



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

PETRÓLEOS MEXICANOS
SUBDIRECCIÓN DE SERVICIOS DE SALUD
GERENCIA DE SERVICIOS MÉDICOS
HOSPITAL CENTRAL SUR DE ALTA ESPECIALIDAD

RELACIÓN ENTRE CONCENTRACIONES DE
CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS Y PREVALENCIA DE
ENFERMEDADES RESPIRATORIAS EN POBLACIÓN MENOR DE
EDAD Y ADULTA MAYOR
EN SALAMANCA, GUANAJUATO DEL 2011 AL 2013

TESIS DE POSGRADO

PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MÉDICO ESPECIALISTA EN MEDICINA DEL TRABAJO Y
AMBIENTAL

P R E S E N T A

DRA. ERIKA LÓPEZ FERNÁNDEZ

TUTOR DE TESIS:
DRA. GLADYS MARTÍNEZ SANTIAGO

ASESORES:
DRA. LETICIA HERNÁNDEZ CADENA
DRA. ANA ROSA MORENO SÁNCHEZ
DR. IGNACIO MÉNDEZ RAMÍREZ

CIUDAD DE MÉXICO

JULIO 2016





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Dra. Ana Elena Limón Rojas
Directora

Dra. Judith López Zepeda
Jefa del Departamento de Enseñanza e Investigación

Dr. Eric Alfonso Amador Rodríguez
Jefe del Servicio de Medicina del Trabajo

Dra. Gladys Martínez Santiago
Titular del Curso de Especialización

Dra. Gladys Martínez Santiago
Tutor de Tesis

Dra. Ana rosa Moreno Sánchez
Profesora Salud Ambiental Universidad Nacional Autónoma de México
Asesora de Tesis

Dra. Leticia Hernández Cadena
Coordinadora de la Maestría en Salud Ambiental
Asesora de Tesis

*“No te rindas que la vida es eso,
continuar el viaje,
perseguir tus sueños,
destrabar el tiempo,
recorrer los escombros
destapar el cielo”.*

Mario Benedetti.

Para: Mauricio Gabriel

Por ser mi motor e inspiración,
y enseñarme a no rendirme, te amo hijo.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, Lucio y Rosa por sus enseñanzas, en especial a mi amada madre, que sin su apoyo incondicional, consejos y motivación no hubiera culminado mi formación.

A mis hermanos Christian, Daniela y Shalma por cuidar de Mauricio y ser tolerantes.

A Eduardo por su paciencia y acompañarme en este viaje.

A mis amigos, gracias por creer en mí, darme sus palabras de aliento y consejos en los momentos de debilidad, Anabel, Aideé y Genezareth.

Por otra parte agradezco a todos mis maestros que influyeron con sus lecciones y experiencia para poder concluir con este proyecto: la Dra. Leticia Hernández Cadena, Dra. Ana Rosa Moreno Sánchez, Dr. Cuauhtémoc Arturo Juárez Pérez. En particular a la Dra. Gladys Martínez Santiago por su profesionalismo y compromiso con la docencia.

A las personas e instituciones que hicieron posible la realización de este trabajo, al Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato; a las autoridades, personal administrativo y al Médico del Trabajo Dr. Alejandro López del Hospital General del IMSS en Salamanca, a la epidemióloga Dra. Teresa Sanchez Vazquez de la Unidad de Medicina Familiar del ISSSTE en Salamanca, al Epidemiólogo Dr. Ricardo Platón del Hospital Central sur de Alta Especialidad.

ÍNDICE

| | |
|------------------------------|-----------|
| 1. RESUMEN | 1 |
| 2. INTRODUCCIÓN | 2 |
| 3. MATERIAL Y MÉTODOS | 32 |
| 4. RESULTADOS | 38 |
| 5. DISCUSIÓN | 80 |
| 6. CONCLUSIONES | 85 |
| 7. BIBLIOGRAFÍA | 87 |

1. RESUMEN

Introducción. El crecimiento exponencial de las industrias así como el aumento en la cantidad de vehículos traen consigo la emisión de diversos contaminantes al aire, como el material particulado, el ozono y el dióxido de azufre, que han demostrado ser perjudiciales para la salud humana, la magnitud de los efectos depende de las concentraciones que se encuentren en el aire, la dosis que se inhala, el tiempo y la frecuencia de exposición, así como las características fisiológicas de la población expuesta. Las poblaciones vulnerables, es decir población menor de 15 años y los adultos mayores de 65 años, son más sensibles a estos efectos. **Objetivo.** Conocer la relación entre la concentración de contaminantes atmosféricos PM₁₀, O₃ y SO₂, con la prevalencia de enfermedades respiratorias en población infantil menor de 15 años y adulta de 60 años y más, en el Municipio de Salamanca Guanajuato, en el periodo del 2011 al 2013. **Material y métodos.** Se obtuvo en el período del 2011 al 2013 del Municipio de Salamanca, Guanajuato, el reporte por día y hora de los contaminantes PM₁₀, O₃ y SO₂ y los registros de consulta semanal de las tres principales instituciones de seguridad social del municipio, fueron revisados y depurados los registros por un experto en salud ambiental y salud pública respectivamente. **Resultados.** Las Infecciones de Vías Respiratorias (IVR), presentaron una correlación positiva con el contaminante PM₁₀ en el 2011 fue 2.5 veces las IVR por cada unidad que se incrementó el PM₁₀ (p 0.001). Para el 2012, la correlación de Pearson fue 0.3654 (p 0.008); en el 2013 la correlación fue 0.3593 (p 0.009) para la población infantil, en el caso de la población adulta mayor todas las correlaciones fueron positivas en las IVR. El SO₂ mostró una correlación positiva en el año 2013 tanto en la población infantil (Pearson 0.4091) con en la adulta mayor (Pearson 0.4922). **Conclusiones.** Este estudio ofrece evidencia de la relación entre contaminantes atmosféricos y efectos a la salud respiratoria. Es necesario continuar realizando investigaciones en la materia para actualizar y establecer normas en políticas públicas.

2. INTRODUCCIÓN

El desarrollo exponencial de las industrias, así como el aumento en la cantidad de vehículos que utilizan combustibles fósiles traen consigo la emisión de diversos contaminantes al aire, los cuales se ha demostrado por diversos estudios son perjudiciales para la salud humana. Las poblaciones vulnerables es decir población menor de 15 años, adultos mayores de 65 años y personas con enfermedades respiratorias crónicas, son más sensibles a estos efectos.

Dentro de los contaminantes se encuentra las emisiones de dióxido de azufre (SO_2), material particulado de 10 micras (PM_{10}) y ozono (O_3). Muchas de las ciudades de México cuentan con redes de monitoreo, en el Municipio de Salamanca, Guanajuato se estableció una red de monitoreo de calidad del aire desde 1999.

El presente estudio nace de la necesidad de generar evidencia que relacione la exposición a elevadas concentraciones de contaminantes con los efectos a nivel respiratorio (enfermedades respiratorias agudas y crónicas), en población infantil menor de 15 años y en población adulta mayor de 60 años de edad.

I. Marco Teórico

A. CONCEPTOS BÁSICOS

La palabra ecología proviene del griego *oikos* que significa casa o lugar donde se habita, y logos estudio, por lo cual la ecología es “el estudio de los organismo en su casa”, término que se usó por primera vez en 1869. Actualmente se puede definir como la ciencia que se encarga del estudio de las relaciones que el organismo mantiene entre sí y con su medio ambiente¹.

Clasificación de la Ecología según los Niveles de Organización

La ecología puede subdividirse haciendo referencia a los niveles de organización que abarca, ecología de la población, de la comunidad, del ecosistema y de la biósfera¹.

Ecosistema

Es la unidad funcional básica de interacción de los organismos vivos entre sí y de éstos con el ambiente, en un espacio y tiempo determinado. Un ecosistema incluye componentes abióticos del medio y los organismos vivos ¹.

También se ha definido como un área natural en la que conviven varias poblaciones pertenecientes a diferentes especies, entre las que se establecen estrechas relaciones que hacen que el conjunto forme un sistema interdependiente.

Componentes de la Biosfera

La biosfera se puede dividir en distintas regiones con patrones de crecimiento y biodiversidad particulares, estas zonas se conocen como regiones biogeográficas o biomas. Además, se suelen distinguir cinco partes o componentes:

- *Biósfera*: Es el conjunto de todos los seres vivos en la Tierra.
- *Litósfera*: Conformada por la parte sólida de las rocas, sobre la cual descansa una delgada película donde se desarrolla la vida.
- *Hidrosfera*: Es la parte oceánica de la biosfera y es más espaciosa, pero más diluida, porque a partir de una zona con luz (zona eufótica) de algunas decenas de metros, la vida animal se puede mantener hasta las mayores profundidades.
- *Pedósfera*: Se trata de la parte de los suelos donde se desarrolla la vida de organismos descomponedores.
- *Atmósfera*: Es la envoltura gaseosa de la Tierra y la protege de las radiaciones letales.

Contaminante

Es toda materia o energía en cualquiera de sus estados físicos y formas que al incorporarse o actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier elemento natural, altere o modifique su composición y condición natural ¹.

Contaminantes criterio

Son aquellos como perjudiciales para la salud y el bienestar de los seres humanos, se les llamó así porque fueron objeto de evaluaciones publicadas en

documentos de calidad del aire, con el objetivo de establecer niveles permisibles que protegieran la salud, el medio ambiente y el bienestar de la población. Actualmente el término “contaminantes criterio” ha sido adoptado en muchos países, y son: Bióxido de azufre (SO₂), Bióxido de nitrógeno (NO₂), Material Particulado (PM), Monóxido de Carbono (CO) y Ozono (O₃)².

Contaminación Ambiental

La contaminación se produce con la introducción en un medio cualquiera de un contaminante, es decir, la introducción de cualquier sustancia o forma de energía con potencial para provocar daños, irreversibles o no, en el medio inicial. Se denomina contaminación ambiental a la presencia en el ambiente de cualquier agente (físico, químico o biológico) o bien de una combinación de varios agentes en lugares, formas y concentraciones tales que sean o puedan ser nocivos para la salud, la seguridad o para el bienestar de la población, o que puedan ser perjudiciales para la vida vegetal o animal, o impidan el uso normal de las propiedades y lugares de recreación y goce de los mismos ¹. Existen tres clasificaciones de contaminación que se basan en distintos criterios, medio afectado, método contaminante y extensión de la fuente.

Contaminación atmosférica

Se describe como la liberación de agentes químicos y partículas en la atmósfera alterando su composición y suponiendo un riesgo para la salud de las personas y de los demás seres vivos, así como daño en construcciones. Los gases contaminantes del aire más comunes son el monóxido de carbono, el dióxido de azufre, los clorofluorocarbonos y los óxidos de nitrógeno producidos por la industria y por los gases producidos en la combustión de los vehículos. Los

fotoquímicos como el ozono y el esmog aumentan su concentración en el aire por los óxidos de nitrógeno e hidrocarburos emitidos y que reaccionan a la luz solar.

Fuentes de contaminación atmosférica

Son sitios naturales o artificiales, a partir de los cuales se generan y emiten agentes contaminantes hacia el ambiente, se clasifican en:

- Fuentes Fijas: Aquellas que están establecidas en un solo lugar, la mayoría tienen su origen en procesos industriales. Por ejemplo: quemadores de fosa y verticales, descargas de aguas residuales, chimeneas, volcanes, etc. Algunas de las normas analíticas de emisiones por fuentes fijas, son la “NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005. Especificaciones de los Combustibles Fósiles para la Protección Ambiental”, la “NOM-005-SCFI-2011. Instrumentos de Medición - Sistemas para Medición y Despacho de Gasolina y otros Combustibles Líquidos-Especificaciones, Métodos de Prueba y de Verificación”, entre otras.
- Fuentes Móviles: Se refieren en general a todo tipo de transporte. Por ejemplo: vehículos de combustión, aviones, barcos, carros tanque, etc.

Contingencia Ambiental

También conocida como emergencia ecológica, es la situación eventual y transitoria declarada por las autoridades competentes cuando se presenta o se prevé con base en análisis objetivos o en el monitoreo de la contaminación ambiental, una concentración de contaminantes o un riesgo ecológico derivado de actividades humanas o fenómenos naturales que afectan la salud de la población o al ambiente de acuerdo con las normas oficiales mexicanas².

Restauración Ecológica

Se define como el proceso de alteración intencional de un hábitat para establecer un ecosistema definido, natural e histórico local. El objetivo de este proceso es imitar la estructura, la función, la diversidad y la dinámica del ecosistema original, según la *Society of Ecological Restoration*².

El proceso de restauración es inducido por el hombre para recuperar las condiciones ambientales de un ecosistema perturbado, el cual debe contemplar la combinación de múltiples conocimientos científicos; el objetivo principal es generar como resultado un sistema altamente diverso y similar, en cuanto a composición y estructura al original. Este sistema debe ser auto-sustentable no solo en términos ecológicos, sino también sociales, al constituir una fuente de recursos económicos para las comunidades aledañas y al ser explotado por estas de manera racional, garantizando así su conservación².

Resiliencia Ambiental

Es la medida de la habilidad o capacidad que tiene un ecosistema de absorber estrés ambiental sin cambiar sus patrones ecológicos característicos, esto implica la capacidad del sistema para reorganizarse bajo tensiones ambientales y establecer flujos de energía alternativos para permanecer estable sin perturbaciones severas, sólo con algunas modificaciones menores en su estructura; de esta forma, la resiliencia ilustra la capacidad de los sistemas naturales de recuperarse al efecto adverso producido por la acción del hombre o de la misma naturaleza².

B. LEGISLACIÓN

La legislación ambiental o derecho ambiental es un complejo conjunto de tratados, convenios, estatutos, reglamentos, y el derecho común que, de manera muy amplia, funcionan para regular la interacción de la humanidad y el resto de los componentes biofísicos o el medio ambiente natural, con el fin de reducir los impactos de la actividad humana, tanto en el medio natural y en la humanidad misma.

El aspecto legal puede ser dividido en dos áreas principales: control de la contaminación y la remediación; conservación de los recursos y la gestión. Las leyes que tratan con la contaminación son a menudo medios de comunicación limitados – es decir, pertenecen únicamente a un solo medio ambiental, como el aire, el agua (ya sean aguas superficiales, aguas subterráneas o los océanos), suelo, etc., – y controlan tanto las emisiones de contaminantes en el medio ambiente, así como la responsabilidad por exceder las emisiones permitidas y la responsabilidad de la limpieza.

Las leyes sobre conservación de los recursos y la gestión se centran generalmente en un solo recurso – por ejemplo, los recursos naturales como los bosques, yacimientos minerales o animales, o más recursos intangibles, tales como las zonas especialmente escénicas o los sitios de alto valor arqueológico – y proporcionan directrices y limitaciones sobre la conservación, alteración y uso de esos recursos. Muchas leyes no son exclusivamente “ambientales”, sin embargo contienen importantes componentes del medio ambiente e integran las decisiones de política ambiental.

El derecho ambiental se nutre de la influencia de los principios del ambientalismo, ecología, conservación, administración, responsabilidad y sostenibilidad. Respecto al control de la contaminación en general, las leyes tienen por objeto proteger y preservar el ambiente natural y la salud humana. La conservación de los recursos y las leyes de equilibrio general de gestión tienen como beneficios la conservación y la explotación económica de los recursos. Dado el amplio alcance del derecho ambiental, no hay una lista totalmente definitiva de las leyes ambientales.

La estructura del sistema jurídico se conforma por una serie de ordenamientos que tienen como principios la legalidad, sistematicidad y su carácter puede ser permisivo, disuasivo, compensativo, prohibitivo, limitativo, inductivo o programático, por lo que su aplicación puede ser tan amplia o específica como se requiera, considerado bajo el siguiente esquema jurídico jerárquico:

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos: Es la base del sistema jurídico nacional, ya que de ella emanan todas las disposiciones reglamentos y normativas que rigen la actividad política, social e industrial del país incluyendo las relativas a la protección al ambiente, a la salud, así como en materia de energía.

Leyes reglamentarias de la Constitución: pueden ser las leyes reglamentarias de artículos constitucionales o bien, que emanan de conceptos constitucionales.

En este rubro, resalta por su importancia para este documento la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente 2015, considerada como la ley marco, que establece como punto prioritario, definir los principios de la política ecológica general a través de lineamientos destinados a preservar y restaurar el equilibrio ecológico y proteger el ambiente ¹.

Reglamentos: son expedidos por el Poder Ejecutivo Federal, especificando los principios de las leyes que le dan origen. Tal es el caso de los reglamentos de la

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, en materia de impacto ambiental, para la prevención y control de la contaminación de la atmósfera y residuos peligrosos, así como el reglamento de la Ley de Aguas Nacionales, entre otros.

Normas específicas: dentro del marco de normatividad en México, las Normas Oficiales Mexicanas constituyen el conjunto de reglas científicas y tecnológicas que establecen los requisitos, especificaciones, procedimientos, parámetros y límites permisibles que deben observarse en el desarrollo de actividades o usos, destinos de bienes y demás que uniformen principios, criterios, políticas y estrategias, actuando como un complemento de los reglamentos, por lo que tienen un carácter general y obligatorio; son el resultado de un estudio particular de normalización, aprobadas y emitidas por una autoridad específica, con base en la Ley sobre Metrología y Normalización.

Dentro de estos rubros se tienen vigentes en México en materia de calidad del aire las leyes, reglamentos y normas siguientes:

N° AI-R-1 TÍTULO: Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera. Este reglamento rige en todo el territorio nacional y las zonas donde la Nación ejerce su soberanía y jurisdicción, y tiene por objeto reglamentar la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, en lo que se refiere a la prevención y control de la contaminación de la atmósfera. FECHA DE PUBLICACIÓN: DOF 25-11-1988. Última Reforma DOF 16-01-2014.

Existen normas oficiales mexicanas, que emite la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) relativas a la regulación en la emisión de contaminantes a la atmósfera, (cuadro 1), las que emite la Secretaría de Salud Federal respecto a concentraciones límites para evitar daños a la salud (cuadro 2 y 3).

Cuadro 1. Calidad del aire, normas oficiales mexicanas SEMARNAT

| TÍTULO | DESCRIPCIÓN | FECHA DE PUBLICACIÓN EN EL DOF* |
|-------------------------------------|---|--|
| <u>NOM-036-SEMARNAT-1993</u> | Esta norma oficial mexicana establece los métodos de medición para determinar la concentración de ozono (O ₃) en el aire ambiente y el procedimiento para la calibración de los equipos de medición. | 23-06-1993. <i>Última modificación el 23-04-2003.</i> |
| <u>NOM-038-SEMARNAT-1993</u> | Esta Norma Oficial Mexicana establece los métodos de medición para determinar la concentración de dióxido de azufre (SO ₂) en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición. | 23-06-1993. <i>Última modificación el 23-04-2003.</i> |

| | | |
|--|--|--|
| <p><u>NOM-043-SEMARNAT-1993</u></p> | <p>Esta Norma establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas sólidas provenientes de fuentes fijas. Es de observancia obligatoria para los responsables de las fuentes fijas que emitan partículas sólidas a la atmósfera, con la excepción de las que se rigen por normas oficiales mexicanas específicas.</p> | <p>22-10-1993. <i>Última modificación el</i> 23-04-2003.</p> |
| <p><u>NOM-085-SEMARNAT-2011</u></p> | <p>Norma Oficial Mexicana para fuentes fijas que utilizan combustibles fósiles sólidos, líquidos o gaseosos o cualquiera de sus combinaciones, que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de humos, partículas suspendidas totales (PST), dióxido de azufre (SO₂) y óxidos de nitrógeno (NO_x) y los requisitos y condiciones para la operación de los</p> | <p>12-02-1994. <i>Última modificación el</i> 15-12-2014</p> |

| | | |
|--|---|--|
| | <p>equipos de calentamiento indirecto por combustión; así como los niveles máximos permisibles de emisión de dióxido de azufre (SO₂) en los equipos de calentamiento directo por combustión.</p> <p>La reducción de emisiones SO₂ por parte de los responsables de equipos con capacidad térmica nominal mayor a 350 GJ/h ubicados en zonas críticas se basa en la sustitución de combustóleo por gas natural, acorde a la política nacional.</p> | |
|--|---|--|

DOF Diario Oficial de la Federación*

Cuadro 2. Calidad del aire, normas oficiales mexicanas Secretaría de Salud (SSA1)

| TÍTULO | DESCRIPCIÓN | FECHA DE PUBLICACIÓN EN EL DOF* |
|----------------------------------|---|--|
| <u>NOM-020- SSA1-2014</u> | Esta Norma Oficial Mexicana tiene por objeto establecer los valores límites permisibles de concentración de ozono (O ₃) en el aire ambiente para la protección de la salud humana. Es de observancia obligatoria en todo el territorio nacional y deberá ser la referencia para que las dependencias, organismos e instituciones los apliquen en sus respectivos ámbitos de competencia en las acciones de prevención y control de la contaminación ambiental. | 23-12-1994. <i>Última modificación el 19-08-2014.</i> |
| <u>NOM-022-SSAI-2010</u> | Esta Norma Oficial Mexicana establece el valor permisible para la concentración de dióxido | 23-12-1994. <i>Última modificación el 11-06-2010.</i> |

| | | |
|--|--|---|
| | <p>de azufre en el aire ambiente. Aplicable en todo el territorio mexicano, en las políticas de saneamiento ambiental en lo referente a la salud humana, en actividades o situaciones ambientales que causen o puedan causar riesgos o daños a la salud de las personas y para el desarrollo de investigación permanente y sistemática de los riesgos y daños que, para la salud de la población, origine la contaminación ambiental por dióxido de azufre.</p> | |
| <p><u>NOM-025-SSA1-2014</u></p> | <p>Esta Norma Oficial Mexicana, Salud Ambiental. Establece el valor permisible para la concentración de partículas suspendidas de PM10 y PM2.5 en el aire ambiente y criterios para su evaluación. Aplicable en todo el territorio mexicano, en las políticas de saneamiento</p> | <p><i>Última modificación el 20-08-2014</i></p> |

| | | |
|--|--|--|
| | <p>ambiental en lo referente a la salud humana, en actividades o situaciones ambientales que causen o puedan causar riesgos o daños a la salud de las personas y para el desarrollo de investigación permanente y sistemática de los riesgos y daños que, para la salud de la población, origine la contaminación ambiental por el material particulado.</p> | |
|--|--|--|

DOF Diario Oficial de la Federación*

Cuadro 3. Límites de los contaminantes establecidos en las normas oficiales mexicanas de la secretaría de salud

| | CONTAMINANTE | EXPOSICIÓN AGUDA | EXPOSICIÓN CRÓNICA |
|--------------------------|--|-------------------------------|-------------------------------|
| | | <i>Concentración promedio</i> | <i>Concentración promedio</i> |
| NOM-025-SSA1-2014 | Partículas menores de 10 micrómetros (PM10) | 75µg/m ³ (24h) | 40µg/m ³ |
| NOM-020-SSA1-2010 | Ozono (O₃) | 0,095 ppm (1h) | - |
| | | 0,070 ppm (8h) | 0.070 ppm |
| NOM-022-SSA1-2010 | Dióxido de azufre (SO₂) | 0,110 ppm (24h) | 0,025 ppm |

C. SISTEMA DE SEGURIDAD, SALUD EN EL TRABAJO Y PROTECCIÓN AMBIENTAL EN PEMEX

El Sistema de Seguridad, Salud en el trabajo y Protección Ambiental (SSPA) es el conjunto de elementos interrelacionados e interdependientes entre sí, que toma las 12 mejores prácticas internacionales como base del sistema y organiza los elementos restantes en tres subsistemas que atienden la seguridad de los procesos, la salud en el trabajo y la protección ambiental, éste último de interés para la presente investigación se explica brevemente a continuación.

El Subsistema de Administración Ambiental (SAA), incluye y define las actividades de planificación, las responsabilidades, las prácticas, los procedimientos y los recursos necesarios para dar cumplimiento a la política, los principios y los objetivos de Petróleos Mexicanos en la materia, y está alineado y enfocado en el proceso homologado definido para el mismo fin. Consta de 15 elementos cuya aplicación permite la prevención y control de la contaminación, administrando los aspectos e impactos ambientales de nuestras operaciones y procesos productivos, de acuerdo al marco legal aplicable.

D. CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS Y SU IMPACTO EN LA SALUD

Los contaminantes del aire tienen distinto potencial para producir daños a la salud, lo cual depende de sus propiedades físico-químicas, de la dosis que se inhala y del tiempo de exposición, el lugar, la hora, la temperatura y el estado del tiempo, así como, las características individuales de la persona expuesta entre ellos los antecedentes de enfermedades respiratorias crónicas.

La exposición a los contaminantes se puede clasificar en aguda y crónica de acuerdo al período de exposición y a la concentración de contaminantes. Los efectos más estudiados son la exposición aguda, mostrando en diversos estudios un aumento en la mortalidad total asociada a material particulado, ozono y sulfatos, lo cual ocurre en personas con padecimientos cardiovasculares y respiratorios previos. Los efectos a largo plazo, según estudios epidemiológicos, muestran un incremento en la mortalidad por enfermedades respiratorias crónicas, trastornos cardiovasculares y cáncer de pulmón, coincidiendo con la elevación de la contaminación atmosférica y, en particular de los niveles de PM10²⁰.

La heterogeneidad de los contaminantes atmosféricos, en cuanto a las características cuantitativas y cualitativas de sus componentes y a su capacidad de acción sinérgica con otros factores de riesgo, determinan la dificultad de conocer los mecanismos por los que los distintos contaminantes afectan al aparato respiratorio^{19, 20}.

Factores topográficos y meteorológicos

Todos los contaminantes del aire emitidos por fuentes fijas o móviles son transportados o concentrados por las condiciones meteorológicas y topográficas, el ciclo de estancia se inicia con la emisión de los contaminantes seguidos del transporte y de la difusión en la atmósfera. El ciclo se completa cuando los contaminantes se depositan sobre la vegetación, el ganado, las superficies del suelo, agua, etc.

Los factores atmosféricos que pueden modificar a los diversos contaminantes son: la temperatura, la humedad, y los movimientos de altas y bajas presiones. De

forma habitual la temperatura disminuye con la altitud, pero en los casos de inversión térmica una capa de aire frío se sitúa bajo una capa de aire caliente, retardando la dispersión atmosférica. Las temperaturas muy elevadas también son una causa de morbilidad y mortalidad en enfermos respiratorios crónicos, especialmente el esmog fotoquímico en zonas de clima seco, cálido y soleado³. Debido a que la temperatura aumenta las concentraciones de contaminantes, especialmente el ozono, se ha observado una mayor mortalidad por enfermedades respiratorias y cardiacas, cuando los niveles sobrepasan los límites y la temperatura aumenta⁸.

MATERIAL PARTICULADO

El material particulado es una mezcla compleja de sustancias en estado líquido o sólido que permanece suspendida en la atmósfera por periodos variables. Por su origen, las partículas pueden definirse como primarias (producidas directamente por algún contaminante) o secundarias (aquellas que se forman en la atmósfera, como resultado de interacciones químicas entre gases y partículas primarias).

Las partículas pueden tener un origen natural y también antropogénico. De acuerdo al diámetro aerodinámico, éstas pueden clasificarse en menores o iguales a 10 micras (PM10), en menores o iguales a 2.5 micras (PM2.5) y en menores o iguales a 0.1 micras (PM0.1). Su tamaño es importante para caracterizar su comportamiento en la atmósfera y por lo tanto la concentración a la que puede estar expuesta la población; su tamaño también determina la capacidad de penetración y retención en diversas regiones de las vías respiratorias y por ende, sus efectos. Estudios experimentales en animales y humanos han sugerido que la exposición a material particulado puede tener un mayor impacto negativo que otros contaminantes del aire en la salud respiratoria^{11, 12}. En términos generales, las

partículas están formadas por un núcleo de carbono y por compuestos orgánicos e inorgánicos, adheridos a su superficie.

Imagen 1. Tamaños del material particulado



Imagen extraída de la página de la Agencia Europea de Medio Ambiente, 2010. <http://www.eea.europa.eu/es>

Las partículas PM10 se originan en su mayoría por procesos de desintegración de partículas más grandes y se depositan en la región extratorácica del tracto respiratorio es decir nariz, boca, naso, oro y laringofaringe, en cambio las PM2.5 están formadas en su mayoría por gases o materiales de la combustión, una gran parte son secundarias y pueden ingresar desde la tráquea hasta el bronquiolo terminal, inclusive hasta el alveolo. Las partículas ultrafinas PM0.1 son generadas por la combustión y actividad fotoquímica, éstas se depositan mayoritariamente en la región alveolar, incrementando la posibilidad de atravesar la barrera alveolo capilar y migrar hacia otros órganos. La composición química de las partículas juega un papel importante en los daños a la salud y varía de un sitio a otro,

dependiendo de la fuente de emisión, así como de las regiones geográficas y meteorológicas.

Los efectos a la salud que se han reportado en diversos estudios de tipo epidemiológico y experimental en animales muestran que los efectos a la salud son amplios, afectando en particular al sistema respiratorio y cardiovascular^{13, 14, 17}.

En octubre del 2013 la Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer de la Organización Mundial de la Salud (IARC), catalogó como carcinógeno del Grupo 1A, al material particulado asociado con cáncer en humanos, apoyado con evidencia suficiente en múltiples investigaciones realizadas en el mundo²².

Estudios realizados, por un lado, en población mexicana de 6-14 años relacionan al material particulado como el mayor factor de riesgo para desarrollo de enfermedades del aparato respiratorio y decremento de la función respiratoria, encontrando una disminución de FEV1¹⁴. Por otro lado, estudios toxicológicos recientes sugieren que los metales contenidos en las partículas pueden estar relacionados con daño cerebral en respuesta a procesos inflamatorios¹⁵.

La exposición a PM2.5 produce cambios en la variabilidad de la frecuencia cardíaca. Un estudio llevado a cabo con adultos mayores de la Ciudad de México encontró que por cada incremento de $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ en la concentración de PM2.5 se redujo el ritmo cardíaco en un 5 por ciento y el efecto fue mayor en pacientes hipertensos.¹³

Recientemente ha tomado importancia los efectos de la contaminación en padecimientos cardiovasculares, el proyecto denominado “Estudio Multicéntrico

Español sobre la relación entre Contaminación Atmosférica y Salud” (EMECAS) arrojó que por cada incremento diario de 10 mg/m^3 en la concentración de material particulado PM10, el número de personas que muere por problemas cardiacos durante los días inmediatos aumenta un 0.7 por ciento.

En países latinoamericanos existe el estudio de Salud y Contaminación del Aire en Latinoamérica (ESCALA)⁹, el cual tiene como objetivo examinar la exposición a la contaminación del aire exterior y la mortalidad en nueve ciudades de América, encontrando una relación positiva entre las concentraciones de PM10 y O_3 con un aumento en la mortalidad cardiopulmonar, cerebrovascular y enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC)⁹.

OZONO (O_3)

El ozono (O_3) es un compuesto gaseoso incoloro que posee la capacidad de oxidar materiales. Está conformado por tres átomos de oxígeno, los cuales son muy reactivos por lo que pueden reaccionar o unirse a otros átomos de oxígeno. El ozono atmosférico se encuentra en estado puro entre los 15 y 40 km sobre el nivel del mar, actuando como filtro para las radiaciones ultravioletas; el ozono troposférico se encuentra situado a unos 10 km sobre la superficie de la Tierra y se forma mediante la reacción química del dióxido de nitrógeno (NO_2) y compuestos orgánicos volátiles (COV) en presencia de la luz solar; al estar en concentraciones por arriba de $150 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ puede causar daños a la salud humana y coadyuvar en el calentamiento del planeta².

El ozono y el material particulado PM10 son los contaminantes que mayor importancia tienen debido a sus efectos sobre la salud. La Agencia de Protección Ambiental Estadounidense (EPA por sus siglas en inglés), con base en estudios

científicos recientes indica que la exposición a niveles de 75 partes por billón (ppb) de ozono, puede perjudicar el sistema respiratorio, causar o agravar el asma, y también se ha vinculado con muerte prematura por causas respiratorias y cardiovasculares ⁷. En general, la población con mayor riesgo está constituida por los niños menores de cinco años y personas mayores de 65 con enfermedades cardíacas y respiratorias ^{3, 5, 6}.

Entre los posibles procesos de actuación de los contaminantes se incluye un efecto inflamatorio directo sobre las vías aéreas, tal es el caso de numerosos estudios que han puesto de manifiesto el efecto irritante e inflamatorio del ozono en el tracto respiratorio, en que se produce un descenso de la capacidad vital forzada (FVC) y del volumen espiratorio en el primer segundo (FEV1), así como un incremento en la hiperreactividad bronquial inespecífica. Después de la exposición a altas concentraciones de O₃, se observa una infiltración por neutrófilos de la pared bronquial que se mantiene durante horas, y una liberación de mediadores inflamatorios, con aumento de la permeabilidad vascular. Estos efectos son dependientes de la cantidad y pueden observarse durante los meses de verano ^{5,8}.

DIÓXIDO DE AZUFRE (SO₂)

El dióxido de azufre es un gas irritante cuya fuente primaria es la quema de combustibles fósiles que contiene azufre en su composición, como el combustóleo, y que puede causar broncoconstricción, mediante un efecto inflamatorio o como estimulación de los receptores colinérgicos ^{4,3}.

La exposición a SO₂ produce irritación e inflamación aguda o crónica de las mucosas conjuntival y respiratoria. Puede transformarse en otros productos, como

partículas finas de sulfato (SO_4) y niebla de ácido sulfúrico (H_2SO_4). Se ha visto que bajo la combinación de partículas y SO_4 , suele aumentar el riesgo en la salud al incrementar la morbilidad y mortalidad de enfermos crónicos del corazón y vías respiratorias. En individuos asmáticos puede producir bronco-constricción².

En el ambiente, junto con los óxidos de nitrógeno, es el principal causante de la lluvia ácida ya que es transformado en ácido sulfúrico en la atmósfera.

II. Justificación

A. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE SALAMANCA

El Estado de Guanajuato se divide en cinco regiones geográficas, Salamanca pertenece a la región del Bajío la cual recibe su nombre por sus valles, llanuras y lomeríos que se encuentran más bajos con relación a las regiones que las limitan, a pesar de que sus alturas promedio van desde los 1 700 hasta los 2 000 msnm. Se encuentra limitado geográficamente al norte por la Sierra Central; al sur por las sierras y cerros Las Minillas, Grande, Culiacán, Blando y Picacho, y al oeste por los estados de Jalisco y Michoacán ¹⁰.

Salamanca se encuentra en la zona centro del Estado y colinda al Norte con los municipios de Guanajuato, Dolores Hidalgo y Allende; al este con los municipios de Santa Cruz de Juventino Rosas, Villagrán y Cortázar; al oeste con Irapuato y Pueblo Nuevo y al Sur con los municipios de Valle de Santiago y Jaral del Progreso. Sus principales vías de acceso son la carretera de Salamanca-Lázaro Cárdenas, Michoacán, pasando por Valle de Santiago, la carretera 45 Panamericana y 45 D federal de cuota que cruzan prácticamente todo el municipio; así como, la carretera Estatal libre que lo comunica con Santa Cruz de Juventino Rosas¹⁰.

Está situada a los 101°11'39'' de arco, equivalente a 6 horas 44 minutos y 46.5 segundos de longitud, al oeste del meridiano de Greenwich, y a los 20°34'22'' latitud norte. Su altura sobre el nivel del mar es de 1,721 metros. Tiene una extensión territorial de 745.96 km² equivalentes a 2.35 por ciento de la superficie total de Estado ¹⁰.

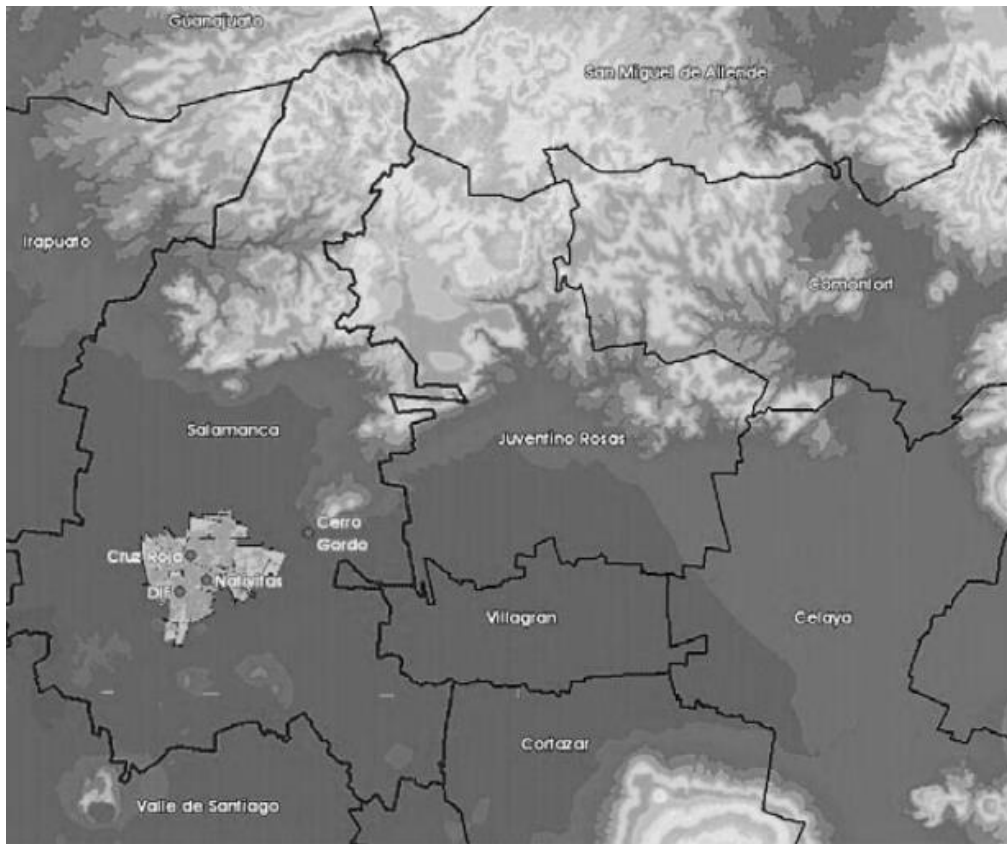
El clima en el municipio se compone de semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad baja en un 92.3 por ciento del territorio del municipio y el resto de la superficie es templado subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media, clima presente en la parte norte del municipio.

El río Lerma atraviesa el municipio de oriente a poniente y forma la cuenca hidrológica “Lerma Santiago”, una de las más importantes del estado; al norte del municipio se localizan los arroyos como Potrerillo, La Joya, Peña Prieta, el Bordo y Ortega, mismos que son afluentes del río Temascalatío, al norte se encuentra la Presa Zapote.

El 72.4 por ciento de la superficie es de uso agrícola de riego y de temporal, el 4.5 por ciento es de pastizal natural, el 4.5 por ciento es bosque (al norte del municipio) y el 18.5 por ciento corresponde a superficie cubierta por matorral (centro-norte). Los principales cultivos son de sorgo, trigo, alfalfa, maíz, cebada, brócoli, ajo y espárrago.

El Municipio cuenta con la “Cuenca Alta Río Temascalatío”, que fue declarada Área Natural Protegida (ANP) en la categoría de uso sustentable el 06 de junio del 2000, comprende una superficie de 17,432 hectáreas y se localiza al noreste de la ciudad a una distancia de 20 kilómetros.

Imagen 2. Ubicación y colindancias del Municipio de Salamanca, Guanajuato.



Fuente: Página del Gobierno del Estado de Guanajuato. <http://www.guanajuato.gob.mx/>

B. DESARROLLO ECONÓMICO

La agricultura es la segunda actividad económica en el municipio, siendo los principales cultivos el trigo, sorgo y alfalfa. La superficie de uso de suelo agrícola constituye aproximadamente 67 por ciento de la superficie total municipal, misma que abarca cultivos agrícolas de riego temporal. La ganadería se practica en forma extensa siendo principalmente de ganado vacuno y caprino.

Entre las principales actividades industriales se encuentran la generación de energía eléctrica, refinación de petróleo, industria química y alimentos. Actualmente se encuentran instaladas 22 industrias, de las cuales 13 son del giro químico, siete alimenticio, una correspondiente a actividad de generación eléctrica y una de refinación de petróleo.

Los automóviles registrados en circulación en el 2011 fue de 46 948, para el 2012 se tenían 49 494 y para el 2013 la cifra incrementó hasta 51 840, y para el 2014 estaban registrados 54 972.

C. POBLACIÓN EN SALAMANCA

De acuerdo al registro del Instituto Nacional de Estadística y Geografía del 2015, la población de Salamanca estaba conformada por 273 271 habitantes, de ellos 131 361 eran hombres y 141 910 mujeres; por grupo de edad de 0 a 4 años eran 22 483, de 5 a 9 años fueron 22 686 y de 10 a 14 años 24 011, la población adulta mayor de 60 a 64 años eran 9 067 habitantes y la población de 65 años y más fue de 20 676 habitantes. Según un reporte del 2013 del total de la población del municipio de Salamanca, 73 222 estaban registrados como derechohabientes en el Instituto Mexicano del Seguro Social, 24 551 en los servicios de salud de Petróleos Mexicanos y 10 469 en el Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de Trabajadores al Servicio del Estado.

D. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN EL MUNICIPIO DE SALAMANCA, GUANAJUATO.

El Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire en el Municipio de Salamanca, Guanajuato (SIMEG) es el responsable de la medición continua de los principales contaminantes del aire, y tiene el propósito de generar información para el cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas en materia de salud ambiental, proporcionar información oportuna para la activación y desactivación de alertas o de contingencias. Se conforma por la Red de Monitoreo Automática, la Red Manual y Laboratorio y Gravimetría, la Red Meteorológica, el Centro de Control de Calidad del Aire y el Taller de Mantenimiento y el Laboratorio de Calibraciones.

Lo anterior permite que se cuente con un sistema multidisciplinario que realiza las actividades para la generación de información de calidad de aire, además de cumplir con los lineamientos establecidos por la NOM-156-SEMARNAT-2012. Los procesos del SIMEG cuentan con la certificación ISO 9001:2008.

En el Municipio de Salamanca existen tres equipos de medición automática para la medición continua de contaminantes criterio; se cuenta con una estación meteorológica, además de contar con un equipo de medición manual, donde se lleva a cabo el muestreo de las partículas cada seis días.

III. Objetivos

General

- Conocer la relación entre la concentración de contaminantes atmosféricos PM10, O₃ y SO₂, con la prevalencia de enfermedades respiratorias en población infantil menor de 15 años y adulta de 60 años y más, en el Municipio de Salamanca Guanajuato, en el periodo del 2011 al 2013.

Específicos

- Conocer las concentraciones de los contaminantes atmosféricos PM10, O₃ y SO₂ reportados por el Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire en el Municipio de Salamanca, Guanajuato (SIMEG).
- Obtener el número de consultas por grupos de edad de los servicios de salud de seguridad social del Municipio de Salamanca, Guanajuato, de enfermedades respiratorias agudas y asma.

IV. TIPO DE ESTUDIO

- Estudio descriptivo, analítico, ecológico de grupo múltiple.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

Para realizar el estudio, se dividió en dos etapas, la primera fue para obtener información del registro de los contaminantes criterio y la segunda para recabar los datos de morbilidad de enfermedades respiratorias de los habitantes del Municipio de Salamanca.

PRIMERA ETAPA

Recolección de datos de contaminantes

Se solicitó a través del portal de acceso a la información del estado de Guanajuato, al Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato, los registros de los contaminantes criterio: O₃, PM10 y SO₂, por cada hora del día durante los años 2011 al 2013 de las tres Estaciones de Monitoreo (Cruz Roja, Nativitas y DIF).

Toda la información se capturó en hoja de cálculo Excel para Windows[®] para el cálculo de los promedios.

Para calcular la concentración diaria de los contaminantes, se incluyeron los registros que tenían al menos el 75 por ciento de los valores de las concentraciones horarias por cada día, (concentración promedio móvil de 8 horas para O₃ y concentración promedio de 24 horas para PM10 y SO₂).

Para la determinación de la concentración promedio anual, se debía contar con al menos el 75 por ciento de los registros por año para evaluar cada límite (a partir de valores horarios, al menos 6 588 registros para un año bisiesto y al menos 6 570 registros para un año no bisiesto; a partir de valores diarios, al menos 275 registros para un año bisiesto y al menos 274 para un año no bisiesto).

Se eliminaron los registros que no cumplieran con el 75 por ciento por día y por año para cada contaminante y cada estación de monitoreo.

Se calculó para cada una de las estaciones de monitoreo, el promedio de los contaminantes por día, siendo el promedio móvil de 8 horas para O₃ y el promedio de 24 horas para SO₂ y PM10.

Se realizó el cálculo el promedio semanal (de siete días) de cada contaminante entre las tres estaciones de monitoreo.

Se calculó el promedio anual, tomando como base el promedio diario de cada contaminante entre las tres estaciones de monitoreo.

SEGUNDA ETAPA

Recolección de datos de morbilidad

En esta etapa el investigador principal acudió personalmente al Municipio de Salamanca, Guanajuato a tres de las instituciones de salud y seguridad social que proporcionan atención médica y que cubren el 52% (114 246) del total de la población de ese municipio, para solicitar y recabar los datos de morbilidad de las enfermedades respiratorias de primera vez en consulta externa, registradas en el Sistema Único de Información para la Vigilancia Epidemiológica (SUIVE) por semana epidemiológica (semana 1 a 52) del año 2011 al 2013.

Se consideró para este estudio la población infantil menor de 15 años y la adulta mayor a partir de 60 años de Municipio, clasificándolos de acuerdo al sistema

SUIVE en menores de 1 año, de 1 a 4 años, de 5 a 9 años, de 10 a 14 años, de 60 a 64 años y de 65 años y más.

Las enfermedades respiratorias que fueron seleccionadas de acuerdo a la Clasificación Internacional de Enfermedades 10ª versión (CIE-10), fueron Sinusitis aguda (J00, J00X, J018, J10, J19); faringitis aguda (J28,J29); Amigdalitis (J03); laringitis y traqueítis (J04); Neumonía (J13, J14, J17, J18); Bronquitis aguda (J20); Rinitis Aguda (J30); también se incluyeron asma y estado asmático (J45, J46).

Para obtener los datos de morbilidad en el sistema de salud de PEMEX, se accedió a la plataforma electrónica denominada sistema integral de administración hospitalaria (SIAH), en el apartado donde de registro del SUIVE.

Para obtener los datos de morbilidad de las instituciones de Salud (IMSS e ISSSTE), se recabó de los hospitales del Municipio el registro del SUIVE.

Para facilitar el procesamiento y análisis de la información de morbilidad de las tres instituciones de salud, se clasificaron en seis: a) asma, b) bronquitis, c) infección de vías respiratorias agudas, d) rinofaringitis y e) sinusitis; posteriormente se agruparon en dos: 1) asma, 2) infección de vías respiratorias.

DEFINICIÓN DE VARIABLES

Independientes

| Variable | Clasificación metodológica | Nivel de medición |
|--|-----------------------------------|--------------------------|
| Dióxido de azufre (SO ₂) | Cuantitativa Continua | PPM |
| Partículas medibles de 10 μ (PM10)m ³ | Cuantitativa Continua | PPM |
| Ozono (O ₃) | Cuantitativa Continua | PPM |

Dependientes

| Variable | Clasificación metodológica | Nivel de medición |
|---------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| Asma | Cuantitativa discreta | Número de casos |
| Infección de vías respiratorias | Cuantitativa discreta | Número de casos |

PROCESAMIENTO Y PRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN

1. Se ingresaron los datos de contaminantes y morbilidad en hoja de cálculo Excel para Windows ®.
2. Se realizó un análisis exploratorio y descriptivo del comportamiento de los contaminantes y de las consultas por año y semana epidemiológica.
3. Se elaboraron gráficos de tendencia de cada contaminante y del número de consultas, por mes, semana epidemiológica y año de estudio.
4. Se exportaron los datos al programa STATA 13.0 ®.
5. Se calcularon los promedios de los contaminantes criterio: PM10, O3 y SO2 por semana, mes y año.
6. Análisis estadística de la información mediante el coeficiente de correlación de Pearson, siendo "r" = +1 una correlación positiva perfecta o "r" = -1 una correlación negativa perfecta.
7. Se determinó con regresión lineal simple a las correlaciones que presentaron una correlación positiva.

RECURSOS Y LOGÍSTICA

Los recursos humanos, materiales y costos generados, corrieron a cargo del investigador principal del proyecto.

- Un médico residente de Medicina del Trabajo y Ambiental como investigador principal.

- Computadora portátil con Excel para Windows ® y STATA 13.0 ®.
- Uso de internet inalámbrico.
- Uso de teléfono para la comunicación con las diferentes instancias gubernamentales.
- Traslados en autobús de la Ciudad de México a Salamanca, Guanajuato y estancia durante 10 días en el municipio.
- Hojas, libreta, bolígrafos.

CONSIDERACIONES ÉTICAS

El estudio se realizó posterior a la aprobación del Comité de Investigación y el Comité de Ética en Investigación del Hospital Central Sur de Alta Especialidad de Pemex.

Se obtuvieron los permisos para la consulta de la base de datos de morbilidad de las tres instituciones de salud, para acceder a los registros SUIVE por semana epidemiológica durante el periodo de estudio.

La información que se obtuvo fue manejada de forma confidencial, almacenada en un equipo de cómputo propiedad del investigador principal, el archivo de base de datos fue encriptado y se le asignó una clave de acceso. Las claves de acceso de la base de datos y del equipo de cómputo solo las conoce el investigador principal.

Por tratarse de un estudio de observacional retrospectivo descriptivo que no pretende estudiar una enfermedad sino una población en su totalidad no se requirió de consentimiento informado.

La información obtenida únicamente se utilizó para fines de esta investigación.

4. RESULTADOS

I. MORBILIDAD

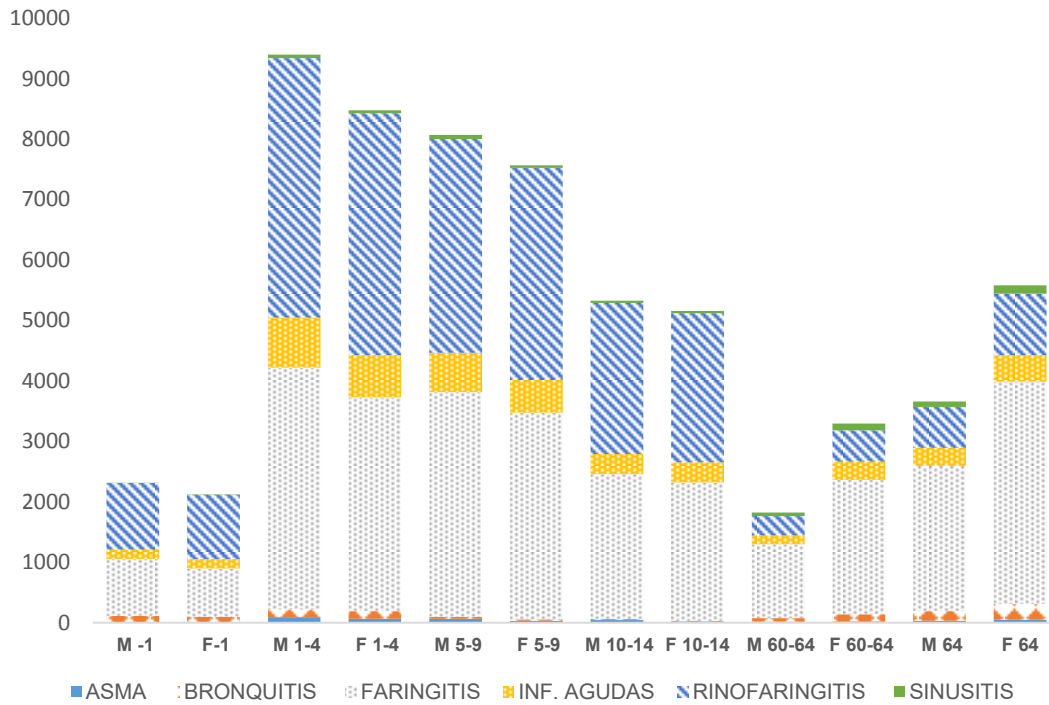
Se obtuvo un total de 75 079 registros por consulta de enfermedades respiratorias de las tres instituciones de salud. Debido a la homogeneidad de información entre PEMEX e IMSS, se realizó un análisis por tipo de enfermedad respiratoria, evidenciando que el grupo de edad más afectado son los varones de 1 a 4 años de edad y el diagnóstico con mayor número registros para ambos sexos fue rinofaringitis (CIE-10 J00, J00X, J018, J10 y J19) seguido de faringitis (J28 y J29) (Tabla y Figura 1).

Tabla 1. Número de consultas de primera vez de niños menores de 15 años del IMSS y PEMEX, 2011 – 2013, Salamanca, Gto.

| | Grupos de edad (años) | Asma | Bronquitis | Faringitis | Inf. Agudas | Rinofaringitis | Sinusitis | Total |
|------------------|-----------------------|------------|-------------|---------------|-------------|----------------|------------|--------------|
| Masculino | < 1 | 8 0,3% | 104 4,5% | 944 40,8% | 153 6,6% | 1099 47,5% | 6 0,3% | 2314 |
| | 1-4 | 88 0,9% | 132 1,4% | 4001 42,6% | 825 8,8% | 4296 45,7% | 57 0,6% | 9399 |
| | 5-9 | 62 0,8% | 33 0,4% | 3717 46,1% | 652 8,1% | 3538 43,8% | 68 0,8% | 8070 |
| | 10- 14 | 44 0,8% | 17 0,3% | 2396 45,0% | 332 6,2% | 2500 46,9% | 41 0,8% | 5330 |
| | < 1 | 3 0,1% | 92 4,3% | 799 37,7% | 161 7,6% | 1063 50,1% | 3 0,1% | 2121 |
| | 1-4 | 63 0,7% | 130 1,5% | 3535 41,7% | 702 8,3% | 3999 47,2% | 51 0,6% | 8480 |
| | 5-9 | 34 0,4% | 22 0,3% | 3419 45,2% | 537 7,1% | 3511 46,4% | 45 0,6% | 7568 |
| | 10- 14 | 20 0,4% | 10 0,2% | 2289 44,4% | 333 6,5% | 2469 47,9% | 36 0,7% | 5157 |
| Total | | 322 | 540 | 21100 | 3695 | 22475 | 307 | 48439 |

Fuente: Registro institucional semanal IMSS y PEMEX para registro de SUIVE

Figura 1. Distribución de consultas por infección de vías respiratorias por edad y sexo del IMSS y PEMEX, del 2011 al 2013, Salamanca, Gto.



M1: Masculino menor de 1 año, F1: Femenino menor de un año, M1-4: Masculino de 1 a 4 años, F1-4: Femenino de 1 a 4 años, M5-9 Masculino de 5-9 años, F5-9: Femenino de 5-9 años; M10-14: Masculino de 10 a 14 años, F10-14: Femenino de 10 a 14 años, M60-64: Masculino de 60 a 64 años, F60-64 :Femenino de 60 a 64 años, M64 Masculino mayor a 64 años, F64: Femenino mayor a 64 años.

Fuente: Registro institucional semanal PEMEX e IMSS para registro de SUIVE.

El número de consultas de primera vez en población adulta de 60 años y más, predomina en el sexo femenino, principalmente en adultos de 65 años y más, siendo el diagnóstico de faringitis el de mayor frecuencia (Tabla 2).

Tabla 2. Número de consultas de adultos mayores de 60 años del IMSS y PEMEX, 2011 – 2013, Salamanca, Gto.

| | Grupos de edad (años) | Asma | Bronquitis | Faringitis | Inf. Agudas | Rinofaringitis | Sinusitis | Total |
|------------------|------------------------------|-------------|-------------------|-------------------|--------------------|-----------------------|------------------|---------------|
| Masculino | 60-64 | 17 0,9% | 57 3,1% | 1 224 67,2% | 143 7,9% | 323 17,7% | 57 3,1% | 1 821 |
| | ≥ 65 | 23 0,7% | 113 3,4% | 2226 67,6% | 304 9,2% | 519 15,8% | 110 3,3% | 3 295 |
| Femenino | 60-64 | 34 0,9% | 159 4,3% | 2401 65,6% | 297 8,1% | 676 18,5% | 94 2,6% | 3 661 |
| | ≥ 65 | 50 0,9% | 260 4,7% | 3676 65,8% | 444 8,0% | 1012 18,1% | 141 2,5% | 5 583 |
| Total | | 124 | 589 | 9527 | 1188 | 2530 | 402 | 14 360 |

Fuente: Registro institucional semanal IMSS y PEMEX para registro de SUIVE

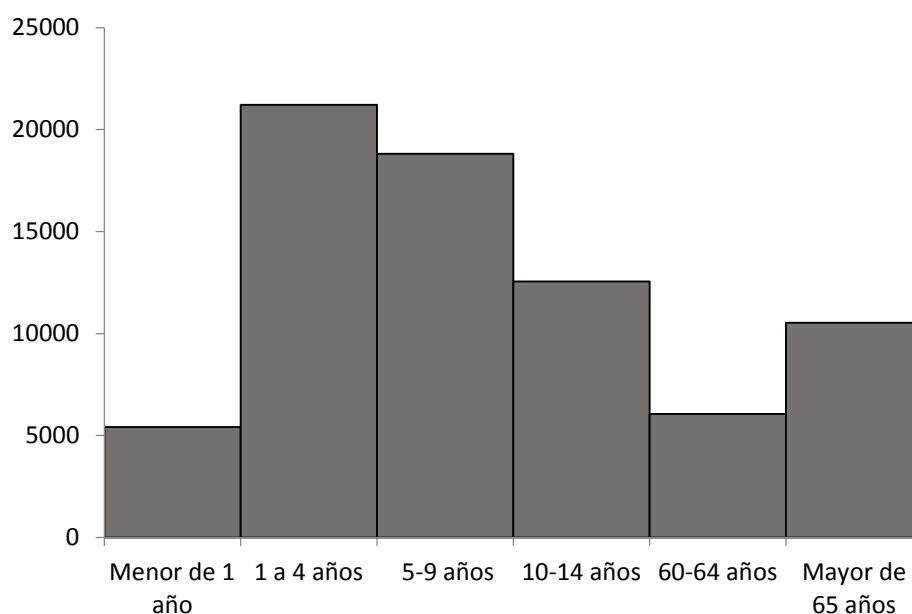
En la siguiente tabla se encuentran resumidos los datos de las consultas registradas por las tres instituciones de salud distribuidas por grupos de edad, observando que la población de 1 a 4 años presenta el mayor número de registros de consulta para infección de vías respiratorias y asma (Tabla 3, Figuras 2 y 3).

Tabla 3. Consultas de Infección de vías respiratorias y asma, por grupo de edad del IMSS, PEMEX e ISSSTE, 2011 al 2013, Salamanca, Gto.

| | Menor de 1 año | 1 a 4 años | 5-9 años | 10-14 años | 60-64 años | Mayor de 65 años |
|--------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------|------------------|
| ASMA | 11 2,3% | 153 31,7% | 106 22,0% | 82 17,0% | 42 8,7% | 88 18,3% |
| IVR | 5420 7,3% | 21215 28,4% | 18818 25,2% | 12559 16,8% | 6062 8,1% | 10523 14,1% |
| Total | 5431 | 21368 | 18924 | 12641 | 6104 | 10611 |

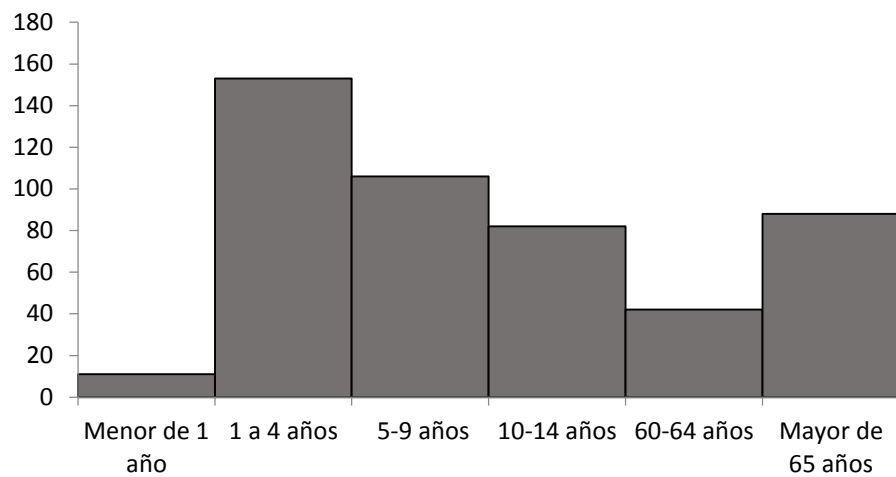
Fuente: Registro institucional semanal IMSS, PEMEX e ISSSTE para registro de SUIVE

Figura 2. Número de consultas por grupo de edad del IMSS, PEMEX e ISSSTE, del 2011 al 2013, Salamanca Gto.



Fuente: Registro institucional semanal IMSS, PEMEX e ISSSTE para registro de SUIVE

Figura 3. Número de consultas por asma, por grupo de edad del IMSS, PEMEX e ISSSTE, del 2011 al 2013, Salamanca Gto.



Fuente: Registro institucional semanal IMSS, PEMEX e ISSSTE para registro de SUIVE

Durante el 2013 hubo mayor promedio semanal de consultas por asma con 3.57 consultas por semana (DE \pm 1.7), el promedio de consultas por infección de vías respiratorias en el mismo año también fue mayor, Tabla 4.

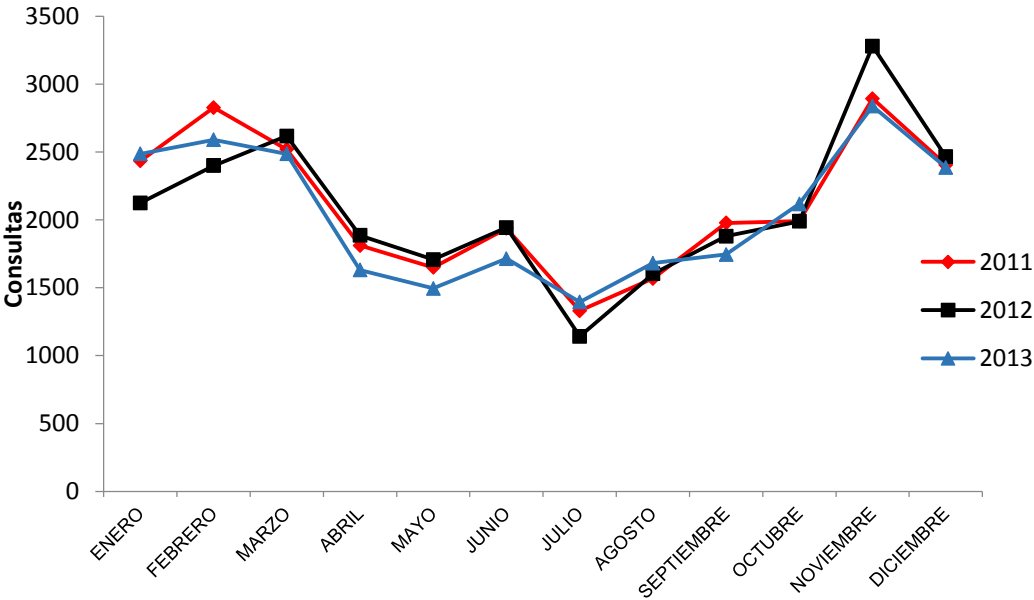
Tabla 4. Promedio de consultas por año de estudio, Salamanca Gto.

| <i>Año</i> | Asma | | IVR | |
|------------|--------------|-----------|--------------|-----------|
| | <i>Media</i> | <i>DE</i> | <i>Media</i> | <i>DE</i> |
| 2011 | 2,6 | 1,6 | 487 | 130,01 |
| 2012 | 2,15 | 1,51 | 492 | 130,8 |
| 2013 | 3,57 | 1,7 | 497 | 131,8 |

Fuente: Registro institucional semanal IMSS, PEMEX e ISSSTE para registro de SUIVE

En la Figura 4 se observa en aumento del número de consultas otorgadas por infección de vías respiratorias superiores, de acuerdo a la clasificación CIE-10 seleccionada en los meses de enero-febrero y noviembre-diciembre, para los tres años que se recolectó la información, con un descenso en los meses de junio-julio, conservando un patrón similar de conducta para las tres instituciones.

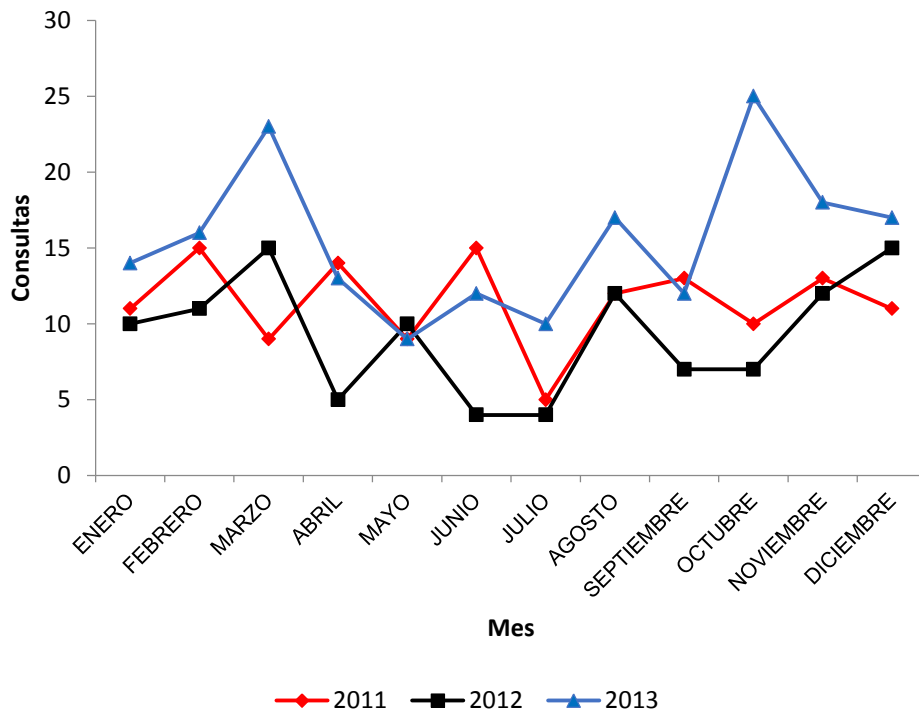
Figura 4. Distribución del número de consultas por mes de Infección de vías respiratorias del IMSS, PEMEX e ISSSTE, Salamanca Gto., 2011 al 2013,



Fuente: Registro institucional semanal IMSS, PEMEX e ISSSTE para registro de SUIVE

En las consultas de primera vez con el diagnóstico de asma, por mes en los tres años de estudio, se mantuvo un comportamiento similar. En el 2013 los meses de marzo y octubre presentaron una mayor frecuencia de consultas. Figura 5.

Figura 5. Distribución de número de consultas por mes de asma del IMSS, PEMEX e ISSSTE, Salamanca Gto., 2011 al 2013,



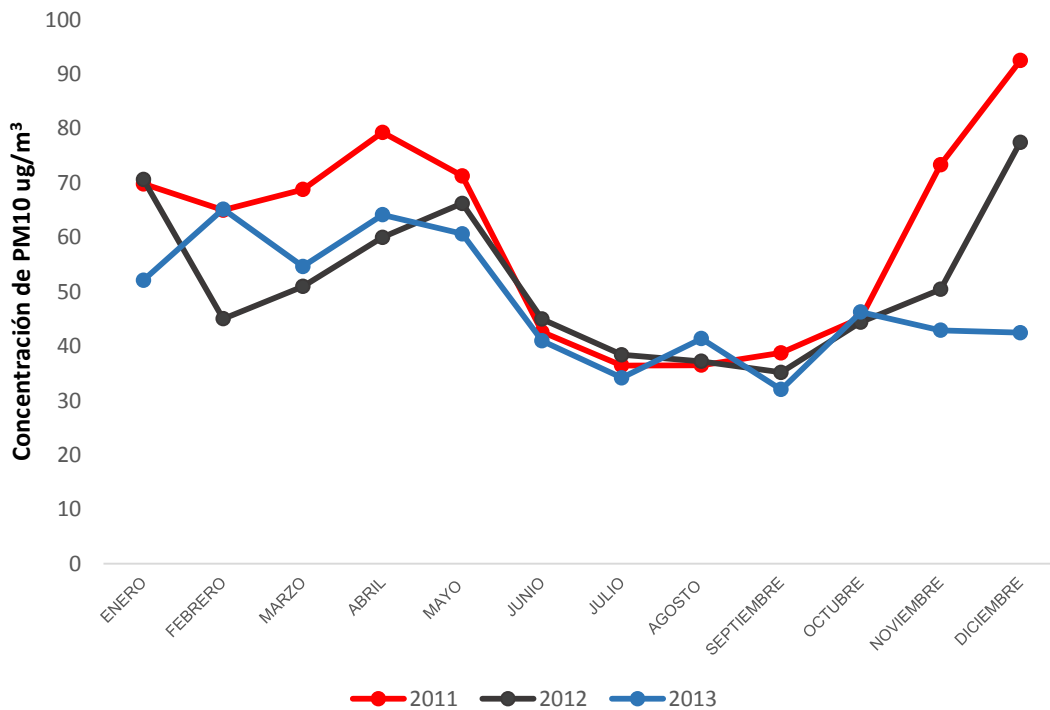
Fuente: Registro institucional semanal IMSS, PEMEX e ISSSTE para registro de SUIVE

II. CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS

a) Partículas PM10

En la distribución de las partículas PM10 en el período del 2011 al 2013, se observa una tendencia similar por año, aumentando las concentraciones en los meses de marzo a mayo, con descenso en junio a septiembre, incrementando nuevamente en los meses de octubre, noviembre y diciembre. Figura 6.

Figura 6. Concentración promedio mensual de PM10, Salamanca, Gto., durante los años 2011 al 2013



Fuente: Red de Monitoreo Ambiental, Salamanca, Gto.

El número de días que el nivel de PM10 rebasó la norma oficial mexicana (límite 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ promedio de 24 hr) fueron de 88 para el 2011. Si se toma como parámetro las guías de calidad del Aire de la OMS que establecen un promedio de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 24 horas, los días que estuvieron por arriba del límite en el 2011 fueron 223. En los años 2012 y 2013 fueron 44 y 38 días respectivamente con valores por arriba de la normatividad mexicana, siendo de 147 días para el 2012 y 158 días para el 2013, de acuerdo a la OMS (Tabla 5). El promedio anual en los tres años rebasó el valor permitido (40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ NOM y 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ OMS).

Tabla 5. Número de días con concentración por arriba del máximo permisible PM10, Salamanca Gto., durante los años 2011-2013

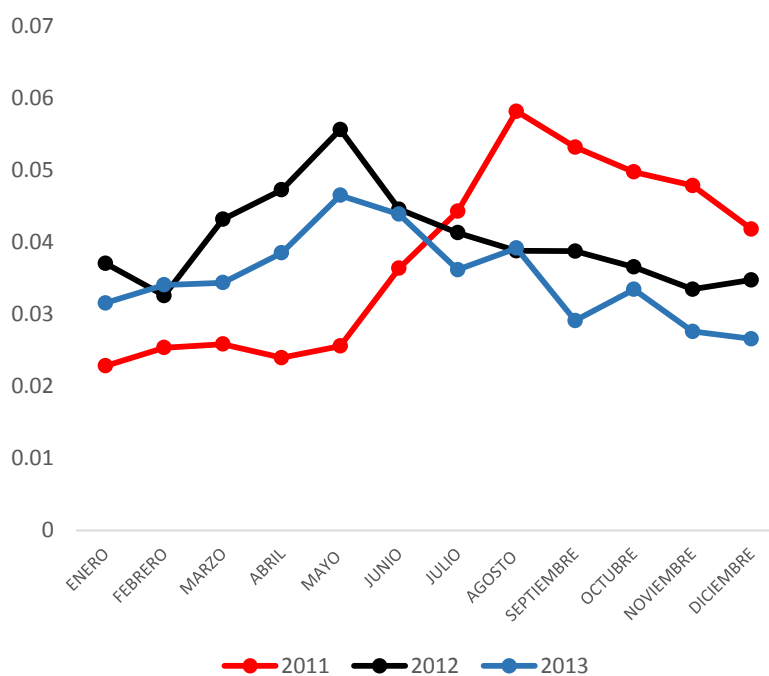
| Año | Días por arriba de 75 μ/m^3 | Días por arriba de 50 μ/m^3 | Promedio anual |
|--------------|--|--|-----------------------|
| 2011 | 88 | 223 | 59,92 |
| 2012 | 44 | 147 | 51,81 |
| 2013 | 38 | 158 | 50,5 |
| Total | 170 | 528 | |

Fuente: Red de Monitoreo Ambiental, Salamanca, Gto.

b) Ozono

La tendencia de ozono en los tres años de estudio, mostró una distribución diferente para cada año, observándose en el 2011 un incremento en el mes de junio con un pico en el mes de agosto; en el año 2012 la concentración de ozono permaneció elevada en los meses de marzo a mayo y en el 2013 presentó una ligera elevación en los meses de abril y mayo (Figura 7).

Figura 7. Concentra promedio mensual de O₃, Salamanca, Gto., durante los años 2011-2013.



Fuente: Red de Monitoreo Ambiental, Salamanca, Gto.

El número de días en que la concentración promedio móvil de 8 horas de ozono rebasó la normatividad mexicana (0.07 ppm) fue de siete días para el 2011, un día para el 2012 y un día para el 2013. De acuerdo a las Guías de la Calidad del Aire de la OMS (0.05 ppm), fueron 95 días para el 2011, 61 días en el 2012 y de 26 días en el 2013. El promedio anual no rebasó el límite permisible durante el período de estudio (Tabla 6).

**Tabla 6. Número de días con concentración por arriba del máximo permisible O₃,
Salamanca Gto., 2011-2013,**

| Año | Días por arriba de 0,07 ppm | Días por arriba de 0,05 ppm | Promedio anual |
|--------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------|
| 2011 | 7 | 95 | 0,03808 |
| 2012 | 1 | 61 | 0,400409 |
| 2013 | 1 | 26 | 0,034942 |
| Total | 9 | 182 | |

c) Dióxido de azufre

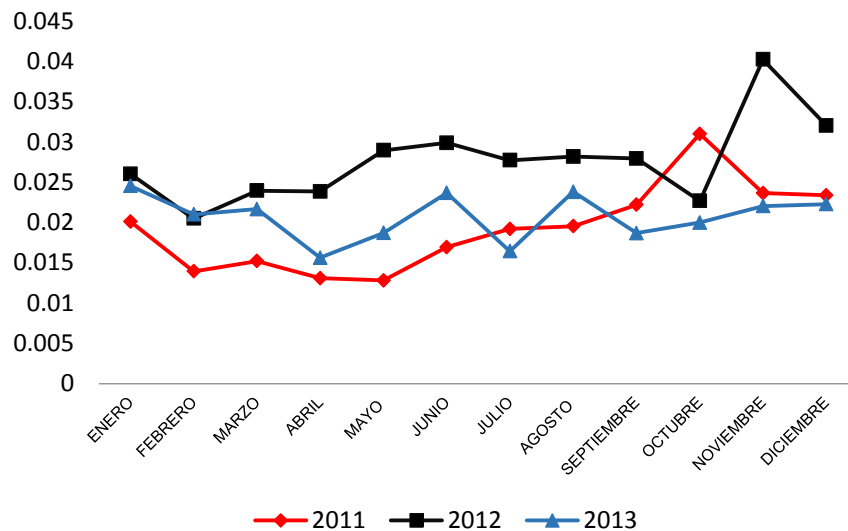
La distribución de las concentraciones de SO₂ siguió un patrón similar en los tres años, en el 2012 se mantuvo todo el año en concentraciones mayores comparadas con el 2011 y 2013, el promedio anual de la concentración de dióxido de azufre, rebasó el límite establecido durante el 2012 con una concentración de 0.028 ppm. Tabla 7. En los tres años no se registraron promedios de concentración que excedieran el límite máximo permisible (Figura 8).

Tabla 7. Promedio anual de SO₂, Salamanca, Gto., 2011-2013,

| Año | Promedio anual, (límite 0,025 ppm) |
|------|---------------------------------------|
| 2011 | 0,0193 |
| 2012 | 0,028894 |
| 2013 | 0,0208913 |

Red de Monitoreo Ambiental, Salamanca, Gto.

**Figura 8. Concentración promedio mensual de SO₂, Salamanca, Gto.,
2011-2013,**



Red de Monitoreo Ambiental, Salamanca, Gto.

III. CONCENTRACIÓN DE CONTAMINANTES Y NÚMERO DE CONSULTAS

a) Partículas PM10 y frecuencia de enfermedades respiratorias

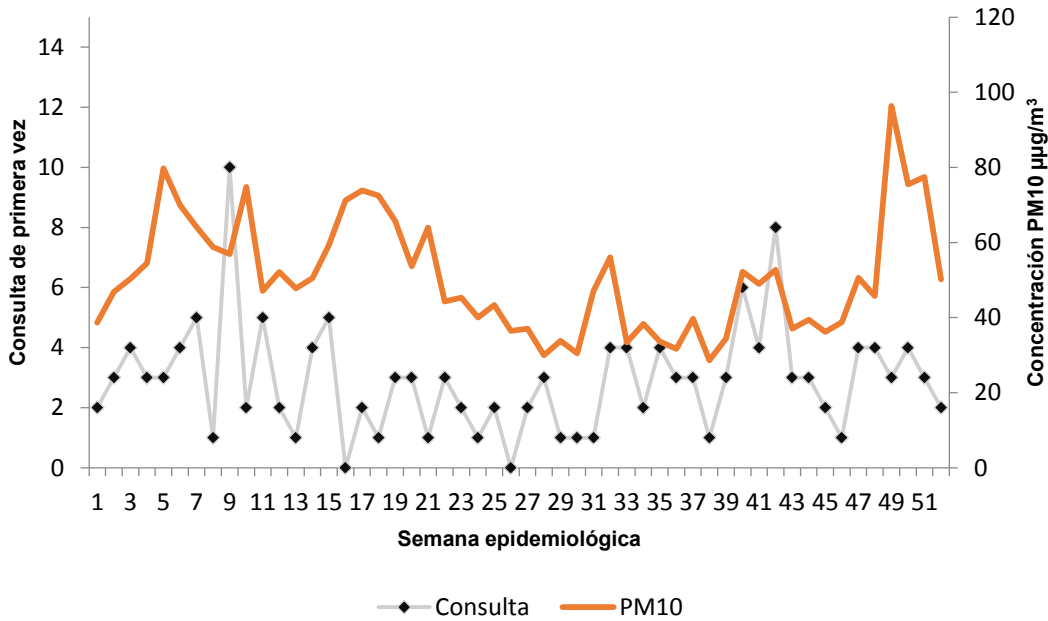
Se presentó una mayor frecuencia de asma en población infantil y adulta mayor en el 2013, la concentración anual de PM10 fue mayor en el 2011 (Tabla 8). Las Figuras 9 y 10 representan la tendencia de PM10 en el 2013 y el número de consultas por asma para población infantil y adulta mayor, en la cual se observa que el número de consulta de asma incrementa durante los ascensos de la concentración de PM10. Para los años 2011 y 2012 no se observó alguna tendencia debido a que el número de registros fue menor.

Tabla 8. Número de consultas de primera vez por asma en población infantil menor de 15 años y adulta mayor de 60 años, Salamanca, Gto., 2011-2013

| | Número de casos <15 | Número casos ≤ 60 | Concentración anual PM10 |
|------|---------------------|-------------------|--------------------------|
| 2011 | 112 | 28 | 59,92 |
| 2012 | 89 | 21 | 51,81 |
| 2013 | 151 | 42 | 50,5 |

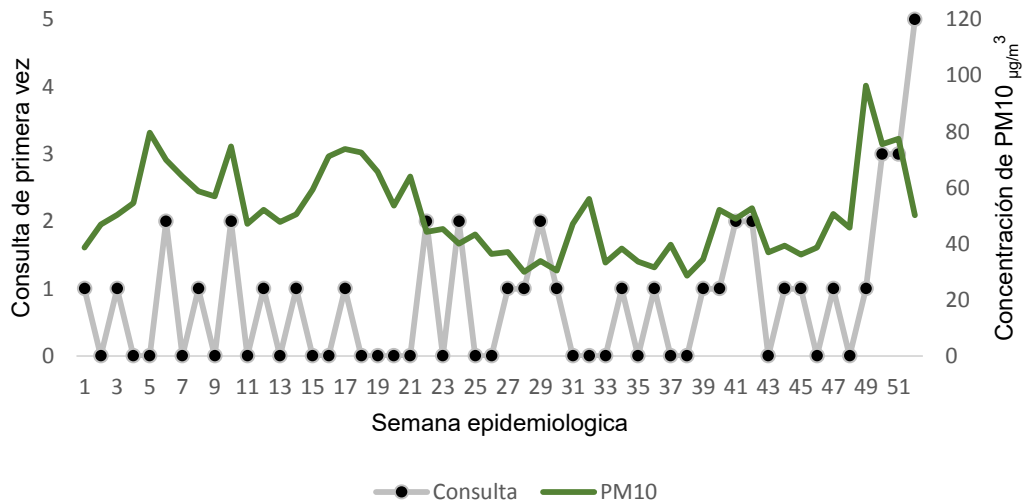
Red de Monitoreo Ambiental, Salamanca, Gto., registros SUIVE IMSS, PEMEX e ISSSTE

Figura 9. Concentración de PM10 y consultas por asma en población infantil menor de 15 años, por semana epidemiológica, Salamanca, Gto., 2013.



Red de Monitoreo Ambiental, Salamanca, Gto.

Figura 10. Concentración PM10 y número de consultas por asma en población adulta mayor de 60 años, por semana epidemiológica, Salamanca, Gto., 2013.



Red de Monitoreo Ambiental, Salamanca, Gto.

Se calculó el coeficiente de correlación de Pearson entre la concentración de partículas PM10 por cada año, en población infantil y adulta mayor, la cual se resume en la Tabla 9.

Tabla 9. Correlación de Pearson concentración promedio PM10 y número de casos de asma en población infantil y adulta, Salamanca, Gto., 2011-2013.

| | | | | |
|-------------|----------------------------|-------------|-------------|-------------|
| ASMA | ADULTOS MAYORES DE 65 AÑOS | 2011 | 2012 | 2013 |
| | | -0,0073 | 0,0116 | 0,1361 |
| | MENORES DE 15 AÑOS | 0,0833 | 0,2087 | 0,1324 |

Red de Monitoreo Ambiental, Salamanca, Gto., registros SUIVE IMSS, PEMEX e ISSSTE

Se presentó una mayor frecuencia de consulta de Infección de Vías Respiratorias en el 2011 en población infantil, presentando un menor número de registros para el 2012 y 2013, de igual manera la concentración de PM10 descendió para estos años, Tabla 10.

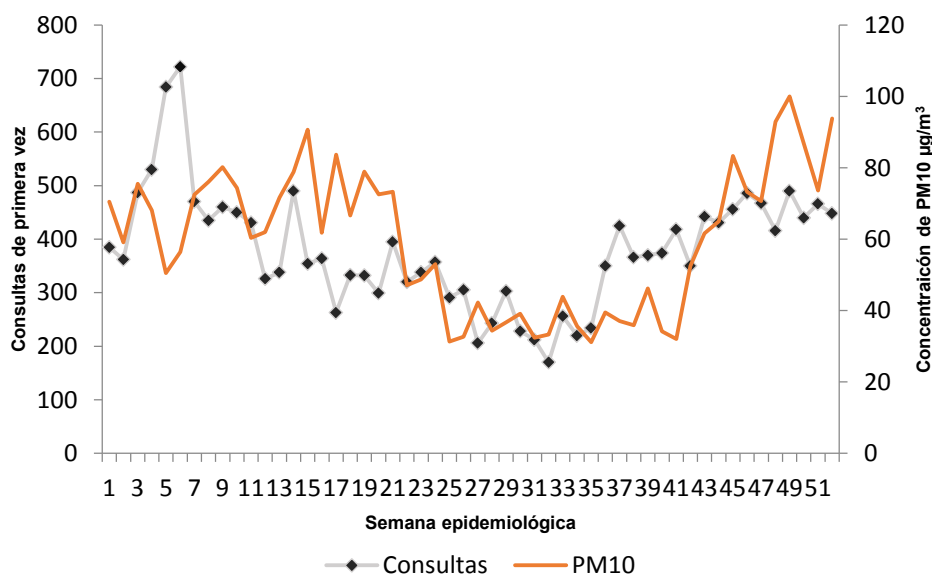
Tabla 10. Número de consultas de primera vez IVR* en población infantil menor de 15 años y adulta mayor de 60 años, Salamanca, Gto., 2011-2013.

| | Número de casos <15 años | Número de adultos ≤ 60 años | Concentración anual PM10 |
|------|--------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| 2011 | 19788 | 5162 | 59,92 |
| 2012 | 19599 | 5533 | 51,81 |
| 2013 | 18587 | 6000 | 50,5 |

*Red de Monitoreo Ambiental, Salamanca, Gto., registros SUIVE IMSS, PEMEX e ISSSTE.
IVR: Infección de vías respiratorias

En el análisis de los tres años, se observa que cada año el registro de consultas siguió una tendencia similar a los ascensos y descensos de las concentraciones de PM10. Se observan ascensos en las semanas 1 a 14 correspondientes a los meses de enero a marzo, observando descensos en las semanas 15 a 35 de abril a agosto y volviendo a ascender en las semanas 36 a 52 de septiembre a diciembre. Figuras 11, 13 y 15.

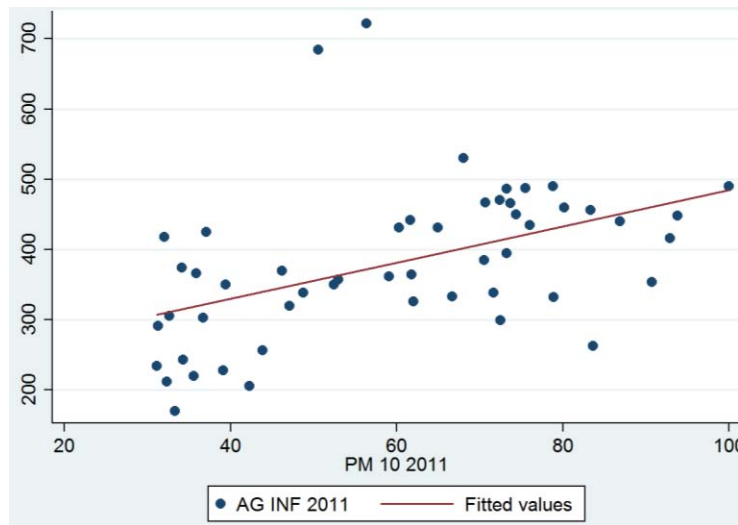
Figura 11. Concentración de PM10 y número consultas de IVR* en población infantil menor de 15 años, por semana epidemiológica, Salamanca, Gto., 2011.



Red de Monitoreo Ambiental, Salamanca, Gto., registros SUIVE IMSS, PEMEX e ISSTE
 *IVR: Infección de vías respiratorias

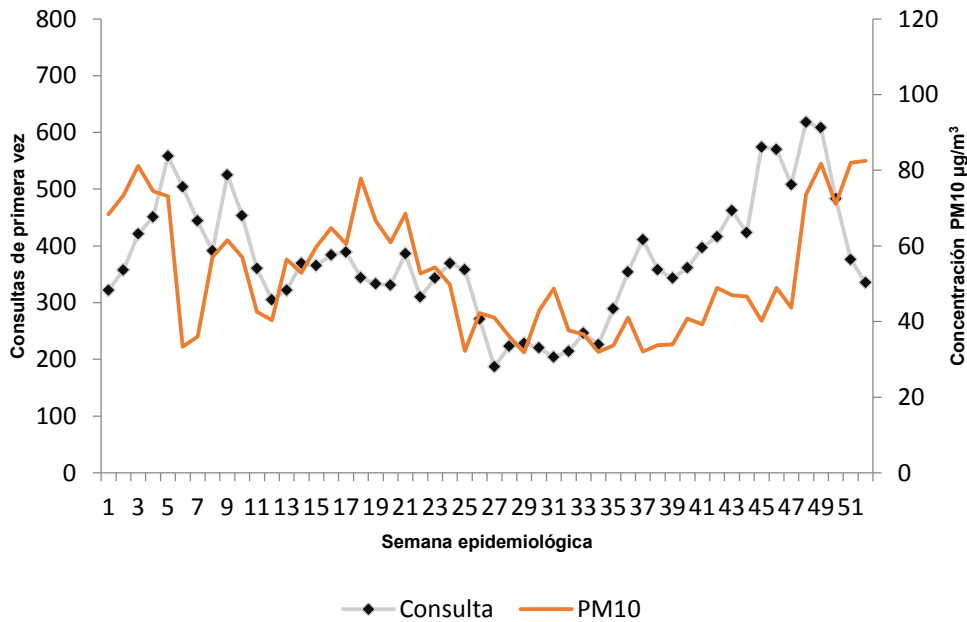
En el análisis de correlación de Pearson=0.4676 para el año 2011, se encontró que, por cada unidad que aumenta la exposición a PM10 aumenta 2.5 veces las Infecciones de vías respiratorias (p =0.001) Figura 12.

Figura 12. Correlación entre promedio semanal de PM10 y consultas de IVR* en población menor de 15 años, por semana epidemiológica, Salamanca, Gto., 2011.



*Red de Monitoreo Ambiental, Salamanca, Gto., registros SUIVE IMSS, PEMEX e ISSSTE
IVR: Infección de vías respiratorias

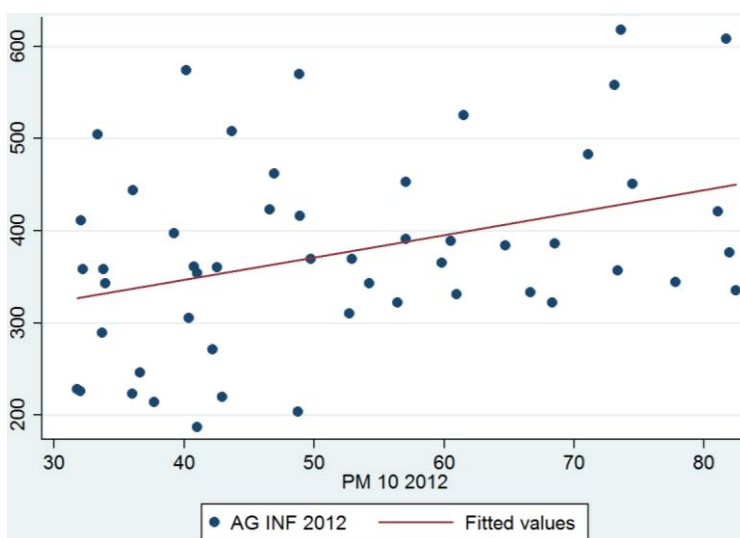
Figura 13. Concentración de PM10 y número de consultas de IVR* en población infantil menor de 15 años, por semana epidemiológica, Salamanca, Gto., 2012.



*Red de Monitoreo Ambiental, Salamanca, Gto., registros SUIVE IMSS, PEMEX e ISSSTE
* IVR: infección de vías respiratorias*

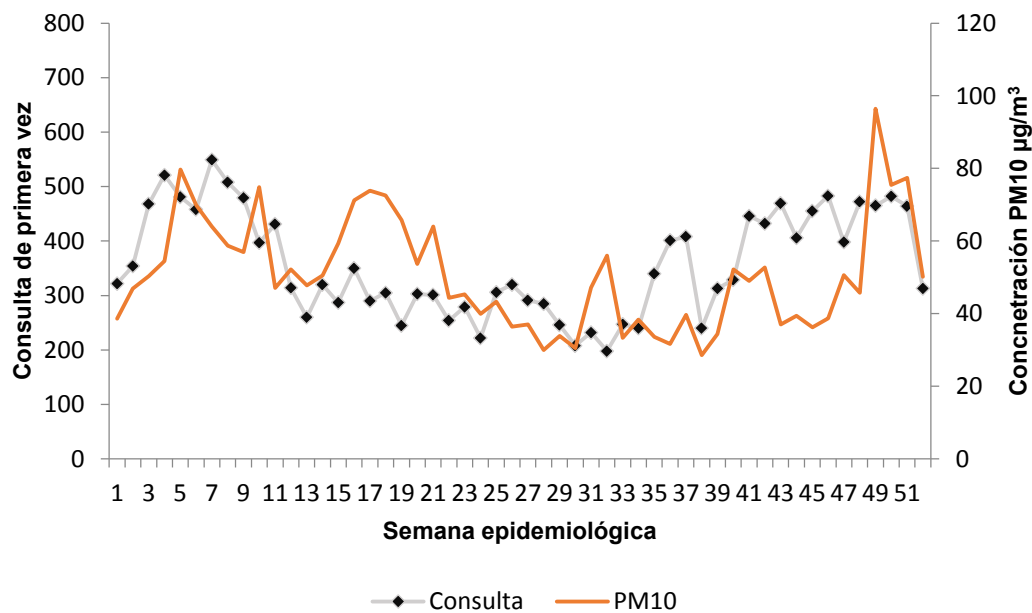
Para el año 2012, en la correlación de Pearson resultó 0.3654, lo que significa que por cada unidad que aumente la exposición a PM10 aumenta 2.4 veces las infecciones de vías respiratorias ($p = 0.008$), siendo estadísticamente significativo, Figura 14.

Figura 14. Correlación entre promedio semanal de PM10 y consultas de IVR* en población menor de 15 años, por semana epidemiológica, Salamanca, Gto., 2012.



Red de Monitoreo Ambiental, Salamanca, Gto., registros SUIVE IMSS, PEMEX e ISSSTE
* IVR: infección de vías respiratorias

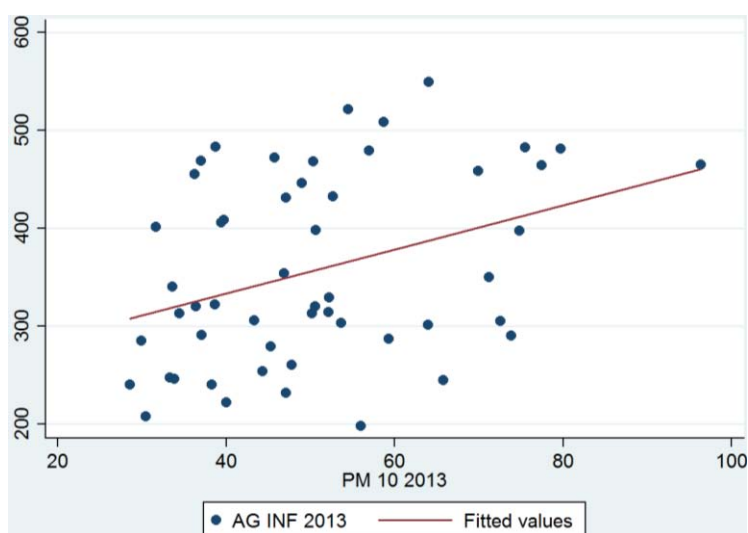
Figura 15. Concentración de PM10 y número de consultas de IVR* en población infantil menor de 15 años, por semana epidemiológica, Salamanca, Gto., 2013.



Red de Monitoreo Ambiental, Salamanca, Gto., registros SUIVE IMSS, PEMEX e ISSSTE
 * IVR: infección de vías respiratorias

En el año 2013, el resultado del análisis de correlación de Pearson arrojó 0.3593, encontrando que por cada unidad que aumente la exposición a PM10 incrementa 2.24 veces las infecciones de vías respiratorias, siendo estadísticamente significativo con una p de 0.009. Figura 16.

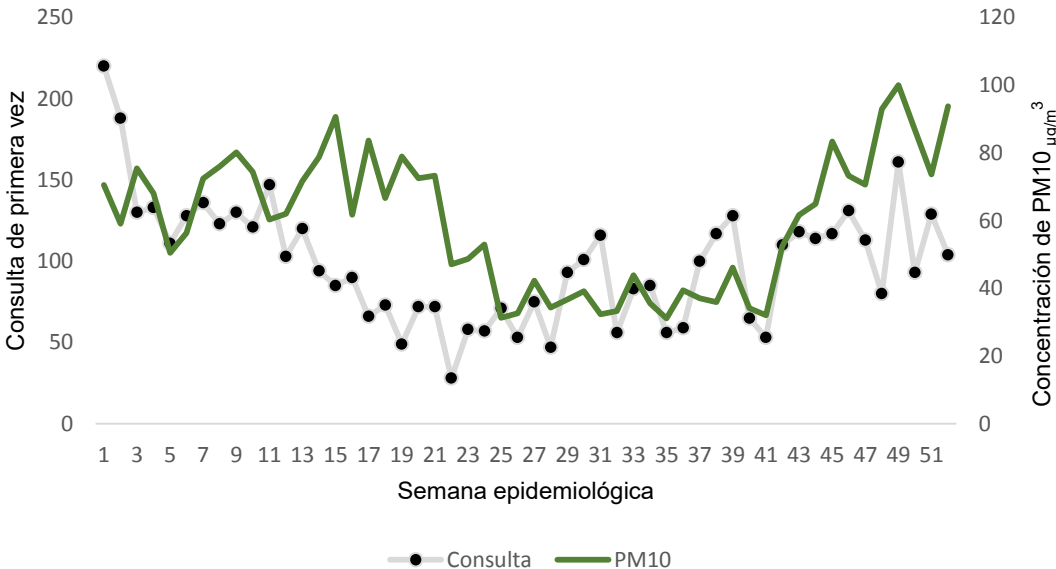
Figura 16. Correlación entre promedio semanal de PM10 y consultas de IVR* en población menor de 15 años, por semana epidemiológica, Salamanca, Gto., 2013.



Red de Monitoreo Ambiental, Salamanca, Gto., registros SUIVE IMSS, PEMEX e ISSSTE
IVR: Infección de vías respiratorias

Por otro lado al analizar la distribución de PM10 y el número de consultas de la población adulta mayor, presenta una tendencia similar a la concentración de PM10 a partir de la semana 25 a 52 para el 2011; para el 2012 se observa una tendencia similar, con excepción de las semanas 11 a 27 y para el 2013 la distribución es muy parecida. Figuras 17, 19 y 21.

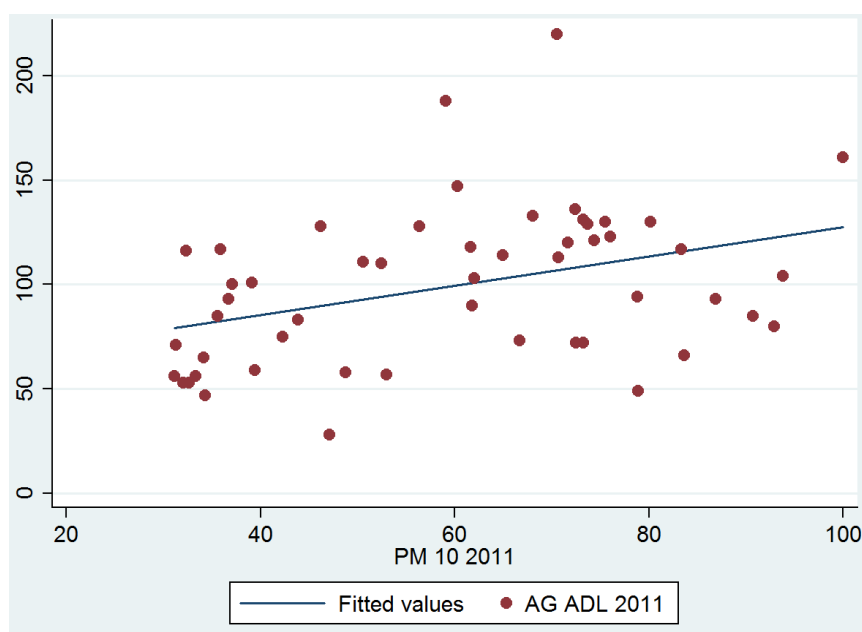
Figura 17. Concentración de PM10 y número consultas de IVR* en población adulta mayor de 60 años, por semana epidemiológica, Salamanca, Gto., 2011.



Red de Monitoreo Ambiental, Salamanca, Gto., registros SUIVE IMSS, PEMEX e ISSSTE
 * IVR: infección de vías respiratorias

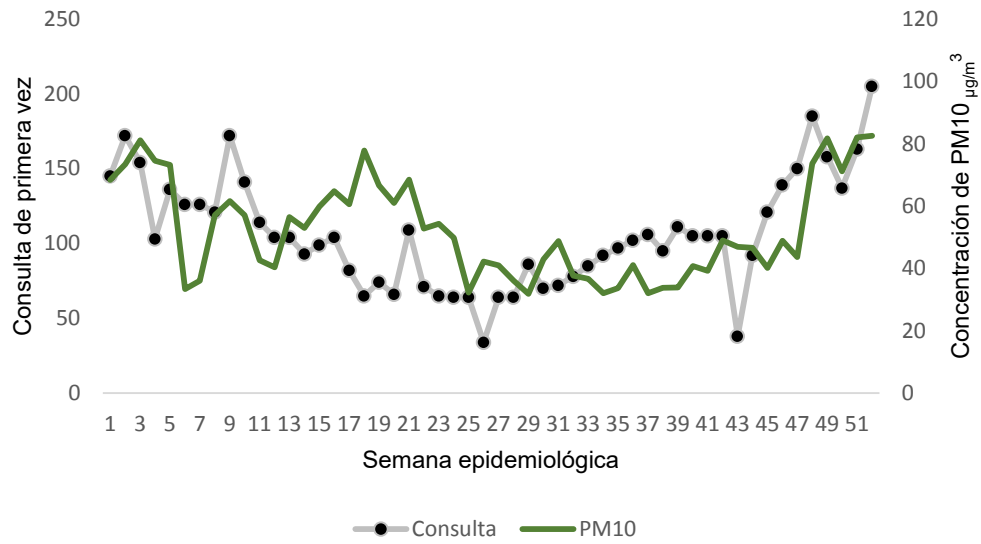
Se realizó el análisis de correlación de Pearson = 0.3766 para el año 2011 en la población adulta mayor, encontrando que por cada unidad que aumente la exposición a PM10 aumenta 0.70 veces la infección de vías respiratorias, siendo estadísticamente significativo con una p de 0.006, Figura 18.

Figura 18. Correlación entre promedio semanal de PM10 y consultas de IVR* en población mayor de 60 años, por semana epidemiológica, Salamanca, Gto., 2011



Red de Monitoreo Ambiental, Salamanca, Gto., registros SUIVE IMSS, PEMEX e ISSSTE
** IVR: infección de vías respiratorias*

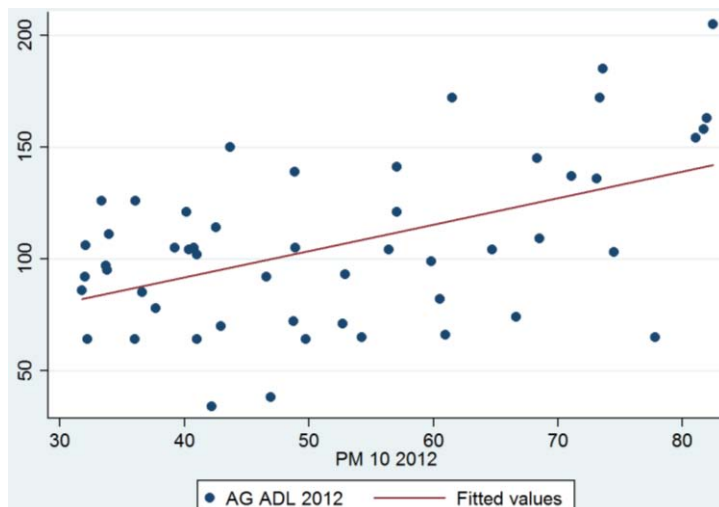
Figura 19. Concentración de PM10 y número consultas de IVR* en población adulta mayor de 60 años, por semana epidemiológica, Salamanca, Gto. 2012



Red de Monitoreo Ambiental, Salamanca, Gto., registros SUIVE IMSS, PEMEX e ISSSTE
 * IVR: infección de vías respiratorias

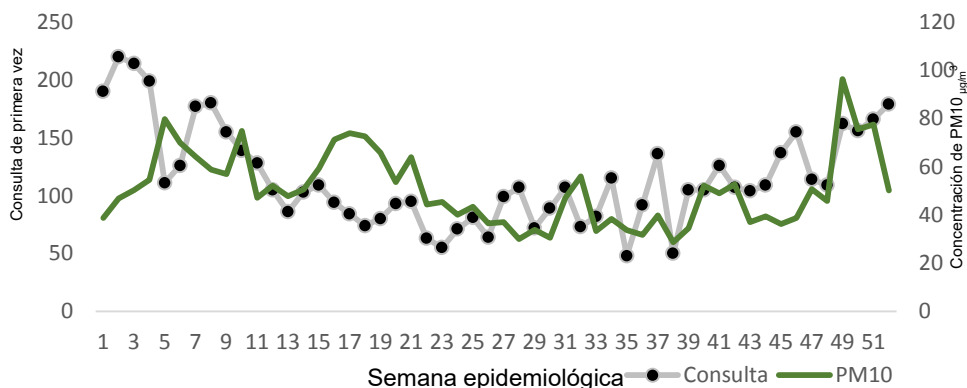
En el análisis del año 2012 la correlación de Pearson = 0.5, mostró que por cada unidad que aumente la exposición a PM10 aumenta 1.17 veces la infección de vías respiratorias ($p = 0.001$), Figura 20.

Figura 20. Correlación entre promedio semanal de PM10 y consultas de IVR* en población mayor de 60 años, por semana epidemiológica, Salamanca, Gto. 2012.



Red de Monitoreo Ambiental, Salamanca, Gto., registros SUIVE IMSS, PEMEX e ISSSTE
* IVR: infección de vías respiratorias

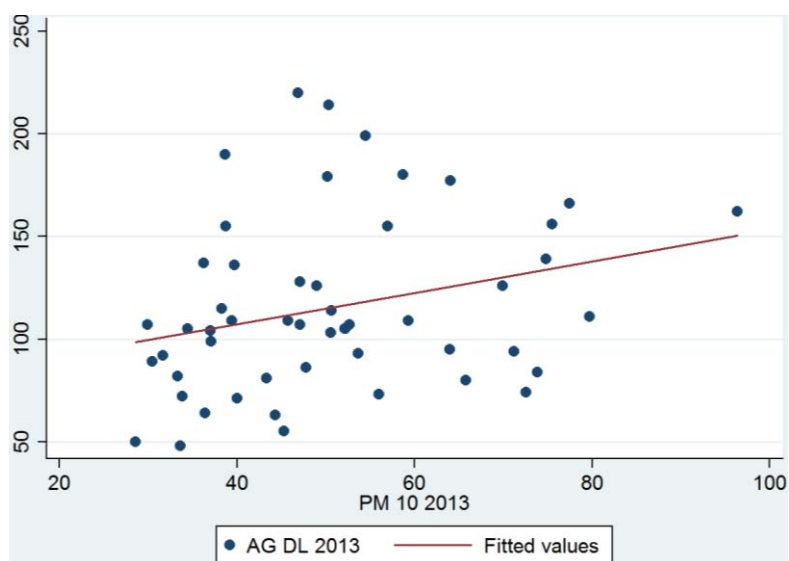
Figura 21. Concentración de PM10 y número de consultas de IVR* en población adulta mayor de 60 años, por semana epidemiológica, Salamanca, Gto., 2013.



Red de Monitoreo Ambiental, Salamanca, Gto., registros SUIVE IMSS, PEMEX e ISSSTE
* IVR: infección de vías respiratorias

Asimismo, al analizar el promedio semanal de PM10 con el número de consultas en el 2013, la correlación de Pearson fue de 0.2799, encontrando que por cada unidad que aumente la exposición a PM10 aumenta 0.76 veces las infecciones de vías respiratorias ($p = 0.044$), siendo estadísticamente significativo, Figura 22.

Figura 22. Correlación entre promedio semanal de PM10 y consultas de IVR* en población mayor de 60 años, por semana epidemiológica, Salamanca, Gto., 2013.

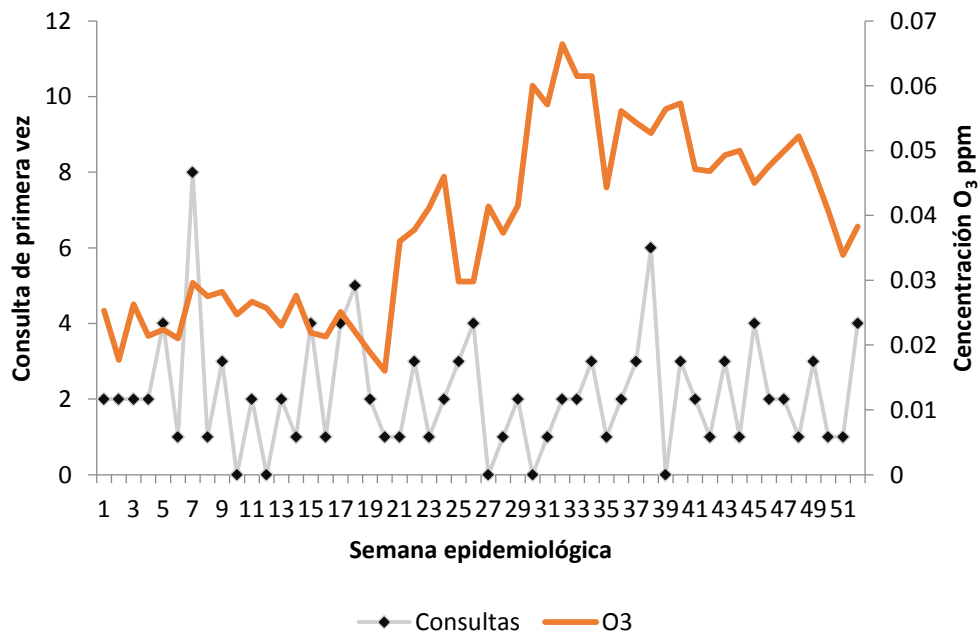


Red de Monitoreo Ambiental, Salamanca, Gto., registros SUIVE IMSS, PEMEX e ISSSTE
* IVR: infección de vías respiratorias

b) Ozono y Frecuencia de enfermedades respiratorias

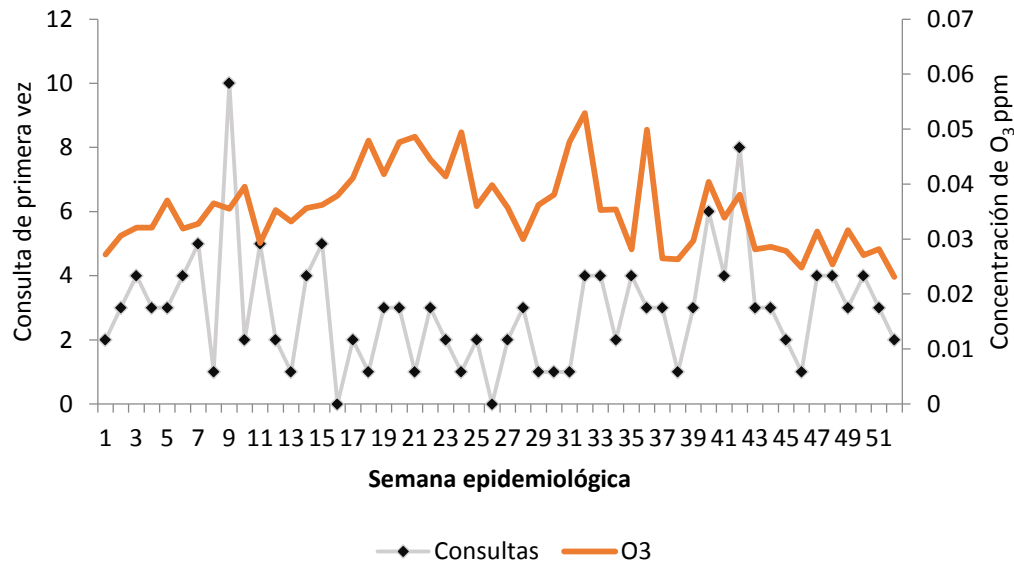
Para el contaminante ozono, las concentraciones anuales en el 2011 y 2013, se mantuvieron por debajo del máximo permisible y para cada año de estudio presentaron un patrón de distribución diferente, el número de consultas de los padecimientos y grupos de edad estudiados, mostró un incremento a la inversa de la concentración de ozono. Figuras 23 a 28.

Figura 23. Concentración de O₃ y número de consultas de asma en población infantil menor de 15 años, por semana epidemiológica, Salamanca, Gto., 2011.



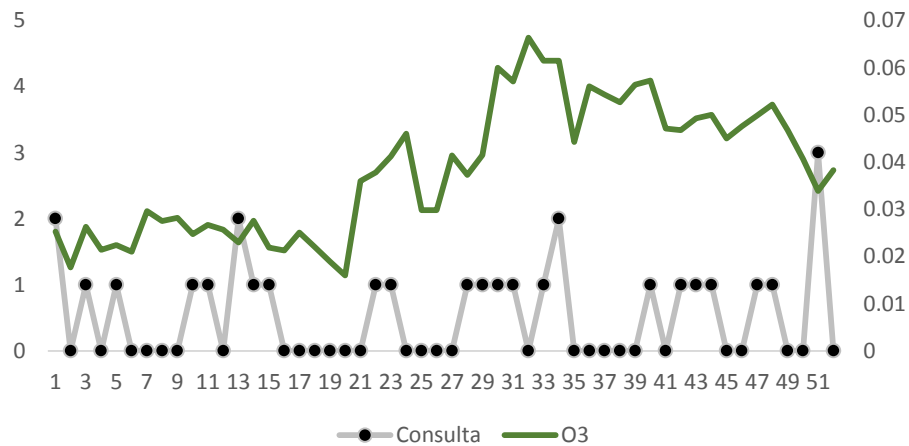
Red de Monitoreo Ambiental, Salamanca, Gto., registros SUIVE IMSS, PEMEX e ISSSTE
Correlación de Pearson = -0.0808

Figura 24. Concentración de O₃ y número consultas de asma en población infantil menor de 15 años, por semana epidemiológica, Salamanca, Gto., 2013.



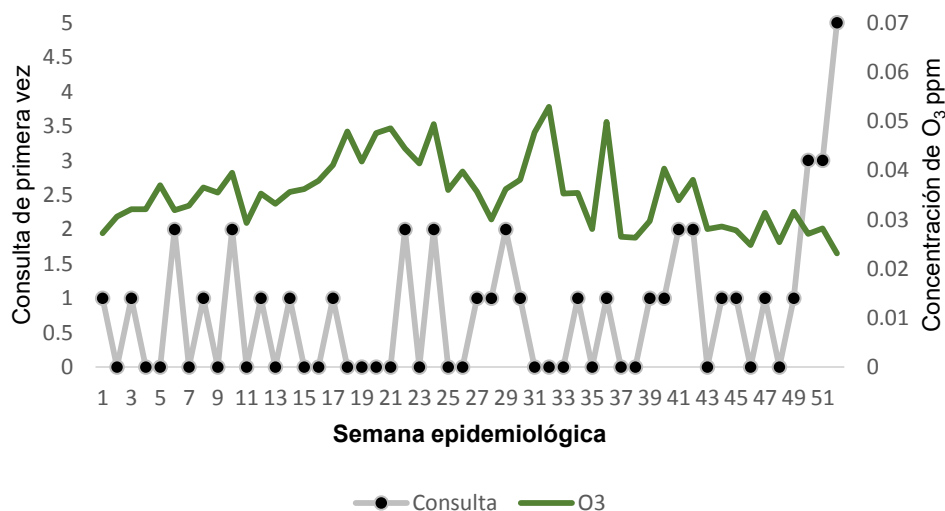
*Red de Monitoreo Ambiental, Salamanca, Gto., registros SUIVE IMSS, PEMEX e ISSSTE
Correlación de Pearson = - 0.1241*

Figura 25. Concentración de O₃ y número consultas de asma en población adulta mayor de 60 años, por semana epidemiológica, Salamanca, Gto., 2011.



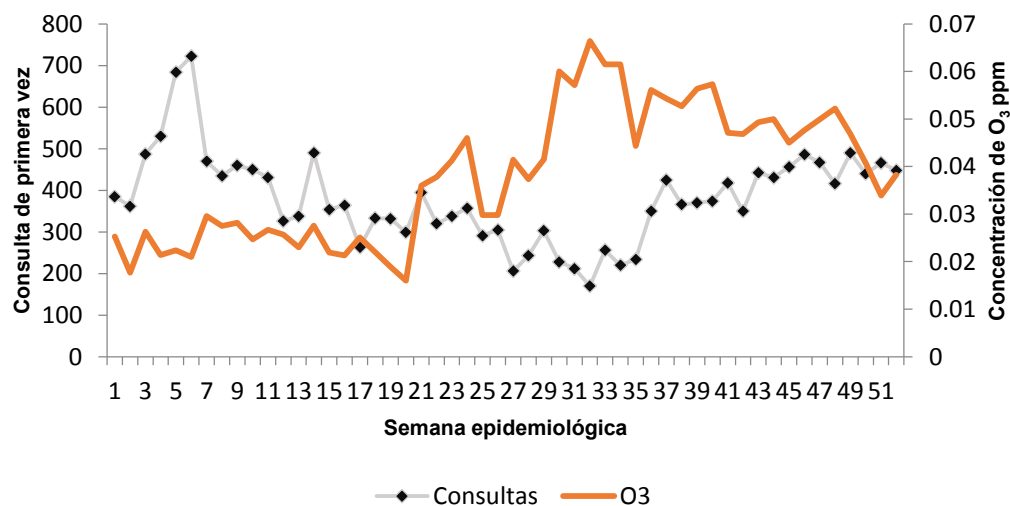
*Red de Monitoreo Ambiental, Salamanca, Gto., registros SUIVE IMSS, PEMEX e ISSSTE
Correlación de Pearson = 0.0846*

Figura 26. Concentración de O₃ y número consultas de asma en población adulta mayor de 60 años, por semana epidemiológica, Salamanca, Gto., 2013.



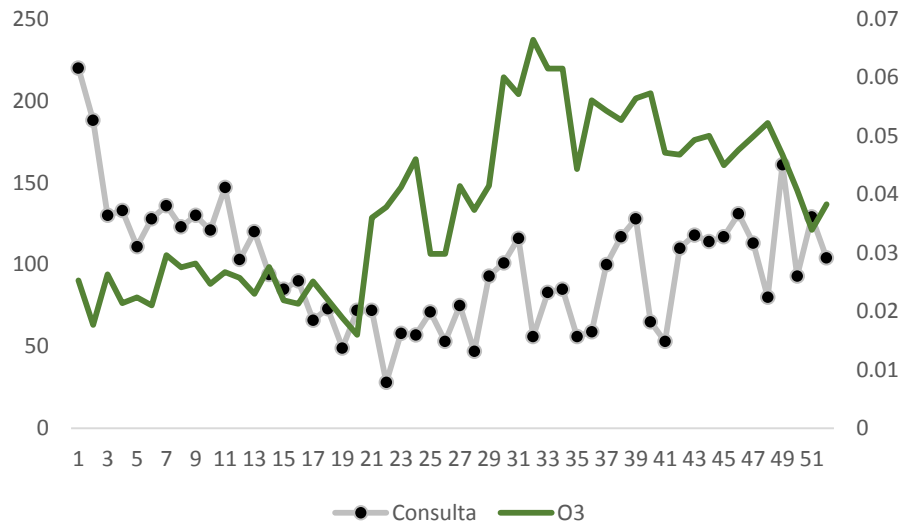
*Red de Monitoreo Ambiental, Salamanca, Gto., registros SUIVE IMSS, PEMEX e ISSSTE
Correlación de Pearson = - 0.4715*

Figura 27. Concentración de O₃ y número de consultas por IVR* en población infantil menor de 15 años, por semana epidemiológica, Salamanca, Gto., 2011.



*Red de Monitoreo Ambiental, Salamanca, Gto., registros SUIVE IMSS, PEMEX e ISSSTE
Correlación de Pearson = -0.343*

Figura 28. Concentración de O₃ y consultas por IVR* en población adulta mayor de 60 años, por semana epidemiológica, Salamanca, Gto., 2011.



*Red de Monitoreo Ambiental, Salamanca, Gto., registros SUIVE IMSS, PEMEX e ISSSTE
Correlación de Pearson = -0.213*

c) Dióxido de Azufre y frecuencia de enfermedades respiratorias

El promedio anual en el 2012 de dióxido de azufre rebasó los límites establecidos en la norma oficial mexicana, la frecuencia de casos registrados por asma fue mayor en el 2013 seguido del 2011. Los datos se resumen en la Tabla 11.

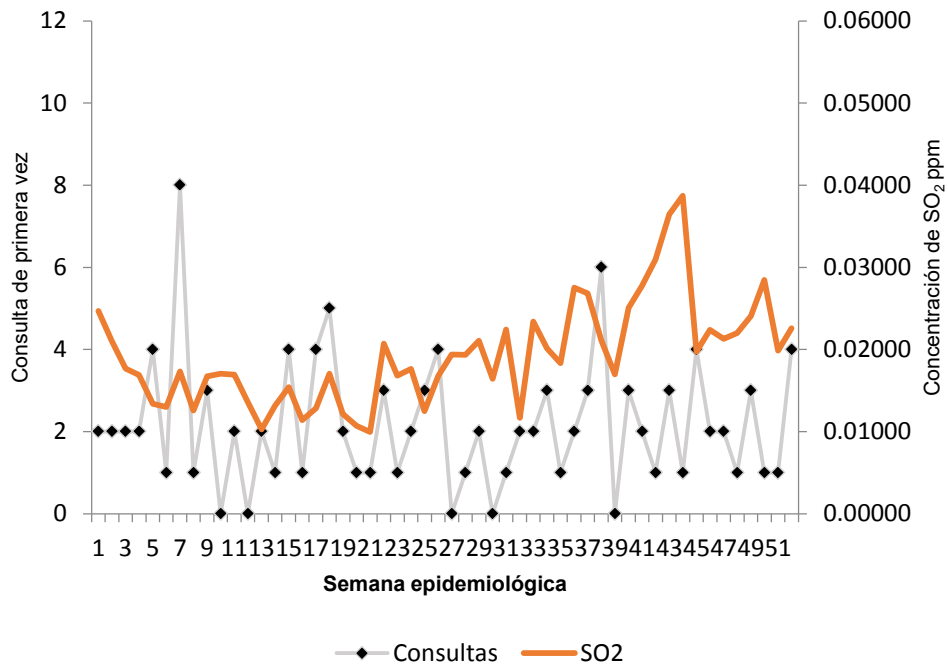
Tabla 11. Número de consultas por asma en población infantil menor de 15 años y adulta mayor de 60 años, Salamanca, Gto., 2011-2013.

| | Número de casos < 15 años | Número de adultos ≤ 60 años | Concentración anual SO ₂ |
|------|---------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|
| 2011 | 112 | 28 | .01930 |
| 2012 | 89 | 21 | .28894 |
| 2013 | 151 | 42 | .0208913 |

Red de Monitoreo Ambiental, Salamanca, Gto., registros SUIVE IMSS, PEMEX e ISSSTE

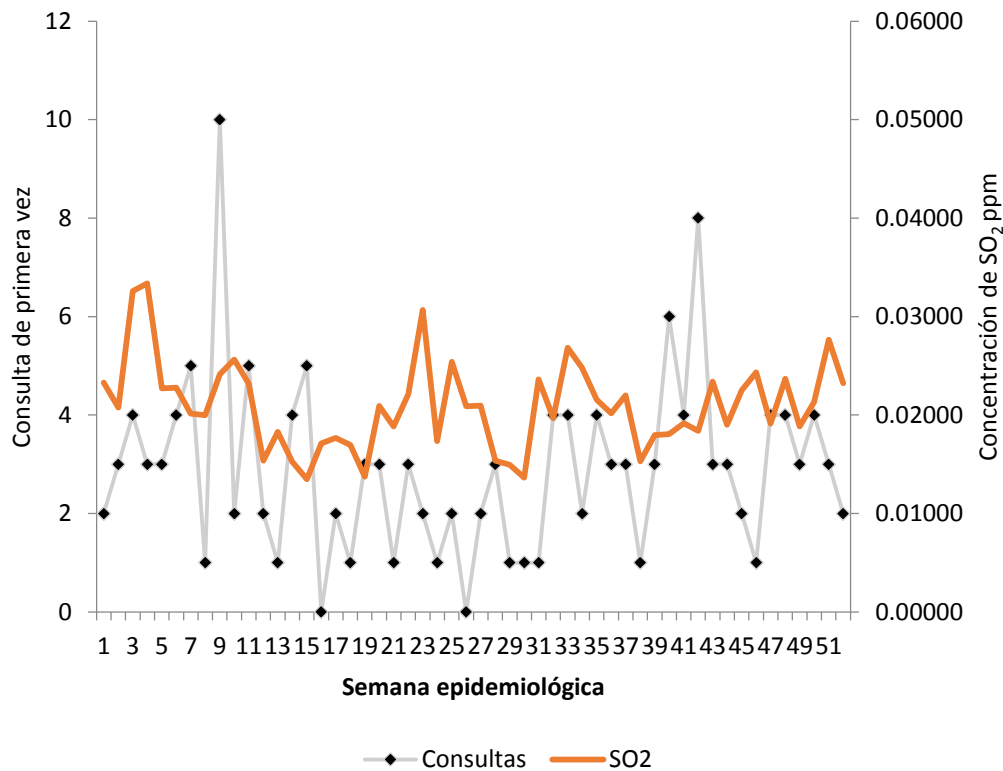
En las Figuras 29 y 30 se muestra la distribución de los años 2011 y 2013, de la concentración de dióxido de azufre (SO₂), y el número de consultas por asma en población infantil menor de 15 años, se observa una tendencia similar.

Figura 29. Concentración de SO₂ y número consultas de asma en población infantil menor de 15 años, por semana epidemiológica, Salamanca, Gto., 2011.



Red de Monitoreo Ambiental, Salamanca, Gto., registros SUIVE IMSS, PEMEX e ISSSTE
 Correlación de Pearson = 0.0286

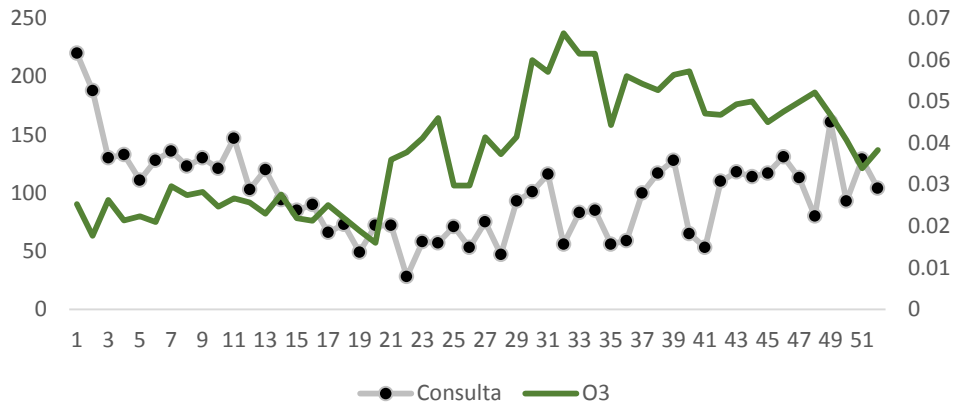
Figura 30. Concentración de SO₂ y número consultas por asma en población infantil menor de 15 años, por semana epidemiológica, Salamanca, Gto., 2013.



Red de Monitoreo Ambiental, Salamanca, Gto., registros SUIVE IMSS, PEMEX e ISSSTE
 Correlación de Pearson = 0.1079

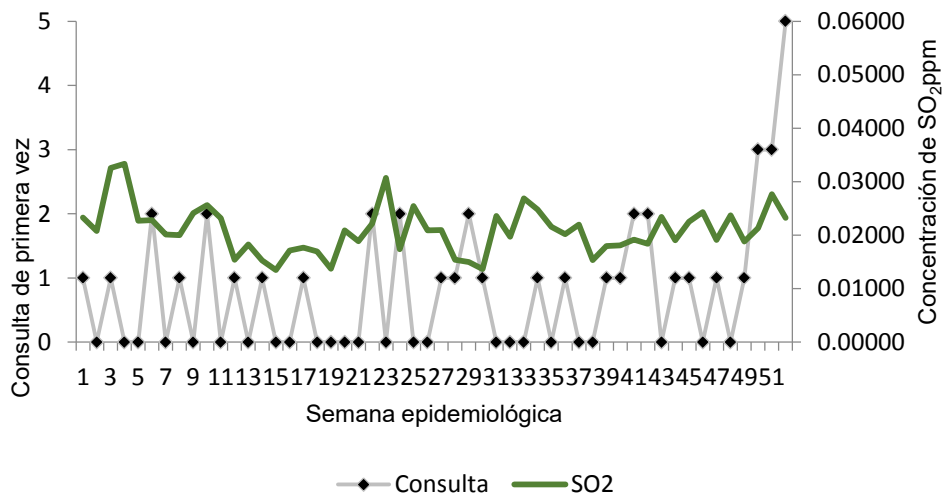
Las figuras 31 y 32 muestran la distribución de dióxido de azufre en población adulta mayor en 2011 y 2013, observando una tendencia similar entre el promedio del contaminante y la presencia de casos de asma.

Figura 31. Concentración de SO₂ y número de consultas por asma en población adulta mayor de 60 años, por semana epidemiológica, Salamanca, Gto. , 2011.



*Red de Monitoreo Ambiental, Salamanca, Gto., registros SUIVE IMSS, PEMEX e ISSSTE
Correlación de Pearson = 0.1716*

Figura 32. Concentración de SO₂ y número de consultas por asma en población adulta mayor de 60 años, por semana epidemiológica, Salamanca, Gto. , 2013.



*Red de Monitoreo Ambiental, Salamanca, Gto., registros SUIVE IMSS, PEMEX e ISSSTE
Correlación de Pearson = - 0.0021*

En la Tabla 12 se muestra el resumen de consultas por Infección de vías respiratorias en población infantil y adulta mayor durante los años del periodo de estudio.

Tabla 12. Número de consultas de IVR* en población infantil menor de 15 años y adulta mayor de 60 años, Salamanca Gto., 2011-2013,

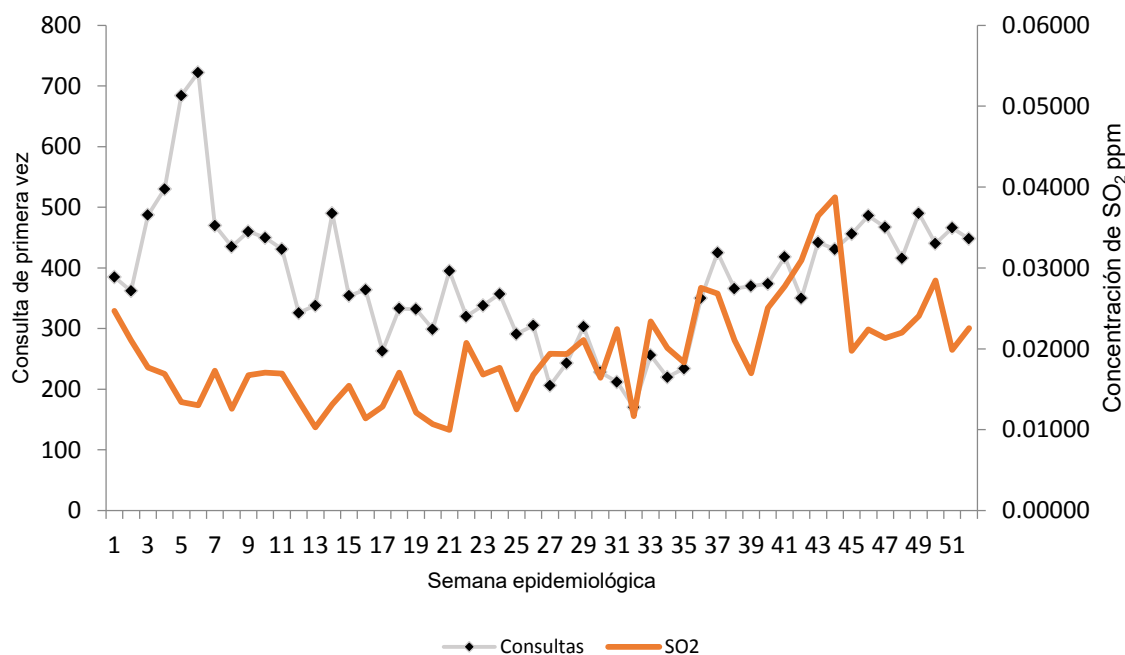
| | Número de casos < 15 años | Número de adultos ≤ 60 años | Concentración anual PM10 |
|------|---------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| 2011 | 19788 | 5162 | 0.01930 |
| 2012 | 19599 | 5533 | .028894 |
| 2013 | 18587 | 6000 | .208913 |

Red de Monitoreo Ambiental, Salamanca, Gto., registros SUIVE IMSS, PEMEX e ISSSTE

** IVR: infección de vías respiratorias*

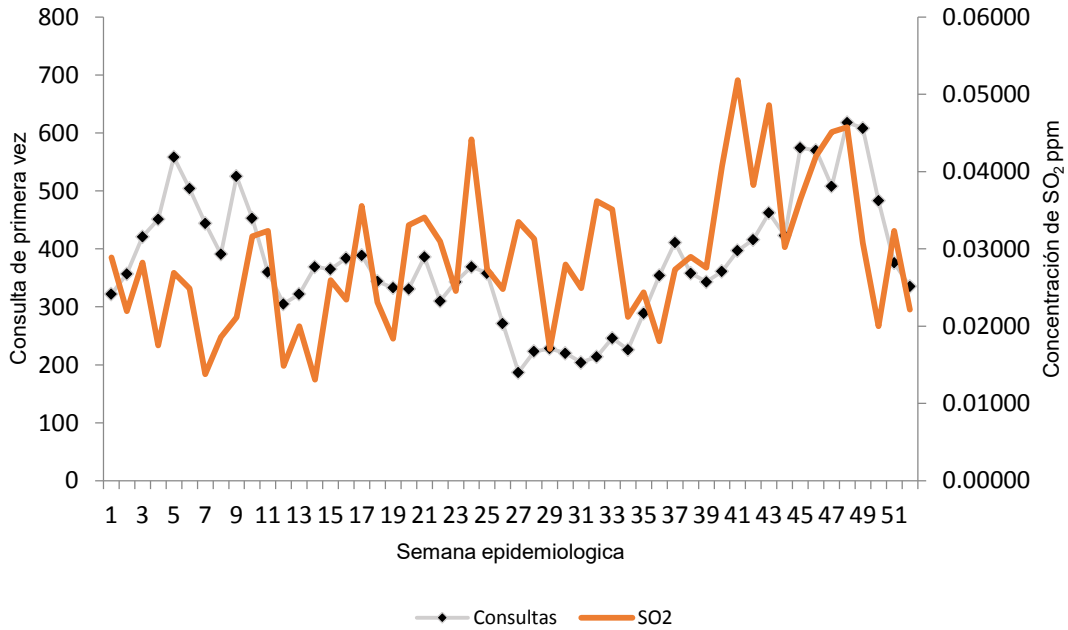
La distribución de la concentración de dióxido de azufre semanal y el número de consultas por infección de vías respiratorias en población infantil menor de 15 años, en los años 2011 a 2013, se aprecia una tendencia similar entre ambos, resultando únicamente el año 2013 con una correlación positiva estadísticamente significativa. Figuras 33, 34, 35 y 36.

Figura 33. Concentración de SO₂ y número de consultas de IVR* en población infantil menor de 15 años, por semana epidemiológica, Salamanca, Gto., 2011.



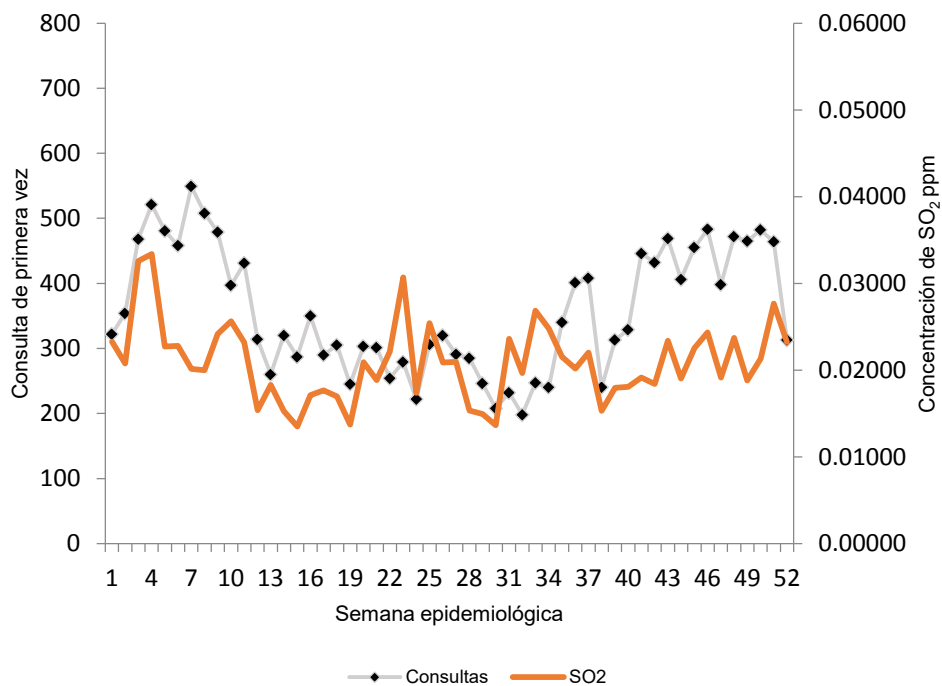
Red de Monitoreo Ambiental, Salamanca, Gto., registros SUIVE IMSS, PEMEX e ISSSTE
 * IVR: infección de vías respiratorias

Figura 34. Concentración de SO₂ y número de consultas de IVR* en población infantil menor de 15 años, por semana epidemiológica, Salamanca, Gto., 2012,



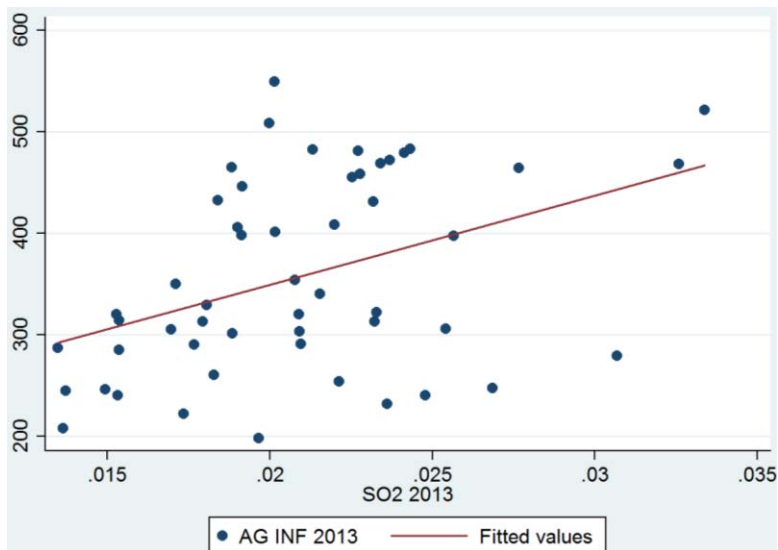
Red de Monitoreo Ambiental, Salamanca, Gto., registros SUIVE IMSS, PEMEX e ISSSTE

Figura 35. Concentración de SO₂ y número de consultas de IVR* en población infantil menor de 15 años, por semana epidemiológica, 2013, Salamanca, Gto.



Red de Monitoreo Ambiental, Salamanca, Gto., registros SUIVE IMSS, PEMEX e ISSSTE
 * IVR: infección de vías respiratorias
 Correlación de Pearson = 0.4091, con una p = 0.003, estadísticamente significativo.

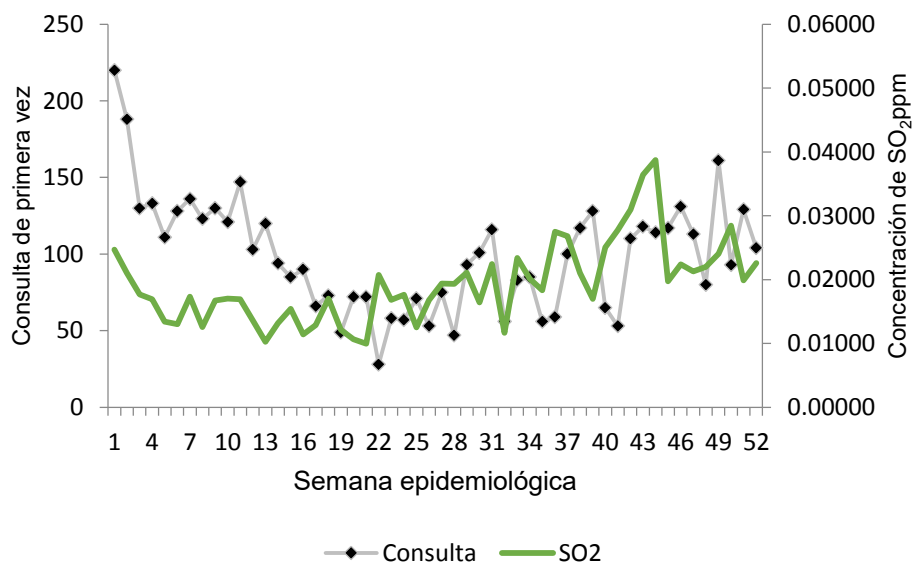
Figura 36. Correlación entre promedio semanal de SO₂ y consultas de IVR* en población menor de 15 años, por semana epidemiológica, 2013, Salamanca, Gto.



Red de Monitoreo Ambiental, Salamanca, Gto., registros SUIVE IMSS, PEMEX e ISSSTE
** IVR: infección de vías respiratorias*

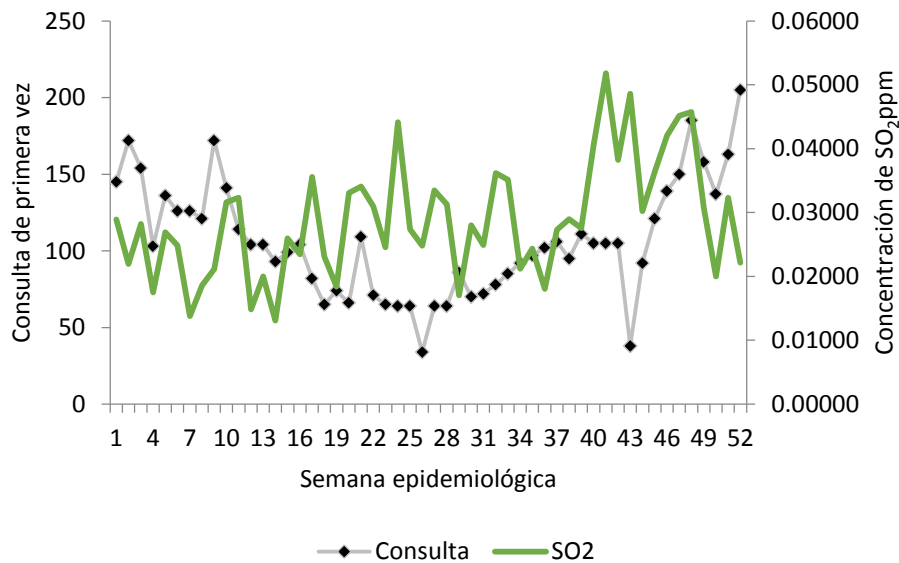
La distribución de consultas de Infección de vías respiratorias en población adulta mayor y el promedio de SO₂ en los años 2011 a 2013, solamente se encontró una correlación positiva estadísticamente significativa en el 2013. Figuras 37, 38, 39 y 40.

Figura 37. Concentración de SO₂ y número de consultas de IVR* en población adulta mayor de 60 años, por semana epidemiológica, Salamanca, Gto., 2011.



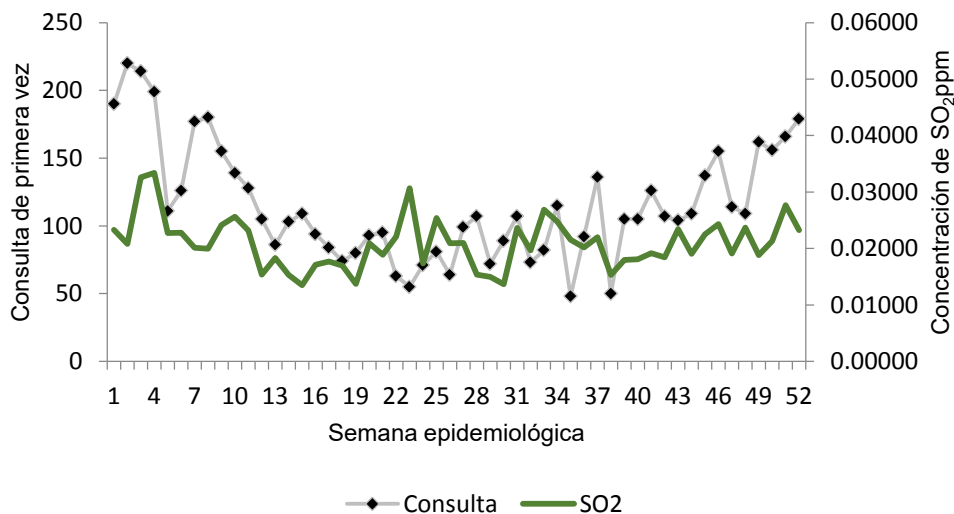
Red de Monitoreo Ambiental, Salamanca, Gto., registros SUIVE IMSS, PEMEX e ISSSTE
 * IVR: infección de vías respiratorias

Figura 38. Concentración de SO₂ y número de consultas de IVR* en población mayor de 60 años, por semana epidemiológica, Salamanca, Gto. 2012.



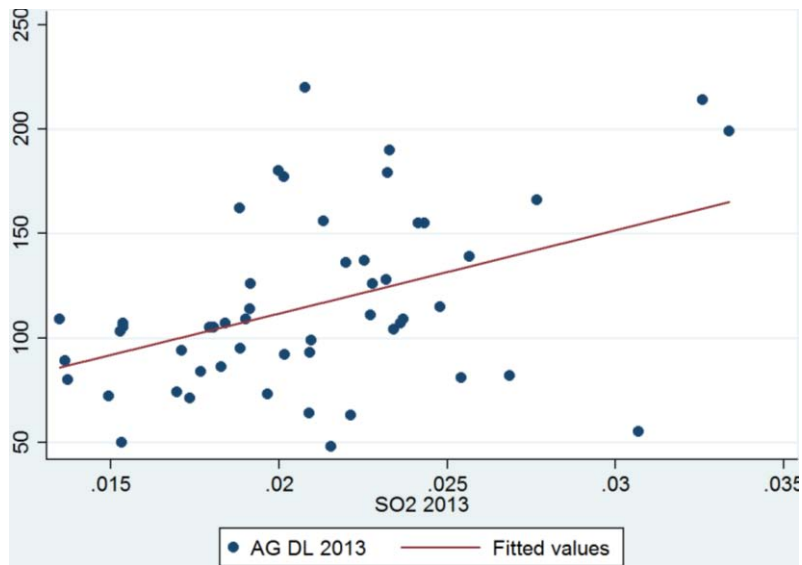
Red de Monitoreo Ambiental, Salamanca, Gto., registros SUIVE IMSS, PEMEX e ISSSTE
 * IVR: infección de vías respiratorias

Figura 39. Concentración de SO₂ y número de consultas de IVR* en población mayor de 60 años, por semana epidemiológica, Salamanca, Gto., 2013.



Red de Monitoreo Ambiental, Salamanca, Gto., registros SUIVE IMSS, PEMEX e ISSSTE
 * IVR: infección de vías respiratorias
 Correlación de Pearson = 0.4222, con $p = 0.002$, estadísticamente significativo.

Figura 40. Correlación entre promedio semanal de SO₂ y consultas de IVR* en población adulta mayor de 60 años, por semana epidemiológica, 2013, Salamanca, Gto.



Red de Monitoreo Ambiental, Salamanca, Gto., registros SUIVE IMSS, PEMEX e ISSSTE
** IVR: infección de vías respiratorias*

5. DISCUSIÓN

El aumento de las concentraciones de contaminantes en el aire, como consecuencia del crecimiento de la industria, el aumento del flujo vehicular y la urbanización, han favorecido el deterioro en la calidad del aire, que representa un peligro a la salud de la población, en especial en grupos vulnerables, lo cual se ha observado en diversos estudios ^{5,8,9,14}.

El presente estudio abarcó un periodo de tres años que incluyó las principales instituciones de salud del Municipio de Salamanca, Gto., así como el registro horario de los contaminantes criterios, recopilando información valiosa, que ofrece mayor posibilidad de detectar alguna relación entre las concentraciones de contaminantes y las presencia de enfermedades respiratorias.

Al analizar la distribución de consultas de asma tanto de población infantil como adulta mayor, no se observó alguna tendencia, esto puede deberse a los pocos casos registrados.

Al realizar la correlación de Pearson de los contaminantes PM₁₀, O₃ y SO₂ con el número de consultas de primera vez por asma, por grupo de edad estudiado, se encontró una correlación negativa, este hallazgo fue contrario a lo reportado por *Cadena L. et al.* ^{9, 16, 23} que señala un incremento en el número de consultas de urgencia por asma cuando se incluyen simultáneamente O₃ y PM₁₀ aumentando la significancia y el riesgo relativo. Esta diferencia se puede explicar porque en el presente estudio se tomaron consultas de primera vez de la consulta externa.

Las concentraciones de PM₁₀ se relacionaron con un mayor riesgo de padecer enfermedades de vías respiratorias en los meses de enero a marzo y de septiembre a diciembre. Se mantuvo un promedio anual en los tres años de estudio por arriba del máximo permitido, inclusive para la normatividad de esos

años, que eran mayores a los actuales. Diversos estudios reportan efectos perjudiciales para la salud a concentraciones de $PM_{10}=50 \mu g/m^3$ (promedio de 24 horas) ^{13,21}. En el presente estudio los valores de PM_{10} estuvieron por arriba del límite máximo permitido en el 60 por ciento del año 2011 y de 40 por ciento de los años 2012 y 2013.

Al realizar el análisis de correlación de Pearson de PM_{10} e infección de vías respiratorias en población menor de 15 años, esta fue positiva para los tres años, encontrando un incremento de 2.4 veces por cada unidad que aumente la exposición a PM_{10} .

En el caso de los adultos mayores la correlación fue positiva en los tres años, sin embargo se encontró un incremento fue menor que la población infantil, 0.70 veces por cada unidad que aumentó la exposición a PM_{10} para 2011 y 2013 y en el caso del 2012 el incremento fue de 1.17 veces.

La asociación de altas concentraciones de PM_{10} y en especial $PM_{2.5}$ con enfermedades de vías respiratorias se ha documentado en diversos estudios, tanto nacionales como internacionales ^{9,14,21}, así como, con aumento de la mortalidad en general, en especial en personas con antecedente de enfermedad cardíaca ²⁴. También se ha asociado con muerte prematura en niños y es catalogado como cancerígeno del grupo 1A de la IARC²¹. La Organización Mundial de Salud menciona que con un promedio anual de $20 \mu g/m^3$ de PM_{10} se evitarían 10 460 muertes anuales en la población menor de 30 años ²⁶. Los resultados de esta investigación son consistentes con los reportados en la literatura internacional y nacional.

Respecto a las concentraciones de ozono en los tres años, se encontraron por debajo del límite máximo permitido en la normatividad mexicana la mayor parte de los años, solo en el 2011 se reportaron algunos días con valores por arriba del normado. La distribución en los tres años no mostró una tendencia. Al comparar

su comportamiento con el número de consultas de primera vez de infección de vías respiratorias mostró una correlación negativa.

El dióxido de azufre mostró una tendencia similar en los tres años con elevación en los meses de febrero, junio, noviembre y diciembre, encontrando una correlación positiva con infecciones de vías respiratorias en población menor de 15 años y mayor de 60 años, únicamente en el año 2013.

LIMITACIONES

Es importante mencionar que para la obtención de los datos de morbilidad se trabajó con base de datos secundarios de cada institución, por lo que el registro varía de una institución a otra. El bajo número de casos de asma reportados se puede deber a que los casos de crisis asmática por sus características clínicas, son atendidos en los servicios de urgencias u hospitalización.

Inicialmente se intentó obtener el registro de número de consultas de enfermedades respiratorias de los servicios de urgencias, como en otros estudios, sin embargo, solamente los servicios de salud de Petróleos Mexicanos contaban con un registro electrónico de fácil acceso y análisis, las otras dos instituciones de salud que participaron en el estudio contaban con el registro en libretas, hojas sueltas sin un adecuado control, siendo difícil su recopilación y análisis.

A pesar de que en el presente estudio se encontró una correlación significativa entre dos contaminantes y enfermedades respiratorias, al ser un estudio de tipo ecológico, no permite hacer una inferencia sobre las causas del riesgo individual, ya que no contamos con datos como la ubicación de la población respecto a los monitores, tiempo de permanencia en actividades al aire libre (ejercicio físico), enfermedad pulmonar previa o hábito tabáquico.

Otra limitante fue la falta de homogeneidad entre los criterios diagnósticos del CIE-10 y el registró SUIVE, así como la forma en que se registra la información entre las instituciones, ya que por un lado algunas tiene un sistema electrónico para el registro y en otras se realiza de forma manual e indirecta.

Es necesario realizar un análisis tomando en cuenta variables que modifican la intensidad de la exposición como son, la temperatura ambiental, la velocidad del viento y la humedad relativa, las cuales no fueron incluidas para este estudio.

Cabe destacar que los datos de morbilidad que fueron estudiados, pertenecen solamente a tres instituciones de seguridad social, quedando fuera población que acude a otros servicios de salud pública y privada, incluso personas que prefieren conseguir medicamentos directamente en la farmacia o bien utilizar remedios caseros. Por todo lo antes mencionado, se puede estar subestimando el problema de las infecciones de vías respiratorias.

FORTALEZAS

La cantidad de datos recopilados, tanto de contaminantes como de morbilidad, durante un periodo de tres años, ofrecieron datos valiosos para poder establecer una correlación en la población considerada vulnerable. A partir del años 2000 se han implementado medidas más estrictas respecto a la contaminación ambiental, entre ellas, la instalación de estaciones automáticas de monitoreo ambiental en el municipio de Salamanca, Guanajuato, año a partir del cual se ha observado una disminución en las concentraciones de contaminantes criterio ²⁵.

Con los datos de las tres estaciones de monitoreo del municipio obtenidos por horario durante los tres años de estudio, permitió analizar su concentración por día, semana, mes y año, e identificar realmente el número de días que los contaminantes rebasaron los límites máximos permisibles, estos resultados

discrepan del informe oficial “Estado y Tendencia de la calidad del Aire” del Estado de Guanajuato.

Al contar con datos de morbilidad de diversas instituciones y observar un comportamiento similar, ofrece una visión más cercana a lo real del comportamiento de las enfermedades respiratorias en el Municipio. Además de poder señalar áreas de oportunidad para el registro de las enfermedades, ya que a pesar de ser datos para el registro nacional del SUIVE su categorización es distinta en las diversas instituciones de salud, siendo el ISSSTE quien menos categorización ofrece, haciendo más difícil el estudio de la morbilidad.

Este estudio aporta evidencia para seguir realizando investigaciones y poder hacer futuras modificaciones a las Normas Oficiales Mexicanas que establecen límites por arriba de las normas internacionales, de igual manera da pauta para que se investigue la asociación entre contaminantes atmosféricos y otras enfermedades, como las cardiovasculares, del sistema nerviosos central e incluso cáncer. No basta con medir la concentración de los contaminantes, sino que es necesario evaluar sus efectos a la salud en la población.

6. CONCLUSIONES

Este estudio presenta evidencia de los efectos a la salud respiratoria en población infantil menor de 15 años y adulta mayor de 60 años con la concentración promedio de PM10 y SO₂ en el Municipio de Salamanca, Gto., durante el periodo 2011 a 2013.

A pesar de que se observó una disminución de la concentración de contaminantes, las partículas PM10 se mantuvieron por arriba de lo permitido la mayor parte del año. El registro de enfermedades respiratorias guardó un comportamiento similar a las concentraciones de PM10 y SO₂.

No se contó con los datos de contaminación para PM2.5, por lo que su análisis para futuras investigaciones es necesario debido a la fuerte asociación de este contaminante con enfermedades respiratorias y otro tipo de patologías.

El contaminante que presentó mayor número de días por arriba de la norma fue PM10, guardando una correlación positiva con las infecciones de vías respiratorias, sin embargo en la presente investigación no se realizó el análisis de la variación de la temperatura con las concentraciones de dicho contaminante, por lo que se requiere seguir analizando la base de datos para poder reducir este factor confusor.

En el municipio de Salamanca, Gto., se habían realizado estudios de enfermedades respiratorias por exposición a contaminantes atmosféricos en población de 5 a 14 años de edad, dejando fuera otro grupo vulnerable, los adultos mayores de 60 y más años de edad.

A pesar de que solo se estudiaron tres contaminantes, hay que recordar que estos se encuentran en constante formación una vez que salen al medio y algunos contaminantes primarios se transforman en secundarios, siendo en ocasiones incluso más dañinos. Actualmente en el municipio referido, registra el monitoreo

solo de seis contaminantes, siendo importante que también se registren los hidrocarburos aromáticos policíclicos (benzo(a)pirenos), los cuales han demostrado su asociación con problemas de salud, además de tener un efecto sinérgico al mezclarse con otros contaminantes.

Se desprenden como recomendaciones del presente trabajo la necesidad de crear más investigaciones a corto y largo plazo, que relacionan los efectos a la salud y la disminución de la calidad del aire, analizando las fluctuaciones de los contaminantes con el comportamiento de las enfermedades. Es necesario conocer las características de las partículas suspendidas, ya que éstas varían de una región a otra, para poder determinar con base en estas, los posibles daños a la salud.

Finalmente se tiene que generar más evidencia para sustentar los cambios que se requieren en cuanto a normatividad ambiental, ya que las Normas Oficiales Mexicanas no se han actualizado desde hace más de 20 años. Se requiere además contar con la participación y colaboración de las autoridades para actualizar, vigilar su aplicación y realizar una evaluación posterior del impacto de estas medidas en la salud de la población. Es necesario fomentar y crear conciencia en los dueños de las industrias sobre la necesidad imperiosa del uso de otras energías alternativas menos contaminantes. Es importante crear en la sociedad una cultura del medio ambiente, para generar cambios de actitud y comportamiento, que contribuyan a tomar conciencia de la necesidad de cuidar nuestro medio ambiente para la salud de nuestra y las futuras generaciones.

7. BIBLIOGRAFÍA

1. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente DOF-09-01-2015
2. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, Subtemas sobre calidad del aire, (2013, julio 05) Consultado Septiembre 2015 <http://www.inecc.gob.mx>
3. González G., y Zevallos, A. (2014). Contaminación Ambiental, variabilidad climática y cambio climático: una revisión del impacto en la salud de la población peruana, Rev. Peru Méd Exp Salud Pública, 31 (3), 547-556.
4. Efectos de la contaminación atmosférica en el aparato respiratorio, Cristina Martínez González, Cap 73, Elsevier 2010.
5. Viera, S. y Tetelbom Stein R. (2012). Los contaminantes atmosféricos urbanos son factor de riesgo significativos para el asma y la neumonía en niños: influencia del lugar de medición con los contaminantes, Arch. Bronconeumología, 48 (11), 389-395.
6. González, J. (2010). Exposición a contaminantes ambientales y enfermedad respiratoria. Un foco de atención en el año, Arch. Bronconeumología, 46 (1), 17-20.
7. EPA propone normas de smog para salvaguardar a los estadounidenses de la contaminación atmosférica. (2014, Noviembre 26). Consultado julio 2015. <http://yosemite.epa.gov/opa/admpress.nsf/7800f1e88403185d852573fb0064d0a6/6ce92be958c8149285257d9c0049562e!opendocument>

8. Jhun, I., Fann, N., Zanobetti A. (2014). Effect modification of ozono-related mortality risks by temperature in 97 US cities. *Environment International*, 73, 128-134
9. Romieu, I., Gouvenia, N., Cifuentes, L. (2012). Multicity study of air pollution and mortality in Latin America (the ESCALA study), *Res Rep Health Eff Inst.*, 171, 5-86
10. <http://www.fimee.ugto.mx/asefimee/historia/SALAMANCA%20GTO.pdf>
11. Pérez, L., GrizeL. (2015, May 06). Associations of daily levels of PM10 and NO2 with emergency hospital admission and mortality in Switzerland: Trends and missed prevention potential over the last decade. *Environmental Research*, 140, 554-561.
12. Amedeo D Angiulli, L. M. (2015, May 12). Mexico City normal weight children exposed to high concentrations of ambient PM 2.5 show high blood leptin and endothelin-1, vitamin D deficiency, and food reward hormone dysregulation versus low pollution controls. Relevance for obesity and Alzheimer disease. *Environmental Research*, 140, 579-592.
13. Riojas-Rodríguez H (2012). *Evaluación del impacto en salud por exposición a ozono y material particulado (PM10) en la Zona Metropolitana del Valle de México*. México: Instituto Nacional de Salud Pública.
14. Linares. B, Amador G., Miranda V., (2010). Impact of air pollution on pulmonary function and respiratory symptoms in children . Longitudinal repeated-measures study. *BMC Pulmonary Medicine*, 10(62).

15. Calderon-Garcidueñas, L., Solt A., Hernández, R. (2008). Long-term air pollution exposure is associated with neuroinflammation, an altered innate immune response, disruption of the blood-brain barrier, ultrafine particulate deposition, an accumulation of amyloid alfa-42 and alfa-synuclein in children and young adults. *Toxicologic Pathology*, 36(2), 289-310.
16. Cadena, L. (2000). Relación entre consultas a urgencias por enfermedad respiratoria y contaminación atmosférica en Ciudad Juárez, Chihuahua. *Salud Pública de México*, 42(4), 288-297.
17. Chun-Yuh, Y., Der Wang Y., Chang-Chhuan C., (1997) Respiratory and Irritant Health Effects of a Population Living in Petrochemical-Polluted Area in Taiwan, , *Environmental Research*, 74, 145-149
18. Makri A., (2008). Vulnerability to air pollutin health effects, *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 326-336
19. Shaddick, G., Duncan L.(2013), Ecological bias in studies of short-term effects of air pollution on health, , *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 65-74
20. Grant, W., (2009) Air Pollution in Relation to U.S. Cancer Mortality Rates: An Ecological Study; Likely Role of Carbonaceous Aerosols and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, *Anticancer Research*, 3537-3546
21. WHO(2013)Air pollution and cancer, IARC scientific publication, N°161
22. Neeta Kulkarni, M.D., Nevil Pierse, M.S at et (2006) Carbon in airway macrophages and lung function in children, *N. Engl. J. Med.*, 355:21-30

23. Romero Placeres, M., Más Bermejo P., Lacasaña Navarro M. (2004) Bronchial asthma, and acute respiratory and infections in children less years of age, Habana City. *Salud Pública de México*, 46(3).
24. Xuping, S. Yuling, H. (2016) Short-Term exposure to air pollution and cardiac arrhythmia: A meta-analysis and systematic review, *Int. J. Environ. Resp. Public. Health*, 13(7).
25. Informe de Estado y Tendencia de la Calidad del Aire en el Estado de Guanajuato 2011, 2012 y 2013
26. WHO., (2012), Diesel Engine Exhaust Carcinogenic. International Agency for Reserch on Cancer (IARC) from the World Health Organization. Press Release N° 213
27. Implications of air pollution on health in Mexico City's Metropolitan Area and potential benefits of applying control measures
28. Guerra, R., Vera-Aguilar, E., Uribe-Ramírez, M. (2013) Exposure to inhaled particulate matter activates early markers of oxidative stress, inflammation and unfoled protein response in rat stratum, *Toxicology Letters* 222:146-154.