

UNIVERSIDAD DE SONORA
DIVISIÓN DE CIENCIAS SOCIALES
PROGRAMA DE MAESTRÍAS EN PSICOLOGÍA

**EL IMPACTO DE LOS POLVOS SOBRE EL RENDIMIENTO ESCOLAR DE
UNA POBLACIÓN INFANTIL DEL NORTE DE LA CIUDAD DE HERMOSILLO**



TESIS

Que para obtener el grado de:
MAESTRA EN PSICOLOGÍA

Presenta:
MARÍA ELENA BARAJAS OLVERA

Directora de Tesis:
Dra. Laura Elena Urquidi Treviño

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

Hermosillo, Sonora, Abril 2 de 2009.

Dra. Blanca A. Valenzuela
Directora de la División de Ciencias Sociales
Presente.

Los abajo firmantes, miembros de la Comisión Dictaminadora del trabajo de

María Elena Barajas Olvera

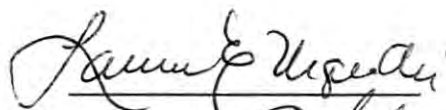
Consideramos que el estudio titulado:

El impacto de los polvos sobre el rendimiento escolar de una población infantil del Norte de la ciudad de Hermosillo

mismo que presenta para obtener el grado de Maestra en Psicología, cumple con los requisitos necesarios para ser presentados como tesis, por lo que solicitamos efectúe los trámites correspondientes para fijar la fecha y lugar en que deberá realizarse el examen para obtener el grado mencionado.

Atentamente

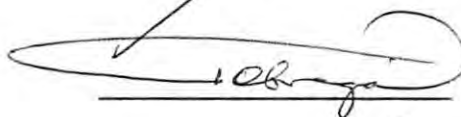
Dra. Laura Elena Urquidi Treviño
Asesora Dictaminadora Directora



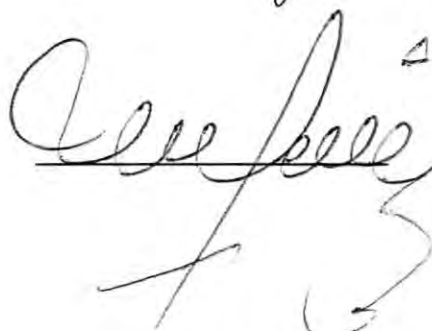
Dra. Blanca A. Valenzuela
Asesora Dictaminadora



Mtro. Francisco Obregón Salido
Asesor Dictaminador



Dra. Miriam Teresa Domínguez Guedea
Asesora Dictaminadora



Agradezco profundamente a la Dra. Laura Elena Urquidi Treviño por el apoyo que me brindó para la realización del presente trabajo de tesis.

Concluyo esta tesis con la esperanza de que mi esfuerzo sirva de ejemplo a mis nietos, Han, Angeles y Uma.

INDICE

	Introducción	7
1.	Antecedentes	10
1.1.	Los problemas ambientales de México	15
1.2.	La psicología ambiental	18
1.3.	Una investigación sobre rendimiento escolar en la psicología ambiental	21
	1.3.1. Contaminación atmosférica	22
	1.3.2. Polvos y partículas suspendidas: su impacto sobre la salud	23
	1.3.3. Infecciones respiratorias agudas (IRA's)	27
	1.3.4. Rendimiento escolar y salud	29
	1.3.5. Ausentismo escolar	33
2.	Primer estudio. Contaminación atmosférica e infecciones respiratorias agudas en la ciudad de Hermosillo, Sonora, 1995-1996	36
2.1.	Descripción del área de estudio	36
	2.1.1. Topografía	36
	2.1.2. Hidrología	36
	2.1.3. Climatología	37
	2.1.4. Edafología	37
2.2.	Contaminación del Aire	38
2.3.	Concentración de partículas en aire ambiente para la ciudad de Hermosillo, Sonora, México durante el periodo 1990–1995	39
	2.3.1. Partículas suspendidas totales	41
	2.3.2. Partículas menores de diez micras	43
2.4.	Registro de infecciones respiratorias agudas del Municipio de Hermosillo en 1995 y 1996	44
2.5.	Conclusiones 1995 – 1996	49
3.	Segundo estudio. El impacto de los polvos sobre el rendimiento escolar de una población infantil del Norte de la Ciudad de Hermosillo	51
3.1.	Hipótesis de trabajo	51
3.2.	Metodología	51
	3.2.1. Escenario	51
	3.2.2. Sujetos	52
	3.2.3. Polvos	52
3.3.	Procedimiento	53

3.4.	Resultados	55
	3.4.1. Mediciones de polvos	55
	3.4.2. Rendimiento escolar	57
	3.4.3. Ausentismo	58
3.5.	Seguimiento	60
4.	Tercer estudio. Reporte de contaminación atmosférica e IRA´s en el Municipio de Hermosillo 2005 – 2006	61
4.1.	Reporte de la contaminación atmosférica 2005 – 2006, Municipio de Hermosillo	61
4.2.	Registro de infecciones respiratorias agudas del Municipio de Hermosillo en 2005 y 2006	64
4.3.	Conclusiones 2005 – 2006	68
5.	Comentarios y recomendaciones	70
	Referencias	74
	Anexos	81

Existen datos que son muy valiosos en el momento de su recolección, pero su verdadero valor lo cobran sólo con el paso del tiempo.

Bertrand Russell

Introducción

Desde hace casi dos décadas, Hermosillo ha sido descrito como un sitio contaminado por el polvo producido en forma natural por arrastres provenientes del sur-oeste y por fuentes móviles (vehículos automotores). En 1990 la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP) inició un programa de monitoreo de la calidad del aire con dos indicadores: partículas suspendidas totales (PST) y partículas menores de diez micras (PM10). Los resultados obtenidos mostraron consistentemente mediciones por encima de las normas de salud establecidas, NOM-024-SSA1-1993 y NOM-SSA1-025-1993 (Diario Oficial de la Federación, 1994)

En 1995, a partir de la revisión de los datos de calidad de aire reportados por la SEMARNAP y por la incidencia de infecciones respiratorias agudas (IRA's) reportados por la Secretaría de Salud, el gobierno del Estado de Sonora a través de la Dirección General de Normatividad Ecológica (DGNE) promovió ante las instancias mencionadas un programa tendiente a correlacionar los datos de PST y de PM10 con los de IRA's; se pretendía evidenciar, con datos locales, el impacto que la calidad de aire tenía sobre la salud de los hermosillenses. La iniciativa de la DGNE fue entonces desatendida y de ahí surgió, a manera personal, el proyecto de la presente investigación.

Esta investigación consta de tres estudios, en el primero se documentan la calidad del aire de 1990 a 1995, y la incidencia registrada para IRA's, de los años 1995 y 1996 en Hermosillo. El segundo estudio, vinculado a la perspectiva de la

psicología ambiental, se propone establecer la relación entre la calidad del aire y la incidencia de IRA's y, además, dar cuenta del impacto de estas variables sobre el ausentismo y el rendimiento escolar de una población infantil.

Este segundo estudio se llevó a cabo en la colonia Lomas de Madrid, una zona marginal del noroeste de la ciudad. Se seleccionó una población de educación básica conformada por los alumnos de primero, segundo y tercer año de dos escuelas primarias, Emiliano Zapata y Francisco I. Madero, ambas localizadas en un mismo predio; de entre esta población estudiantil se tomó una muestra representada por alumnos que cumplieran con los siguientes criterios: habitar dentro de un radio de diez manzanas de la escuela; ausentismo escolar, más de 3 ausencias al mes, y mostrar bajo rendimiento escolar (promedio de calificaciones de 7 o menos). Los polvos (PST y PM-10) que impactaban a las escuelas y la zona aledaña a estas, fueron monitoreados con un equipo de la SEMARNAP obtenido en *comodato* para los fines de esta investigación.

Se revisaron en forma individual las causas del ausentismo escolar, las cuales resultaron ser variadas (trabajo, ayuda en casa, diversos problemas de salud y hasta deserción), así la muestra seleccionada fue depurada manteniendo dentro de ella solamente a aquellos estudiantes de los cuales se comprobó que un problema de IRA's constituía la causa de su ausentismo escolar y lo anterior se presumió como responsable del bajo rendimiento escolar.

Los datos de nuestra muestra obtenidos en 1995 y 1996, aún cuando cumplieron con la hipótesis que correlaciona positivamente a la calidad del aire con las IRA's, y con el ausentismo y rendimiento escolar, no fueron publicados. Sin embargo, a diez años de distancia, y ya no siendo considerada una colonia marginal, Lomas de Madrid mantiene los mismos problemas urbanos, falta de pavimentación, y consecuentemente, tolveneras. Las condiciones ambientales de la Colonia Lomas de Madrid fueron expuestas en un artículo periodístico, en éste, se enfatiza la falta de

pavimentación, las tolvaneras que soportan los habitantes del área y la afectación de los polvos a la salud de los estudiantes del área (El Imparcial, 13/09/2004).

El programa de monitoreo de la calidad del aire del Municipio de Hermosillo a cargo de la SEMARNAP fue suspendido al finalizar 1996; pero a partir del 2004 el Municipio de Hermosillo retomó el programa; sin embargo, y a pesar de haber cambios evidentes en la extensión y el equipamiento de la ciudad, y al haberse alejado del centro las zonas marginales, la ubicación de los centros de monitoreo de polvos se mantienen en los mismos sitios de 16 años atrás.

Cabe también señalar que los datos de IRA's que sigue registrando la Secretaría de Salud y los de la calidad de aire del Municipio de Hermosillo, siguen siendo reportados en forma independiente, lo cuál no permite tener un esquema epidemiológico adecuado.

Por estas razones, se realizó un tercer estudio, en este se retoman para un análisis comparativo los datos de IRA's y de la calidad del aire (PST y PM₁₀) de los años 2005 y 2006 reportados oficialmente por el Municipio de Hermosillo y por la Secretaría de Salud del Estado de Sonora. Los datos obtenidos permiten evidenciar la relación temporal (estacional) entre la incidencia de IRA's y la calidad del aire, estos datos, para los fines de la investigación que nos ocupa son de un gran valor ya que permiten reforzar la conclusión de la muestra de Lomas de Madrid en cuanto a la prevalente calidad del aire, su afectación a la salud (IRA's) y su impacto sobre el ausentismo escolar y el rendimiento escolar.

1. Antecedentes

El hombre es la más destructora de todas las criaturas existentes. Por millones de años ha venido deteriorando su ambiente por medio de actividades atribuibles a su más valioso potencial, la inteligencia. Ha demostrado ser la especie que por excelencia ha sido incapaz de controlar sus índices de natalidad. Es cada día más claro que los recursos naturales de los que disponemos son limitados, sin embargo, esto no ha impedido la aparición de nuevos métodos y técnicas para la explotación de los mismos; la proporción entre la aparición de nuevas técnicas y la creciente población parece una carrera sin fin. Los resultados de esta carrera son índices cada día más bajos en la calidad de vida; hoy como nunca, y pese a nuestra avanzada tecnología existen condiciones de vida intolerables.

El siglo pasado fue testigo de dramáticos cambios, especialmente en dos factores que definen la realidad física de nuestra interrelación con los elementos de la tierra: un incremento vertiginoso de la población, que pudieran traducirse en la adición de toda la población de China por cada diez años y la sorprendente aceleración de una revolución científica y tecnológica, la cual ha permitido una inimaginable magnificación de nuestra capacidad para afectar el escenario que nos rodea, quemándolo, cortándolo, escarbándolo, moviendo y transformando físicamente la constitución que por milenios se mantuvo estable.

El incremento poblacional es por una parte responsable del cambio en las interrelaciones físicas y representa una clara ilustración de lo dramático de la transformación, especialmente cuando se revisa dentro de un contexto histórico. Desde el surgimiento del hombre moderno 200,000 años atrás hasta los tiempos de Julio César, menos de 250 millones de personas transitaban sobre la faz de la tierra. Al tiempo del descubrimiento de América por Cristóbal Colón, 1,500 años después, la población era de aproximadamente 500 millones. Cuando Thomas Jefferson escribió la Declaración de Independencia de los Estados Unidos de América, en 1776, la población se había duplicado. Para la mitad del siglo pasado, al final de la Segunda Guerra Mundial, la población se calculaba en alrededor 2,000 millones. En otras

palabras, desde la aparición de la raza humana a 1945, se tomó más de diez mil generaciones para alcanzar una población de 2,000 millones. Ahora se puede afirmar que en el transcurso de una sola generación, la población mundial se ha incrementado de 2,000 a más de 9,000 millones (Ehrlich y Ehrlich, 1990).

Se señala al desarrollo de la ciencia y la tecnología como responsables directas de la explosión demográfica del último siglo ya que éstas han propiciado condiciones para que el hombre supere las enfermedades, viva más años y en general, que goce de mejores condiciones de vida. Según Gleik (1987), en veinte años de nuestra era, se han producido más descubrimientos científicos que en toda la historia previa del quehacer científico; paradójicamente los beneficios que la ciencia ha ofrecido al hombre han impuesto una relación de cambio dinámico entre hombre y naturaleza que a corto plazo nos beneficia pero que a mediano y largo plazo deteriora el sustento global de la raza humana.

Ya que nuestra relación con la tierra ha cambiado tan drásticamente, una gran tarea debe desplegarse para entender las implicaciones de dichos cambios. Uno de nuestros retos, sin duda lo constituye el reconocimiento del deterioro ambiental extendido en todos los ecosistemas del planeta que debe ser analizado bajo la óptica de mitigable, de solución parcial, o de irreversible. El calentamiento global de la tierra, el deterioro de la capa de ozono, la creciente pérdida de especies (flora y fauna), la deforestación, la escasez de agua, el deshielo de los polos; todos ellos producto de una causa común: la relación entre la especie humana y el balance natural de la tierra.

Se pueden abordar dos aspectos del reto que enfrentamos. El primero consiste en darnos cuenta de nuestro poder destructivo que ha incidido en cambios globales de efectos permanentes. El segundo nos obliga a entender nuestro nuevo rol como co-arquitectos de la naturaleza, es decir a vernos como parte activa de un sistema complejo que no atiende más a simples reglas de causa y efecto. Nuestro problema va más allá de nuestro impacto sobre el ambiente, se trata de nuestra

interacción con el ambiente. Así, toda posible solución al respecto requerirá de una eficiente evaluación y análisis de las complejas interrelaciones entre los múltiples factores de nuestra civilización y los componentes naturales del sistema ecológico del cual formamos parte.

Hay muchos signos de que el medio ambiente está llegando al límite de su capacidad para seguir asimilando el nocivo impacto de la sobrepoblación con su forzada tecnología para mantenerla; la tierra está enferma y sus habitantes padecen sus síntomas. Cada uno de los signos de la tierra para adaptarse a los cambios que produce el hombre y el desarrollo tecnológico, afecta directa o indirectamente la salud de sus moradores. En cada una de las actividades del hombre se encuentra presente el riesgo ambiental. Lo que el hombre come, viene de tierras cada día más empobrecidas, de fertilizaciones extremas, de cultivos atacados por las plagas y defendidos por pesticidas. La alternativa de los alimentos procesados aporta a nuestros organismos químicos de los que en su mayoría desconocemos sus efectos; así, mantenemos cadenas de nutrición que tienen como último eslabón la empobrecida salud del hombre.

Se mantienen estilos de vida que fortalecen los sistemas de producción a costa de condiciones ambientales deplorables para los trabajadores, industrias que generan residuos tóxicos que se disponen inadecuadamente. La concentración poblacional en los llamados "polos de desarrollo" provoca hacinamiento y riesgo social. La agobiante necesidad de transportación de personas, recursos y artículos de consumo, en fin un progreso basado en la contaminación de todos los elementos esenciales para la salud y la vida (Herrera y Morales 1993).

La capacidad de regeneración de la flora y en particular de los bosques es otro grave problema ambiental que afecta la salud del hombre. Las excesivas demandas de la agricultura, la expansión de las ciudades y la industria acaban con la población verde del planeta. Se estima que cada minuto se pierden 5.6 hectáreas de áreas verdes con la consecuente pérdida de las especies animales que ahí habitan. La

lluvia favorecida por las áreas verdes se vuelve cada día más escasa, alterando gradualmente los patrones climatológicos del planeta, climas más extremos, una tierra cada día más caliente, erosionada y contaminada (Firor, 1990).

El descubrimiento de un enorme *boquete* en la capa de ozono sobre la Antártica, equivalente al territorio de un país como los Estados Unidos de Norteamérica nos alerta sobre la posibilidad de generar nuevos pasos francos a la radiación gamma de las explosiones solares. El uso de aerosoles y clorofluorocarbones en los sistemas de refrigeración y los desechos de las industrias son los responsables inmediatos. Los rayos gamma lo serán de los aumentos dramáticos de padecimientos cancerígenos y mutaciones genéticas (Firor, 1990).

El hombre olvida que es parte de una cadena ecológica y extermina a otras especies, sea para satisfacer su hambre o por deporte; altera a su conveniencia el hábitat natural de otras especies para satisfacer los requerimientos de su consumismo; como un lujo, trafica con especies en peligro de extinción. Sin embargo, de todos los grandes riesgos que el hombre ha impuesto al equilibrio de su medio ambiente y a su salud, el abuso tecnológico es el más grave. Las aguas y la tierra se han convertido en vertederos de residuos industriales. Los ríos se contaminan y los mares se vuelven estériles. La construcción de presas para la irrigación y la energía hidroeléctrica han acabado por representar riesgos adicionales al medio ambiente y en consecuencia a la salud del hombre.

La utilización de fuentes energéticas tradicionales (fundamentalmente fósiles) afecta nuestra salud por el proceso de devastación y contaminación resultantes, emisión de humos, derrames de petróleo, y otros tipos de polución; la alternativa de la energía nuclear, exenta de los riesgos anteriores, es más barata y prácticamente ilimitada, pero los riesgos de convertir a la tierra en un basurero radioactivo no pueden ser soslayados fácilmente. En fin, estamos atrapados en la paradoja de un progreso necesario, pero a costa de nuestra salud.

La tendencia general de los gobiernos es la de aumentar los recursos dedicados al cuidado de la salud a todos los niveles: la atención primaria se ha convertido en el instrumento principal para mantener la salud, sin embargo, por más esfuerzos que se realicen en este terreno, hemos de reconocer que salud y enfermedad son sólo un producto, y que ellas dependen, en gran parte de las variables ecológicas que no hemos sido capaces de controlar, prueba de ello es que las enfermedades infecciosas dejaron de ser la causa principal de mortalidad. Las enfermedades ambientales ocupan el índice más alto de riesgo para la salud del hombre contemporáneo.

El reto de nuestra generación y las futuras, será probar que progreso y salud no son dos elementos irreconciliables, que el progreso ha de conceptualizarse en forma diferente a como se ha venido haciendo; urge una tecnología a favor y no en contra del hombre. Pero para lograr esto, no es suficiente la conciencia personal o colectiva, más bien se requiere de un cambio basado en la decisión política, de cuestionar al progreso y de considerar prioritario el cuidado del medio ambiente.

El estudio de los problemas de salud derivados de la interacción del hombre con su ambiente, requieren de una concepción global de los diversos aspectos que intervienen en su origen. La salud no es solamente la ausencia de enfermedad, sin embargo, la enfermedad es un indicador real del deterioro de la salud. Los médicos geógrafos han estado mapeando la incidencia de enfermedades desde que el doctor Snow, en la mitad del siglo XIX, le dio un giro geoambiental a la epidemiología; cuando realizó mapas de la distribución geográfica del cólera, relacionando la enfermedad con los niveles de la contaminación del agua entubada que consumían los residentes del área de Broad Street en Londres. La asociación entre enfermedades y su incidencia por área geográfica está bien documentada, por ejemplo, el *Britain's Nacional Atlas of Disease Mortality*, enfatiza que enfermedades como el cáncer de pulmón, la bronquitis y la tuberculosis presentan una mayor incidencia en las ciudades que en áreas no urbanizadas (Howe, 1963 en Porteous, 1977).

Según Porteous (1977), se han realizado múltiples estudios desde una perspectiva inter e intra ciudad como el de McHarg's quién reportó las enfermedades típicas de Filadelfia en los sesenta perfilando enfermedades cardíacas, tuberculosis, diabetes, sífilis, cirrosis de hígado, desintería amibiásica, desintería bacterial y salmonelosis. De este tipo de estudios se ha concluido que algunas ciudades son más saludables que otras, también se han podido caracterizar factores ambientales y el tipo de enfermedades que estos generan (véase por ejemplo: Baeza y Albertos, 1997; Peat, Britton, Salome y Woolcock, 1987).

1.1. Los problemas ambientales de México.

Cualquier enumeración hecha de los problemas ambientales en México, directamente relacionados con el proceso de desarrollo, a lo que tradicionalmente hemos llamado *progreso*, arroja un saldo incongruente. Se avanza por la senda de un desarrollo económico-social que significa evidentemente mejorar los indicadores de la calidad de vida para los habitantes del país, y al mismo tiempo, se producen degradaciones importantes en la calidad del ambiente, que redundan, paradójicamente, en un deterioro que a corto plazo amenaza la calidad de vida, y que en el largo plazo, dificultará el propio proceso de desarrollo económico-social. *El camino de un desarrollo sustentable se encuentra, lamentablemente alejado de la realidad de los países en desarrollo* (Barajas, 1994).

El desarrollo de México se sustenta en gran medida en el aprovechamiento de los recursos naturales para obtener cada vez más y mejores satisfactores. Sin embargo, el tratar de alcanzar una mejor calidad de vida, desafortunadamente tiene como precio una alteración en el medio. El medio es uno, vulnerable y finito, con la particularidad de que una buena parte de los recursos y sus ecosistemas son regenerables gracias a los mecanismos de que se vale la naturaleza para ello; no obstante, la capacidad de asimilación, la capacidad de auto depuración y de reordenamiento tienen límites muy precisos, cualquier alteración puede ser irreversible o de un alto costo económico y social en el mediano y largo plazo. En

México, el acelerado impulso que se está dando a nuestras actividades productivas nos ubican en este riesgo (Barajas, 1996). Por lo anterior, los objetivos de bienestar social y calidad de vida que los mexicanos estamos empeñados en alcanzar, deben enriquecerse con la aspiración de preservar, conservar y restaurar, según sea el caso, nuestro medio ambiente para un aprovechamiento sustentable.

En México, al igual que en el resto del mundo, un factor importante del deterioro del medio ambiente, su efecto sobre bosques, flora, fauna silvestre, suelos, aire y agua, lo constituye el sector primario como consecuencia de la respuesta que se tiene que dar a las necesidades de los grandes núcleos de población en sus requerimientos de alimentos. Por otra parte, se tiene el desarrollo de las grandes urbes, la proliferación de la industria y las obras de infraestructura.

El sector secundario se identifica como uno de los principales generadores de efectos negativos sobre el medio ambiente por la cantidad y variedad de desechos que produce y las alteraciones que provoca a la naturaleza por la explotación de los recursos que forman parte de sus materias primas. La experiencia ha demostrado que por no haberse previsto oportunamente la variable ambiental en nuestro desarrollo, se han originado efectos nocivos, en algunos casos irreversibles, que se reflejan en el estado actual de nuestro ambiente.

Razones económicas, laborales y ambientales han propiciado una baja productividad del campo, han alentado la concentración urbana generando serios problemas de hacinamiento, escasez de agua, sobre demanda de energía eléctrica, desechos y basura que exceden la capacidad de control sanitario y deterioro de la calidad de aire ciudadano. El problema de la contaminación atmosférica, por su gravedad e impacto epidemiológico, ocupa la atención de un gran número de investigadores (Romieu, et al. 1996; Baeza y Albertos, 1997; Téllez, Romieu, Ruiz, Lezana y Hernández, 2000; Rosales, Torres, Olaiz y Borja, 2001; Román, Prieto y Mancilla, 2004; Schildcrout, et al. 2006; Hunninghake, Weiss y Zeledón, 2006; Loyo, Irizarry, Hennessey, Tao y Matanoski, 2007; Rojas, et al. 2007; Hernández, et al.

2007). El impacto más alarmante de la contaminación del aire es que puede eventualmente traducirse en impedimentos al desarrollo normal del niño (Vedal, Schenker, Muñoz, Samet, Batterman y Speizer, 1987).

Ya en 1982, López-Portillo y Suárez (en López-Portillo, 1982) describían el deterioro de la atmósfera por la concentración industrial en áreas como las ciudades de México, Monterrey, Guadalajara, Coahuila-Coahuila y Salamanca-Irapuato, que provoca grandes concentraciones de contaminantes (monóxido de carbono, dióxido de azufre, ozono) por las emisiones, entonces, de más de cinco mil industrias, a las que se adicionaban las emisiones del parque vehicular, que se consideraba en un 80% en condiciones de mantenimiento deficiente. Desde entonces, México cuenta con más habitantes, (103,263,388 habitantes, INEGI, 2005) con el consecuente incremento de la explotación de recursos naturales, el crecimiento del sector industrial y comercial, que se constituyen en generadores de contaminación de aire, agua y suelos y que con su afectación a la salud humana, han inaugurado en una nueva era de enfermedades ambientales siendo la población infantil la más afectada (Román, Prieto y Mancilla, 2004).

La indisoluble relación entre calidad del ambiente y salud humana ha propiciado que este binomio sea estudiado desde diversos enfoques y por casi todas las disciplinas científicas, como ejemplo y sólo por mencionar algunas: la ecología estudia a la naturaleza, su balance y las fluctuaciones del mismo; la epidemiología estudia el impacto de las variables ambientales sobre la salud; la química el impacto de los elementos en la calidad del ambiente; la geofísica estudia la relación entre variables climáticas sobre los cambios en el ambiente. Desde una perspectiva social, la sociología y la demografía estudian los estilos de vida impuestos por los cambios que generan la movilidad y la concentración poblacional; la educación busca estrategias para enseñar a los individuos a cuidar su entorno y hacer un uso racional de los recursos naturales. El estudio de la conducta humana, su impacto sobre el ambiente, las variables ambientales y su impacto sobre la conducta, la percepción del ambiente y el desarrollo de actitudes acerca de las condiciones ambientales, así

como la planeación y diseño de escenarios que posibiliten una relación óptima entre el hombre y su entorno son solamente algunos de los tópicos de interés de la psicología, dentro de una de sus ramas de especialización, la psicología ambiental.

1.2. La psicología ambiental.

Según Ribes, *no es pertinente discutir si la psicología es una ciencia social o natural, puesto que, precisamente su función consiste en describir y entender la forma en que un ser biológico transforma la naturaleza, sobre la base de un desarrollo posibilitado por una sociedad* (1985, p. 75). Así, podemos considerar que el objeto de estudio de la psicología es la interacción del hombre con su medio, lo cual nos perfila una disciplina muy amplia ya que aborda una gran diversidad de escenarios, actividades y situaciones en las que esta presente la interacción hombre-ambiente. Por la diversidad de tópicos que aborda la disciplina, se ha generado el desarrollo de un sin fin de especializaciones, algunas de ellas focalizan el conocimiento de lo individual y en el otro extremo, otras especialidades, estudian variables sociales y culturales que permitan describir, predecir y en ocasiones controlar el comportamiento grupal, la psicología ambiental se encuentra dentro de este último enfoque.

Para el caso de la psicología ambiental, se asume que la conducta y el ambiente son partes interrelacionadas de un todo indivisible y que desde esta perspectiva, su estudio proporciona conocimientos para la planeación, diseño, construcción, mejoramiento y administración de los ambientes físicos en los que se despliega la conducta humana (Baldi y García, 2006). La psicología ambiental puede considerarse un caso especial ya que desde un enfoque de ciencia natural enmarca la conducta inminentemente social del hombre, y a través de ésta, explica los cambios de la naturaleza misma.

La psicología ambiental tuvo su origen en la psicología ecológica desarrollada por Lewin, Barker y Wright en los años cincuenta, generaron abundante investigación

sobre el impacto de escenarios naturales sobre el comportamiento humano, especialmente el infantil. Su aproximación ecológica los aleja del enfoque individualista tradicional de la psicología al postular que la predicción de la conducta puede ser más certera si conocemos las situaciones en las que ésta se desarrolla, que si conocemos las características individuales de un sujeto. Para comprobar su postulado se dieron a la tarea de crear situaciones y escenarios que en alto grado probabilizaban la exhibición de las conductas preestablecidas como objetivo (Wicker, 1979). A partir de la influencia de Kurt Lewin y sus colaboradores se llega al extremo de considerar a la psicología como una rama de la ecología; Bijou y Baer en 1961 señalan que: *la ecología se ocupa de las relaciones entre los organismos como un todo y su medio ambiente total, el cuál incluye la existencia y conducta de otros organismos en el medio, como han señalado algunos ecólogos, esta definición hace que la psicología, la antropología, la sociología, la historia, la economía y la ciencia política sean sólo subdivisiones de la ecología* (p.9).

En los años sesenta y setenta podemos encontrar valiosas actividades científicas y publicaciones consideradas como precursoras de la psicología ambiental, entre ellas se encuentra la *Conferencia sobre Psicología arquitectónica y psiquiátrica* (Salt Lake City, 1961); la conferencia sobre psicología ambiental de la *Sociedad Británica de Psicología* (Reading, 1963); la conferencia sobre Psicología Aplicada a la Arquitectura (Utah, 1966); la aparición en 1969 de tres revistas especializadas en el tema, *Environmental and Behavior*, *Man-Environment Systems* y *Architectural Psychology Newsletter*; Proshansky y sus colaboradores publican el primer texto universitario sobre psicología ambiental (1970). En 1976 la Asociación Americana de Psicología incorpora a su *división 34 Population and Environmental Psychology* y en el mismo año se celebra el congreso mundial sobre *Psicología y Ecología* en París. Se puede decir que en los últimos cincuenta años el interés por los problemas que relacionan la conducta y su medio han sido ampliamente documentados y que si para 1978 se contaba con quinientos títulos de referencia, en la actualidad no es posible dimensionar la cantidad publicaciones disponibles ni el

número de universidades que cuentan con estudios de posgrado en psicología ambiental (Jiménez y Aragonés, 1991).

En 1982 Charles J. Holahan define la psicología ambiental como a un área de la psicología cuyo foco de investigación es la interacción del ambiente físico con la conducta y la experiencia humana. Para Corral se trata de *un área aplicada de la psicología cuyo objetivo es estudiar el comportamiento humano en el marco de problemas o tópicos ambientales delimitados. Así al ser aplicada, la psicología ambiental se define en función de problemas a abordar: degradación del medio, habitabilidad de escenarios, salud, enfermedad y medio ambiente, diseño de ambientes etc.* (2001. p.39). Desde su inicio la psicología ambiental ha contado con una participación interdisciplinaria, teniendo como base las aportaciones de la psicología, con los conocimientos sobre la conducta humana, se le han sumado otras disciplinas como son la sociología, la geografía, la antropología, la medicina, la arquitectura y la urbanística (Proshansky y Altman, 1979). Se entiende que el termino *psicología ambiental* se refiere al área que origina los problemas y no a una restricción disciplinaria. Los investigadores de esta rama de la psicología estudian una amplia gama de cuestiones de índole psicológico (sólo algunas: percepción, imágenes, creencias, actitudes, condiciones y escenarios para el aprendizaje, estrés ambiental y laboral, rendimiento laboral y escolar). Siguiendo el modelo de Lewin, la *investigación en acción* de la psicología ambiental esta orientada a la resolución de problemas prácticos y a la formulación de teorías integradoras (Holahan, 1982). Dentro de esta tendencia, los tópicos de la psicología ambiental de las últimas décadas se han centrado en el impacto de la degradación ambiental sobre el rendimiento y la salud dado que de estas macrovariables depende el desarrollo social y económico de la humanidad.

Desde un enfoque holístico, el psicólogo ambiental debe ser capaz de aislar y analizar una problemática sin desvincularla de su contexto general. La *investigación en acción* inicia con una selección y análisis de los problemas que aquejan a una ciudad, comunidad o escenario particular y su impacto sobre el comportamiento, y

viceversa, también puede estudiarse el impacto de la conducta sobre el ambiente físico; las variables involucradas en la problemática deben ser medibles para evidenciar su interacción y deben describirse en términos que permitan establecer estrategias correctivas. El estudio de los problemas ambientales no se circunscribe a fenómenos de causa y efecto, en ocasiones es necesario investigar variables que a simple vista parecen distantes y hasta inconexas con el fin de establecer formas particulares de interacción (Brown y Downhower, 1988).

Desde la perspectiva de la psicología ambiental, en este documento se presenta una investigación que tiene como objetivo evidenciar el impacto de la contaminación atmosférica sobre el rendimiento escolar. Para establecer la interacción de estas variables, a primera vista inconexas, fue necesario estudiar los polvos, las infecciones respiratorias agudas, el ausentismo escolar y el rendimiento escolar de una población infantil de 6 a 9 años.

1.3. Una investigación sobre rendimiento escolar en la psicología ambiental.

En 1976 Mc Cormick (en Holahan, 1982) señala que el rendimiento escolar y laboral implica conductas dirigidas hacia el cumplimiento de algún un objetivo cubriendo un amplio espectro de respuestas, desde la meramente físicas y psicomotoras hasta actividades estrictamente mentales. Las *actividades mentales* pueden verse facilitadas u obstaculizadas por las variables ambientales que rodean al individuo así como por variables propias como su estado de salud y motivación para el desempeño de la tarea.

Una importante área de investigación en la psicología ambiental está representada por el estudio de los efectos que produce el ambiente físico sobre el rendimiento escolar y laboral de los individuos. En el terreno de la educación, algunos investigadores han descubierto que localmente, el rendimiento de los estudiantes se ve afectado por variables ambientales como son la iluminación, los

ruidos y el diseño del escenario. Holahan (1982) apuntaba que: *Acaso sorprenda saber que el ambiente físico de la universidad influye en el rendimiento académico de un estudiante. Sin embargo, es verdad: las condiciones físicas del salón de clases afectan el desempeño académico* (p.123). En relación al rendimiento, también se han estudiado variables climatológicas, la temperatura (el calor y frío extremos) y la comodidad térmica.

Desde un punto de vista estrictamente escolar, se acepta que el estado de salud de un individuo afecta su productividad y rendimiento, lo cuál podría verse reflejado en sus calificaciones (Navarrete, 2001). Sin embargo, no contamos con investigaciones que vinculen el impacto de las condiciones ambientales con la salud y a ésta, con su afectación indirecta sobre el rendimiento.

El objetivo de este documento es precisamente el de establecer la relación que existe entre contaminación atmosférica y rendimiento escolar. Para lograr nuestro objetivo, se abordan los siguientes tópicos implicados: contaminación atmosférica; polvos o partículas suspendidas y su impacto sobre la salud; infecciones respiratorias agudas (IRA's); rendimiento escolar y salud y, ausentismo escolar. Más adelante y a partir de la descripción de los tópicos antes señalados, se reportan tres estudios: primero, contaminación atmosférica e infecciones respiratorias agudas en la ciudad de Hermosillo, Sonora, 1995-1996; segundo, el impacto de los polvos sobre el rendimiento escolar de una población infantil del Norte de la Ciudad de Hermosillo; y tercero, el reporte de la contaminación atmosférica, en el Municipio de Hermosillo, 2005 – 2006.

1.3.1. Contaminación atmosférica.

La contaminación atmosférica antropogénica ha acompañado al hombre desde hace casi 500 años. Sin embargo, el primer caso de efectos severos reconocido históricamente fue el ocurrido en Londres en 1952, donde los altos niveles de contaminación se asociaron con un alarmante incremento en el número de

muertes, se estiman cerca de 4000 (Rosales, Torres, Olaiz y Borja, 2001). Otras ciudades donde se han reportado altos niveles de contaminantes en el aire son: Ciudad de México, Río de Janeiro, Milán, Ankara, Melbourne, Tokio y Moscú.

Afortunadamente, en muchos países desarrollados, la calidad del aire se vigila y las altas concentraciones observadas en los años 60 y 70 ya no se presentan. No obstante, la exposición continua a moderados niveles de contaminantes por largos periodos de tiempo es un fenómeno que se da cotidianamente. Por esta razón ha cobrado una gran importancia determinar los efectos causados por exposiciones prolongadas a contaminantes atmosféricos (OMS, 2002). La vía de entrada de estos contaminantes es inhalatoria, así, los efectos sobre la salud más comúnmente reportados son en vías respiratorias (bronquitis, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, neumonía, etc.), en el sistema cardiovascular (arritmias, infartos, etc.). En los últimos años se ha venido estudiando con más detalle a los grupos poblacionales más vulnerables: los niños, personas de la tercera edad y asmáticos (Baeza y Albertos, 1997; Román, Prieto y Mancilla, 2004).

1.3.2. Polvos y partículas suspendidas: su impacto sobre la salud.

Las partículas suspendidas en la atmósfera se componen principalmente de materia orgánica (bacterias y virus), materiales minerales (arcilla, carbón, arena cristales) y vegetal (esporas, polen y residuos de vegetación). Las partículas tienden a tener, por sí solas, efectos tóxicos directos o efectos tóxicos indirectos al interactuar con otros contaminantes, además de generar efectos crónicos al provocar transformaciones a nivel celular o alteraciones crónicas en las funciones celulares (U.S.E.P.A, 1990). Por lo general, una fracción importante de la masa de las partículas atmosféricas se compone químicamente de sulfatos, compuestos de nitrato, y en menor proporción de metales pesados como el plomo.

El blanco principal de los contaminantes atmosféricos es el sistema respiratorio. El aire entra en el cuerpo a través de las cavidades nasales y garganta,

y pasa a los pulmones por la traquea. En los pulmones, el aire se mueve por los tubos bronquiales hacia los alvéolos que son pequeñas bolsas de aire donde se lleva a cabo la transformación de gases.

Los contaminantes en el aire son absorbidos por la corriente sanguínea o expulsados de los pulmones por medio de *cilias* o pequeños vellos que continuamente arrastran mucosidad hacia la garganta. Las partículas en el aire se depositan en el tracto respiratorio en función de ciertos factores físicos, siendo el más importante de ellos el tamaño de las partículas. El depósito de las partículas en los alvéolos es especialmente importante ya que esta región de los pulmones no está prevista de *cilias* para remover, así, estas permanecen ahí por largos periodos.

Las partículas muy pequeñas, menos de 0.1 micras de diámetro, se depositaran en los alvéolos debido a su movimiento browniano. Las partículas más grandes se depositan sólo si logran vencer el efecto de las *cilias*. Las partículas mayores de una micra, generalmente serán expulsadas por tos o estornudos antes de alcanzar los alvéolos. El grado de expulsión como mecanismo protector para el tracto respiratorio, depende de las características fisicoquímicas de las partículas, del sitio de su depósito y de la fisiología respiratoria del individuo. Existen partículas que serán fácilmente expulsadas o reaccionaran a los fluidos del cuerpo y otras permanecerán inertes, siendo muy probablemente expulsadas por medios mecánicos.

Al inspirar el aire, éste expande el vestíbulo nasal y encuentra a las vibrisas. Después la corriente aérea se estrecha en el área del umbral de la nariz, sólo para volver a expandirse en el área preturbinal, donde se encuentra al extremo anterior de los cornetes medio e inferior, y es aquí, en el tercio anterior de la nariz donde se deposita la mayor parte del material que trae en suspensión el aire. El 70-80% de las partículas de 3 a 5 micras; el 60% de las de 2 micras de diámetro y casi el 0% de las menores de 1 micra se retienen en la nariz (Hilding, 1992). En esta parte anterior de la nariz humana, se depositan principalmente las partículas con diámetro mayor de

cinco micras, y sólo se expulsan mediante estornudos, sonado o por limpieza manual. Las partículas en esta área pueden permanecer depositadas uno o más días. La parte posterior de la nariz tiene un sistema mucociliar de limpiado para remover las partículas hasta la garganta donde se expulsan por expectoraciones o se degluten para pasar al sistema digestivo. Una vez en el tracto gastrointestinal pueden ocurrir varias reacciones o incluso la asimilación en la sangre de aquellas partículas que fueron insolubles en la región nasofaríngea. La retención de partículas en la región traqueo bronquial, difiere grandemente de un individuo a otro y se afecta por factores como el fumar y anormalidades patológicas.

Según Proetz (1956) la falta de humedad o sequedad es un enemigo natural de los cilios del epitelio nasal. A una humedad relativa del 70% del aire inspirado (a temperatura corporal) no ocurre ningún efecto perceptible sobre la actividad ciliar, pero a una humedad relativa del 50%, la actividad ciliar cesa en 8 a 10 minutos, mientras que a una humedad relativa de 30% cesa al cabo de 3 a 5 minutos. La temperatura óptima para la actividad ciliar es de 18 a 37°C. Por lo anterior, la acción ciliar que permite el tránsito de las partículas que han ingresado por la nariz, se ve afectada por la humedad y la temperatura, lo que se traduce en un factor adicional de riesgo en zonas de baja humedad relativa en el ambiente como es el caso de las zonas desérticas y semidesérticas (Koenig y Pierson, 1984).

Cuando se respira por la boca, como al fumar y realizar ejercicio, se pierde el beneficio del filtrado de las partículas más grandes en la región nasofaríngea, por lo que aumenta la fracción de las que se depositarán en la región traqueo bronquial. Además gran parte de las partículas menores de 10 micras se depositan en la región pulmonar permaneciendo húmedas debido a los complejísimos líquidos contenidos en los pulmones. Las partículas relativamente insolubles que se depositan en la región pulmonar permanecen ahí por periodos extensos de tiempo, hasta que finalmente son expulsadas por fagocitosis, por medio de macrófagos pulmonares. Sólo aquellas partículas pequeñísimas (diámetro menor a 10 nm.) pueden pasar por

difusión a través de los poros, directamente a la sangre, llegando hasta sitios de intercambio de gases (Costa, 1983).

Existen claras evidencias de que las partículas suspendidas en el aire son los principales factores que pueden inducir padecimientos alérgicos, asma bronquial, rinitis y en general facilitan la vulnerabilidad del sistema respiratorio; además algunas sustancias químicas al ser inhaladas propician el desarrollo de padecimientos crónico degenerativo e incluso son causa de muerte (Fradkin, 1980; Costa, 1983; Baeza y Albertos, 1997).

El impacto más grave al sistema respiratorio es producido por partículas atmosféricas de 5 micras o menos, tal es el caso de la irritación y congestión nasal causada por la inhalación de dióxido de azufre (5-25 ppm), este contaminante tiene un efecto muy similar a los aerosoles de ácido sulfúrico que a concentraciones altas producen espasmos laríngeos y bronquiales o incluso, la muerte. Se ha documentado que las partículas que viajan en el vapor de los formaldehídos (9.25 a 1.6 ppm) en exposiciones aún por periodos cortos, desgranulan las células cebadas, producen disminución de los cilios, producen engrosamiento del epitelio, hiperplasia de las células globosas y metaplasia de las células escamosas; se ha reportado la incidencia de carcinomas en trabajadores expuestos por más de siete años a formaldehídos (0.1 – 1.1 ppm). La prolongada exposición a químicos como el níquel, polvo de madera o cueros y cromatos también se ha asociado con hipertrofia de la mucosa nasal, metaplasia y carcinoma (Olsen, Jensen y Hink, 1984).

Adicionalmente, las partículas que han ingresado al sistema respiratorio, con frecuencia contienen plomo, el cual tiende a acumularse en la sangre, huesos y tejidos blandos, toda vez que se elimina con mucha dificultad, ataca a los riñones produciendo lesiones irreversibles. El plomo en la sangre produce efectos de interferencia en el desarrollo y maduración de los glóbulos rojos produciendo en ellos un punteado o manchas oscuras como resultado de la exposición constante a este metal. Por su toxicidad, también afecta al hígado y al sistema nervioso.

Koenig y Pierson (1984), describieron los efectos de la presencia de plomo en la sangre (Tabla 1), además la han asociado con la hipertensión arterial crónica y con los trastornos cardiovasculares en hombres de mediana edad y en las mujeres con la osteoporosis posmenopáusica. Las vías de contaminación por plomo pueden ser por la inhalación e ingestión a través de los alimentos y el agua contaminados (presente en el suelo, el polvo y las pinturas).

Tabla 1.- Concentraciones de plomo en la sangre

Plomo en la sangre	Efectos observados
20 (micras/dl)	Problemas en la transmisión nerviosa periférica
15 (micras/dl)	Disminución del coeficiente intelectual
10 (micras/dl)	Disminución de la capacidad auditiva

Fuente: Koenig y Pierson, 1984.

Por su relevancia para la salud, en los últimos años han proliferado las investigaciones que evidencian el impacto de la calidad del aire que sobre la calidad de vida de la población, particularmente sobre la salud infantil: asma (Romieu, et al. 1996; Schildcrout, et al. 2006; Hunninghake, Weiss y Zeledón, 2006; Loyo, Irizarry, Hennessey, Tao y Matanoski, 2007;), bronquitis y otras infecciones respiratorias agudas (Ward y Ayres, 2004; Schwartz, 2004; Rojas, et al. 2007; Hernández, et al. 2007), e incluso la muerte (Téllez, Romieu, Ruiz, Lezana y Hernández, 2000). El impacto de la contaminación del aire puede eventualmente traducirse en impedimentos al desarrollo normal del niño (Vedal, Schenker, Muñoz, Samet, Batterman y Speizer, 1987).

1.3.3. Infecciones respiratorias agudas (IRA's).

Aunque son múltiples los impactos a la salud causados por la contaminación atmosférica, las infecciones respiratorias agudas (IRA's) constituyen la causa más frecuente de consulta médica en nuestro país particularmente en edad pediátrica

(Sistema Nacional de Salud, 2004); se considera que las IRA's representan la principal causa de hospitalización y de ausentismo escolar.

Se ha clasificado a las IRA's en altas y bajas y aunque no existe consenso en cuanto al sitio anatómico que las separa, se acepta como IRA alta toda aquella patología que afecta al aparato respiratorio de laringe a proximal (incluyendo región subglótica). Sin embargo, se puede tener presente que muchas patologías respiratorias afectan tanto el tracto superior como el inferior en forma concomitante o secuencial. Dentro del grupo de las IRA's altas se pueden mencionar la otitis media aguda, sinusitis, resfrío común, faringoamigdalitis, adenoiditis, laringitis obstructiva y epiglotitis (Cifuentes, 1996 en López, Sepúlveda y Valdés, 1997).

A pesar de que las IRA's bajas concentran habitualmente la atención por su mayor complejidad, costo de tratamiento y complicaciones, son las IRA's altas las que se presenta con mayor frecuencia en la consulta ambulatoria. Aun cuando se presentan a lo largo de todo el año, las IRA's de origen viral tienden a tener una estacionalidad, presentándose en temporadas frías principalmente cuando hay vientos que por su arrastre producen tolvánicas. Se pueden producir infecciones inaparentes o sintomáticas de distinta extensión y gravedad dependiendo de factores del paciente como edad, sexo, contacto previo con el mismo agente infeccioso, alergias y estado nutricional. Las IRA's son más frecuentes en niños pequeños, especialmente en lactantes y preescolares, pudiendo elevarse hasta ocho episodios al año (Cifuentes, 1996 en López, Sepúlveda y Valdés, 1997). La Secretaria de Salud del Estado de Sonora reconoció en 1995, y aún prevalece el criterio, que la principal fuente de morbilidad infantil en el estado la constituían los padecimientos respiratorios y en segundo lugar las enfermedades diarreicas.

Las estadísticas del 2004 (Sistema Nacional de Salud, 2004) muestran como la principal causa de mortalidad en Sonora los trastornos cardiovasculares, los cuales han sido tradicionalmente asociados al estrés y a estilos de vida progresistas que promueven alimentación con exceso de proteínas, el sedentarismo, y adicciones.

Sin embargo, diversas investigaciones han demostrado que también existe una relación entre el daño cardiovascular y la contaminación atmosférica, particularmente partículas menores de 10 micras (PM₁₀) y ozono (Peters, et al. 2000; Goldberg, et al. 2001; Román, Prieto y Mancilla, 2004).

1.3.4. Rendimiento escolar y salud.

La relación entre calidad de vida y la salud ha sido ampliamente tratada desde una perspectiva ecológica, es decir, se conceptualiza a la salud como un fenómeno multicausal, que sólo puede ser entendido holísticamente. Se consideran factores estructurales del individuo, su contexto general o macro factores, el económico, ingreso-gasto, tecnología y organización productiva y su relación con la cultura, la educación y la vivienda, todo lo anterior ha de sopesarse a la luz del microambiente individual (Cravioto, 1986; Mosley, 1988). La mayoría de las investigaciones dentro de esta perspectiva han considerado prioritariamente a la nutrición como eje central para ser correlacionada con la morbilidad como el indicador básico de la calidad de vida de una población (Daza, 1997). También se ha tratado de evidenciar cómo las condiciones de salud de un individuo afectan sus patrones de desarrollo y de aprendizaje, así como el hecho de que las enfermedades crónicas que padecen los niños del Tercer Mundo se traducen irremediablemente en un déficit del rendimiento escolar (Cravioto, 1986; Vera, 1989).

El rendimiento escolar se define como el nivel de logro alcanzado por el alumno en el dominio de contenidos, sean conceptuales, procedimentales o actitudinales, que han sido establecidos para determinado nivel escolar. El rendimiento escolar es un fenómeno en el que intervienen factores endógenos del estudiante (estado de salud, constitución física, incluso su carga genética), los cuales, a su vez, se ven afectados por una gran variedad de factores extrínsecos (calidad de la educación, ambiente físico, alimentación, entre otros) que rodean al proceso enseñanza aprendizaje (Beltrán, 2005). Para Pizarro (1985, en Robles, 2004) el rendimiento escolar es una medida de las capacidades respondientes o

indicativas que manifiesta en forma estructurada lo que una persona ha aprendido como consecuencia de un proceso de instrucción o formación.

El rendimiento escolar en México ha sido representado en forma global, tomando en consideración el nivel de escolaridad alcanzado por la población. Los parámetros individuales del rendimiento escolar por tal se expresan en cantidad y calidad, es decir, el nivel alcanzado por un individuo y los promedios de calificaciones a lo largo de su vida académica. Sin embargo, la combinación de ambos factores no es asunto simplista o de estadística en la cual se diluyen los eventos individuales. Algunos autores asocian rendimiento escolar a la calidad de vida de una comunidad y de sus individuos (Vera, 1989).

Según Robles (2004), el rendimiento académico puede representarse de dos formas: a) el ideal, que finalmente se acerca a las intenciones educativas o que tiene que ver con el éxito de los estudiantes y, b) el problemático que se manifiesta como reprobación y/o bajo rendimiento académico; que en algunas ocasiones termina con el fracaso o la deserción escolar.

En México, antes de 1994 aquellos alumnos considerados de bajo rendimiento escolar, no eran promovidos al grado escolar siguiente, eran *reprobados* y se convertían automáticamente en repetidores; aquellos que reincidían en la reprobación eran tratados como casos especiales y candidatos a escuelas de educación especial, muchos de ellos lamentablemente desertaban del escenario escolarizado. En agosto de 1994, la Secretaría de Educación Pública (SEP) emitió y publicó el Acuerdo 200* estableciendo en su Artículo 5° *que la escala oficial de calificaciones será numérica y se asignará en números enteros del 5 al 10*. El Acuerdo 200* deroga acuerdos anteriores que evaluaban el rendimiento escolar en una escala del 0 al 10.

Entre las más sobresalientes consecuencias del Acuerdo 200* se pueden mencionar las siguientes:

- a) El promedio final, producto de todas las materias que ha cursado el alumno durante el ciclo escolar es el criterio de aprobación.
- b) Al promediar las calificaciones de materias que demandan más esfuerzo por parte de los estudiantes con las calificaciones de materias tecnológicas, artísticas y de acondicionamiento físico, es relativamente difícil que un alumno caiga en el criterio de reprobación. Los alumnos con de un bajo rendimiento escolar, cuyo criterio va de 7 a 6, son promovidos al año siguiente a pesar de tener materias como matemáticas, ciencias o español reprobadas con 5.
- c) Se abate así el índice de reprobación dando paso a estrategias para remediar y mejorar el rendimiento deficitario por materias específicas y en algunos casos a anexos escolares para dar clases especiales a los alumnos de bajo rendimiento escolar.

El bajo rendimiento escolar, también denominado *fracaso escolar* se produce por varios factores. Se destacan al menos cuatro de los más importantes como responsables del bajo rendimiento escolar: biológicos, psicopatológicos, pedagógicos y socioculturales. Los biológicos y psicopatológicos son de índole endógena mientras que los pedagógicos y socioculturales son exógenos (Kirk y Bateman, 1971; Navarrete, 2001).

- a) Factores biológicos.- Dentro de éstos se encuentran todos los trastornos orgánicos que afectan el aprovechamiento escolar normal como son las disfunciones del sustrato anatomofisiológico del sujeto y su estado de salud física, además de problemas de integración del sistema nervioso.
- b) Factores psicopatológicos.- Una gran cantidad de factores emocionales pueden inducir directamente sobre el bajo rendimiento escolar. Entre los más documentados encontramos la depresión, fobia escolar, sobreprotección

familiar y trastornos de personalidad (Portellano, 1989; García, 2005; Ortega, 2007).

- c) Factores pedagógicos.- Aquellos aspectos propios del sistema educativo que fungen como causantes de un rendimiento escolar inadecuado, entre estos se pueden mencionar la accesibilidad a horarios, la preparación, movilidad y/o inasistencia de maestros, así como las características de la infraestructura en la que se desarrolla el proceso de enseñanza-aprendizaje (Cuevas, 2005; García, 2005).

- d) Factores socioculturales.- En general estos factores se refieren a los elementos que no están directamente ligados al funcionamiento del sistema educativo o a los centros educativos y sobre los cuales no resulta sencillo actuar desde el marco estrictamente escolar, tales como las condiciones sociales, culturales, ambientales y económicas en donde se desarrolla la tarea educativa. En ambientes socio-culturalmente bajos, el porcentaje de bajo rendimiento escolar es significativamente mayor que entre escolares de clase media y alta. Un ambiente familiar poco estimulante eleva el riesgo del fracaso escolar. En este tipo de contexto, no existe interés ni motivación hacia el aprendizaje o la lectura. Además existe pobreza en el manejo del lenguaje. Pruzzo de Di Pego (1997) destaca una íntima relación entre el rendimiento escolar deficiente con disfunciones familiares.

Se puede concluir que inmerso en el resultado, rotulado como *rendimiento escolar*, tenemos que el sujeto ha de contar con las características estructurales y funcionales que le permitan un desarrollo dentro de parámetros *normales*. Aunado a lo anterior, ha de contar con la oportunidad de un contexto económico y social que le dé acceso a la educación formal, y requerirá de una infraestructura familiar que le permita mantener en equilibrio su desarrollo, es decir, afecto, cuidados y nutrición básica. El medio ambiente que rodea a este individuo puede convertirse en un gran aliado en este proceso de desarrollo cuando propicia redes de prevención de

enfermedades, de no ser así, la agresividad del medio puede constituir un riesgo en sí mismo.

Las condiciones medioambientales particularmente aquellas de la infraestructura urbana que constituyen el clima del desarrollo de los niños de nuestras comunidades, son indicadores confiables para predecir patrones de morbilidad, de la misma manera, los patrones de morbilidad pueden ser correlacionados con el ausentismo escolar, y en consecuencia, éste con el rendimiento que un individuo obtenga en su proceso formal de aprendizaje.

Las investigaciones tendientes a correlacionar polvos con la incidencia de problemas de salud son escasas, pero se hacen particularmente indispensables en zonas desérticas y semidesérticas en las cuales es necesario introducir estrategias de atención primaria a la salud. Se acrecienta la relevancia de este tipo de estudios, si consideramos que la incidencia de polvos puede afectar el rendimiento académico de la población infantil (Corral, Barajas, Bechtel, Piña y Arellano, 1991).

Más allá de las características y de la calidad de un sistema educativo se requiere que el alumno atienda con regularidad al proceso de formación escolar. Se requiere que el sujeto sea expuesto sistemáticamente a un sistema educativo, con el propósito de hacerse de los repertorios necesarios que lo acrediten como alumno en un grado académico, pero además, la evaluación de los propios sistemas educativos, requiere de la presencia constante del aprendiz (Skinner, 1951). Es así entonces, que el ausentismo escolar tiene repercusiones tanto para los propios alumnos como para las instituciones educativas que los albergan.

1.3.5. Ausentismo escolar.

Las escuelas de educación básica llevan registros de asistencia, sin embargo, la SEP no contempla al ausentismo como un indicador relevante, lo consideran solamente como un precursor de la deserción. No existen estadísticas ni

normatividad al respecto, el ausentismo forma parte de la información interna de las escuelas y los maestros la utilizan como una referencia para justificar el bajo rendimiento escolar de los niños que no asisten a clases regularmente.

De acuerdo Herrera y Morales (1993), en países con registro de pobreza extrema, el curso de alguna enfermedad es considerado como la principal causa de ausentismo en los infantes, seguida por condiciones de hacinamiento y marginalidad sociocultural y el desarrollar, lamentablemente, todo tipo de actividades laborales. Según los reportes del Instituto Nacional de Salud Pública de México (Rosales, Torres, Olaiz y Borja, 2001), otro parámetro asociado con una disminución de la actividad de las personas, concretamente con la de niños, y que se ha visto asociada con los altos niveles de contaminación por PM₁₀, es el ausentismo escolar, el cual indirectamente nos marca el efecto en la salud causado por esta exposición. Wong, Hockenberry-Eaton, Wilson, Winkelsein y Schwartz (2001) consideran a las enfermedades respiratorias y particularmente al asma como la causa principal del ausentismo escolar a nivel mundial. Aunque se tienen muy pocos reportes sobre el tema; destaca el estudio realizado por Ranson y Pope en el Valle de Utah (1992) en donde se reporta un incremento de 21% en los días que faltan los niños a la escuela por enfermedades relacionadas con altos niveles de partículas suspendidas en el ambiente. En 1992, Romieu, Cortés, Ruiz, Sánchez Meneses y Hernández, realizaron un estudio en la ciudad de México; durante tres meses se siguió a los infantes que acudían a un jardín de niños en la zona suroeste de la ciudad. En sus resultados anotan una relación entre los niveles de ozono y el ausentismo escolar, éste aumento 3.4% debido a enfermedades respiratorias.

Contaminación atmosférica y enfermedades respiratorias conforman un binomio indisoluble que demanda grandes inversiones económicas, recursos humanos para su atención y que lamentablemente deteriora el ritmo normal de desarrollo de un segmento de la población infantil mexicana. Hermosillo, Sonora una ciudad situada en una zona semidesértica del país sirvió de escenario para tratar de relacionar la contaminación por polvos y los patrones epidemiológicos que en el

renglón de IRA's fueron reportados por la SEMARNAP en los años noventas y por la Secretaría de Salud en los años 1995 y 1996.

Para los propósitos de esta investigación fue necesario realizar un estudio que diera cuenta del estatus de la contaminación atmosférica (concentraciones de polvos PST y PM₁₀), así como de la incidencia de infecciones respiratorias agudas (IRA's). Ello con el objetivo de relacionar la incidencia de IRA's con las mediciones atmosféricas y así, determinar su impacto sobre la salud infantil.

2. Primer estudio.

Contaminación atmosférica e infecciones respiratorias agudas en la Ciudad de Hermosillo, Sonora, 1995-1996.

2.1 Descripción del Área de Estudio.

La población de Hermosillo al momento del estudio contaba con una población aproximada de 600,000 habitantes (559,154, INEGI, 1995; actualmente, 701,838 INEGI, 2005). Está ubicada geográficamente entre los paralelos 20°01'00" de latitud Norte y entre los meridianos 110°54'30" y 111°01'00" de longitud Oeste. Tiene una altura promedio de 200 metros sobre el nivel del mar, ocupando una extensión territorial de 7,000 Ha. con asentamientos humanos en el 84% de la mancha urbana (Ver mapa Anexo 1).

2.1.1. Topografía.

Hermosillo presenta una topografía plana en el 90% de su mancha urbana, con pendientes que varían de 2 a 5%, orientadas hacia la cuenca del Río Sonora. El resto de la ciudad está asentada en topografía accidentada con la presencia de varios cerros que cruzan la ciudad con orientación Norte-Sur, siendo los más importantes: el cerro de la Campana (360 m.s.n.m.), el cerro de la Cementera (400 m.s.n.m.), el cerro del Coloso (340 m.s.n.m.) y los cerros del Bachoco (620 m.s.n.m.).

2.1.2. Hidrología.

La región de la ciudad de Hermosillo está comprendida dentro de la cuenca del Río de Sonora. Este río y su principal afluente, el Río San Miguel, se unen en el extremo oriente de la mancha urbana donde se encuentra la Presa Abelardo L. Rodríguez Luján, con una capacidad de 287 millones de metros cúbicos de almacenamiento. Sin embargo, la presa se encuentra seca desde finales de los años 70, lo cual ha incrementado los yacimientos de tierra que circundan a la ciudad constituyéndose en una fuente de tolváneras que impactan la mancha urbana. En la

época de lluvias el agua drena de forma natural a los distintos canales y arroyos que cruzan la ciudad, siendo el lecho del Río de Sonora uno de los más importantes. En la ciudad es casi nulo el drenaje pluvial.

2.1.3. Climatología.

La temperatura media anual que se presenta en la ciudad es de 25°C., con oscilación promedio anual de 15.8°C. En invierno la temperatura puede descender hasta -1°C. y durante el verano pueden registrarse temperaturas por arriba de los 46°C. Los vientos dominantes se presentan con velocidad media anual de 12 Km/hr, con dirección Suroeste a Noroeste en casi el 70% de las ocasiones. En los meses de julio, agosto y septiembre, se detecta una temporada fuerte de vientos con velocidades que varían entre los 60 y 80 Km/hr. El resto del año presenta vientos débiles con alrededor de 129 días de calma (promedio de los últimos 20 años). La humedad relativa registra un valor medio de 55% con precipitación media anual de 315 mm. En los años 80's, se registró un promedio de 25 días de lluvia al año.

2.1.4. Edafología.

Los suelos de la ciudad de Hermosillo y sus alrededores están constituidos básicamente por cimientos limosos de origen pluvial, arcilla y grava. Los suelos de mayor capacidad agrícola se localizan principalmente en el cauce del Río Sonora; esto es hacia el Este, Noroeste y Suroeste de la mancha urbana.

Existen en el área algunos bancos de materiales en explotación como el localizado en la falda del cerro de la Cementera, en el lado oriente de la ciudad (cemento para la industria de la construcción) y algunos bancos de grava y arena ubicados al Noroeste de la mancha urbana, así como tierra para la fabricación de ladrillos. De igual forma en los márgenes del Río Sonora, existen grandes superficies para extraer grava y arena.

2.2. Contaminación del Aire.

La contaminación del aire puede deberse primariamente a las partículas del suelo que son levantadas por el viento y suspendidas en la atmósfera, que provienen de suelos erosionados por la desecación de ríos y arroyos; la tala inmoderada de la vegetación, así como de zonas de baja explotación agrícola. Las tempestades de polvos proceden en su mayoría de terrenos áridos o de escasa cubierta vegetal y se dan particularmente durante las estaciones secas del año, cuando en Sonora, los fuertes vientos transportan el polvo con trayectorias de Suroeste a Noreste. En Hermosillo, se han encontrado de 30 a 60 Kg/mes de polvo depositados por gravedad sobre el pavimento en superficies de 50 metros de largo por 14 de ancho, que corresponderían a las dimensiones de una calle de la ciudad (Barajas, 1996).

En cuanto a las fuentes de contaminación atmosférica producto de la actividad humana, ocurren de dos tipos: fuentes móviles y fuentes fijas. Se refiere como fuentes móviles a la combustión a los vehículos automotores en circulación dentro del casco urbano, los cuales hasta 1994 totalizaban 152,000 unidades registradas (Gobierno del Estado de Sonora, 1994) incluyendo camiones urbanos, vehículos particulares y camiones de redilas. Se estima que en 1994 en Hermosillo se consumía un promedio diario de 1,600,000 litros de combustible (Petróleos Mexicanos, 1994). Reportes de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (U.S.E.P.A. por sus siglas en inglés) revelan que las calles no pavimentadas contribuyen hasta en un 78% a la generación de partículas suspendidas, las actividades de construcción en un 8% y las tolvaneras en un 9% (U.S.E.P.A., 1990).

Las fuentes fijas de contaminación son todas aquellas instalaciones establecidas y cuyas actividades generan emisiones contaminantes a la atmósfera. En el caso de las industrias, la mayoría (74) se encuentran ubicadas en el Parque Industrial de Desarrollo, ubicado al Sureste de la ciudad. Sin embargo, existe un número importante de industrias y establecimientos de servicio con emisiones a la atmósfera instaladas dentro del casco urbano. En 1994 se reconocía la existencia de 103 industrias alimenticias, 18 industrias de transformación y 31 industrias de

construcción (CANACINTRA, 1994). A las emisiones de las ciudades industriales se le suman aquellas generadas por hospitales, hoteles, restaurantes, tintorerías, dos cementeras, una calera y las quemaduras ocasionales del basurero municipal y un basurero industrial.

Se considera que el área urbana no pavimentada ocupaba una extensión aproximada de 7,000 Ha, contando con un promedio de 16 árboles por hectárea; es decir, 120,000 árboles en el casco urbano. En virtud de que el promedio recomendable es de 50 árboles por hectárea, existe un déficit de cobertura del 68% en cuanto a las áreas verdes y arboledas de la ciudad (Barajas, 1996).

Para 1995, las áreas verdes de la mancha urbana sumaban 89 Ha. Siendo las más importantes: el Parque Madero, el parque y los camellones de la Colonia Pitic, los camellones de la Colonia Centenario, el Club Campestre (desaparecido en 1998), el Parque Recreativo DIF y La Saucedá. Entre las zonas menos arboladas se encuentran todos los desarrollos y colonias periféricos ubicados principalmente al Poniente y Norte de la ciudad (Barajas, 1996).

2.3. Concentración de partículas en aire ambiente para la ciudad de Hermosillo, Sonora, México durante el período 1990 – 1995.

Para contar con una referencia comparativa de los contaminantes en la ciudad de Hermosillo, se presenta a continuación una Tabla (2) de los límites máximos permisibles que permite evaluar el riesgo sanitario de siete contaminantes del aire: ozono (O_3), monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO_2), dióxido de nitrógeno (NO_2), particulares menores de 10 micras o fracciones respirables (PM_{10}), plomo (Pb) y partículas suspendidas totales (PST). Las normas de calidad de aire fueron publicadas por la Secretaría de Salud en el Diario Oficial de la Federación en diciembre de 1994.

Tabla 2.- Normas de calidad del aire

CONTAMINANTE	VALORES LIMITE		
	EXPOSICION AGUDA		EXPOSICION CRONICA
	Concentración y tiempo promedio	Frecuencia máxima aceptable	(Para protección de la salud de la población susceptible)
Ozono (O3)	0.11 ppm (1 hora)	1 vez cada 3 años	
Bióxido de azufre (SO2)	0.13 ppm (24 hrs)	1 vez al año	0.03 ppm (media aritmética anual)
Bióxido de nitrógeno (NO2)	0.21 ppm (1 hora)	1 vez al año	
Monóxido de carbono (CO)	11 ppm (8 hrs)	1 vez al año	
Plomo (Pb)	---		1.5 Ug/m3 (promedio aritmético en 3 meses)
Partículas suspendidas totales (PST)	260 Ug/m3 (24 horas)	1 vez al año	75 Ug/m3 (media aritmética anual)
Partículas fracción respirables (PM-10)	150 Ug/m3 (24 horas)	1 vez al año	50 Ug/m3 (media aritmética anual)

Fuente: Diario Oficial de la Federación, diciembre de 1994.

Las normas oficiales mexicanas en materia de contaminación ambiental fueron en 1993 ajustadas a los criterios de la Agencia de Protección al Ambiente de los Estados Unidos (USEPA). En 1990 Jacob Finkelman publicó una tabla (Tabla 3) comparativa donde se mencionan los niveles, para entonces, establecidos en las normas mexicanas; las correspondientes a la USEPA, a los criterios recomendados por la Organización Mundial para la Salud (OMS) y las propuestas de la OMS para Europa por la Oficina Regional Europea (EURO).

Tabla 3.- Concentrado comparativo de normas para contaminantes atmosféricos

	PST (Ug/m3)	SO2 (ppm-24 h)	CO (ppm-8 h)	NO2 (ppm-24 h)	O3 (ppm- 1 h)
Norma México	275	0.13	13	0.21	0.11
Norma US-EPA	260	0.14	9	0.05	0.12
Criterios OMS	100 – 150	0.04 – 0.06	10	0.10 – 0.17	0.05 – 0.10
Criterios EURO	70 - 125	0.21	8.7	0.21	0.076 – 0.10

Fuente: Jacobo Finkelman, 1990.

Durante el período comprendido de 1990 a 1995 se realizaron por parte de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE) y la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP) muestreos de partículas suspendidas totales PST (477muestras). En 1994 se inicia el monitoreo de PM₁₀ (140 muestras). Se muestreó la calidad de aire de la ciudad de Hermosillo en cuatro sitios distribuidos estratégicamente en el casco urbano, la Tabla 4 presenta la localización de las estaciones de muestreo, así como la cantidad y tipo de aparatos muestreadores utilizados.

Tabla 4.- Estaciones de monitoreo

SITIOS	UBICACIÓN	Numero de muestreadores		Altura del Muestreo (m)
		PM-10	PST	
CESUES	Ley Federal del Trabajo s/n Colonia Apolo	1	1	6.80
MAZON Centro	Guerrero y Ekias Calles. Colonia Centro		1	12.94
SEMESON	Mendoza y Rep. de Panamá. Col. El Sahuaro		1	5.50
Cuauhtémoc	Teotihuacan Col. Cuauhtémoc	1		13.00

Fuente: SEMARNAP, 1996.

2.3.1. Partículas suspendidas totales.

Se considera PST al total de materia sólida o líquida finamente fragmentada, dispersa en la atmósfera y cuyo tamaño oscila entre .3 a 50 micrómetros de diámetro. Dependiendo de sus características físicas, químicas y biológicas, o de su concentración en la atmósfera, del tiempo de exposición de los receptores humanos y a la susceptibilidad de estos a las partículas, se considera que existe riesgo sanitario especialmente para niños, ancianos y portadores de enfermedades respiratorias crónicas. De acuerdo a lo anterior y en base a numerosos estudios epidemiológicos (Rosales, Torres, Olaz y Borja, 2001; Téllez, Romieu, Ruiz, Lezana y Hernández, 2000), las muestras de PST pueden ser capaces de bloquear

los mecanismos de defensa del aparato respiratorio; dar lugar a cuadros específicos correspondientes a la intoxicación por plomo, cadmio u otros metales pesados; agravar enfermedades respiratorias (asma, bronquitis, enfisema pulmonar) o incrementar la morbilidad y/o mortalidad. Por lo tanto la concentración de PST no debe rebasar los límites máximos marcados por la norma oficial mexicana NOM-024-SSA1-1993 que para PST señalaba (para 1995) como nivel máximo permisible 260 Ug/m³ (microgramos por metro cúbico) de aire promedio en 24 horas, dicho promedio no deberá excederse más de una vez por año (Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994). Sin embargo, como se anota en la Tabla 5, esta concentración fue excedida consistentemente, ya que el límite máximo permitido era de 260 Ug/m³.

Tabla 5.- Concentraciones PST de 1990-1995

Concentración promedio más alta en 24 hs. Ug/m ³							
SITIO	MUESTRAS	1990	1991	1992	1993	1994	1995
CESUES	178	760	648	528	457.6	273.8	273.5
MAZON	187	346	479.4	601.8	266.9	285	701.1
SEMESON	112	---	920.6	983	760.3	245.5	719.9

Fuente: SEMARNAP, 1996.

La Tabla 6 presenta el promedio anual de concentración de PST registrado en el mismo período (1990-1995), donde se observa que el nivel máximo permisible, 75 Ug/m³ promedio aritmético anual, establecido por la norma oficial NOM-024-SSA1-1993 ((Diario Oficial de la Federación,1994) fue excedido todos los años con concentraciones que van desde 126 hasta 565.24 Ug/m³ de aire ambiente.

Tabla 6.- Concentración promedio anual PST de 1990-1995

Año \ Sitio	1990	1991	1992	1993	1994	1995
CESUES	307.1	481.1	466.8	250.6	152.7	126.6
MAZON	151.0	198.8	229.3	148.8	142.4	150.8
SEMESON	---	493.0	565.2	304.1	133.4	331.88

Fuente: SEMARNAP, 1996.

2.3.2. Partículas menores de diez micras.

Aquellas partículas suspendidas en ambiente aire cuyo tamaño va de 0.3 a 10 micrómetros de diámetro y que por tal, penetran hasta el espacio alveolar del pulmón, se les conoce con el nombre de *partículas menores de 10 micras o fracción respirable (PM₁₀)*.

Para PM₁₀ o fracción respirable, la norma oficial mexicana NOM-025-SSA1-1993 ((Diario Oficial de la Federación,1994) señala que la cantidad de 150 microgramos de partículas menores de diez micras por cada metro cúbico de aire ambiente promedio en 24 horas, no deberá ser excedida en más de una vez por año. La Tabla 7 muestra que durante 1995 se registró un valor que excedido la concentración establecida por la norma. En cuanto a la concentración promedio anual para este contaminante, la misma tabla muestra que durante 1994 y 1995 los datos registrados excedieron la norma oficial mexicana (NOM-025-SSA1), que establece como límite máximo anual la concentración de 50 microgramos de partículas menores de 10 micras por metro cúbico de aire.

Tabla 7.- Promedio Anual PM₁₀

SITIO	Muestra	Concentración promedio más alta en 24 horas		Concentración más alta	
		1994	1995	1994	1995
CESUES	64	153.30	189.08	83.28	53.60
Cuauhtémoc	76	105.35	123.39	60.85	48.47
Totales	140				

Fuente: SEMARNAP, 1996.

Como se observa en los datos anteriores (Tablas 5, 6 y 7), los registros para PST y PM₁₀ no se llevaron a cabo en los mismos centros de monitoreo y además se reportan variaciones en el número de mediciones de un centro a otro. La inconsistencia en las mediciones oficiales no permite graficar una imagen real de la incidencia de PST, ni de PM₁₀ en Hermosillo. Las gráficas oficiales no presentan semanalmente sus datos, y los promedios se toman del total de las estaciones de

monitoreo aún cuando solamente se tengan datos de algunas de estas. Sin embargo, de acuerdo a la norma, en varios días al año, sí se exceden los límites máximos. Cabe mencionar que a principios de 1996 dejó de operar el programa de muestreo de partículas en la ciudad de Hermosillo a cargo de la SEMARNAP.

A pesar de que los parámetros de la calidad de aire son marcados por la Secretaría de Salud y de que ésta cuenta con el registro anual de la incidencia de IRA's, los datos que se obtuvieron de los muestreos de la SEMARNAP, no fueron relacionados; es decir no existía una coordinación intersecretarial que permitiera demostrar el impacto de los polvos en la salud.

2.4. Registros de infecciones respiratorias agudas del Municipio de Hermosillo en 1995 y 1996.

Los registros oficiales de IRA's por parte de la Secretaría de Salud para el Estado de Sonora iniciaron en 1995. En ese año, para el Municipio de Hermosillo se reportaron 120,752 casos; se registra cada servicio médico como un caso atendido en los Centros de Salud y dispensarios de la Secretaría de Salud, los hospitales del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE) y el Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado de Sonora (ISSSTESON).

Los 120,752 casos de 1995 fueron reportados por 15 instituciones y centros de salud. La Tabla 8 concentra el total de servicios otorgados, al total de la población, así como aquellos servicios que correspondieron a menores de un año, a niños de 1 a 4 años y de 5 a 14 años; también se concentra el total de servicios para la infancia (de -1 a 14 años). Se hace notar que de los 120,752 casos registrados, 78,405 correspondieron a menores de 14 años; el 65% de los servicios para IRA's se dedican a la población infantil de Hermosillo.

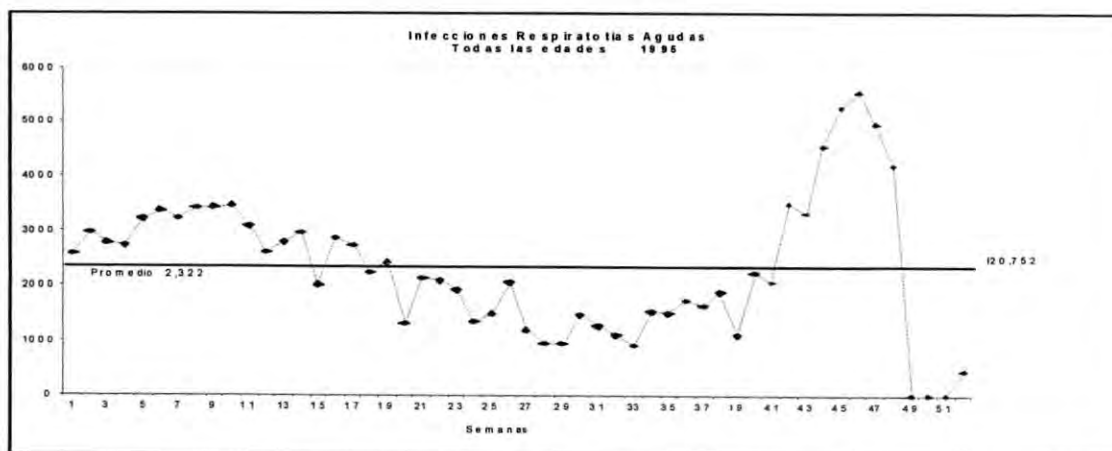
Tabla 8.- Infecciones respiratorias agudas 1995

1995	Todas las edades	- 1 año	1 a 4 años	5 a 14 años	-1 a 14 años
ISSTESON	18,529	531	4,174	4,709	9,414
D. OLIVARES	1,189	136	235	257	628
E. ZAPATA	1,394	194	333	493	1,020
L. MADRID	3,629	554	1,137	1,026	2,717
NARANJOS	976	198	276	310	784
SAHUARO	2,008	322	693	646	1,661
STA. ISABEL	985	109	294	267	670
C. GALVEZ	378	0	0	358	358
H. INFANTIL	13,938	4,041	6,380	3,342	13,763
H. GENERAL	1,006	23	53	21	97
ISSSTE	13,234	968	3,006	2,908	6,882
IMSS	14,723	5,543	6,335	2,731	14,609
#2 IMSS	20,185	2,854	4,093	3,334	10,281
#37 IMSS	28,453	3927	6,510	4,959	15,396
BASICO	125	4	51	70	125
TOTALES	120,752	19,404	33,570	25,431	78,405

Fuente: Secretaría de Salud Pública, 1995.

La Gráfica 1, muestra la frecuencia de servicios para IRA's para las 52 semanas del año 1995, el promedio de servicios por semana fue de 2,322 servicios. Se aprecia un decremento que va de las dos últimas semanas de abril a la primera semana de octubre; estas semanas corresponden al inicio y final de la amplia temporada cálida en la cuál se leva la probabilidad de precipitaciones pluviales, motivo por el cuál disminuye la incidencia de polvos. Se observa además un decremento en las últimas semanas del año durante el cual el registro de servicios no se llevó a cabo regularmente debido al período vacacional del personal del sector salud.

Gráfica1.- Frecuencia de servicios para IRA's, 1995



Fuente: Secretaría de Salud Pública, 1995.

Para 1996, la Secretaría de Salud del Estado de Sonora reportó un total de 134,281 casos de IRA's atendidas en 16 instituciones y centros de salud. La Tabla 9 concentra el total de servicios otorgados, a la población en general, así como aquellos servicios que correspondieron a menores de un año, a niños de 1 a 4 años y de 5 a 14 años; también se concentra el total de servicios para la infancia (de -1 a 14 años). Se otorgaron 84,998 servicios a menores de 14 años, el 63% del total de servicios.

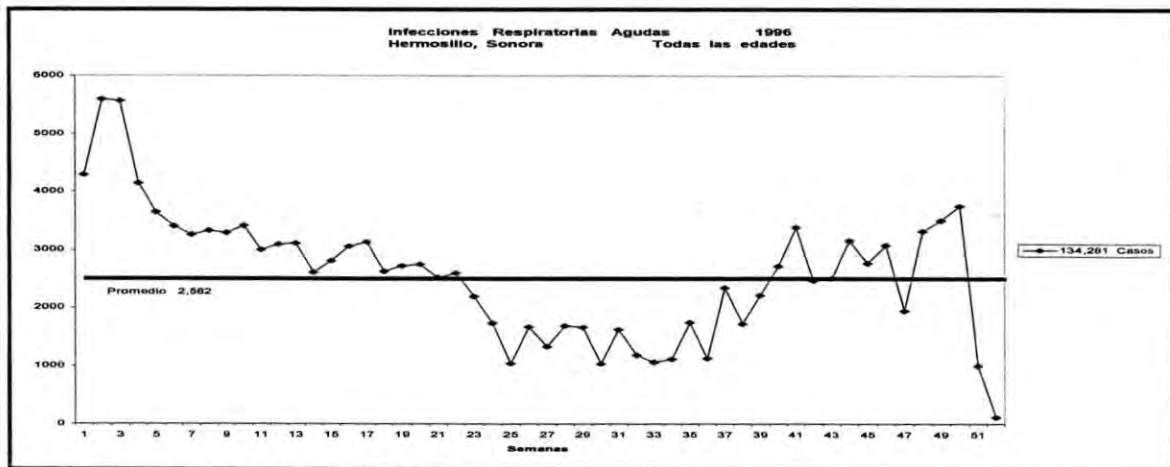
Tabla 9.- Infecciones respiratorias agudas 1996

1996	Todas las edades	- 1 año	1 a 4 años	5 a 14 años	-1 a 14 años
ISSTESON	37,001	50	7,840	9,855	17,745
D. OLIVARES	1,039	121	204	257	582
E. ZAPATA	1,937	326	583	575	1,484
L. MADRID	3,620	601	1,104	953	2,658
NARANJOS	1,397	249	405	365	1,019
SAHUARO	1,296	244	363	336	943
STA. ISABEL	761	132	237	156	525
C. GALVEZ	713	75	117	308	500
H. INFANTIL	12,242	4,138	5,462	2,504	12,104
H. GENERAL	933	2	1	8	11
ISSSTE	11,768	929	2,723	2,646	6,298
IMSS	18,395	6,870	7,580	3,718	18,168
#2 IMSS	18,117	4,138	3,481	2,504	8,918
#37 IMSS	23,370	2,538	5,492	2,899	12,770
BASICO	772	80	206	164	450
DISPENSARIO	920	392	290	141	823
TOTALES	134,281	20,178	36,088	28,732	84,998

Fuente: Secretaría de Salud Pública, 1996.

La Gráfica 2, muestra la frecuencia de servicios para IRA's para las 52 semanas del año 1996, el promedio de servicios por semana fue de 2,582 servicios y se aprecia un decremento en las últimas semanas del año, las cuáles corresponden al período vacacional, durante el cual el registro de servicios no se llevó a cabo regularmente ya que escasea el personal, particularmente aquél encargado de los registros de morbilidad.

Gráfica 2.- Frecuencia de servicios para IRA's 1996

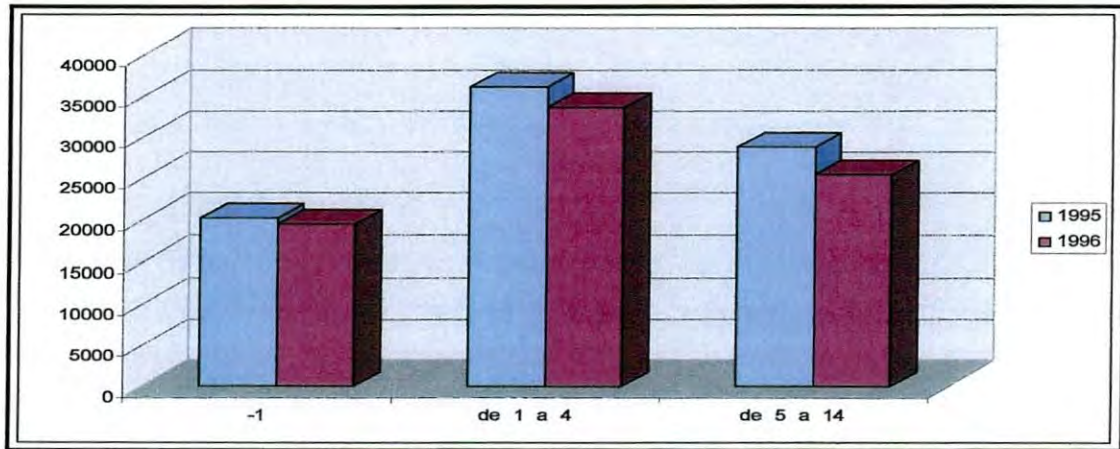


Fuente: Secretaría de Salud Pública, 1996.

Se observa (Tablas 8 y 9) que para 1996 se reportaron 13,529 más casos de IRA's que para 1995, lo cual se explica con los registros climatológicos de la entidad señalan a 1995 como un año de lluvias extraordinarias (Comisión Nacional del Agua, 1995).

La Gráfica 3 muestra las frecuencias de servicios médicos de IRA's para menores entre -1 y 14 años, en esta se aprecian patrones consistentes y se hace evidente que los menores de 1 a 4 años son los más vulnerables a este tipo de infecciones.

Gráfica 3.- Servicios de IRA's para menores de -1 a 14 años 1995 -1996

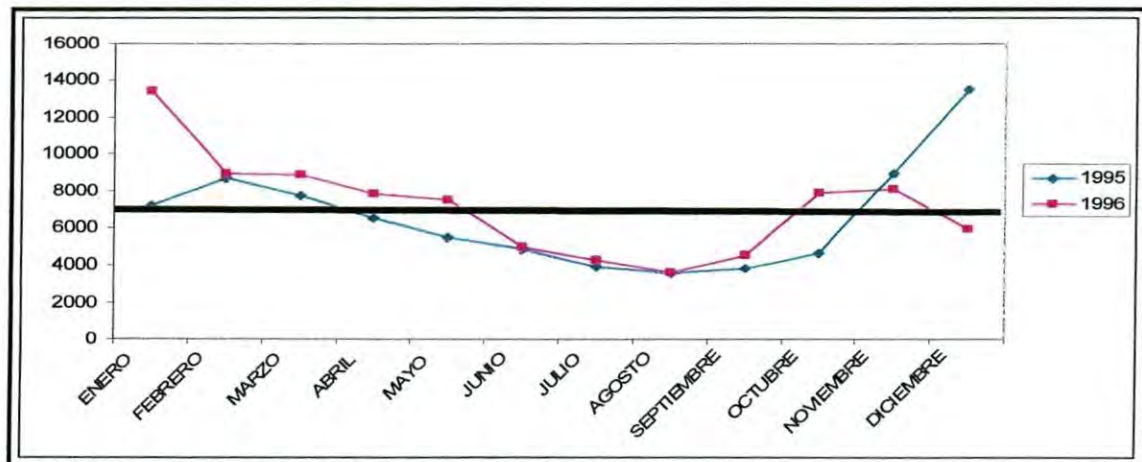


Fuente: Secretaría de Salud Pública, 1995-1996.

Hasta el año 1999, las edades entre 5 y 14 años se registraban como un solo rango, pero a partir del año 2000 y para coincidir con los rangos de edad que maneja el Instituto Nacional del Geografía y Estadística (INEGI), la Secretaría de Salud reporta los siguientes rangos para menores: de -1; de 1 a 4; de 5 a 9; y de 10 a 14 años.

En la Gráfica 4 se presenta una concentración mensual de la frecuencia de servicios para IRA's en la cual se aprecia una estacionalidad consistente, observándose un decremento considerable durante los meses de calor que coinciden con la época de lluvias, lo cual disminuye el volumen de las partículas suspendidas en la atmósfera; se observa un incremento en períodos de vientos (febrero, marzo, abril, octubre y noviembre) y en los meses fríos (diciembre y enero).

Gráfica 4.- Registro mensual de IRA's 1995 – 1996



Fuente: Secretaría de Salud Pública, 1995-1996.

2.5. Conclusiones 1995 – 1996.

En un sentido genérico se ha responsabilizado a la contaminación ambiental como responsable de la incidencia de IRA's. Sin embargo, las variables que generan el desarrollo de IRA's no pueden circunscribirse a la contaminación producida por polvos ni a las condiciones climatológicas que los acompañan (bajas temperaturas, corrientes de aire o de vientos y ambiente seco), también deben considerarse variables que a nivel individual son facilitadores potenciales de IRA's como son las condiciones generales de salud y nutrición del huésped y algunos comportamientos que lo ponen en riesgo como son la exposición a escenarios fríos y polvosos sin ropa apropiada ni cubre bocas.

A partir de los reportes para 1995-1996 de polvos (PST y PM₁₀) y de IRA's, las conclusiones más relevantes se refieren a: 1) Se registra un incremento de IRA's asociado a variables climatológicas, como son, bajas temperaturas, corrientes de vientos y sequía; 2) la incidencia de IRA's en Hermosillo es considerable, para una población de 559,154, se otorgó un promedio de 127,517 servicios para IRA's, en este caso no es posible establecer un porcentaje por habitante, ya que se sabe que se trata de padecimientos crónicos y es posible que un solo individuo haya recibido

más de un servicio por año; 3) la población infantil es la más vulnerable, el 65% de los servicios para IRA's fue otorgado a menores de -1 a 14 años, siendo dentro de este rango la población de entre 1 a 4 años la más afectada; 4) los datos de IRA's y polvos (PST y PM10) se reportan en forma independiente por las instancias encargadas de hacerlo lo cual imposibilita estudios de morbilidad adecuados; 5) La SEMARNAP no realizó un análisis bioquímico del contenido de los polvos que se colectaron en las muestras, lo cual impide considerar algún otro tipo de afectación a la salud más allá de las IRA's.

Desde el punto de vista epidemiológico este primer estudio evidencia que la población infantil es la más afectada con IRA's, sin embargo no nos fue posible relacionar esta problemática con la contaminación atmosférica debido a la inconsistencia de los datos reportados por la SEMARNAP. Esta conclusión dio pie a llevar a cabo un segundo estudio que de manera puntual pudiera dar cuenta de la relación polvos e IRA's y que trascendiera lo epidemiológico y sus causas reportando desde el enfoque de la psicología ambiental, daños en la calidad del rendimiento escolar de una población infantil.

3. Segundo estudio.

El Impacto de los polvos sobre el rendimiento escolar de una población infantil del Norte de la Ciudad de Hermosillo.

La presente investigación se llevó a cabo en la ciudad de Hermosillo, Sonora, se trabajó bajo la premisa de que la calidad del aire afecta la salud humana y el rendimiento de los individuos, en este caso el de los niños. Hermosillo ha sido señalado como zona de alta concentración de contaminantes en el aire, esto debido principalmente a sus características geo-climáticas y urbanísticas (Moreno, 1990).

3.1. Hipótesis de trabajo.

H1. Existe una correlación significativa entre la incidencia de polvos (PST y PM₁₀) y las enfermedades respiratorias agudas (IRA's).

H2. La incidencia de polvos (PST y PM₁₀) se correlaciona significativamente con el ausentismo escolar en alumnos de educación básica de 6 a 9 años.

H3. El ausentismo escolar se encuentra estrechamente relacionado con el rendimiento escolar de alumnos de educación básica de 6 a 9 años.

H4. La incidencia de polvos (PST y PM₁₀) se relaciona positivamente con el rendimiento escolar de alumnos de educación básica de 6 a 9 años.

3.2. Metodología.

3.2.1. Escenario.

Se eligió la Colonia Lomas de Madrid en el sector Norte de la ciudad por carecer de pavimentación en el 75% de su área total de calles y por contar con reportes de la Secretaría de Salud que indican al Centro de Salud de esa colonia como el de mayor incidencia de IRA's (se atendieron 2,355 casos, concluyendo el

año con un registro de 3,629). Además se consideraron reportes de concentración de partículas en el aire (PST y PM-10) realizados en los años 1990-96 por personal de la entonces Delegación Sonora de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP) actualmente Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) que reportan a la zona Norte de la ciudad como la más contaminada.

Las escuelas de educación primaria seleccionadas en esta investigación fueron Emiliano Zapata y Francisco I. Madero que se encuentran localizadas en la manzana comprendida entre las calles Matape –Sebastián Lerdo de Tejada (Norte), Villa Hidalgo (Sur), Francisco Monteverde (Este) y 12 de Octubre (Oeste). En la calle Matape, frente a las escuelas, se localiza el *Centro de Salud Lomas de Madrid* lo que facilita a las familias de la escuela una atención médica sin traslado (Ver planos de ubicación en Anexo 2).

3.2.2. Sujetos.

Se trabajó con una muestra de 97 niños, 60 masculinos y 37 femeninos inscritos en las dos escuelas (Emiliano Zapata y Francisco I. Madero).

La selección de los sujetos que participaron en la muestra se realizó en base a los siguientes criterios:

- Edades entre 6 y 9 años.
- Asistir a la escuela Emiliano Zapata o a la escuela Francisco I. Madero en Primero, Segundo o Tercer año de educación primaria.
- Presentar un índice de ausentismo superior a 3/mes.
- Bajo Rendimiento Escolar promedio de calificaciones de entre 5 y 7.
- Vivienda dentro de un perímetro de 10 manzanas (bloques urbanos) alrededor de la escuela, área de la Colonia Lomas de Madrid.

3.2.3. Polvos.

En un periodo comprendido del 1° de septiembre de 1995 al 27 de diciembre de 1996, se registraron sesenta y ocho mediciones semanales de PST y PM10 en

una estación ubicada en la Colonia Lomas de Madrid, en edificio de 13 metros de altura situado en la calle Francisco Monteverde a 12 metros de las escuelas Emiliano Zapata y Francisco I. Madero. El equipo para muestreos PST y PM₁₀ de la marca General Metal Work GMW-H, fue proporcionado en calidad de *comodato* por la SEMARNAP.

3.3. Procedimiento.

Fase I.- Inicia la primera semana de septiembre coincidiendo con el ingreso a clases de las escuelas primarias. Se seleccionan los grupos a los que se va a dar seguimiento durante sesenta semanas de actividad escolar y se inicia un muestreo de sesenta y ocho semanas de PST y PM₁₀ (septiembre 1995-diciembre 1996).

Fase II.- Basados en los registros escolares de calificaciones y en las listas de asistencia diaria se selecciona la muestra bajo los criterios de bajo rendimiento escolar, ausentismo. Para establecer el criterio de vivienda se recurrió a los registros escolares de datos personales de donde se tomaron las direcciones que de aquellos alumnos que habitaban dentro del perímetro señalado. Se determinó una muestra con los criterios de bajo rendimiento, *ausentismo* y vivienda. Posteriormente se realizaron entrevistas familiares y domiciliarias para determinar las causas del ausentismo escolar y de esta forma se integra la muestra definitiva para la investigación con los sujetos que reportaron a las IRA's como la causa de su ausentismo escolar (inicia en diciembre 1995).

Fase III.- Se da seguimiento a los sujetos de la muestra y se continúa con los muestreos de PST y PM₁₀ hasta concluir las sesenta y ocho semanas en Diciembre de 1996.

A) Muestreos o Mediciones.

1) Polvos. Se realizaron un total de 68 mediciones de PM₁₀ y de PST. La primera medición se realizó el 1º de septiembre de 1995 y la última se realizó el 27 de

diciembre de 1996. Las mediciones 44 a la 51 correspondieron al periodo vacacional de las escuelas primarias.

2) Rendimiento escolar. Fue determinado a partir de los registros de calificaciones oficiales que fueron proporcionados por las maestras responsables de cada grupo.

3) Ausentismo. Se consideró a partir del registro de asistencia diaria, procedimiento que los maestros de las escuelas primarias tienen la obligación de llevar a cabo.

B) Selección de sujetos.

Inicialmente se tomaron todos los grupos de primero, segundo y tercer grado en las Escuelas Primaria Emiliano Zapata y Francisco I. Madero. Ello corresponde a un total de 20 grupos con 625 alumnos de los cuales 194 calificaron bajo el criterio de bajo rendimiento escolar (tabla 10).

Tabla 10.- Grupos, número de alumnos y alumnos de bajo rendimiento

	Grupos	Alumnos	Bajo Rendimiento	%
Escuela Emiliano Zapata	11	347	113	32%
Escuela Francisco I. Madero	9	278	81	29%
Totales	20	625	194	31%

De la muestra de 194 niños (31% de la muestra inicial) en la edad criterio y de bajo rendimiento escolar, se seleccionaron aquellos que cumplieran con el criterio de ausentismo. La muestra que cumplía con el criterio de bajo rendimiento escolar y ausentismo, fue de 126 niños. Se corroboró que la muestra de bajo rendimiento escolar y ausentismo cumpliera con el criterio de vivienda en el perímetro demarcado por la Colonia Lomas de Madrid, quedando una muestra de 118 niños.

Se realizaron entrevistas familiares domiciliarias de los 118 niños que cumplieran con los criterios bajo rendimiento escolar, ausentismo y de vivienda, con el propósito de verificar las causas de ausentismo. Quedando finalmente una muestra de 97

niños (60 masculinos y 37 femeninos) de los que se corroboró que la causa de su ausentismo era debido a problemas de IRA's crónicas. Se encontró que los 21 niños fuera del criterio de IRA's se ausentaban frecuentemente de la escuela debido a problemas familiares y a otras causas de salud. El 16% de los sujetos de la muestra inicial (625) se tomaron como muestra definitiva (tabla 11).

3.4. Resultados.

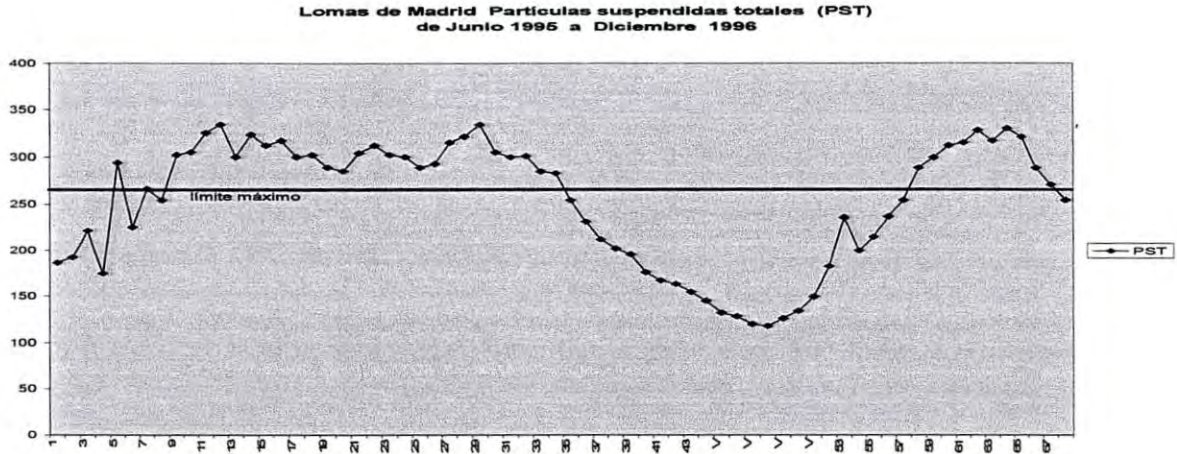
3.4.1. Mediciones de polvos.

Las 68 mediciones de la estación de monitoreo Lomas de Madrid nos muestran para PST, 39 mediciones que exceden la Norma Oficial (NOM-SSA1-025) en la que se establece que los promedios límite, no deberán excederse ni una vez por año, y para PM-10 se registraron 43 días excedidos. En la Gráfica 5 se observa claramente la estacionalidad, los meses de verano coinciden con estación de lluvias, lo cual mitiga los polvos. Tratándose de una estación de monitoreo focal nos muestra el espectro de al menos diez manzanas a la redonda, sin embargo cabe señalar que las condiciones de Lomas de Madrid son lugar común en toda el área marginal de la ciudad. Más allá de las condiciones geo-climáticas de Hermosillo que producen en forma natural arrastre de polvos, se cuenta con un tráfico vehicular intenso, el transporte urbano es insuficiente para satisfacer las necesidades de la zona Noroeste de la ciudad debido a su vertiginoso crecimiento. El tráfico vehicular se ha incrementado en los últimos años ya que se cuenta con el acceso a vehículos de procedencia extranjera (chuecos) los cuales, por su bajo costo, resultan accesibles para la economía de las familias de bajos recursos, lo anterior ha propiciado que un 85% de las familias cuente con al menos un vehículo. (Ver Tabla 10.- Mediciones PST, PM10 y Ausentismo. Anexo 1.1)

En la Gráfica 5 se presentan las concentraciones de PST, las que muestran un patrón de estacionalidad, caída durante los meses de calor, de la tercera semana de mayo a la segunda semana de octubre y en temporada de secas, de mediados de octubre a principios de mayo se observan claramente concentraciones de partículas

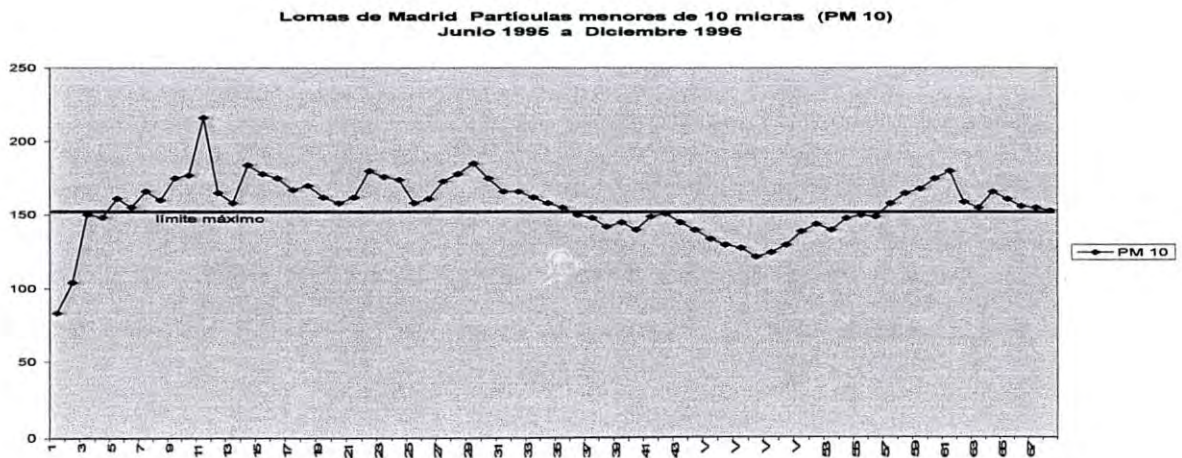
por arriba del límite máximo permitido de 260 Ug/m³ (NOM-025-SSA1-1993, Diario Oficial de la Federación, diciembre de 1994).

Gráfica 5.- Concentración de PST



La Gráfica 6, muestra el registro semanal de PM₁₀ observándose claramente las semanas en las que se excedió el límite máximo de 125 Ug/m³ que permite la NOM-025-SSA1-1993 (Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994). Se observa el mismo patrón estacional que para PST. Cabe señalar que el decremento para los meses de varano coincide con las vacaciones anuales de las escuelas primarias.

Gráfica 6.- Registro semanal de PM₁₀



Los resultados de la estación de monitoreo Lomas de Madrid para PST y PM10 (Gráficas 5 y 6) no pueden ser comparados con los resultados que para el mismo periodo de 1995-1996 reporta la SEMARNAP; los reportes oficiales muestran datos de promedios de varias estaciones, y no existen registros semanales, las muestras que se tomaron no corresponden a la misma fecha para todas las estaciones, las mediciones que se tomaron en forma inconsistente. Para la población general, los niveles de contaminación por polvos en la colonia Lomas de Madrid explican la alta incidencia de IRA's que son atendidas en su Centro de Salud (3,629 servicios), cifra que no contempla a los vecinos que reciben atención en otras instituciones como el IMSS, ISSSTE, ISSSTESON o el Hospital Infantil que son centros que concentran la mayor frecuencia de servicios para IRA's.

3.4.2. Rendimiento escolar.

De los 625 niños de la muestra inicial en grupos de primaria de primero a tercer grado, 194 (31%) fueron catalogados como de bajo rendimiento: el 50% de los alumnos obtuvieron un promedio de calificaciones de 70; 31% promedio de 60; y el 18% se consideraron reprobados con 50 de promedio, aún así, fueron promovidos al siguiente grado escolar. Los promedios obtenidos no son plenamente académicos ya que se incorporan al promedio general las calificaciones obtenidas en deportes y tecnológicas (computación o manualidades). Se puede afirmar que un alumno de bajo rendimiento escolar debe haber fracasado en casi la totalidad de las asignaturas para obtener un promedio de 70, o menor.

Se considera al bajo rendimiento escolar como un fenómeno atribuible a una gran variedad de causas, sin embargo se han señalado como las variables más significativas a las que comprometen el estado de salud de los niños, así como al ambiente que les rodea y a las condiciones socioculturales en las que se desarrollan (Portellano, 1989; García, 2005; Ortega, 2007).

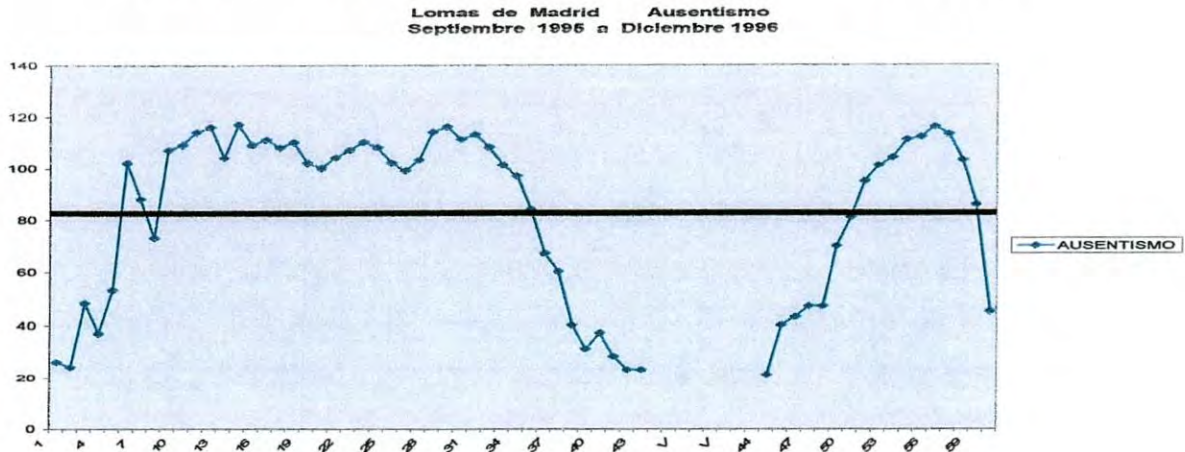
3.4.3. Ausentismo.

La variable más fuertemente asociada al ausentismo escolar es la salud de los niños, seguida por hacinamiento, marginalidad y actividades laborales (Herrera y Morales, 1993).

De una muestra inicial (625) el 20% presentó ausentismo (126), el cuál resultó consistente con los datos de bajo rendimiento escolar; el 90% de los alumnos con registros con ausentismo, fueron también calificados como de bajo rendimiento escolar.

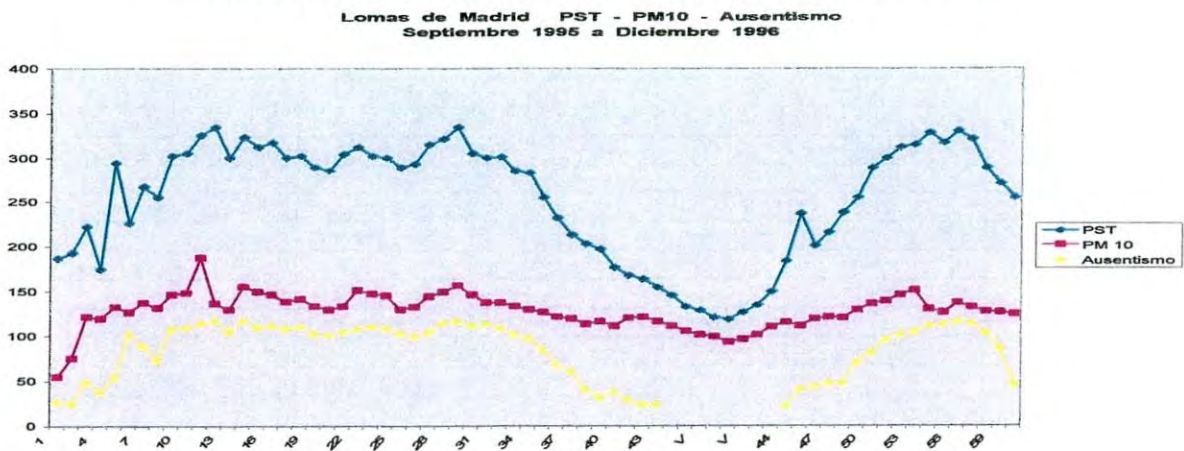
De la muestra definitiva de los 97 niños (con criterios bajo rendimiento, *ausentismo* y vivienda) se llevaron registros de asistencia durante 60 semanas que comprenden un período del primer día de clases de septiembre del 1995 al último día de clases del período vacacional de diciembre de 1996, (60 semanas). Se registraron un total de 4,979 ausencias a las que se dio, debido a la elevada cantidad, un seguimiento familiar, aleatorio. Mediante esta forma de seguimiento, se comprobó que las ausencias correspondían al curso de algún tipo de IRA's y en casos extremos a crisis asmáticas severas. La Gráfica 7 muestra los resultados que coinciden con el un patrón estacional de los periodos de polvos (PM₁₀ y PST) de las Gráficas 5 y 6. Lo anterior permite asegurar que una de las causas fundamentales del ausentismo y su consecuente bajo rendimiento escolar, es la incidencia estacional de polvos. Es importante señalar que los límites máximos permitidos, fueron ajustados en el año 2005: PST de 260 Ug/m³ a 210 Ug/m³, los de Pm₁₀, de 150 Ug/m³ a 120 Ug/m³.

Gráfica 7.- Ausentismo escolar, septiembre 1995-diciembre 1996



La Gráfica 8 muestra los patrones en la frecuencia de PM10, PST y ausentismo; los parámetros de estos son diferentes, sin embargo, la gráfica permite observar sus patrones con claridad. Con respecto a PST y ausentismo se obtuvo un coeficiente de correlación de $.932 p=.01$ La correlación entre PM10 y ausentismo fue de $.737 p=.01$.

Gráfica 8.- Frecuencia de PST, PM10 y ausentismo escolar



De lo anterior se puede concluir que los polvos son responsables de la ocurrencia de ausentismo y de bajo rendimiento escolar. Ambientes tan altamente contaminados significan un peligro potencial para la salud de los niños y en consecuencia un detrimento a su desempeño, particularmente el escolar esto es

grave si se considera que desde 1994 entró en vigor la Norma Oficial Mexicana NOM-017-SSA2-1994.

3.5. Seguimiento.

Se dio seguimiento a los niños de nuestra muestra a través de los registros escolares de graduación de sexto grado. Así los niños que al momento de esta investigación cursaban tercer grado (1995-1996) graduaron en el ciclo 1998-1999; los de segundo año se graduaron en el ciclo escolar 1999-2000; y los que cursaban primer año graduaron en el ciclo 2000-2001.

De la muestra bajo rendimiento, *ausentismo* y vivienda reportada con IRA's, solamente el 76% alumnos fueron registrados en las listas de graduantes. Esta porción de nuestra muestra logró concluir su educación primaria, sin embargo no fue posible establecer los promedios de los seis años de primaria ya que no se permitió el acceso a los Certificados de Educación Primaria.

Se estima que las causas para no aparecer en la lista de alumnos graduados pueden ser diversas, principalmente por cambios de domicilio o deserción escolar. Por tal, no es posible determinar las causas por las que no se graduó el 24% de los alumnos de nuestra muestra.

Diez años después de estas conclusiones y motivado por algunos señalamientos periodísticos (El Imparcial, 13/09/2004; 05/11/2005) se inició la colecta de datos de IRA's y de la contaminación ambiental del Municipio de Hermosillo con la finalidad de establecer la relación de estas variables, lo cuál no fue posible una década atrás y de confirmar los patrones estacionales de polvos e IRA's encontrados en el segundo estudio de esta investigación.

4. Tercer estudio.

Reporte de contaminación atmosférica e IRA's del Municipio de Hermosillo, 2005 – 2006.

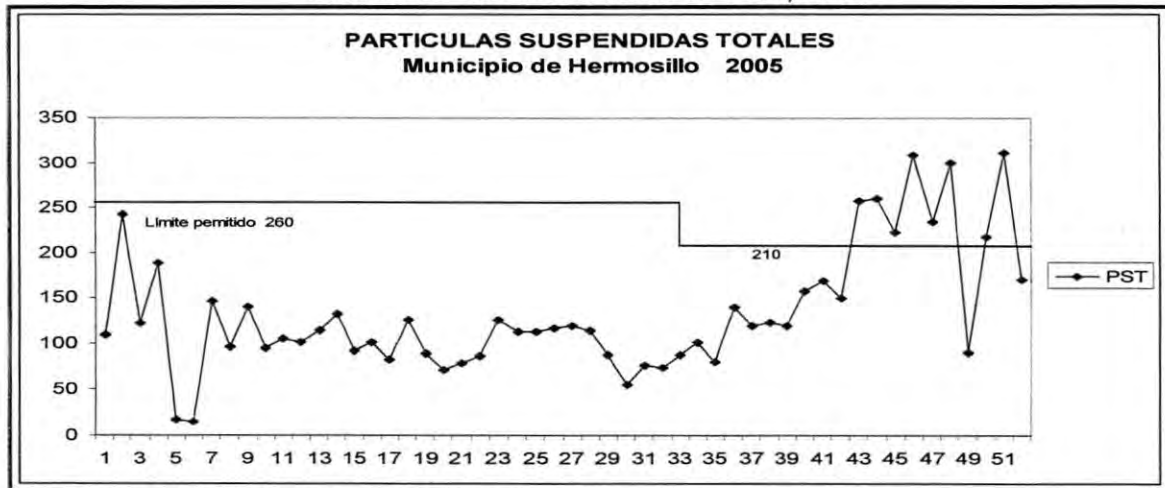
Para encontrar datos que evidenciaran la relación, nunca antes documentada, que existente entre la incidencia de IRA's y la calidad del aire del Municipio de Hermosillo, fue necesario extender el presente estudio a una revisión de diez años. La población reportada por INEGI para el 2005 fue de 701,838, (142,684 más que en 1995) lo cual representa un crecimiento del 20% en un período de 10 años.

4.1. Reporte de la contaminación atmosférica 2005 – 2006, Municipio de Hermosillo.

El Municipio de Hermosillo inicia formalmente el Programa de Monitoreo de la Calidad del Aire en el año 2004, los aparatos de muestreo son donados al municipio por la SEMARNAT y son reinstalados en sitios *céntricos* pese al crecimiento urbano que ha rebasado en kilómetros las zonas marginales de diez años atrás.

La Gráfica 9 muestra la concentración del PST del año 2005, en un promedio de las estaciones CESUES, CBTIS y Morelia (zona centro de la ciudad). El límite máximo permitido fue de 260 Ug/m³ hasta la semana 33, a partir de esa fecha las Secretaría de Salud estableció como límite máximo permitido 210 Ug/m³ según la Modificación a la Norma Oficial NOM-025-SSA1-1993 de septiembre de 2005.

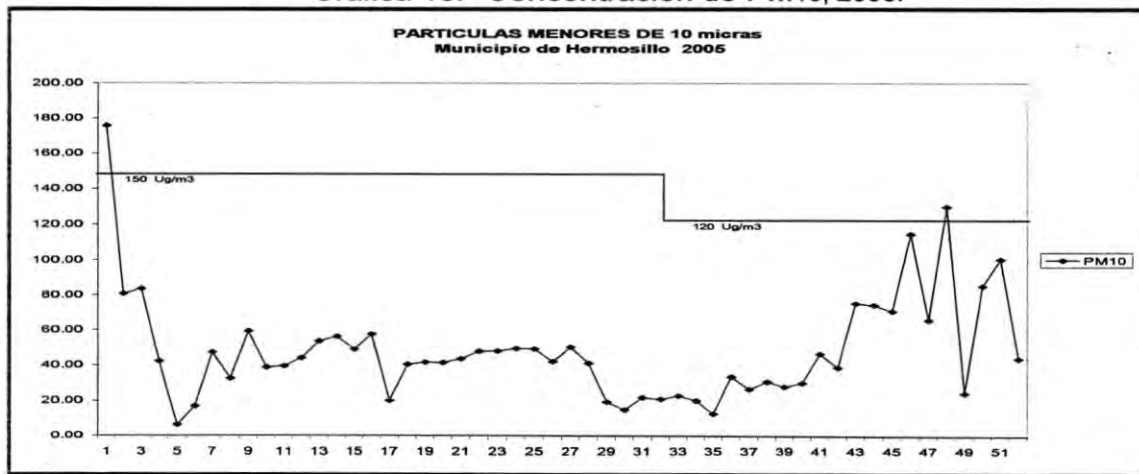
Gráfica 9.- Concentración de PST, 2005



Fuente: Dirección de Ecología del Municipio de Hermosillo, 2005.

La Gráfica 10 muestra las concentraciones de PM₁₀, su límite máximo permitido por la Secretaría de Salud hasta la semana 33 fue de 150 Ug/m³, a partir de la semana 34 del 2005 se estableció un límite de 120 Ug/m³ según la Modificación a la Norma Oficial NOM-025-SSA1-1993 de septiembre del 2005. Es importante señalar que los muestreos de la estación CBATIS arrojaron medidas por arriba de los límites permitidos, sin embargo los reportes del municipio al ofrecer promedios, han considerado que la calidad del aire en Hermosillo, es ACEPTABLE. En consecuencia, las recomendaciones a la población para mantener medidas preventivas para la salud, han sido mínimas.

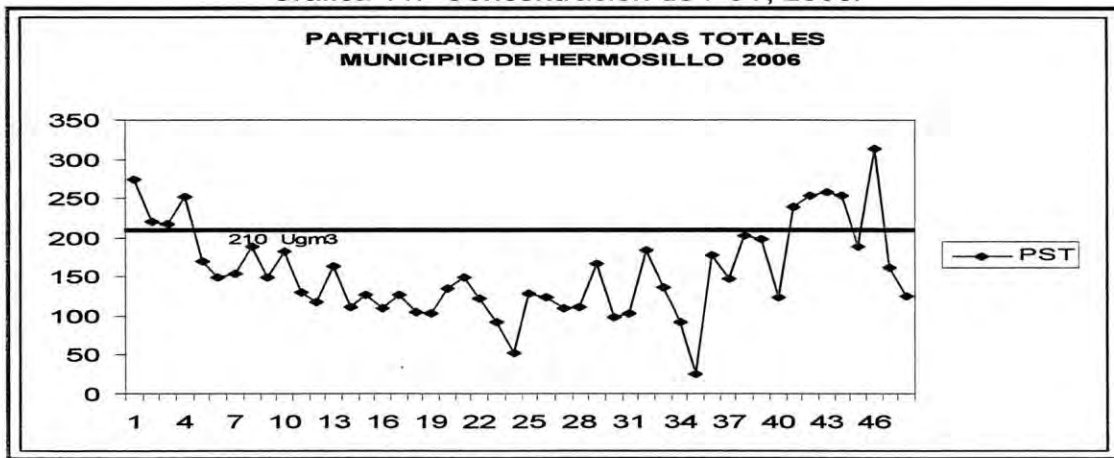
Gráfica 10.- Concentración de PM10, 2005.



Fuente: Dirección de Ecología del Municipio de Hermosillo, 2005.

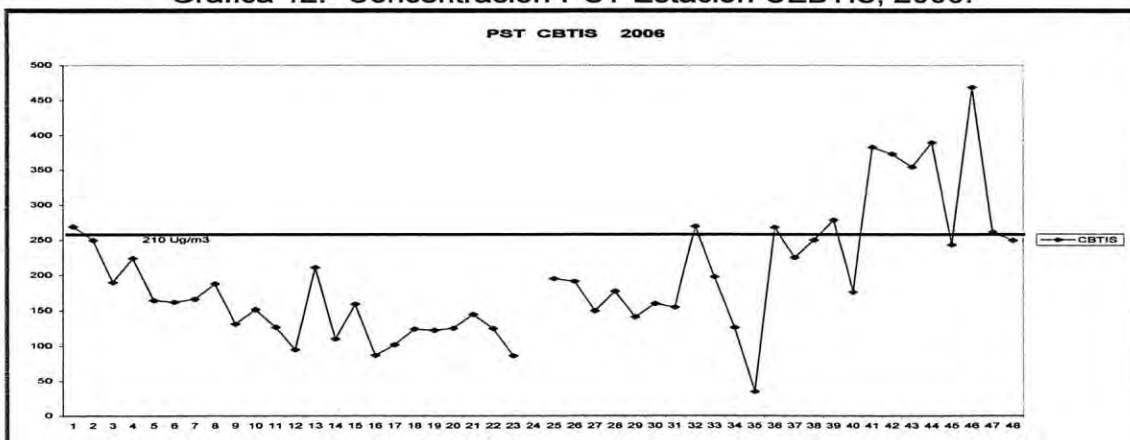
La Gráfica 11 presenta el promedio de la concentración de PST del año 2006. Estos muestreos fueron de nuevo presentados como ACEPTABLES por parte del Municipio de Hermosillo. Sin embargo, en la Gráfica 12 de la estación CBTIS se muestra un índice por arriba de la norma aún cuando se encuentra en una zona totalmente pavimentada.

Gráfica 11.- Concentración de PST, 2006.



Fuente: Dirección de Ecología del Municipio de Hermosillo, 2005.

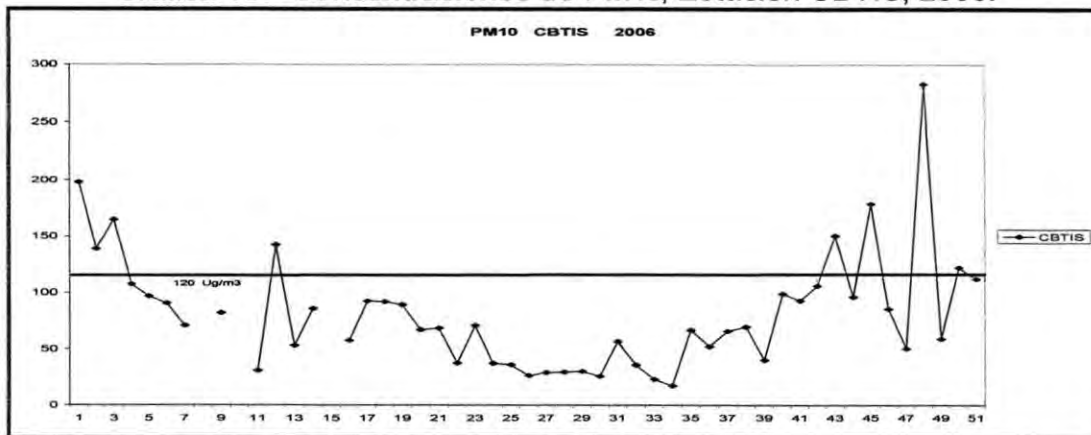
Gráfica 12.- Concentración PST Estación CBTIS, 2006.



Fuente: Dirección de Ecología del Municipio de Hermosillo, 2006.

La Gráfica 13 presenta los muestreos de PM₁₀, que en el año 2006 fueron realizados exclusivamente y con *cierta regularidad* en la estación del CBTIS, observándose mediciones por arriba de la norma (120 Ug/m) en los meses de invierno.

Gráfica 13.- Concentraciones de PM₁₀, Estación CBTIS, 2006.



Fuente: Dirección de Ecología del Municipio de Hermosillo, 2006.

Aún cuando el municipio de Hermosillo no cuenta con un sistema regular de registro para la contaminación atmosférica, es posible apreciar que las mediciones más elevadas de partículas de polvo se dan durante los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero en los que las condiciones climáticas se caracterizan por bajas temperaturas y corrientes de aire lo que facilita la suspensión de partículas.

4.2. Registro de infecciones respiratorias agudas, Municipio de Hermosillo, 2005 Y 2006.

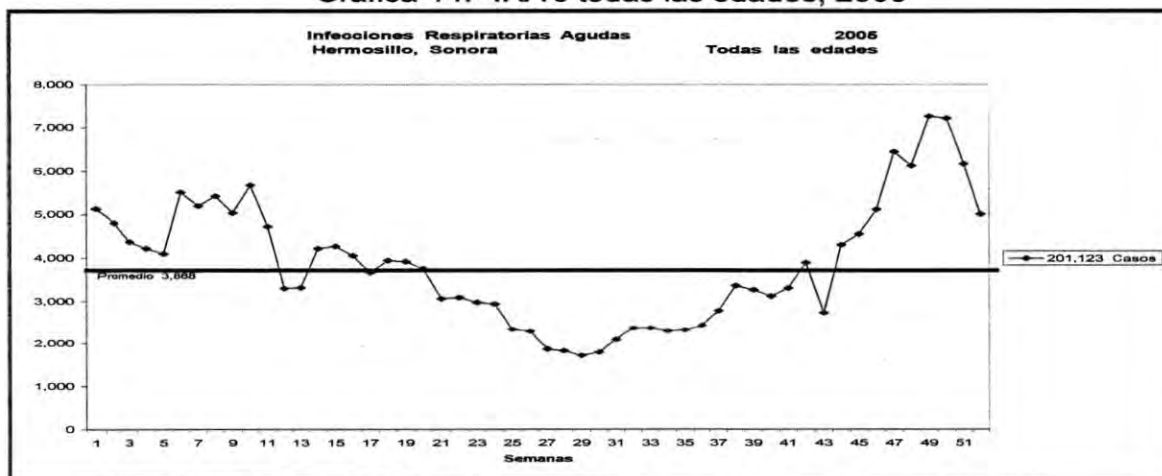
Para el año 2005, la Secretaría de Salud del Estado de Sonora reportó un total de 201,123 servicios bajo el rubro de IRA's; se registraron 80,371 casos más que en 1995. Sin embargo, este incremento en los servicios no puede ser atribuido directamente a una mayor incidencia de IRA's ya que además de considerar una población mayor, se amplió la cobertura en los servicios de salud del estado: se incluyeron registros de 19 centros más entre los que se cuentan clínicas y centros de

salud en zona suburbanas y la inclusión de instituciones privadas. Lo anterior no nos permite estimar si el problema de IRA's se ha incrementado.

La Tabla 11 (Ver Anexo 1.2.) muestra los servicios para IRA's reportadas por parte de 34 instancias médicas durante 2005. El 62% fue otorgado a menor de -1 a 14 años (127,173). Es importante señalar que además de la incidencia de IRA's, en el mismo año se registraron 4,557 casos de neumonías y bronconeumonías, de las cuáles 2,944, (64%) correspondieron a niños de -1 a 14 años de edad.

En la Gráfica 14 se aprecia un patrón estacional con decremento en los servicios para IRA's durante los meses de calor y lluvias; esta imagen es similar a la diez años atrás, lo cual podría indicar que es un patrón constante a través de todos los años en Hermosillo.

Gráfica 14.- IRA's todas las edades, 2005

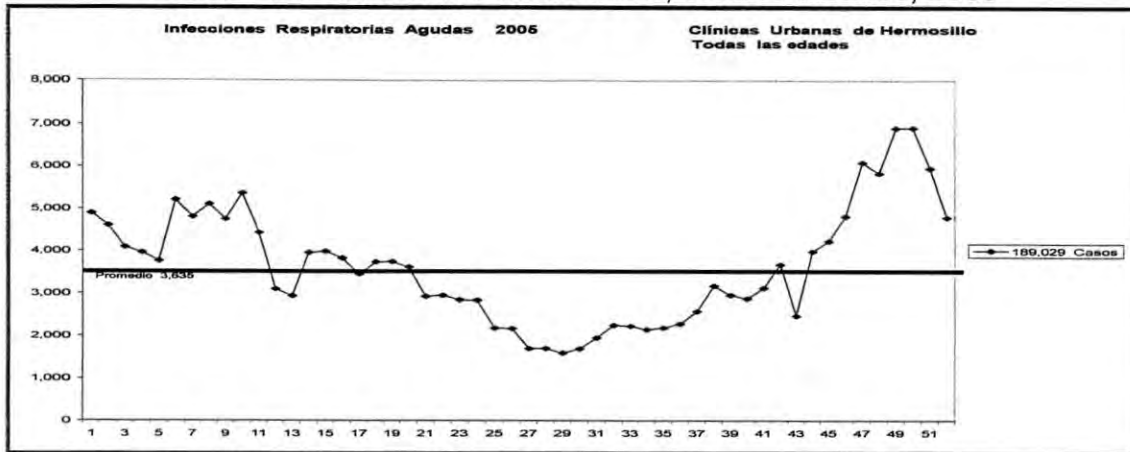


Fuente: Secretaría de Salud Pública, 2005.

La ampliación de los sitios que proporcionan servicios médicos puede dividirse para el Municipio de Hermosillo, entre zonas urbanas y suburbanas. Para lo que se considera la ciudad de Hermosillo, zona urbana, en el año 2005, se registró un total de 189,029 servicios para IRA's; el 94% de los servicios otorgados en el municipio ocurrieron en la zona urbana. Resulta interesante observar en la Gráfica 15 que al desagregar las clínicas suburbanas, 12,092 casos menos, la gráfica reporta un patrón idéntico a la Gráfica 14 en donde se presenta el total de los servicios para

IRA's. Lo anterior resulta paradójico ya que las zonas suburbanas son las más polvosas ya que sus suelos carecen de capa vegetal y sus calles, excepto las vías principales, no están pavimentadas. Lo anterior es adjudicable a la disponibilidad de los servicios médicos los cuáles se encuentran centralizados en la ciudad y a la cercanía de la misma con los centros suburbanos.

Gráfica 15.- Concentración de IRA's, centros urbanos, 2005

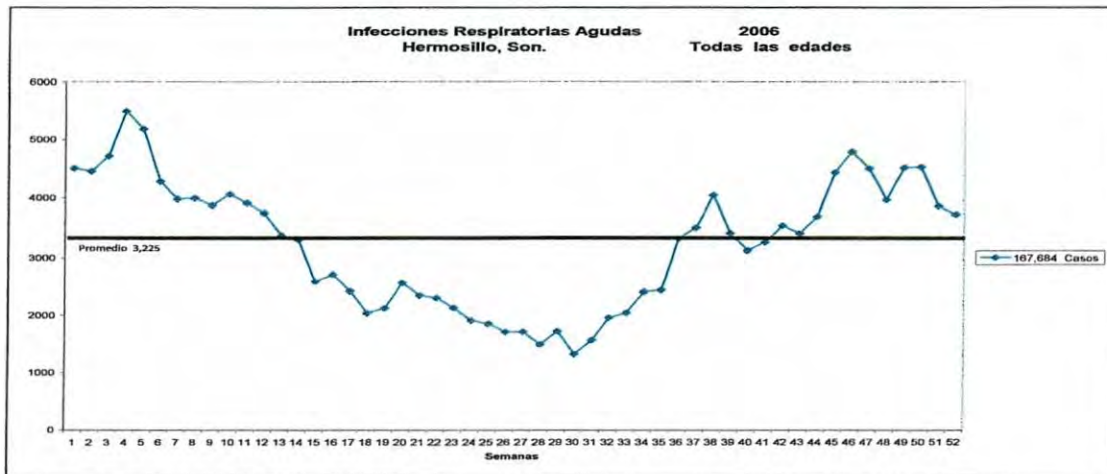


Fuente: Secretaría de Salud Pública, 2006.

Para el año 2006, la Secretaría de Salud Pública reportó un total de 167,684 de servicios para IRA's a la población en general de los cuales 101,895 (61%) correspondieron a menores de 14 años. La Tabla 12 muestra los servicios para IRA's reportadas por parte de las mismas de 34 instancias médicas que el año anterior (Ver Anexo 1.3.). Adicionalmente se reportaron 5,501 casos de neumonías y bronquitis, de los cuáles 4,022 correspondieron a niños de entre -1 a 14 años de edad, 73% del total de casos.

La Gráfica 16 muestra la distribución semanal de los servicios para IRA's para el año 2006, encontrándose el mismo patrón de estacionalidad que en el año anterior y que diez años atrás; el aumento en la incidencia de IRA's está directamente asociado a los meses de secas y de descenso en la temperatura.

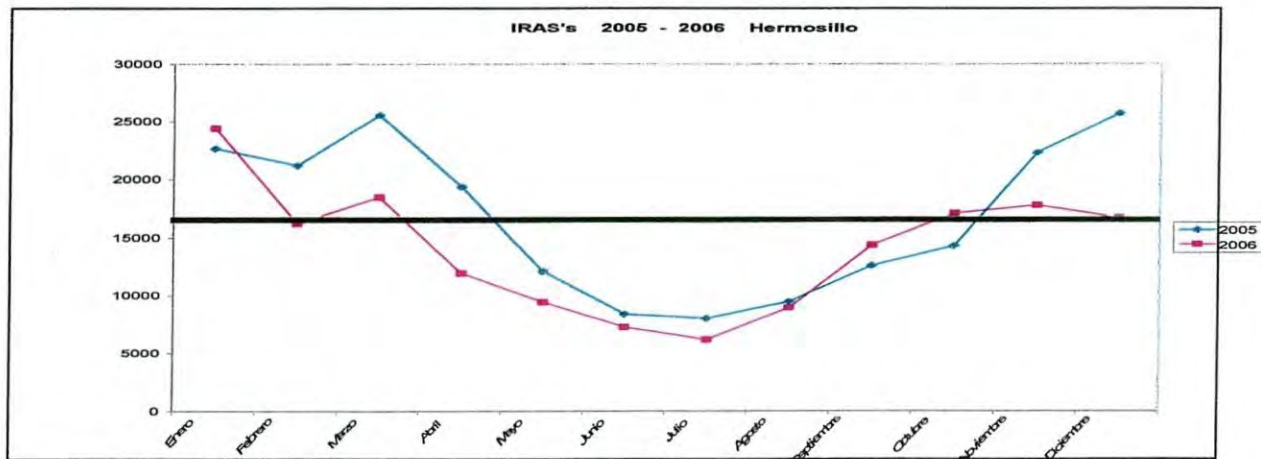
Gráfica 16.- Concentración de IRA's, todas las edades, 2006



Fuente: Secretaría de Salud Pública, 2006.

En la Gráfica 17 se presenta una concentración mensual de la frecuencia de servicios para IRA's para los años 2005-2006, y al igual que diez años atrás, se aprecia una estacionalidad consistente, observándose un decremento considerable durante los meses de calor que coinciden con la época de lluvias, lo cual disminuye el volumen de las partículas suspendidas en la atmósfera; se observa un incremento en períodos de vientos (febrero, marzo, abril, octubre y noviembre) y en los meses fríos (diciembre y enero).

Gráfica 17.- Concentración mensual IRA's, 2005-2006

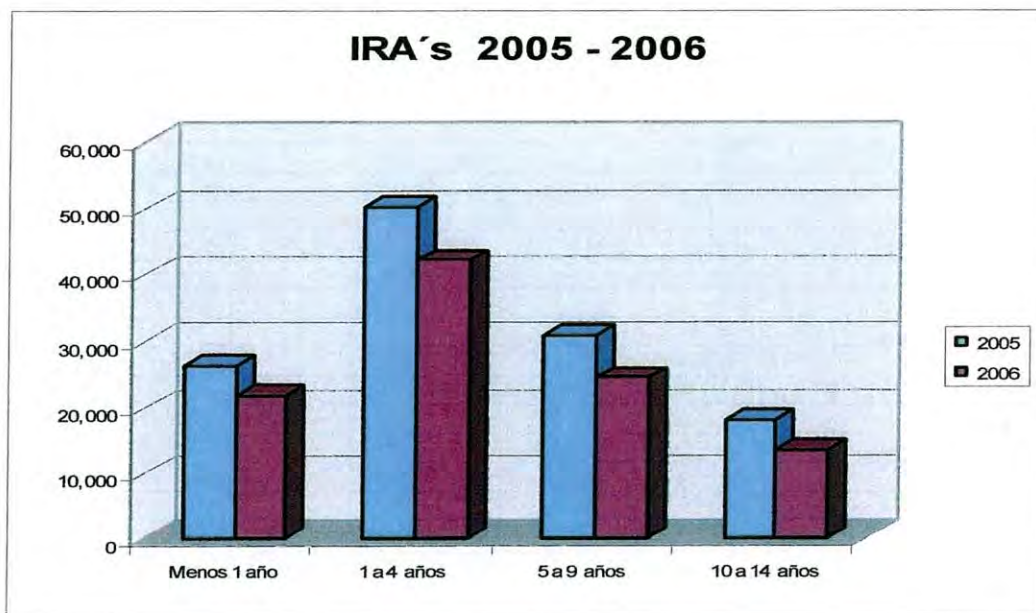


Fuente: Secretaría de Salud Pública, 2005-2006.

En la Gráfica 17 se aprecia la estacionalidad en la ocurrencia de IRA's para los años 2005 y 2006. El patrón de la gráfica es similar al que se presentó para los años 1995 y 1996; de lo anterior puede concluirse que es un patrón repetitivo para todos los años en el Municipio de Hermosillo.

La Gráfica 18 presenta la incidencia de IRA's para sujetos de 0 a 14 años en 2005 y 2006, apreciándose que al igual que diez años atrás la demanda más amplia en servicios médicos para IRA's se concentra en niños de entre 1 y 4 años.

Gráfica 18.- Infecciones respiratorias agudas 2005 – 2006.



Fuente: Secretaría de Salud Pública, 2005-2006.

4.3. Conclusiones 2005 – 2006.

Las más relevantes conclusiones para estos años respecto a los reportes de polvos y de IRA's se refieren a: 1) la estacionalidad asociada, en época de polvos se incrementan las IRA's; 2) la incidencia de IRA's en Hermosillo es considerable, para una población de 701,838; se otorgó un promedio de 184,403 servicios para casos de IRA's, en este renglón, no es posible establecer un porcentaje ya que se sabe que se trata de padecimientos crónicos y es posible que un solo individuo haya

recibido más de un servicio por año; 3) la población infantil es la más vulnerable, el 62% de los servicios para IRA's fue otorgado a menores de -1 a 14 años, siendo dentro de este rango la población de entre 1 a 4 años la más afectada; 4) a pesar de un 20% de incremento en la población para los últimos 10 años, el porcentaje de servicios para IRA's a menores de 14 años, se mantiene constante: para 1995-1996 fue de 65%, y para 2005-2005 fue de 62 %; 5) las estadísticas no consideran a los enfermos que acuden a consulta privada o aquellos que recurren cada vez con más frecuencia a la *medicina alternativa*. 6) se cuenta con un sistema de monitoreo deficiente e inconsistente: las estaciones de monitoreo deberían de ser reubicadas a zonas marginales que son las más afectadas y las tomas de muestras requieren de una periodicidad consistente que refleje patrones de estacionalidad; 7) de los polvos obtenidos de los muestreos no se hace un análisis bioquímico, por tal no es posible establecer la presencia de patógenos, plomo o de cancerígenos del aire que se respira en la ciudad; 8) los datos de IRA's y polvos (PST y PM-10) aún se siguen reportando en forma independiente por las instancias encargadas de hacerlo (Secretaría de Salud y Municipio de Hermosillo) lo cual imposibilita estudios de morbimortalidad adecuados; y 9) Los resultados obtenidos para las mediciones de PST, PM10 e IRA's contraviene y viola lo dispuesto por la Norma Oficial Mexicana NOM-017-SSA2-1994 en materia de prevención y control de las enfermedades desde una perspectiva intersectorial.

5. Comentarios y Recomendaciones.

1. La contaminación atmosférica en la ciudad de Hermosillo es alarmante si se considera que las condiciones urbanas existentes en los años 1995-1996, prevalecen en las zonas marginales de la ciudad y el caso Lomas de Madrid seguramente se repite para la población infantil.
2. El Municipio de Hermosillo requiere de un sistema de monitoreo atmosférico ubicado estratégicamente, con mediciones semanales y con análisis bioquímicos de los polvos colectados que permitan una correlación con los datos de IRA's y de otras enfermedades (como las gastrointestinales) registrados por la Secretaría de Salud ya que solamente así, se podrán establecer medidas preventivas y contar con panorama realista de morbilidad. Sería recomendable contabilizar el gasto oficial para IRA's para determinar un esquema de beneficio-costos entre las mejoras en pavimentación y el costo en salud.
3. Existe amplia evidencia epidemiológica de los polvos como precursores de padecimientos cardiovasculares (Goldberg, et al. 2001; Román, Prieto Mancilla, 2004; Rosenlund, et al. 2006; Schilkowski, et al. 2007). Se por tal, se hace necesario profundizar en el impacto de los polvos, ya las enfermedades cardiovasculares constituyen la primera causa de morbilidad en el estado de Sonora.
4. La mayoría de los estudios epidemiológicos relativos a enfermedades respiratorias (IRA's y asma) relacionados con la contaminación atmosférica se han realizado en grandes ciudades y se ha dado énfasis al impacto del ozono sobre la salud (Rosales, Torres, Olaiz, y Borja, 2001; Robles, Torres, Olaiz y Borja, 2001; Cifuentes, Borja, Gouveira, Thurstong y Davis, 2001; Hernández, et al. 2007). Es por tal importante, realizar estudios en zonas áridas con énfasis en polvos y sus componentes. Los estudios

además deben responder a una metodología que permita acuerdos comparativos con otros estudios ya que a lo largo de un país y entre países se abordan metodologías con parámetros incompatibles (Molina y Meneses, 2003).

5. De gran importancia resultan los estudios bioquímicos a las partículas de polvo colectadas ya que la doctora en geoquímica Diana Meza, maestra de la Universidad de Sonora (El Imparcial 10/11/2007) analizó muestras de diferentes sectores de la ciudad y determinó la presencia de *cadmio*, elemento cancerígeno.
6. La población hermosillense a través de la prensa reclama medidas para contrarrestar el impacto de los polvos en su salud (El Imparcial, 05/11/2007; El Imparcial 05/12/2007; El Nacional, 09/11/2007; El Imparcial, 10/11/2007).
7. Los *países en desarrollo* requieren de estudios que posibiliten la instrumentación de estrategias efectivas para la atención primaria en salud, particularmente a aquellos relacionados con la contaminación ambiental. La preocupación para México actualmente estaría relacionada con la exposición a contaminantes por arriba de las Normas Oficiales; en contraste los países desarrollados muestran su preocupación por la exposición constante a pequeñas dosis de contaminantes atmosféricos. *Es lamentable estar tan lejos del desarrollo.*
 - a) La OMS en el año 2002 publicó la Declaración de Bangkok en donde se establece la prioridad de estudiar en forma multicéntrica y en centros de excelencia los efectos de la exposición a dosis bajas de contaminantes en el desarrollo de los niños desde la etapa prenatal a la adolescencia.

- b) En junio de 2004 los ministros de Salud y Medio Ambiente de la Región Europea de la OMS firmaron un Plan de Acción de Salud Infantil y Medio Ambiente en el que se marcan objetivos para la reducción de la mortalidad y morbilidad por enfermedades relacionadas con la contaminación ambiental, con especial atención al embarazo, la infancia y la adolescencia. En dicho plan se reconoce la necesidad de la colaboración internacional y de la investigación científica.
- c) Por otra parte el Convenio de Estocolmo (2005), menciona el compromiso de los firmantes para realizar tareas de investigación sobre los niveles ambientales y de dosis interna de xenobióticos en la población general.
- d) La Unión Europea (2005) en el VI Programa Marco de investigación plantea como área prioritaria (Food Quality and Safety) la influencia de los alimentos y factores ambientales en la salud de grupos específicos, especialmente los niños, mediante el estudio de complejas interacciones entre las exposiciones ambientales, ingesta de alimentos y factores metabióticos, inmunitarios y genéticos.
- e) La Unión Europea (2006) ha puesto en marcha una estrategia para reducir las enfermedades relacionadas con factores ambientales, con especial atención a los grupos más vulnerables de la sociedad, en particular a la infancia. La nueva estrategia de salud incorpora un planteamiento a largo plazo. El objetivo general de dicha estrategia es la reducción de enfermedades causadas por factores medioambientales en Europa. Para lograr dicho objetivo se reconoce la necesidad de ampliar los conocimientos sobre los problemas sanitarios vinculados con la degradación ambiental, con el fin de prevenir las nuevas amenazas a la salud derivadas de la contaminación ambiental. La estrategia recibe la denominación de SCALE, (por sus iniciales en inglés de los cinco elementos clave en los que se apoya, Sience, Children, Awarness, Legal Instrument,

Evaluation). La estrategia se aplicará en varios ciclos. El primero correspondiente al período 2004-2010 y se centrará en cuatro efectos sobre la salud: 1) las enfermedades respiratorias infantiles, el asma y las alergias; 2) los trastornos del desarrollo neurológico; 3) el cáncer infantil; y 4) los efectos de perturbación endócrina.

6. El principal objetivo para la realización de estas investigaciones es la de reunir a las autoridades del Municipio de Hermosillo y de la Secretaría de Salud para mostrarles los resultados y así, evidenciar la posibilidad de hacer estudios que correlacionen IRA's con polvos (PST y PM₁₀); proponerles que realicen estudios similares para enfermedades cardiovasculares; así como un programa que limite la velocidad en calles no pavimentadas, ya que el rodamiento de automotores es una de las causas principales de la generación de polvos dentro de ciudad. Es importante que la población hermosillense, particularmente los que habitan en zonas marginales cuenten con un programa informativo y con medidas para mitigar el impacto de los polvos sobre su salud, especialmente para niños y adultos mayores que son la población más vulnerable.

Referencias

- Baeza, B. y Albertos, A. (1997). Prevalencia de Asma en Niños Escolares de Mérida, Yucatán. *Revista Panamericana de Salud Pública*. Vol. 2. No. 5: 4- 11.
- Baldi, G. y García E. (2006). Una aproximación a la psicología ambiental. *Fundamentos en Humanidades*, 1 y 2, 157-168.
- Barajas, O. y Corrales, V. (1990). *Manual de Psicología Ambiental. Conductas Protectoras del Ambiente: Estrategias de Intervención*. Escuela de Psicología y Ciencias de la Comunicación. Universidad de Sonora.
- Barajas, O. (1994). Desarrollo Sustentable en México. *Primera Reunión, Desarrollo Sustentable*. UNESCO, Sevilla, España.
- Barajas, O. (1996). *Reporte de la calidad de Aire en Hermosillo, Sonora*. Secretaría de Infraestructura Urbana y Ecología. Gobierno del Estado de Sonora.
- Barajas, O. (1996). Ponencia. *I Reunión de Estados Fronterizos por el Medio Ambiente*. Matamoros, Tamaulipas.
- Beltrán, O. (2005). La Apuesta por la Escuela: Entre el Azar, la Reproducción y la Esperanza, un Salto de Fe. *Aprovechamiento Escolar*: 66-91 Secretaría de Educación y Cultura del Gobierno del Estado de Sonora.
- Bijou, S.W. y Baer D.M. (1961). *Child Development I. A Systematic and Empirical Theory*. Century Psychological Series.
- Brown, L. y Downhower, F. (1988). *Analyses in Behavioral Ecology. A manual for lab and field*. Sinauer Associates Inc. Publishers.
- Cámara Nacional de la Industria de la Transformación, CANACINTRA. (1994) *Directorio de Socios de la Delegación en Hermosillo, Sonora*.
- Cifuentes, L., Borja, V., Gouveira, N., Thurston, G. y Davis, D. (2001). Assessing the health benefits of urban pollution reduction associated with climate change mitigation (2000-2020): Santiago, Sao Paulo, Mexico City and New York City. *Eviron Health Perspect.* 109: 419-425.
- Comisión Nacional del Agua. (1995). *Reporte Sonora: Aportaciones y Reservas, 1995*. Delegación Sonora.

- Corral, V. (2001). *Comportamiento Proambiental. Una introducción al estudio de las conductas protectoras del ambiente*. México. Resma, S. L.
- Corral, V., Barajas, O. Bechtel, B., Piña, L. y Arellano, A. (1991). *Proyecto Emisión de Polvos y Humos en el Campus Universitario: Impacto sobre la salud y estrategias efectivas para su control*. Escuela de Psicología y Ciencias de la Comunicación. Universidad de Sonora.
- Costa, M. (1983). El Asma Bronquial: Consideraciones Clínicas, Ideológicas y Terapéuticas. *Estudios de Psicología*, 13: 63-78.
- Cravioto, J.A. (1986). *Nutrición, Desarrollo Mental, Conducta y Aprendizaje*. DIF-UNICEF. México.
- Cuevas, J. (2005). Rendimiento escolar y estructuración curricular en la educación básica. *Revista Cubana de Psicología*. Vol. 22-1: 28 – 32.
- Daza, C. (1997). *Nutrición Infantil y Rendimiento Escolar*. VIII Congreso Nacional de Nutrición y Dietética. Cali Colombia.
- Diario Oficial de la Federación. 1° de octubre de 1991. Procedimientos para determinar la concentración de partículas suspendidas en el aire. *Norma Técnica Ecológica NTE-CCAM-002/91*.
- Diario Oficial de la Federación. 23 de diciembre de 1994. Criterios para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto a material particulado. Valor de concentración máxima de material particulado para partículas suspendidas totales (PST), partículas menores de 10 micrómetros PM10 y partículas menores de 2.5 micrómetros PM2.5 en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población. *Salud Ambiental: NOM-024-SSA1-1993, NOM-025-SSA1-1993*.
- Diario Oficial de la Federación. 26 de septiembre de 2005. Modificación a la Norma Oficial Mexicana *NOM-025-SSA1-1993*.
- Dirección General de Normatividad Ecológica. (1995). Diagnóstico de *Calidad del Aire del Estado de Sonora*. Gobierno del Estado de Sonora.
- El Imparcial. (13/09/2004). Sección Metro. *Contaminación en Lomas de Madrid*.
(05/11/2005). *Urge verificación vehicular*.
(10/11/2007). *Rebasa Hermosillo los niveles permitidos*.
(10/11/2007). *Inhalan químicos los hermosillenses*.
- El Nacional. (09/11/2007). *Los lectores de la I opinan*.
- Ehrlich, P.R. y Ehrlich A. (1990). *The Population Explotion*. New York: Simon & Schuster.

- Finkelman J. (1990). Medio Ambiente y Salud en México. En E. Leff (Ed): *Medio Ambiente y Desarrollo en México*. Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Humanidades. UNAM. México: 581 – 630.
- Firor, J. (1990). *The Changing Atmosphere: A Global Challenge*. New Haven: Yale University Press.
- Fradkin, V.A. (1980). *Alergenos*. Moscú, Editorial MIR.
- García, B. (2005). De la luz al calor. Una propuesta para mejorar el aprovechamiento escolar. En Secretaría de Educación y Cultura (Ed): *Aprovechamiento Escolar*. Gobierno del Estado de Sonora.
- Gleick, J. (1987). *Chaos: Making a New Science*. New York: Viking.
- Goldberg M.S., Burnett R.T., Bailar J.C. III, Tamblyn R., Ernst P., Flegel K., Brook J., Bonvalot Y. y Singh R., Valois M.F. y Vincent R. (2001). Identification of persons with cardiorespiratory conditions who are at risk of dying from acute affect of ambient air particles. *Environ Health Perspectives*, 109, Suppl 4: 487-494.
- Hernández C., Barraza V., Ramírez A., Moreno M., Miller P., Carbajal A. y Romieu I. (2007). Morbilidad infantil por causas respiratorias y su relación con la contaminación atmosférica en Ciudad Juárez, Chihuahua, México. *Salud Pública de México*, Vol. 49, (1), 1 –13.
- Herrera K. y Morales V. (1993). *Factores ambientales y estilos de desarrollo*. Ed. Trillas.
- Hilding, A.C. (1992). Nasal Filtration en Hinchcliffe R., Harrison, D. (eds): Scientific Foundation of Otolaryngology. *Chicago Year Book Medical Publisher*. 88, Pags 502-512.
- Holahan C. J. (1982). *Environmental Psychology*. Random House, Inc.
- Hunninghake G., Weiss S y Celedon J. (2006). Asthma in Hispanics. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. 173(2), 143 – 163.
- Instituto Nacional de Ecología. (2007). *Indicadores de la calidad del aire*. Dirección en Investigación sobre Calidad del Aire.
- Instituto Nacional de Geografía y Estadística. *Conteo Poblacional 1995*. Inegi, online.
- Instituto Nacional de Geografía y Estadística. *Conteo Poblacional 2005*. Inegi, online.

- Jiménez, B. y Aragonés J. (1991). *Introducción a la Psicología Ambiental*. Alianza Psicológica, Alianza Editorial.
- Kirk, S. y Bateman B. (1971). *Dificultades Psicolingüísticas*. USA: Universidad Urbana de Illinois.
- Koenig J.Q. y Pierson W.E. (1984). Nasal responses to air pollutants. *Clinical Review of Allergy* 2, 255 - 290.
- López, I., Sepúlveda H. Y Valdés I. (1997). Acute respiratory illnesses in the first 18 months of life. *Revista Panamericana de Salud Pública*. 1 (1): 9 – 17.
- López-Portillo R y Suárez L.. (1982). Medio Ambiente y Desarrollo. En M. López-Portillo y Ramos (Comp.): *El Medio Ambiente en México: Temas, problemas y alternativas*. Fondo de Cultura Económica, México.
- Loyo B., Irizarry R., Hennessey J., Tao G. y Matnoski G. (2007). Air pollution sources and childhood asthma attacks in Catano, Puerto Rico. *American Journal of Epidemiology*, 165 (8), 927 – 935.
- Molina E. y Meneses R. (2003). Evaluación epidemiológica del impacto de los contaminantes del aire. Propuesta metodológica. *Revista Cubana de Higiene, Epidemiología y Microbiología*. 41: 2-10.
- Moreno, J.L. (1990). El Deterioro del Medio Ambiente. *Revista del Colegio de Sonora*, 2 (2), 311 - 355.
- Mosley, H. (1988). Determinantes Biológicos y Socioeconómicos de la Sobrevivencia en la Infancia. *Salud Pública en México*. Vol. 30, 3.
- Navarrete, M. (2001). *Trastornos escolares: detección, diagnóstico y tratamiento*. México: Gil editores.
- Olson, J.H., Jenson S.P. y Hink M. (1984). Occupational formaldehyde exposure and increased nasal cancer risk in man. *Int of Cancer*, 2-587.
- Organización Mundial para la Salud. (2002). *Declaración de Bangkok*.
- Organización Mundial para la Salud. (2005). *Convenio de Estocolmo*.
- Organización Mundial para la Salud, Región Europea. (2004). *Plan de Acción de Salud Infantil y Medio Ambiente*.
- Ortega, T. (2007). *Bajo Rendimiento Escolar: Bases emocionales de su origen y vías afectivas para su tratamiento*. Ed. Cyan – Catarata.

- Peat J., Brittom, W., Salome, C. y Woolcock, A. (1987). Bronchial hyperresponsiveness in two populations of Australian schoolchildren: II- Relative importance of associated factors. *Clinical Allergy*. 17: 283-290.
- Peters, A., Verrier, R.L., Schwartz, J., Gold, DR, Mittleman, M., Baliff, O., Oh, J.A., Allen, G., Monahan, K. y Dockery, D.W. (2000). Air pollution and incidence of cardiac arrhythmia. *Epidemiology*, 11, 11 – 17.
- Petróleos Mexicanos, PEMEX, (Abril 1994). *Datos sobre el consumo de combustible en Hermosillo, Sonora*. Gerencia de Ventas de PEMEX.
- Portellano, J. (1984). *Fracaso escolar: Una perspectiva neuropsicológica*. Polibea, Madrid.
- Portellano, J. (1989). *Fracaso escolar: diagnóstico e intervención desde una perspectiva neuropsicológica*. Ciencias de la Educación Especial, España.
- Porteous, J. D. (1977). *Environment & Behavior: planning and everyday urban life*. Addison-Wesley Publishing Company.
- Proetz, A.W. (1953). *Applied Physiology of the Nose*. St. Louis, Annals Publishing Co.
- Proetz, A.W. (1956). Humidity: A problem in air conditioning. *Annals Otolaryngology* 65, 376-376.
- Proshansky, H. M. y Altman, I. (1979). Overview of the field. En W. P. White (ed). *Resources in environment and behavior*. Washington D. C.: American Psychological Association.
- Pruzzo V. (1997). *Biografía del fracaso escolar*. Espacio, Buenos Aires.
- Ramson M. y Pope C. (1992). Elementary school absences and PM₁₀ pollution in Utah Valley. *Environmental Responses* . 58: 204 – 219. (Environ Res).
- Ribes, E. (1985). *Teoría de la Conducta. Un análisis de campo y paramétrico*. Trillas, México.
- Robles, J., Torres, V.M., Olaiz, G. y Borja, V.H. (2001). Los efectos agudos de la contaminación: evidencias de estudios epidemiológicos. *Revista de Salud Pública de México*. 43: 544-555.
- Robles, R. (2004). Orientación educativa y rendimiento académico. *Revista Mexicana de Orientación Educativa*. IV: 28 - 36.

- Rojas M., Pérez P., Olaiz F., Mendoza A., Moreno M., Fortoul T., McDonnell W., Loomis D. y Romieu I. (2007). Lung function growth in children with long-term exposure to air pollutants in México City. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 176 (4), 377 – 384.
- Román O., Prieto J. y Mancillas P. (2004) Contaminación atmosférica y daño cardiovascular. *Revista Médica de Chile*, 132, 761 –767.
- Romieu I., Meneses F., Ruiz S., Sierra J., Huerta J., White M.C. y Etzel R. (1996). Effects of air pollution on the respiratory health of asthmatic children living in Mexico City. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 154(2), 300 – 307.
- Romieu I., Cortés L., Ruiz V., Sánchez S., Meneses F. y Hernández M. (1992). Air pollution and school absenteeism among children in México City. *American Journal of Epidemiology*. 136: 1524 – 1531.
- Rosales, C., Torres, M., Olaiz, F y Borja A. (2001). *Los efectos agudos de la contaminación del aire en la salud de la población: evidencias de estudios epidemiológicos*. Instituto de Salud Pública, Vol. 43, No. 6.
- Rosenlund, M., Berglind, N., Pershagen, G., Hallqvist, J., Jonson, T. y Bellander, T. (2006). Long-term exposure to urban air pollution and myocardial infarction. *Epidemiology*. 17: 383-390.
- Schildcrout J., Sheppard L., Lumley T., Slaughter J., Koenig J.Q. y Shapiro G. (2006). Ambient air pollution and asthma exacerbations in children: an Eight-City analysis. *American Journal of Epidemiology*, 164(6), 505 – 517.
- Schilkowski, T., Surgiri, D., Ranft, U., Gehring, U., Heinrich, J., Wichmann, E. y Kramer, U. (2007). Does reaspiratory health contribute to the effects of long-term air pollution exposure on cardiovascular mortality? *Respiratory Research*, 8: 20.
- Schwartz J. (2004). Air pollution and children's health. *Pediatrics*, 113(4), 1037-1043.
- Secretaría de Educación Pública (1994). Acuerdo 200*. *Normas de Evaluación del Aprendizaje*. México.
- Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, SEMARNAP. (1996) *Programa de Evaluación de la Calidad del Aire*. Delegación Sonora (1990-1995).
- Secretaría de Salud, (2004). Sistema Nacional de Salud. Dirección General de Epidemiología. *Reportes Epidemiológicos*.

- Skinner, E.C. (1951). *Psicología de la Educación*. UTEHA, México.
- Téllez R., Romieu I., Ruiz V., Lezana M. y Hernández A. (2000). Daily respiratory mortality and PM₁₀ pollution in México City. *European Respiratory Journal*, 16, 391 – 396.
- Unión Europea. (2005). *VI Programa Marco de investigación: Food Quality and Safety*.
- Unión Europea. (2006). *SCALE: Science, Children, Awareness, Legal Instrument, Evaluation*.
- United States Environmental Protection Agency, (1990). *Air Quality Criteria for Particulate Matter and Sulfur Oxides (Health Effects)*. ((U.S.E.P.A.), Gobierno de los Estados Unidos de Norteamérica.
- Vedal, S., Schenker, M.B., Muñoz, A., Samet, J.M., Batterman, S. y Speizer, F.E. (1987). Daily Air Pollution Effects on Children's Respiratory Symptoms and Peak Respiratory Flow. *American Journal of Public Health*, 77 (6): 694-698.
- Vera, N. A. (1989). *Proyecto. Un Modelo de Intervención en Atención Primaria en Salud: La Ecología del Desarrollo Humano en Zonas Rurales*. C.I.A.D. Hermosillo, Sonora.
- Ward, D. y Ayres J. (2004). Particulate air pollution and panel studies in children: a systematic review. *Occupational and Environmental Medicine*, 61(4) 13 – 13.
- Wicker, A.W. (1979). *An Introduction to Ecological Psychology*. Brooks/Cole Publishing Company.
- Wong, D.L., Hockenberry-Eaton, M., Wilson D., Winkelsein, M.L. y Schwatz P. (2001). *Wong's essentials of pediatric nursing*. St. Louis: Mosby.

Anexos

Anexo 1. Tablas.

Anexo 1. 1. Tabla 10.- Mediciones PST, PM10 y ausentismo.

MEDICIONES 1995-1996			PST		PM 10		Ausentismo	
# medida	fecha		valores	Límite máximo	valores	Límite máximo	Semanas	#
1	1	Septiembre	186	260	83	150	1	26
2	8		192	260	104	150	2	24
3	15		221	260	150	150	3	48
4	22		174	260	148	150	4	37
5	29		294	260	161	150	5	53
6	6	Octubre	225	260	155	150	6	102
7	13		266	260	166	150	7	88
8	20		254	260	160	150	8	73
9	27		302	260	175	150	9	107
10	3	Noviembre	305	260	177	150	10	109
11	10		325	260	216	150	11	114
12	17		334	260	165	150	12	116
13	24		300	260	158	150	13	104
14	1	Diciembre	323	260	184	150	14	117
15	8		312	260	178	150	15	109
16	15		317	260	175	150	16	111
17	22		300	260	167	150	17	108
18	5	Enero	302	260	170	150	18	110
19	12		289	260	162	150	19	102
20	19		285	260	158	150	20	100
21	26		304	260	162	150	21	104
22	2	Febrero	312	260	180	150	22	107
23	9		302	260	176	150	23	110
24	16		300	260	174	150	24	108
25	23		289	260	158	150	25	102
26	1	Marzo	293	260	161	150	26	99
27	8		315	260	173	150	27	103
28	15		321	260	178	150	28	114
29	22		334	260	185	150	29	116
30	29		305	260	175	150	30	111
31	5	Abril	300	260	166	150	31	113
32	12		301	260	166	150	32	108
33	19		285	260	162	150	33	101

Tabla 10 (Continuación).- Mediciones PST, PM10 y ausentismo

34	26		283	260	158	150	34	97
35	3	Mayo	254	260	155	150	35	84
36	10		231	260	150	150	36	67
37	17		212	260	148	150	37	60
38	24		202	260	142	150	38	40
39	31		196	260	145	150	39	31
40	7	Junio	176	260	140	150	40	37
41	14		167	260	149	150	41	28
42	21		163	260	151	150	42	23
43	28		154	260	145	150	43	23
44	5	Julio	145	260	140	150	vacaciones	
45	12		132	260	134	150	vacaciones	
46	19		128	260	130	150	vacaciones	
47	26		120	260	128	150	vacaciones	
48	3	Agosto	118	260	122	150	vacaciones	
49	10		126	260	125	150	vacaciones	
50	17		134	260	130	150	vacaciones	
51	25		149	260	139	150	vacaciones	
52	5	Septiembre	183	260	144	150	44	21
53	13		236	260	140	150	45	40
54	20		200	260	148	150	46	43
55	27		215	260	150	150	47	47
56	4	Octubre	237	260	149	150	48	47
57	11		254	260	158	150	49	70
58	18		289	260	165	150	50	81
59	25		300	260	168	150	51	95
60	1	Noviembre	312	260	175	150	52	101
61	8		315	260	180	150	53	104
62	15		328	260	159	150	54	111
63	22		317	260	155	150	55	112
64	29		330	260	166	150	56	116
65	6	Diciembre	321	260	161	150	57	113
66	13		289	260	156	150	58	103
67	20		271	260	155	150	59	86
68	27		254	260	153	150	60	45
EXCEDIDOS			39 días		43 días			4,979

Anexo 1.2. Tabla 11.- Infecciones respiratorias agudas 2005.

	2005	Todas las edades	- 1 año	1 a 4 años	5 a 9	10 a 14	de -1 a 14
I	Centro de Salud D. Olivares	3,213	290	709	423	241	1,663
II	Centro de Salud El Sahuaro	4,075	765	1,104	761	432	3,062
III	Centro de Salud Santa Isabel	792	96	209	133	81	519
IV	Centro de Salud Emiliano Zapata	4,971	760	1,154	1,007	668	3,589
V	Centro de Salud Los Naranjos	1,779	320	590	259	148	1,317
VI	Centro de salud Lomas de Madrid	3,825	589	920	674	410	2,593
VII	Hospital General del Estado	1,013	0	0	0	0	0
VIII	C.A.A.P.S. de Hermosillo	1,870	230	401	322	164	1,117
IX	Hospital Infantil	15,459	5,116	7,003	2,280	809	15,208
X	C.S.R.P.C. Bahía Kino	3,204	485	993	601	271	2,350
XI	C.S.R.P.C. Miguel Alemán	5,972	1,246	2,013	914	499	4,672
XII	C.S.R. Plan de Ayala	681	84	133	88	57	362
XIII	C.S.R.P.D. San Pedro	964	147	217	192	116	672
XIV	C.S.R.P.D. La Victoria	903	102	248	192	107	649
XV	Unidad 0022	9,534	934	2,050	1,172	734	4,890
XVI	Unidad 0024	17,148	1,857	3,390	2,121	1,549	8,917
XVII	Unidad 0027	7,237	636	1,690	1,061	602	3,989
XVIII	Escuela Cruz Gálvez	100	0	1	27	70	98
XIX	C.S.R. Félix Gómez	205	15	60	42	19	136
XX	ISSSTE Hermosillo	4,375	444	968	636	409	2,457
XXI	ISSSTESON Hermosillo	59,342	2,707	11,659	10,263	6,338	30,967
XXII	Unidad 0068	1,997	0	0	0	0	0
XXIII	Unidad 0069	18,153	6,391	7,467	2,673	1,408	17,939
XIV	Dispensario	4,058	328	1,095	811	468	2,702
XV	Unidad 0070	6,311	613	1,583	949	493	3,638
XVI	Unidad 0071	8,215	1,022	1,924	914	474	4,334
XVII	C.S.R. Punta Chueca	370	76	88	43	24	231
XVIII	Hospital Militar Regional	3,454	251	780	541	207	1,779
XIX	C.S.U. Primero Hermosillo	961	165	239	189	92	685
XXX	C.S.U. Progreso Norte	1,439	194	271	306	185	956
XXXI	C.S.U. Solidaridad	1,087	46	104	361	205	716
XXXII	UMF ISSSTE	6,612	83	595	577	441	1,696
XXXIII	Módulo Progresá	1,715	182	536	332	175	1,225
XXXIV	Unidad 090 C.I.S.A.L.	89	4	18	11	12	45
	TOTAL	201,123	26,178	50,212	30,875	17,908	125,173

Fuente: Secretaría de Salud Pública, 2005.

Anexo 1.3. Tabla 12.- Infecciones respiratorias agudas 2006.

	2006						
		Todas las edades	menos 1 año	1 a 4 años	5 a 9 años	10 a 14 años	de -1 a 14
I	Centro de Salud D. Olivares	2,210	227	511	315	228	1,281
II	Centro de Salud El Sahuaro	2,026	284	527	394	286	1,491
III	Centro de Salud Santa Isabel	366	55	52	49	36	192
IV	Centro de Salud Emiliano Zapata	3,381	571	848	664	409	2,492
V	Centro de Salud Los Naranjos	1,466	241	457	238	136	1,072
VI	Centro de salud Lomas de Madrid	2,354	321	526	459	253	1,559
VII	Hospital General del Estado	256	0	0	0	0	0
VIII	C.A.A.P.S. de Hermosillo	1,570	174	346	237	169	926
IX	Hospital Infantil	11,105	3,608	5,188	1,603	539	10,938
X	C.S.R.P.C. Bahía Kino	1,855	196	549	379	177	1,301
XI	C.S.R.P.C. Miguel Alemán	3,228	637	990	530	316	2,473
XII	C.S.R. Plan de Ayala	349	51	87	62	42	242
XIII	C.S.R.P.D. San Pedro	442	54	120	84	60	318
XIV	C.S.R.P.D. La Victoria	924	112	221	199	123	655
XV	Unidad 0022	6,019	650	1,241	637	383	2,911
XVI	Unidad 0024	15,555	2,073	2,930	1,456	1,103	7,562
XVII	Unidad 0027	3,600	486	723	368	271	1,848
XVIII	C.S.R. Félix Gómez	169	11	45	45	23	124
XIX	ISSSTE Hermosillo	3,683	349	795	772	122	2,038
XX	ISSSTESON Hermosillo	66,534	4,261	14,805	10,525	5,996	35,587
XXI	Unidad 0068	1,049	0	0	1	0	1
XXII	Unidad 0069	12,840	4,906	5,384	1,703	723	12,716
XXIII	Dispensario	3,920	319	1,159	819	354	2,651
XIV	Unidad 0070	3,660	452	972	483	246	2,153
XV	Unidad 0071	5,804	1,015	1,235	561	307	3,118
XVI	C.S.R. Punta Chueca	235	36	59	36	15	146
XVII	Hospital Militar Regional	3,814	253	762	482	191	1,688
XVIII	C.S.U. Primero Hermosillo	465	65	131	102	48	346
XIX	C.S.U. Progreso Norte	1,117	112	236	232	166	746
XXX	C.S.U. Solidaridad	896	38	118	227	176	559
XXXI	UMF ISSSTE	5,187	152	595	491	346	1,584
XXXII	Módulo Progresá	1,484	180	488	301	138	1,107
XXXIII	Unidad 090 C.I.S.A.L.	4	0	0	0	0	0
XXXIV	CIMA	117	12	28	22	8	70
	TOTAL	167,684	21,901	42,128	24,476	13,390	101,895

Fuente: Secretaría de Salud Pública, 2006.

2. MAPAS Y PLANOS.

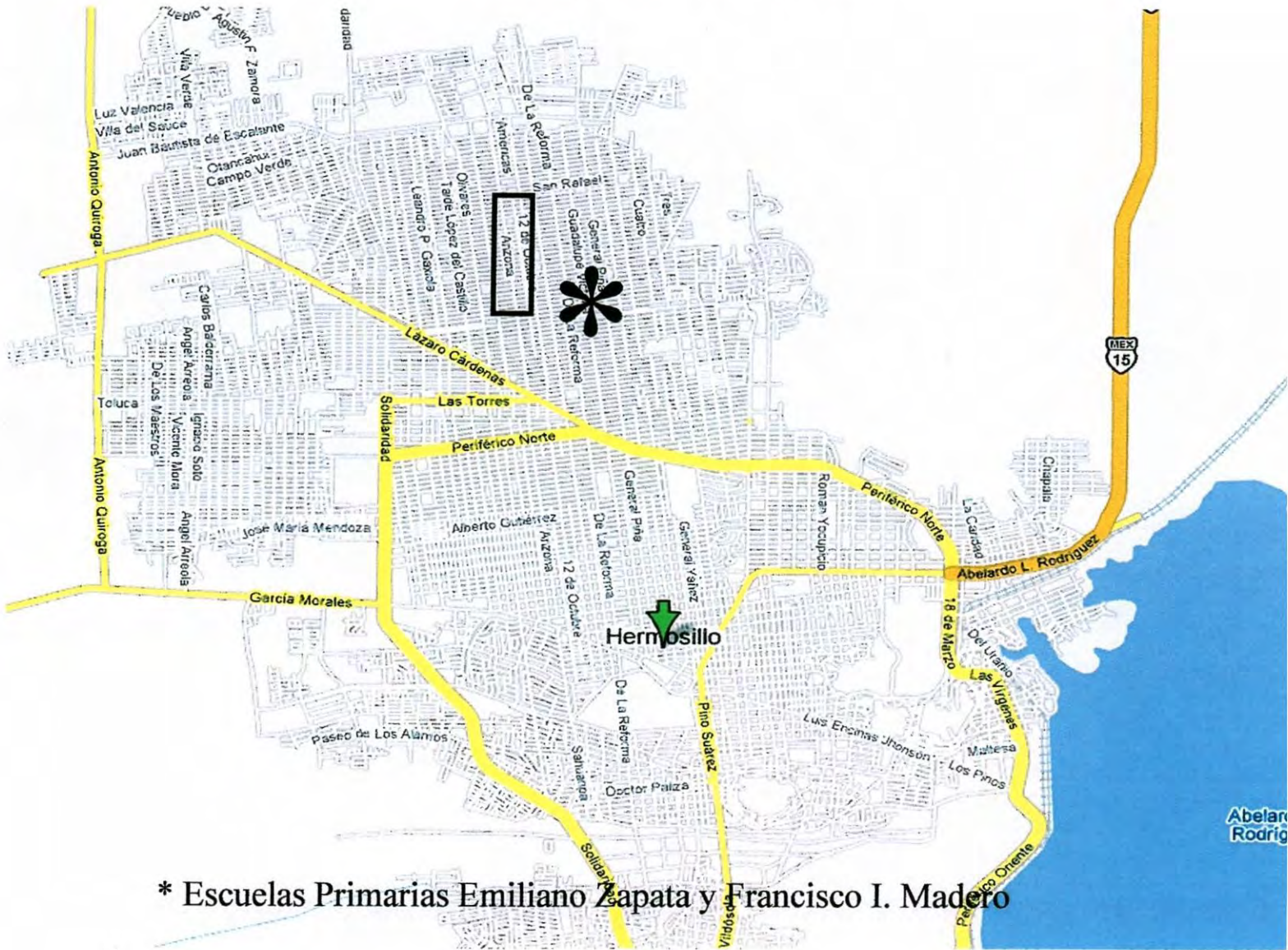
1. Mapa de Hermosillo, Sonora.
Colonia Lomas de Madrid. Calle 12 de Octubre.

- 2.- Plano de Acercamiento Colonia Lomas de Madrid.
Calle 12 de Octubre, Calle Lucas Alamán-Matape.
Predio de las Escuelas Primaria "Emiliano Zapata" y "Francisco I. Madero".

- 3.- Plano de acercamiento Calles 12 de Octubre y Francisco Monteverde.
Predio de las Escuelas Primaria "Emiliano Zapata" y "Francisco I. Madero".

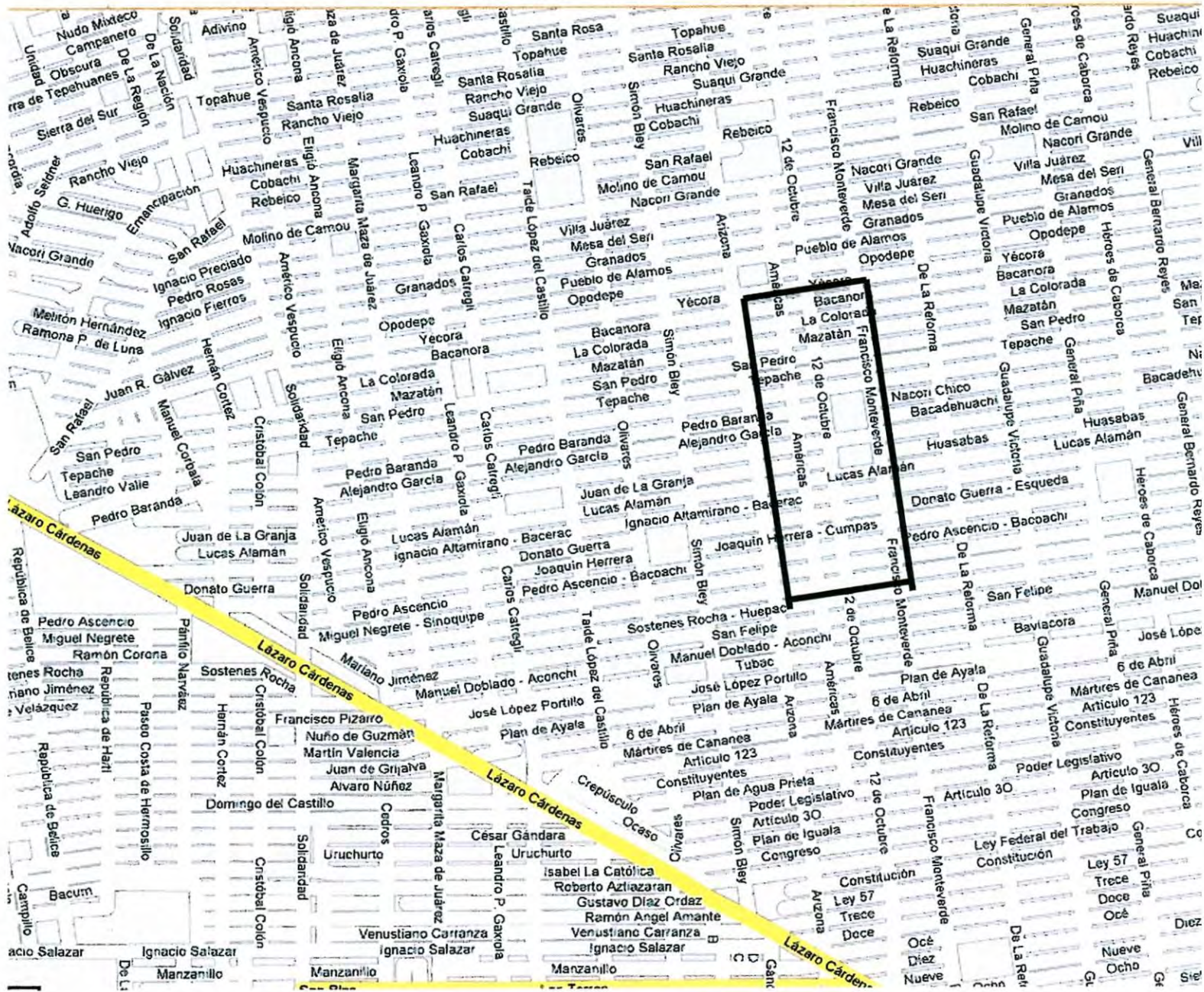
- 4.- Plano real de acercamiento Calles 12 de Octubre y Francisco Monteverde.
Predio de las Escuelas Primaria "Emiliano Zapata" y "Francisco I. Madero".

Hermosillo, Sonora. Lomas de Madrid



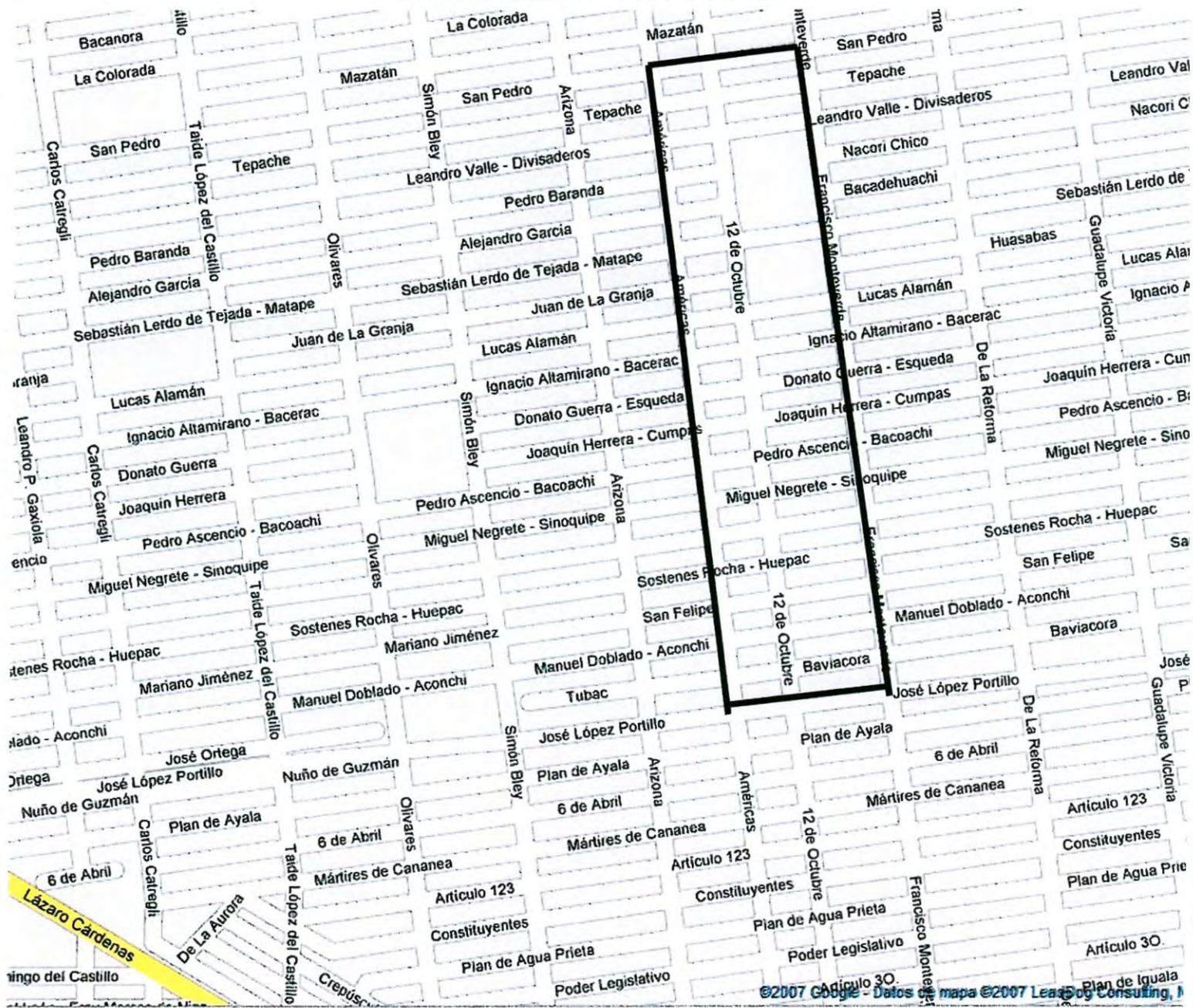
* Escuelas Primarias Emiliano Zapata y Francisco I. Madero

Hermosillo, Sonora. Lomas de Madrid



* Escuelas Primarias Emiliano Zapata y Francisco I. Madero

Hermosillo, Sonora. Lomas de Madrid



* Escuelas Primarias Emiliano Zapata y Francisco I. Madero

Hermosillo, Sonora. Lomas de Madrid



* Escuelas Primarias Emiliano Zapata y Francisco I. Madero