, el presente es el

primer estudio a nuestro conocimiento, que reporta las concentraciones de manganeso en las muestras dentales de niños con desarrollo típico, así como con diagnóstico clínico de comportamiento hiperactivo en México y puede orientar investigaciones futuras para delimitar escenarios de vulnerabilidad, permitir el monitoreo de los riesgos y contribuir a la prevención de exposición infantil a Mn.

Además, se comprobó exposición infantil crónica a manganeso ambiental en todos los niños participantes del estudio mediante el análisis de muestras dentales y dado que existe evidencia de que este metal está relacionado con discapacidades en el neurodesarrollo (Wright et al. 2006, Bouchard et al. 2008; Menezes-Filho et al. 2011), es necesario realizar más investigaciones en este campo.

Los resultados del presente estudio se suman a la serie de evidencias en relación a una potencial asociación entre la exposición a contaminantes del aire por manganeso y la presencia de comportamientos hiperactivos en la población infantil y abona a las actuales discusiones en torno a la neurotoxicidad del manganeso, así como en el uso de muestras dentales como biomarcadores de exposición crónica a este metal.

10. CONCLUSIONES

Las concentraciones de manganeso encontradas en las muestras dentales infantiles constituyen evidencia de exposición a este metal en la Zona Metropolitana de Guadalajara, por tanto, es necesario evaluar diversos tipos de vías de exposición y fuentes emisoras y/o de descargas al medio ambiente en la ciudad.

Uno de cada cuatro niños del total diagnosticados con comportamientos hiperactivos vive en la proximidad al Periférico Manuel Gómez Morín, que presenta una afluencia vehicular mayor a 50,000 automóviles por día.

Los valores medios de las concentraciones de manganeso en las muestras dentales infantiles, tanto en los niños con comportamientos hiperactivos como en el grupo de población control se encontraron con niveles identificables de manganeso y fueron superiores las concentraciones reportados por investigaciones similares, lo cual indica que existe una mayor exposición a manganeso en la población infantil de la Zona Metropolitana de Guadalajara en comparación con los datos reportados para otras poblaciones.

Aunque las concentraciones de manganeso en muestras dentales infantiles del grupo de casos fue marginalmente superior al del grupo control, la evidencia estadística señala que no existen diferencias significativas entre ambos grupos.

En relación a la exposición a manganeso, el vivir a menos de 600 metros de una línea de alta afluencia vehicular representa una misma condición de riesgo que habitar a una mayor distancia.

Los estudios que se realicen en el futuro sobre exposición a manganeso deberán considerar diversas fuentes como las instalaciones industriales así como otras vías de exposición ambiental a este metal, tales como el agua y los alimentos.

Es necesario realizar otros estudios que evalúen exposición a manganeso en conjunto con otros metales y/o tóxicos ambientales como el plomo, los cuales generan sinergia y aumentan el potencial de daño y/o afectación a nivel del neurodesarrollo infantil.

11. RECOMENDACIONES

Resulta de gran importancia ampliar las investigaciones en salud ambiental en los municipios en la Zona Metropolitana de Guadalajara para identificar las fuentes contaminantes de manganeso, evaluar la exposición y potenciales efectos en la salud de la población para incrementar evidencias que puedan ser utilizadas como insumos para el diseño de estrategias de comunicación y prevención de riesgos ambientales.

Es necesario contar con un inventario de emisiones y/o descargas industriales o domésticas de manganeso, con la finalidad de evaluar su contribución al ambiente, además de establecer lineamientos en relación a los límites permisibles para la protección de la salud de la población que vive, trabaja o estudia en las inmediaciones a fuentes contaminantes.

Para evaluar de mejor manera el impacto de la exposición infantil a manganeso y su relación con el comportamiento hiperactivo infantil es necesario implementar criterios que identifiquen la exposición a este metal en las historias clínicas de los pacientes, como son las actividades laborales de los padres que se relacionen con la aleación de metales, minería e industria química, además de describir las características y localización de las viviendas y escuelas en relación a fuentes que liberen manganeso al aire, agua y/o alimentos, como son las industrias químicas, de producción o fundiciones de hierro y acero de ferroaleaciones, centrales eléctricas y hornos de coque.

Se requiere incluir en la práctica las escalas –leve, moderada, severa-, sugeridos en los protocolos de diagnóstico clínico de los pacientes con comportamientos hiperactivos, para fines de evaluar con mayor precisión su relación con exposiciones ambientales de riesgo a la salud infantil.

12. REFERENCIAS

Agnew, J. K, Mitchell. y G,Toal, (2003). A Companion to Political Geography eds. J. Reino Unido. Blackwell Publishers Ltd.

American Academy of Pediatrics. 1996. The Classification of Child and Adolescent Mental Diagnoses in Primary Care. Diagnostic and Statistical Manual for Primary Care (DSM-PC), Child and Adolescent Version. Elk Grove Village, IL.

American Psychiatric Association (APA), (2002) Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales (DSM-IV-TR), Editorial: Masson, Barcelona.

Asociación Médica Mundial (2008). Declaración de Helsinki. Asamblea de Seúl, Corea. Principios éticos para las investigaciones en humanos. Disponible en http://www.wma.net/es/30publications/10policias/b3/17c_es.pdf [Consultado 17-Mayo-2012]

Arora, M., Hare, D., Austin, C., Smith, DR., Doble, P. (2011). Spatial distribution of manganese in enamel and coronal dentine of human primary teeth. Institute of Dental Research, Westmead Centre for Oral Health, Westmead Hospital, Westmead, Australia. *Science of Total Environment*, 2011. 7:9.

Bearer, CF. (2000).The special and unique vulnerability of children to environmental hazards. Department of Pediatrics, Case Western Reserve University, School of Medicine, Cleveland, OH, USA. *Neurotoxicology*. 21:34. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11233762> [Consultado 02-Feb-2012]

Bearer, CF. (1995). *Environmental health hazards: how children are different from adults*. The Future of Children: critical Issues for Children and Youths. Future of Children Organization.Disponible en: http://www.futureofchildren.org/usr_doc/vol5no2ART2.pdf. 5 vol (2) pag. 11-26. [Consultado 28-Oct-2011]

Balisteri, WF. (2000). Development and function. En: *Nelson Textbook of Pediatrics*. (16^a Ed.). Behrman RE, Kliegman RM, Jenson HB. Filadelfia Eds. WB Saunders Company. 1194:1197.

Bast-Pettersen, R., Ellingsen,DG.,Hetland, SM.(2004). Neuropsychological function in manganese alloy plant workers. *International Archives of Occupational and Environmental Health*. 277:287

Brauer, M., Lencar, C., Tamburic, L., Koehoorn, M., Demers, P., Karr, C. (2008). A cohort study of traffic-related air pollution impacts on birth outcomes *.Environmental Health*

Perspectives. 112:116. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18470315>. [Consultado 06-Oct-2011]

Bosque, Joaquín., Díaz, C., Díaz, Muñoz, M. (2001). De la justicia espacial a la justicia ambiental en la política de localización de instalaciones para la gestión de residuos en la Comunidad de Madrid. *Boletín de la Real Sociedad Geográfica*. 89:114. Disponible en: <http://www.realsociedadgeografica.com/es/pdf/Boletin%20137-138.pdf> [Consultado 26-Nov-2011]

Bouchard, M., Laforest, F., Vandelac, L., Bellinger, D., Mergler, D. (2007). Hair Manganese and Hyperactive Behaviors: Pilot Study of School-Age Children Exposed through Tap Water. *Environmental Health Perspectives*. 115:122–127 Disponible en: <http://ehp03.niehs.nih.gov/article/fetchArticle.action?articleURI=info%3Adoi%2F10.1289%2Fehp.9504> [Consultado 06-Oct-2011].

Brauer, M., Hoek, G., Van Vliet, P., Meliefste, K., Fischer, P., Wijga, A., Koopman, L., Neijens, H., Gerritsen, J., Kerkhof, M., Heinrich, J., Bellander, T. y Bert Brunekreef. (2002). Air Pollution from Traffic and the Development of Respiratory Infections and Asthmatic and Allergic Symptoms in Children. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, (16) 1092:1098. Disponible en: <http://ajrccm.atsjournals.org/cgi/reprint/166/8/1092> [Consultado 25-Sept-2011].

Borja-Aburto, V., Castillejos, M., Gold, D., Biersinky, S. y Loomis, D. (1998) Mortality and ambient fine particles in South West, México City. *Environmental Health Perspectives*. 12 (49):855

Boyes WK, Miller DB. (1998). A review of rodent models of manganese neurotoxicity. *NeuroToxicology* 19(3):468.

Buringh, E., Fischer, P., Hoek, G. (2000). Is SO₂ a causative factor for the PM-associated mortality risks in the Netherlands? *Inhalation Toxicology*. (12) S55:S60.

Carlsten, C., Dybuncio, A., Becker, A., Chan-Yeung, M., Brauer, M. (2010). Traffic-related air pollution and incident asthma in a high-risk birth cohort. *Occupation and Environmental Medicine*. 7(2):153

Chambers, Robert. (1989). Editorial: Vulnerability, Coping and Policy. *Institute of Development Studies (IDS)*. (20)1:7

Chan, Yupo. (2001). *Location theory and decision analysis*. Cincinnati, Ohio. South-Western College.

Chan, Tony. Jing, Hung (2009). *Manganese burden of deciduous teeth and childhood behavioral deficits*. University of California, Irvine. United States.

Chess, S. (1960). Diagnosis and treatment of the hyperactive child. *New York State Journal of Medicine*. 60: 2379-2385.

Chia, SE., Foo, SC., Gan, SL. (1993). Neurobehavioral functions among workers exposed to manganese ore. *Scandinavian Journal of Work Environment and Health*. Vol. 19: 264-270.

Collipp, P.J., et al. (1983). Manganese in infant formulas and learning disability. *Annals of Nutrition and Metabolism*. Vol. 27(6):488-494. Disponible en: <http://content.karger.com/ProdukteDB/produkte.asp?Doi=176724> [Consultado el 05-Nov-2011]

Corvalán, C., Briggs, D.J. and Kjellstrom, T. (1996) Development of environmental health indicators. En: *Linkage methods for environment and health analysis. General guidelines*. (Briggs, D., Corvalán, C. and Nurminen, M., eds). Geneva: UNEP, USEPA and WHO

Crinella FM, Cordova EJ, Ericson JE (1998). Manganese, aggression, and attention-deficit hyperactivity disorder. *Neurotoxicology* 19(3):468–469.

Curiel, Arturo. (2009). *Tendencias de la Salud Ambiental en la Zona Metropolitana de Guadalajara*. Academia Jalisciense de Ciencias. Guadalajara, México.

Curiel, Arturo y Garibay, Guadalupe. (2008). *Contaminantes atmosféricos en la Zona Metropolitana de Guadalajara de Impacto en la Salud Ambiental*. Guadalajara, Universidad de Guadalajara. Secretaría de Educación. Instituto Nacional de Ecología. México.

Curiel, Arturo y Garibay, Guadalupe. (2006). *Limitantes al desarrollo sustentable en Jalisco. Marco para una agenda educativa participativa*. Guadalajara: Universidad de Guadalajara.

Davydova, Valentina. (2004). Microclima y Situación Ecológica de la Zona Metropolitana de Guadalajara. En: López Coronado, Arcelia y Jesús Guerrero Nuño (comps.). *Ecología urbana en la Zona Metropolitana de Guadalajara*. Guadalajara: Ágata y Universidad de Guadalajara.

Diaz-Barriga, F., García, Susana., Corra, Lilian. (2010). Prevención de riesgos en poblaciones vulnerables en Galvão, Luiz A. Finkelman, Jacobo. Henao, Samuel (comps). *Determinantes Ambientales y Sociales de la Salud*. Washington, D.C.

Dobson, A. (1998): *Justice and the Environment. Conceptions of Environmental Sustainability and Theories of Distributive Justice*. Oxford. University Press.

Dobson AW, Erikson KM, Aschner M. (2004). Manganese neurotoxicity. *Ann NY Academy of Science*. 1012:115–128.

Dora C, Phillips M, eds. (2000) *Transport, environment and health*. Copenhagen, World Health Organization Regional Office for Europe. WHO Regional Publications: European Series, No. 89). Disponible en: <http://www.who.dk/document/e72015.pdf> [Consultado el 07-Dic-2011]

Elder, A. Gelein, R. Silva, V. Feikert, T. Opanashuk, Lisa. Carter, J. Potter, R. Maynard, A. Ito, Y. Finkelstein, J. Oberdörster, G. (2006). Translocation of Inhaled Ultrafine Manganese Oxide Particles to the Central Nervous System. *Environmental Health Perspectives*. 114(8). Disponible en: <http://ehp03.niehs.nih.gov/article/info:doi/10.1289/ehp.9030> [Consultado el 02-Dic-2011]

Ericson, J.E., Crinella, F.M., Clarke-Stewart, K.A., Allhusen V.D., Chan, T., Robertson, R.T. (2007). Prenatal manganese levels linked to childhood behavioral disinhibition. *Neurotoxicology Teratology*. Vol. 29:181-7. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0892036206001140> [Consultado el 17-Oct-2011]

Eriksson H, Magiste K, Plantin LO, Fonnum F, Hedstrom KG, Theodorsson-Norheim E. (1987). Effects of manganese oxide on monkeys as revealed by a combined neurochemical, histological and neurophysiological evaluation. *Archives of Toxicology*. Disponible en: <http://ukpmc.ac.uk/abstract/MED/3439874> [Consultado el 03-Sept-2011]

Environmental Protection Agency (2010). Primary National Ambient Air Quality Standards for Nitrogen Dioxide; Final Rule. Anexo III. Disponible en: <http://www.gpo.gov/fdsys/pkg/FR-2010-02-09/pdf/2010-1990.pdf> [Consultado el 06-Dic-2011]

Environmental Protection Agency. (2002). *Child-specific exposure factors handbook*. EPA-600-P-00-002B.

Fitsanakis, V.A. Au, C. Erikson, K.M. Aschner, M. (2006). The effects of manganese on glutamate, dopamine and gamma-aminobutyric acid regulation. *Neurochem Int* 48:426–433.

Freeman, N.C. Sheldon, L., Jimenez, M., Melnyk, L., Pellizzari, E., Berry, M. (2001). Contribution of children's activities to lead contamination of food. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*. 11: 407–413 Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11687914> [Consultado el 05-Ene-2012]

Frumkin, H., Frank, L., Jackson, R. (2004). *Urban Sprawl and Public Health. Designing, planning and building for healthy communities*. Island Press.

Frumkin, Howard. (Ed.) (2010). *Salud Ambiental: de lo Global a lo Local*. Washington, DC. 184:208. Organización Panamericana de la Salud.

Frumkin, H. en Dannenberg, A., Frumkin, H. y Jackson, R. (eds.) (2011) *Making Healthy Places. Designing and Building for Health, Well-being, and Sustainability*. Cap. 9. Island Press.

Garibay, Guadalupe (Coord). (2008). *Aire y Salud*. Universidad de Guadalajara. Instituto de Medio Ambiente y Comunidades Humanas. Cuerpo Académico Salud Ambiental y Desarrollo Sustentable. 17:41

Gelobter, Michel. (1994). The meaning of urban environmental justice. *Fordham Urban Law Journal*. The Berkeley Electronic Press (be press) 21: 841-856

Goldman, LR. (1995). Case studies of environmental risks to children. The Future of Children: critical Issues for Children and Youths. Future of Children Organization. Vol. 5(2):27-33. Disponible en: http://www.futureofchildren.org/usr_doc/vol5no2ART2.pdf. [Consultado el 09-Ene-2012]

Grupp-Phelan, J., J.S. Harman, and K.J. Kelleher. 2007. Trends in mental health and chronic condition visits by children presenting for care at U.S. emergency departments. *Public Health Reports* 122 (1):55-61.

Johanson, B. L. (1997). Office of Disease Prevention and Health Promotion, Office of Public Health and Science, Office of the Secretary, U.S. Department of Health and Human Services. Recuperado el 28 de Agosto de 2008, de Office of Disease Prevention and Health Promotion, Office of Public Health and Science, Office of the Secretary, U.S. Department of Health and Human Services. Disponible en: <http://www.health.gov/environment/DefinitionsOfEnvHealth/ehdef2.htm> [Consultado el 09-Ene-2012]

Kelleher, K.J., T.K. McInerney, W.P. Gardner, G.E. Childs, and R.C. Wasserman. 2000. Increasing identification of psychosocial problems: 1979-1996. *Pediatrics*. 105 (6):1313-21.

Secretaría del Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable (2011). Información Ambiental. Gobierno de Jalisco. Disponible en: <http://siga.jalisco.gob.mx/ramag/imecasParticulas.aspx> [Consultado el 05-Sep-2012]

Harner, J., Warner, K., Pierce, J., Huber, T. (2002). Urban environmental justice indices. *Professional Geographer*. 54: 318-331

International Programme on Chemical Safety (IPCS). (2004) Glossary of key exposure assessment terminology. En: *IPCS Risk Assessment Terminology*. Geneva, World Health Organization, International Programme on Chemical Safety (Harmonization Project Document No. 1).

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. INEGI. (2011). México en Cifras. Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos. Disponible en:<http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx> [Consultado el 19-Oct-2013]

Iregren, A. (1990). Psychological test performance in foundry workers exposed to low levels of manganese. *Neurotoxicology and Teratology*. 12:673-675

Iregren, A. (1999). Manganese neurotoxicity in industrial exposures: proof of effects, critical exposure level, and sensitive tests. *Neurotoxicology*. 20:315-323

Kochtitzky, Chris (2011). Vulnerable Populations and the Built Environment. En Dannenberg, A., Frumkin, H. y Jackson, R. (eds.) *Making Healthy Places. Designing and Building for Health, Well-being, and Sustainability*. Cap. 9. Island Press.

Lazarus, Richard J. (1993). *Pursuing Environmental Justice: The Distributional Effects of Environmental Protection*. Northwestern University. School of Law Northwestern University. Law Review. Estados Unidos. Faculty Publications.

Lee, Charles. (2010). Justicia Ambiental. En: Frumkin, Howard. (Ed.). *Salud Ambiental: de lo Global a lo Local*. Washington, DC. Organización Panamericana de la Salud. 184:208

Li, D. Sham, PC. Owen, MJ. He, L. (2006). Meta-analysis shows significant association between dopamine system genes and attention deficit hyperactivity disorder (ADHD). *Human Molecular Genetics* 15:2276–2284

Lin, M., Chen, Y., Burnett, R.T., Villeneuve, P.J., and Krewski, D. (2002). The influence of ambient coarse particulate matter on asthma hospitalization in children: Case-crossover and time-series analyses. *Environmental Health Perspectives*. 110:575-581

Levy BS, Nassetta WJ. (2003). Neurologic effects of manganese in humans: a review. *Environmental Health Perspectives*. 9:153–163.

Lucchini, R., Selis, L., Folli, D.(1995). Neurobehavioral effects of manganese in workers from a ferroalloy plant after temporary cessation of exposure. *Scandinavian Journal of Work Environment and Health*.21:143-149).

Lucchini, R., Apostoli, P., Perrone, C., Placidi, D., Albini, E., Migliorati, P., Mergler, D., Sassine, MP., Palmi, S., Alessio, L. (1999). Long-term exposure to "low levels" of manganese oxides and neurofunctional changes in ferroalloy workers. *Neurotoxicology*. 20:287-97).

Lucchini, R.G., Albini, E., Benedetti, L.(2007) High prevalence of parkinsonian disorders associated to manganese exposure in the vicinities of ferroalloy industries. *American Journal of Industrial Medicine*. 50(11):788-800

Madhav G. Badami. (2005). Transport and Urban Air Pollution in India. *Environmental Management*. 36(2):195-204

Mergler, D., Huel, G., Bowler, R. (1994). Nervous system dysfunction among workers with long-term exposure to manganese. *Environmental Research*. 64:151-180

Mergler, D., Baldwin, M., Bélanger, S., Larribe, F., Beuter, A., Bowler, R., Panisset, M., Edwards, R., de Geoffroy, A., Sassine, MP., Hudnell, K. (1999). Manganese neurotoxicity, a continuum of dysfunction: results from a community based study. *Neurotoxicology*. 20 (327): 42

Moreno, A. y Cañada, R. (2007). Justicia ambiental y contaminación atmosférica por dióxido de azufre en Madrid: análisis espacio-temporal y valoración con Sistemas de Información Geográfica. *Boletín de la Asociación Geógrafos Españoles*. 44:301-324.

Moore, K., Neugebauer, R., Lurmann, F., Hall, J., Brajer, V., Alcorn, S., Tager, I. (2008). Ambient ozone concentrations cause increased hospitalizations for asthma in children: an 18-year study in Southern California. *Environmental Health Perspectives*. 116:1063–1070.

Morello-Frosch, R., Pastor, M Jr., Porras, C., Sadd, J. (2002) Environmental Justice and Regional Inequality in Southern California: Implications for Future Research. *Environmental Health Perspectives*. 110(2).

Munguía, M., y Pérez, J. (2003). La contaminación atmosférica en el sur de la Zona Metropolitana del Valle de México. *Revista del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias*, 6:48-53.

Organización de las Naciones Unidas. (1990). *Objetivos de Desarrollo del Milenio*. Nueva York. Disponible en: <http://www.un.org/spanish/millenniumgoals/bkgd.shtml> [Consultado 23-Sep-2011]

Organización de las Naciones Unidas (1992). *Declaración en Río de Janeiro sobre el medio ambiente y el desarrollo*. Division of SustainableDevelopment. Publicaciones Principales. Programa 21. Disponible en: http://www.un.org/esa/dsd/agenda21_spanish/res_riodecl.shtml [Consultado 12-Feb-2012]

Organización Mundial de la Salud (OMS). (1993). *Nuestro planeta, nuestra salud: Informe de la Comisión de Salud y Medio Ambiente de la Organización Mundial de la Salud*. Washington DC. Organización Panamericana de la Salud.

OMS. Organización mundial de la Salud. (1999) *Environmental Health Indicators: Framework and Methodologies*. OMS. Ginebra.

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2004). *De la teoría a la práctica: Indicadores de Salud Ambiental Infantil. Implementación de una iniciativa lanzada en la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible.* Disponible en: <http://www.who.int/ceh/indicators/indicadores.pdf> [Consultado 10-Dic- 2011].

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2006). *Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. Actualización mundial 2005.* Disponible en: http://www.who.int/phe/health_topics/AQG_spanish.pdf [Consultado 08-Nov-2011].

Organización Mundial de la Salud. (2006). *Ambientes saludables y prevención de enfermedades. Hacia una estimación de la carga de morbilidad atribuible al medio ambiente.* Ginebra. Prüs-Üstün.

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2008). *Enfermedades Respiratorias Crónicas.* Departamento de Enfermedades Crónicas y Promoción de la Salud. Ginebra, Suiza. Disponible en: <http://www.who.int/respiratory/asthma/es/> [Consultado 27-Nov- 2012].

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2009). *Informe Final de la Comisión de Determinantes Sociales de la Salud. Subsana las desigualdades en una generación.* Ginebra. Disponible en: http://whqlibdoc.who.int/publications/2009/9789243563701_spa.pdf [Consultado 22-Oct- 2012].

Organización Panamericana de la Salud (OPS). (2003). *Ambientes Saludables: Niños Saludables.* Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte. Washington Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsana/fulltext/chelac2es.pdf> [Consultado 11-Dic-2011].

Organización Panamericana de la Salud (OPS). (2000). *Plan Regional sobre Calidad del Aire Urbano y Salud para el período 2000-2009.* División de Salud y Ambiente. Washington, DC. Disponible en: www.gnc.org.ar/downloads/.../aire_urbano_y_salud OPS-OMS.doc [Consultado 26-May- 2012].

Pihl RO, Parkes M. (1977). Hair element content in learning disabled children. *Science* 198:204–206.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). (2002). *Children in the New Millennium.* The United Nations Children's Fund (UNICEF). Organización de las Naciones Unidas (OMS).

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). (2004). *Panorama del impacto ambiental de los recientes desastres naturales en América Latina y el Caribe*. XII Reunión del Foro de Ministros del Medio Ambiente de América y el Caribe.

Rice, D.C. 2000. Parallels between attention deficit hyperactivity disorder and behavioral deficits produced by neurotoxic exposure in monkeys. *Environmental Health Perspectives* 108 (3):405-408.

Rodier, P.M. 1995. Developing brain as a target of toxicity. *Environmental Health Perspectives* 103 (Suppl. 6):73-6

Rodríguez-Agudelo, Y., Riojas-Rodríguez, H., Ríos, C., Rosas, I., Sabido, E., Miranda, J. (2006). Motor alterations associated to environmental exposure to manganese in Mexico. *Science of the Total Environment*. 368:542–556.

Roels, HA.,Lauwerys, R., Buchet, JP. (1987). Epidemiological survey among workers exposed to manganese: Effects on lung, central nervous system, and some biological indices. *American Journal of Industrial Medicine*.11:307-327.

Roels, HA.,Ghyselen, P., Buchet, JP. (1992). Assessment of the permissible exposure level to manganese in workers exposed to manganese dioxide dust. *British Journal of Industrial Medicine*. 49:25-34.

Rojas, R., Pérez, R., Olaiz, G., Mendoza, L., Moreno, H., Fortoul, T., McDonnell, W., Loomis, D. y Romieu, I. (2007) Lung Function Growth in Children with Long Term Exposure to Air Pollutans in Mexico City, *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*.176:1-8..

Samet, J y Krewski, D. (2007). Health effects associated with exposure to ambient air pollution.*Journal of Toxicology and Environmental Health*. 70:227-42.

Sagvolden, T. Johansen, EB. Aase, H. Russell, VA (2005). A dynamic developmental theory of attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD) predominantly hyperactive/impulsive and combined subtypes. *Behavioral Brain Sciences*. 28:397–419

Sarokin, David and Schulkin, Jay. (1994). Environmental justice: Co-evolution of environmental concerns and social justice. US Environmental Protection Agency.*The Environmentalist*. 14(2):121-129

Scahill, L.; Schwab-stone, M., "Epidemiology of ADHD in school-age children", *Child Adolescence Psychiatric Clinic*. 9(3):541- 555.

Selevan, Sherry G., Kimmel, Carole A., Mendola, Pauline. (2000) Identifying Critical Windows of Exposure for Children's Health. *Environmental Health Perspectives*. 108(3).

Sistema DIF Jalisco (2012). Manual de Conducta y Ética. Dirección de Recursos Humanos. Jalisco, México. Disponible en: http://transparencia.info.jalisco.gob.mx/sites/default/files/manual_conducta_y_etica.pdf [Consultado 5-Feb-2012]

Smith, KR., Corvalán, CF., Kjellström, T. (1999) How much global ill-health is attributable to environmental factors? *Epidemiology*. 10(5):573-584

Snodgrass, WR. (1992). Physiological and biochemical differences between children and adults as determinants of toxic response to environmental pollutants. En: Guzelian PS, Henry CJ, Olin SS, Ed. *Similarities and Differences between Children and Adults: Implications for Risk Assessment*. Washington. 35:42

Strickland, MJ., Darrow, LA., Klein, M, Flanders, WD, Sarnat JA., Waller, LA., Sarna, SE., Mulholland, JA., Tolbert, PE. (2010). Short-term associations between ambient air pollutants and pediatric asthma emergency department visits. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. Vol.182:307–316

Tarlov, A. (1996). Social determinants of health: the sociobiological translation. En: Blane D, Brunner E, Wilkinson R (eds). *Health and social organization*. Londres. Routledge. 71:93.

The American Lung Association. (2001). Urban Air Pollution and Health Inequities: A Workshop Report. *Environmental Health Perspectives*. 109(s3). Disponible en: <http://ehp03.niehs.nih.gov/article/fetchArticle.action?articleURI=info%3Adoi%2F10.1289%2Fehp.01109s3357>

U.S. Department of Education. 2007. 27th Annual (2005) Report to Congress on the Implementation of the Individuals with Disabilities Education Act, Vol. 1. Washington, DC.

U.S. Department of Health and Human Services. (2008). *Draft Toxicological Profile for Manganese*. Public Health Service Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Atlanta.

U.S. Department of Health and Human Services (1997). *Healthy children-toxic environments: acting on the vulnerability of children who dwell near hazardous waste sites*. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Disponible en: <http://www.atsdr.cdc.gov/child/chw497.html>. [Consultado 15-Nov- 2012].

United Nations Development Programme. (2004). *Reducing disaster risk: a challenge for development. A global report*. Bureau for Crisis Prevention and Recovery. Nueva York. Disponible en: http://www.undp.org/cpr/whats_new/rdr_english.pdf [Consultado 29-Dic-2011].

Vásquez, A.E. y Salgado, M. (2009). Desigualdades socioeconómicas y distribución inequitativa de los riesgos ambientales en las comunas de Peñalolén y San Pedro de la Paz. *Revista de Geografía Norte Grande*. 43:95-110.

Weinhold, Bob. (2006). Ultrafines' Quick Neurological Hit: Particles Take a Direct Route to the Brain. *Environmental Health Perspectives*.114:A486-A486. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1552008/> [Consultado 01-Feb- 2012].

Wennberg, A., Iregren, A., Struwe, G. (1991). Manganese exposure in steel smelters a health hazard to the nervous system. *Scandinavian Journal of Work Environment and Health*. 17:255-262

Wong, E. Gohlke, J. Griffith, W. Farrow, S. and Faustman, E.(2004) Assessing the Health Benefits of Air Pollution Reduction for Children. *Environmental Health Perspectives*. 112:226–232. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1241833/pdf/ehp0112-000226.pdf> [Consultado 03-Abr- 2012].

World Health Organization (WHO). (2009). *Global Health Risks. Mortality and burden of disease attributable to select major risks*. Ginebra, Suiza. Disponible en: http://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/GlobalHealthRisks_report_full.pdf [Consultado 19-Jun- 2012].

World Health Organization (WHO). (2005). *Principles of characterizing and applying human exposure models*. International Labour Organization, the United Nations Environment Programme y the Inter-Organization Programme for the Sound Management of Chemicals. Disponible en:<http://www.inchem.org/documents/harmproj/harmproj/harmproj3.pdf> [Consultado 10-Jul- 2012].

Zhu, Yifang., Hinds, W., Kim, S., Shen, S., Sioutas, C. (2002). Study of ultrafine particles near a mayor highway with heavy-duty diesel traffic. *Atmospheric Environment*. 36: 4323-4335).

Nombre de madre, padre o tutor del niño(a):

Nombre del médico que atiende al niño(a) en Clínica de conducta del DIF Jalisco:

¿Conserva los dientes que mudó el niño(a)?

¿Próximamente mudará algún diente el niño(a)?

¿Está dispuesto(a) a donar algún diente del niño(a) para la investigación?

¿Nos permite llamarle para recordarle traer el diente del niño(a) a la clínica de conducta del DIF Jalisco o acudir por el diente a su domicilio?

13. 2 ANEXO 2: INSTRUMENTO PARA PADRES Y/O TUTORES. CUESTIONARIO DE DONACIÓN



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

**CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y
AGROPECUARIAS
CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS DE LA SALUD**

MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA SALUD AMBIENTAL

Folio:

Nombre del niño(a) a quien pertenece la muestra dental:

¿El niño(a) ha recibido tratamientos dentales? SI NO

¿Cuáles?

Blanqueamiento() Extracción() Ortodoncia/brackets() Endodoncia()

Otro () Cuál:

En qué fecha se realizó el tratamiento:

13. 3 ANEXO 3. ESCALA DE DOMINIO DE HIPERACTIVIDAD.

ESCALA CUANTITATIVA SNAP-IV (VERSIÓN ABREVIADA)

Referencia: James M. Swanson, Ph.D. Universidad de California, Irvine, CA

Nombre: _____ Sexo: _____

Fecha de Nacimiento _____ Grado escolar _____

Encuesta contestada por _____

Para cada una de las 18 frases siguientes, usted debe puntuar entre 0 y 3 según la intensidad con que la frase caracterice al niño. No deje ninguna sin puntuar.

	RUBROS	PARA NADA, CASI NUNCA (0)	UN POCO, A VECES (1)	SI BASTANTE (2)	SI MUCHO (3)
Déficit de Atención	1.- A menudo no presta atención minuciosa a los detalles o comete errores por descuido en los trabajos escolares o en tareas				
	2.-Con frecuencia tiene dificultad para permanecer atento en juegos o en tareas				
	3.-A menudo parece que no escucha cuando se le habla directamente				
	4.-Con frecuencia no cumple las instrucciones ni termina el trabajo escolar, tareas o deberes				
	5.-A menudo tiene dificultad para ordenar sus tareas y actividades				
	6.-En muchas ocasiones evita, rechaza o a regañadientes participa en tareas que le exigen un esfuerzo mental sostenido				
	7.-A menudo pierde objetivos necesarios para actividades (por ej. Juguetes, lápices o libros)				
	8.-Con frecuencia se distrae por estímulos externos				
	9.-Olvida actividades diarias.				

Hiperactividad / Impulsividad	10.-Mueve constantemente las manos o los pies o se mueve en su asiento.				
	11.-A menudo se levanta de su sitio en clase o situaciones en las que se espera que esté sentado.				
	12.-Con frecuencia se mueve, columpia o trepa en situaciones en las que no es apropiado.				
	13.-Suele tener dificultades para jugar o participar en actividades de forma ordenada o en silencio				
	14.-A menudo esta listo para cualquier actividad y se mueve rápidamente, como impulsado por un motor.				
	15.-Suele hablar en exceso.				
	16.-A menudo responde antes de que se haya completado la pregunta.				
	17.-Tiene dificultades para esperar su turno				
	18.-Suele interrumpir o entrometerse(por ejemplo en conversaciones o juegos)				

*Con frecuencia significa que el síntoma se presenta casi todos los días, la mayor parte del día y con una intensidad mayor que lo observado en sujetos con un nivel de desarrollo similar

Hiperactividad / Impulsividad Déficit de atención

Interpretación de la escala SNAP-IV (para uso exclusivo del profesional): 1 a 9 valoran el déficit de atención y 10 a 18 la hiperactividad / impulsividad. Se suman los puntos de cada bloque y se dividen entre 9, y posteriormente los de ambos bloques y se dividen entre 18. Se utiliza como punto de corte de la normalidad el percentil 95 (probabilidad de error del 5%)

- Para el déficit de atención: 2,56 para el profesor y 1,78 para padres
- Para hiperactividad / impulsividad: 1,78 para el profesor y 1,44 para padres
- Para ambos: 2,00 para el profesor y 1,67 para los padres

13.4 ANEXO 4. TÉCNICA DE CENSO VOLUMÉTRICO DE TRÁFICO.

-MÉTODO DE CONTEO MANUAL ó AFORO VEHICULAR-

1. Antes de las 7:00 horas un punto adecuado para el aforo con amplia visibilidad a todo el ancho de la vía vehicular.
2. Se posicionan los 4 dígitos del cuenta bultos en cero.
3. Se inicia el conteo a las 7:00 horas y se anota la cantidad de automóviles que circularon por la avenida cada 10 minutos
4. Se finaliza el conteo a las 10:00 horas.
5. La sumatoria del conteo de automóviles de las 18 muestras se multiplican por 2.
6. El resultado de la operación corresponde a la estimación aproximada del número de automóviles/día que circulan por la avenida.

13.5 ANEXO 5. CONSENTIMIENTO INFORMADO

FORMULARIO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA DONACIÓN DE MUESTRAS DENTALES, USO DE INFORMACIÓN Y DATOS PERSONALES

DECLARO:

Que el se me ha explicado el propósito de la DONACIÓN DE MUESTRA DENTAL de mi hijo(a) y el uso de la información y datos personales.

1. La donación de muestras para investigación es voluntaria y altruista. Su único beneficio es el saber que ha colaborado en este proceso y recibir información sobre los resultados del análisis realizado a la muestra donada. Si usted decide no participar, su relación con los equipos médicos que le atiendan no se verá afectada.
2. La muestra dental e información provista no podrá ser objeto directo de actividades con ánimo de lucro.
3. La donación de su muestra no supone ningún gasto extra para usted (o su representante legal).

DESTINO DE LA MUESTRA

Con la firma de este consentimiento, autoriza a procesar las muestras donadas y los datos sobre la salud de su hijo(a), cuando éstos puedan ser relevantes para los fines de la investigación.

Se registrarán los datos que puedan identificarle con las muestras a conservar, empleando un procedimiento de codificación, para garantizar la protección de su identidad y sólo el responsable de esta donación podrá relacionar estos datos con usted.

CONSENTIMIENTO PARA DONACIÓN DE MUESTRAS PARA INVESTIGACIÓN

Yo _____

Por la presente afirmo haber obtenido información adecuada sobre la donación de muestras dentales junto con la información clínica para la investigación titulada: "Exposición Infantil a Manganeseo en la Zona Metropolitana de Guadalajara" realizada en el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara.

Yo DOY mi consentimiento para que la Q.F.B. Claudia Iliana Limón Aguirre analice las muestras de mi hijo (a) y los datos de salud relevantes (excepto los que lo identifiquen).

Se me ha advertido sobre la posibilidad de recibir información relativa a los resultados de la investigación.

Yo solicito información

No deseo recibir información

Fecha _____

Nombre _____ Firma _____

Nombre de mi hijo(a) y/o tutorado(a) _____

Constato que he explicado las características de las condiciones de conservación y seguridad que se aplicarán a la muestra y a los datos clínicos y personales.

Nombre responsable _____ Firma _____

13.6 ANEXO 6. REPORTE FOTOGRÁFICO. MUESTRAS DENTALES

